

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 916 575**

51 Int. Cl.:

H04N 19/117 (2014.01)

H04N 19/186 (2014.01)

H04N 19/85 (2014.01)

H04N 19/98 (2014.01)

H04N 19/136 (2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.06.2016 PCT/US2016/036480**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.12.2016 WO16200969**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.06.2016 E 16730659 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.04.2022 EP 3304900**

54 Título: **Aplicación adaptable al contenido de función de transferencia fija a datos de video de alto rango dinámico (HDR) y/o amplia gama de colores (WCG)**

30 Prioridad:

08.06.2015 US 201562172713 P

24.06.2015 US 201562184216 P

07.06.2016 US 201615176034

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

01.07.2022

73 Titular/es:

QUALCOMM INCORPORATED (100.0%)

**Attn: International IP Administration, 5775
Morehouse Drive
San Diego, CA 92121, US**

72 Inventor/es:

RUSANOVSKYY, DMYTRO;

LEE, SUNGWON;

BUGDAYCI SANSLI, DONE;

SOLE ROJALS, JOEL;

**RAMASUBRAMONIAN, ADARSH KRISHNAN y
KARCZEWICZ, MARTA**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 916 575 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

Aplicación adaptable al contenido de función de transferencia fija a datos de video de alto rango dinámico (HDR) y/o amplia gama de colores (WCG)

CAMPO TÉCNICO

La presente divulgación se refiere a la codificación de video.

ANTECEDENTES

Las capacidades de video digital se pueden incorporar en una amplia gama de dispositivos, incluidos televisores digitales, sistemas de transmisión directa digital, sistemas de transmisión inalámbrica, asistentes digitales personales (PDA), ordenadores portátiles o de escritorio, tabletas, lectores de libros electrónicos, cámaras digitales, dispositivos de grabación digital, reproductores de medios digitales, dispositivos de videojuegos, consolas de videojuegos, radioteléfonos celulares o satelitales, los denominados "teléfonos inteligentes", dispositivos de videoconferencia, dispositivos de transmisión de video y similares. Los dispositivos de video digital implementan técnicas de compresión de video, como las descritas en los estándares definidos por MPEG-2, MPEG-4, ITU-T H.263, ITU-T H.264/MPEG-4, Parte 10, Codificación avanzada de video (AVC), ITU-T H.265, Codificación de video de alta eficiencia (HEVC) y extensiones de tales estándares. Los dispositivos de video pueden transmitir, recibir, codificar, decodificar y/o almacenar información de video digital de manera más eficiente implementando tales técnicas de codificación de video.

Las técnicas de codificación de video incluyen predicciones espaciales (intraimagen) y/o predicciones temporales (interimagen) para reducir o eliminar la redundancia inherente a las secuencias de video. Para la codificación de video basada en bloques, un segmento de video (por ejemplo, una trama de video o una parte de una trama de video) se puede dividir en bloques de video, que también pueden denominarse bloques de árbol, unidades de codificación (CU) y/o nodos de codificación. Los bloques de video en un segmento intracodificado (I) de una imagen se codifican utilizando la predicción espacial con respecto a las muestras de referencia en los bloques vecinos en la misma imagen. Los bloques de video en un segmento intercodificado (P o B) de una imagen pueden usar predicción espacial con respecto a muestras de referencia en bloques vecinos en la misma imagen o predicción temporal con respecto a muestras de referencia en otras imágenes de referencia. Las imágenes pueden denominarse tramas y las imágenes de referencia pueden denominarse tramas de referencia.

La predicción espacial o temporal resulta en un bloque predictivo para la codificación de un bloque. Los datos residuales representan las diferencias de píxeles entre el bloque original a codificar y el bloque predictivo. Un bloque intercodificado se codifica según un vector de movimiento que apunta a un bloque de muestras de referencia que forman el bloque predictivo, y los datos residuales indican la diferencia entre el bloque codificado y el bloque predictivo. Un bloque intracodificado se codifica según un modo de intracodificación y los datos residuales. Para una compresión adicional, los datos residuales pueden transformarse del dominio de píxeles a un dominio de transformada, dando como resultado coeficientes de transformada residuales que luego pueden ser cuantificados. Los coeficientes de transformada cuantificados, inicialmente dispuestos en una matriz de dos dimensiones, pueden ser escaneados a fin de producir un vector unidimensional de coeficientes de transformada, y se puede aplicar una codificación por entropía para lograr aún más compresión. Los siguientes documentos divulgan tales técnicas de procesamiento de video: AJAY LUTHRA ET AL: "Nuevo borrador de CfE para codificación de video HDR y WCG", 111. REUNIÓN MPEG; 6-2-2015 - 20-2-2015; GINEBRA; (GRUPO DE EXPERTOS DE IMAGEN EN MOVIMIENTO O ISO/IEC JTC1/SC29/WG11), no. m36131, 20 de febrero de 2015 (20-02-2015) WO 2010/105036 A1 (DOLBY LAB LICENSING CORP [EE. UU.]; GISH WALTER C [EE. UU.]; WEBB RICHARD W [EE. UU.]) 16 de septiembre de 2010 BORDES P ET AL: "AHG14: Codificación de video escalable de gama de colores usando 3D LUT: Nuevos resultados", 14. REUNIÓN JCT-VC; 25-7-2013 - 2-8-2013; VIENA; (EQUIPO DE COLABORACIÓN CONJUNTA SOBRE CODIFICACIÓN DE VIDEO DE ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 E ITUT SG.16); URL: HTTP://WFTP3.ITU.INT/AV-ARCH/JCTVC-SITE/, no. JCTVC-N0168, 15 de julio de 2013 (15-07-2013) US 2013/335439 A1 (JEONG GEUN-YOUNG [KR] ET AL) 19 de diciembre de 2013 (19-12-2013) WO 2015/057656 A1 (QUALCOMM INC [EE. UU.]) 23 de abril de 2015 (23-04-2015).

SUMARIO

La presente divulgación se refiere al procesamiento de datos de video, incluido el procesamiento de datos de video para ajustarse a un contenedor de color de alto rango dinámico (HDR)/amplia gama de colores (WCG). Como se explicará con mayor detalle a continuación, las técnicas de la divulgación aplican, por el lado de la codificación, un preprocesamiento de los valores de color antes de la aplicación de una función de transferencia estática y/o aplican un posprocesamiento en la salida de la aplicación de la función de transferencia estática. Al aplicar el preprocesamiento, los ejemplos pueden generar valores de color que, al ser compactados en un rango dinámico diferente mediante la aplicación de la función de transferencia estática, linealizan las claves de acceso de salida. Al aplicar el posprocesamiento, los ejemplos pueden aumentar la relación entre la señal y el ruido de cuantificación.

Los ejemplos pueden aplicar la inversa de las operaciones en el lado de codificación en el lado de decodificación para reconstruir los valores de color.

El alcance de la protección que busca la invención se define en las reivindicaciones adjuntas.

Los detalles de uno o más ejemplos se exponen en los dibujos adjuntos y en la siguiente descripción. Otras características, objetos y ventajas serán evidentes a partir de la descripción, dibujos y reivindicaciones.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La figura 1 es un diagrama esquemático que ilustra un sistema de codificación y decodificación de video de ejemplo configurado para implementar las técnicas de la divulgación.

La figura 2 es un dibujo que ilustra los conceptos de datos de alto rango dinámico (HDR).

La figura 3 es un diagrama conceptual que compara gamas de colores de las señales de video de televisión de alta definición (HDTV) (BT.709) y televisión de ultra alta definición (UHDTV) (BT.2020).

La figura 4 es un diagrama conceptual que muestra una conversión de la representación de HDR/WCG.

La figura 5 es un diagrama conceptual que muestra una conversión inversa de HDR/WCG.

La figura 6 es un diagrama conceptual que muestra las funciones de la transferencia de ejemplo.

La figura 7 es un diagrama conceptual que muestra una visualización de la salida frente a la entrada para PQ TF (ST2084 EOTF).

La figura 8 es un diagrama conceptual que muestra una canalización del procesamiento de HDR adaptable al contenido (lado del codificador) con función de transferencia (TF) de forma adaptable.

La figura 9 es un diagrama conceptual que muestra una canalización del procesamiento de HDR adaptable al contenido (lado del codificador) con TF fija.

La figura 10 es un diagrama conceptual que muestra una canalización del procesamiento de HDR adaptable al contenido (lado del decodificador) con TF fija.

La figura 11 es un diagrama conceptual que muestra una canalización de HDR adaptable al contenido con TF estática, lado del codificador.

La figura 12 es un diagrama conceptual que muestra una canalización de HDR adaptable al contenido con TF estática, lado del decodificador.

La figura 13A muestra un ejemplo del histograma de la señal de luz del revestimiento (componente de color rojo) de una señal de HDR superpuesta con PQ TF (ST 2084) con fines de visualización.

La figura 13B muestra un ejemplo del histograma de señal no lineal resultante de la aplicación de PQ TF (ST 2084) a la señal de luz lineal (componente de color rojo).

La figura 14 es una salida del histograma de señal no lineal producida mediante PQ TF y procesada según las técnicas descritas en la presente divulgación.

La figura 15A es un diagrama que ilustra el impacto de PQ TF en las estadísticas de la señal después del preprocesamiento.

La figura 15B es un diagrama que ilustra un histograma de la señal no lineal de salida producida mediante PQTF.

La figura 16A es un diagrama que ilustra un histograma de una señal no lineal normalizada, S.

La figura 16B es un diagrama que ilustra un histograma de una señal no lineal normalizada tras el posprocesamiento, S2.

La figura 17A es un diagrama que ilustra PQ TF no lineal para fines de HDR, según se define en ST2084.

La figura 17B es un diagrama que ilustra una función de transferencia lineal $y=x$ con las técnicas descritas en la presente divulgación modeladas con Escala2=1 y Desplazamiento2 = 0.

La figura 17C es un diagrama que ilustra la función de transferencia lineal con las técnicas descritas en la presente divulgación modeladas con $Escala2 = 1,5$ y $Desplazamiento = -0,25$.

5 La figura 18 es un diagrama conceptual que ilustra un ejemplo donde la conversión de color se realiza después de aplicar la función de transferencia y antes de las técnicas de posprocesamiento descritas en la presente divulgación.

10 La figura 19 es un diagrama conceptual que ilustra un ejemplo donde se realiza la conversión de color inversa después de las técnicas inversas de posprocesamiento descritas en la presente divulgación y antes de que se aplique la función de transferencia inversa.

La figura 20A es un diagrama que ilustra el posprocesamiento con recorte hasta un rango para un histograma de S2.

15 La figura 20B es otro diagrama que ilustra el posprocesamiento con recorte hasta un rango para un histograma de S2.

La figura 20C es otro diagrama que ilustra el posprocesamiento con recorte hasta un rango para un histograma de S2.

20 Las figuras 21A y 21B son diagramas que ilustran histogramas de las claves de acceso después de las técnicas de posprocesamiento descritas en la presente divulgación con manejo de cola.

25 La figura 22 es un diagrama conceptual que ilustra otro ejemplo de una canalización de HDR adaptable al contenido con TF estática, lado del codificador.

La figura 23 es un diagrama conceptual que ilustra otro ejemplo de una canalización de HDR adaptable al contenido con TF estática, lado del decodificador.

30 La figura 24 es un diagrama que ilustra un histograma con dos valores de color de manejo codificado reservados.

Las figuras 25A y 25B son diagramas que ilustran funciones adaptativas paramétricas implementadas mediante las técnicas descritas en la presente divulgación.

35 Las figuras 26A, 26B y 26C son diagramas que ilustran el posprocesamiento con una función de transferencia lineal por partes implementada con las técnicas descritas en la presente divulgación que se aplican a una señal de entrada y el impacto de este procesamiento posterior en el histograma de la señal de salida.

La figura 27 ilustra una función de transferencia log-gamma híbrida y el posible rango objetivo como ejemplo.

40 La figura 28 ilustra una función de transferencia donde la pendiente de la parábola alrededor del punto de inflexión es ajustable.

45 La figura 29 es un diagrama de flujo que ilustra un método de ejemplo de procesamiento de video en un sistema de alto rango dinámico (HDR) adaptable al contenido.

La figura 30 es un diagrama de flujo que ilustra otro método de ejemplo de procesamiento de video en un sistema de alto rango dinámico (HDR) adaptable al contenido.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

50 La presente divulgación se refiere al campo de la codificación de señales de video con representaciones de alto rango dinámico (HDR) y amplia gama de colores (WCG). Más específicamente, las técnicas de la presente divulgación incluyen la señalización y las operaciones aplicadas a datos de video en ciertos espacios de color para permitir una compresión más eficiente de datos de video de HDR y WCG. Las técnicas propuestas pueden mejorar la eficiencia de compresión de los sistemas de codificación de video basados en híbridos (por ejemplo, codificadores de video basados en HEVC) utilizados para codificar datos de video de HDR y WCG.

60 Los estándares de codificación de video, incluidos los estándares de codificación de video basados en híbridos, incluyen ITU-T H.261, ISO/IEC MPEG1 Visual, ITU-T H.262 o ISO/IEC MPEG-2 Visual, ITU-T H.263, ISO/IEC MPEG-4 Visual e ITU-T H.264 (también conocido como ISO/IEC MPEG-4 AVC), incluidas sus extensiones de Codificación de video escalable (SVC) y Codificación de video de múltiples vistas (MVC). El diseño de un nuevo estándar de codificación de video, es decir, HEVC, ha sido finalizado por el equipo de colaboración conjunta sobre codificación de video (JCT-VC) del grupo de expertos en codificación de video (VCEG) del UIT-T y el grupo de expertos en imágenes en movimiento (MPEG) de ISO/IEC. Un proyecto de especificación HEVC denominado proyecto de trabajo 10 de HEVC (WD10), Bross et al., "Proyecto de especificación de texto de codificación de video

de alta eficiencia (HEVC) 10 (para FDIS y Última llamada)", Equipo de colaboración conjunta sobre codificación de video (JCT-VC) de ITUT SG16 WP3 e ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, 12.^a reunión: Ginebra, CH, 14-23 de enero de 2013, JCTVC-L1003v34, está disponible en http://phenix.int-evry.fr/jct/doc_end_user/documents/12_Geneva/wg11/JCTVC-L1003-v34.zip. El estándar HEVC finalizado se denomina HEVC versión 1.

Un informe de defectos, Wang et al., "Informe de defectos de codificación de video de alta eficiencia (HEVC)", Equipo de colaboración conjunta sobre codificación de video (JCT-VC) de ITU-T SG16 WP3 e ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, 14.^a reunión: Viena, AT, 25 de julio al 2 de agosto de 2013, JCTVC-N1003v1, está disponible en http://phenix.int-evry.fr/ict/doc_end_user/documents/14_Vienna/wg11/JCTVC-N1003-v1.zip. El documento estándar HEVC finalizado se publica como ITU-T H.265, Serie H: Sistemas audiovisuales y multimedia, Infraestructura de servicios audiovisuales, Codificación de video en movimiento, Codificación de video de alta eficiencia, Sector de normalización de las telecomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), abril de 2013, y se publicó otra versión en octubre de 2014.

La figura 1 es un diagrama de bloques que ilustra un sistema de codificación y decodificación de video 10 de ejemplo que puede utilizar técnicas de la presente divulgación. Como se muestra en la figura 1, el sistema 10 incluye un dispositivo de origen 12 que proporciona datos de video codificados para ser decodificados en un momento posterior por un dispositivo de destino 14. En particular, el dispositivo de origen 12 proporciona los datos de video al dispositivo de destino 14 a través de un medio legible por ordenador 16. El dispositivo de origen 12 y el dispositivo de destino 14 pueden comprender cualquiera de una amplia gama de dispositivos, que incluyen ordenadores de escritorio, ordenadores portátiles (es decir, *laptop*), tabletas, decodificadores, aparato telefónico con microteléfono como los denominados teléfonos "inteligentes", los denominados teclados "inteligentes", televisores, cámaras, dispositivos de visualización, reproductores de medios digitales, consolas de videojuegos, dispositivos de transmisión de video o similares. En algunos casos, el dispositivo de origen 12 y el dispositivo de destino 14 pueden estar equipados para comunicación inalámbrica.

El dispositivo de destino 14 puede recibir los datos de video codificados para decodificarlos a través de un medio legible por ordenador 16. El medio legible por ordenador 16 puede comprender cualquier tipo de medio o dispositivo capaz de mover los datos de video codificados desde el dispositivo de origen 12 al dispositivo de destino 14. En un ejemplo, el medio legible por ordenador 16 puede comprender un medio de comunicación para permitir que el dispositivo de origen 12 transmita datos de video codificados directamente al dispositivo de destino 14 en tiempo real. Los datos de video codificados pueden modularse de acuerdo con un estándar de comunicación, tal como un protocolo de comunicación inalámbrica, y transmitirse al dispositivo 14 de destino. El medio de comunicación puede comprender cualquier medio de comunicación inalámbrica o cableada, como un espectro de radiofrecuencia (RF) o una o más líneas de transmisión física(s). El medio de comunicación puede formar parte de una red basada en paquetes, como una red de área local, una red de área amplia o una red global como Internet. El medio de comunicación puede incluir enrutadores, conmutadores, estaciones base o cualquier otro equipo que pueda ser útil para facilitar la comunicación desde el dispositivo de origen 12 al dispositivo de destino 14.

En algunos ejemplos, los datos codificados pueden salir desde la interfaz de salida 22 a un dispositivo de almacenamiento. De manera similar, se puede acceder a los datos codificados desde el dispositivo de almacenamiento mediante una interfaz de entrada. El dispositivo de almacenamiento puede incluir cualquiera de una variedad de medios de almacenamiento de datos distribuidos o de acceso local, como un disco duro, discos Blu-ray, DVD, CD-ROM, memoria rápida, memoria volátil o no volátil o cualquier otro medio de almacenamiento digital adecuado para almacenar datos de video codificados. En un ejemplo adicional, el dispositivo de almacenamiento puede corresponder a un servidor de archivos u otro dispositivo de almacenamiento intermedio que puede almacenar el video codificado generado por el dispositivo de origen 12. El dispositivo de destino 14 puede acceder a los datos de video almacenados desde el dispositivo de almacenamiento mediante transmisión o descarga. El servidor de archivos puede ser cualquier tipo de servidor capaz de almacenar datos de video codificados y transmitir esos datos de video codificados al dispositivo de destino 14. Ejemplos de los servidores de archivos incluyen un servidor web (por ejemplo, para un sitio web), un servidor FTP, dispositivos de almacenamiento conectados a la red (NAS) o una unidad de disco local. El dispositivo de destino 14 puede acceder a los datos de video codificados a través de cualquier conexión de datos estándar, incluida una conexión a Internet. Puede incluir un canal inalámbrico (por ejemplo, una conexión Wi-Fi), una conexión por cable (por ejemplo, DSL, módem por cable, etc.) o una combinación de ambos que sea adecuada para acceder a datos de video codificados almacenados en un servidor de archivos. La transmisión de datos de video codificados desde el dispositivo de almacenamiento puede ser una transmisión en directo, una transmisión de descarga o una combinación de las mismas.

Las técnicas de esta divulgación no se limitan necesariamente a aplicaciones o configuraciones inalámbricas. Las técnicas se pueden aplicar a la codificación de video para admitir cualquiera de una variedad de aplicaciones multimedia, como transmisiones de televisión por aire, transmisiones de televisión por cable, transmisiones de televisión por satélite, transmisiones de video en directo por Internet, tales como transmisión dinámica adaptativa a través de HTTP (DASH), video digital que está codificado en un medio de almacenamiento de datos, decodificación de video digital almacenado en un medio de almacenamiento de datos u otras aplicaciones. En algunos ejemplos, el

sistema 10 puede configurarse para admitir transmisión de video unidireccional o bidireccional para admitir aplicaciones tales como transmisión de video, reproducción de video, difusión de video y/o telefonía de video.

En el ejemplo de la figura 1, el dispositivo de origen 12 incluye la fuente de video 18, la unidad de codificación de video 21, que incluye el preprocesador de video 19 y el codificador de video 20, y la interfaz de salida 22. El dispositivo de destino 14 incluye la interfaz de entrada 28, la unidad de decodificación de video 29, que incluye el decodificador de video 30 y el posprocesador de video 31 y el dispositivo de visualización 32. Según la presente divulgación, el preprocesador de video 19 y el posprocesador de video 31 pueden configurarse para aplicar las técnicas de ejemplo descritas en la presente divulgación. Por ejemplo, el preprocesador de video 19 y el posprocesador de video 31 pueden incluir una unidad de función de transferencia estática configurada para aplicar una función de transferencia estática, pero con unidades de procesamiento previo y posterior que pueden adaptar las características de la señal.

En otros ejemplos, un dispositivo de origen y un dispositivo de destino pueden incluir otros componentes o disposiciones. Por ejemplo, el dispositivo de origen 12 puede recibir datos de video desde una fuente de video externa 18, tal como una cámara externa. Asimismo, el dispositivo de destino 14 puede interactuar con un dispositivo de visualización externo, en lugar de incluir un dispositivo de visualización integrado.

El sistema ilustrado 10 de la figura 1 es simplemente un ejemplo. Las técnicas para procesar datos de video pueden ser realizadas por cualquier dispositivo de codificación y/o decodificación de video digital. Aunque generalmente las técnicas de la presente divulgación se realizan mediante un dispositivo de codificación de video, las técnicas también se pueden realizar mediante un codificador/decodificador de video, por lo general denominado "CÓDEC". A fin de facilitar la descripción, la divulgación se describe con respecto al preprocesador de video 19 y al posprocesador de video 31 que realizan las técnicas de ejemplo descritas en la presente divulgación en los respectivos dispositivos de origen 12 y dispositivo de destino 14. El dispositivo de origen 12 y el dispositivo de destino 14 son simplemente ejemplos de tales dispositivos de codificación en los que el dispositivo de origen 12 genera datos de video codificados para su transmisión al dispositivo de destino 14. En algunos ejemplos, los dispositivos 12, 14 pueden funcionar de una manera sustancialmente simétrica de modo que cada uno de los dispositivos 12, 14 incluya componentes de codificación y decodificación de video. Por lo tanto, el sistema 10 puede admitir la transmisión de video unidireccional o bidireccional entre dispositivos de video 12, 14, por ejemplo, para transmisión de video, reproducción de video, transmisión de video o telefonía de video.

La fuente de video 18 del dispositivo de origen 12 puede incluir un dispositivo de captura de video, como una cámara de video, un archivo de video que contiene video capturado previamente y/o una interfaz de alimentación de video para recibir el video desde un proveedor de contenido de video. Como alternativa adicional, la fuente de video 18 puede generar datos basados en gráficos de ordenador como el video de origen, o una combinación de video en vivo, video archivado y video generado por ordenador. En algunos casos, si la fuente de video 18 es una cámara de video, el dispositivo de origen 12 y el dispositivo de destino 14 pueden formar los denominados teléfonos con cámara o videoteléfonos. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, las técnicas descritas en la presente divulgación pueden ser aplicables a la codificación de video en general y pueden aplicarse a aplicaciones inalámbricas y/o cableadas. En cada caso, el video capturado, precapturado o generado por ordenador puede ser codificado por la unidad de codificación de video 21. La información de video codificada puede ser emitida luego por la interfaz de salida 22 a un medio legible por ordenador 16.

El medio legible por ordenador 16 puede incluir medios transitorios, como una transmisión inalámbrica o una transmisión de red por cable, o medios de almacenamiento (es decir, medios de almacenamiento no transitorios), como un disco duro, una unidad rápida, un disco compacto, un disco de video digital, disco Blu-ray u otro medio legible por ordenador. En algunos ejemplos, un servidor de red (no mostrado) puede recibir datos de video codificados desde el dispositivo de origen 12 y proporcionar los datos de video codificados al dispositivo de destino 14, por ejemplo, mediante transmisión de red. De manera similar, un dispositivo informático de una instalación de producción de medios, como una instalación de estampado de discos, puede recibir datos de video codificados desde el dispositivo de origen 12 y producir un disco que contenga los datos de video codificados. Por lo tanto, puede entenderse que el medio legible por ordenador 16 incluye uno o más medios legibles por ordenador de diversas formas, en varios ejemplos.

La interfaz de entrada 28 del dispositivo de destino 14 recibe información desde el medio legible por ordenador 16. La información del medio legible por ordenador 16 puede incluir información de sintaxis definida por el codificador de video 20 de la unidad de codificación de video 21, que también es utilizada por el decodificador de video 30 de la unidad de decodificación de video 29, que incluye elementos de sintaxis que describen características y/o procesamiento de bloques y otras unidades codificadas, por ejemplo, grupos de imágenes (GOP). El dispositivo de visualización 32 muestra los datos de video decodificados a un usuario y puede comprender cualquiera de una variedad de dispositivos de visualización tales como un tubo de rayos catódicos (CRT), una pantalla de cristal líquido (LCD), una pantalla de plasma, una pantalla de diodo emisor de luz orgánica (OLED) u otro tipo de dispositivo de visualización.

Como se ilustra, el preprocesador de video 19 recibe los datos de video de la fuente de video 18. El preprocesador de video 19 puede configurarse para procesar los datos de video para convertirlos en una forma que sea adecuada para su codificación con el codificador de video 20. Por ejemplo, el preprocesador de video 19 puede realizar una compactación de rango dinámico (por ejemplo, con el uso de una función de transferencia no lineal), conversión de color a un espacio de color más compacto o robusto y/o conversión de representación flotante a entero. El codificador de video 20 puede realizar la codificación de video en los datos de video emitidos por el preprocesador de video 19. El decodificador de video 30 puede realizar lo inverso al codificador de video 20 para decodificar datos de video, y el posprocesador de video 31 puede realizar lo inverso al preprocesador de video 19 para convertir los datos de video en una forma adecuada para la visualización. Por ejemplo, el posprocesador de video 31 puede realizar una conversión de entero a flotante, conversión de color desde el espacio de color compacto o robusto y/o compactación inversa del rango dinámico para generar datos de video adecuados para la visualización.

La unidad de codificación de video 21 y la unidad de decodificación de video 29 pueden implementarse como cualquiera de una variedad de circuitos programables y de función fija, como uno o más microprocesadores, procesadores de señales digitales (DSP), circuitos integrados de aplicación específica (ASIC), matrices de puertas programables en campo (FPGA), lógica discreta, software, hardware, microprograma o cualquier combinación de los mismos. Cuando las técnicas se implementan parcialmente en software, un dispositivo puede almacenar instrucciones para el software en un medio legible por ordenador adecuado y no transitorio y ejecutar las instrucciones en hardware usando uno o más procesadores para realizar las técnicas de la presente divulgación. Cada unidad de codificación de video 21 y unidad de decodificación de video 29 puede incluirse en uno o más codificadores o decodificadores, cualquiera de los cuales puede integrarse como parte de un codificador/decodificador combinado (CÓDEC) en un dispositivo respectivo.

Aunque el preprocesador de video 19 y el codificador de video 20 se ilustran como unidades separadas dentro de la unidad de codificación de video 21 y el posprocesador de video 31 y el decodificador de video 30 se ilustran como unidades separadas dentro de la unidad de decodificación de video 29, las técnicas descritas en la presente divulgación no están tan limitadas. El preprocesador de video 19 y el codificador de video 20 pueden formarse como un dispositivo común (por ejemplo, el mismo circuito integrado o alojados dentro del mismo chip o paquete de chips). De manera similar, el posprocesador de video 31 y el decodificador de video 30 pueden formarse como un dispositivo común (por ejemplo, el mismo circuito integrado o alojados dentro del mismo chip o paquete de chips).

En algunos ejemplos, el codificador de video 20 y el decodificador de video 30 funcionan según un estándar de compresión de video, como ISO/IEC MPEG-4 Visual e ITU-T H.264 (también conocido como ISO/IEC MPEG-4 AVC), incluida su extensión de codificación de video escalable (SVC), extensión de codificación de video de múltiples vistas (MVC) y extensión de video tridimensional (3DV) basada en MVC. En algunos casos, cualquier flujo de bits adaptado a 3DV basado en MVC siempre contiene un flujo de bits secundario que cumple con un perfil de MVC, por ejemplo, perfil alto estéreo. Además, existe un esfuerzo continuo para generar una extensión de codificación 3DV para H.264/AVC, es decir, 3DV basado en AVC. Otros ejemplos de estándares de codificación de video incluyen ITU-T H.261, ISO/IEC MPEG-1 Visual, ITU-T H.262 o ISO/IEC MPEG-2 Visual, ITU-T H.263, ISO/IEC MPEG-4 Visual e ITU-T H.264, ISO/IEC Visual. En otros ejemplos, el codificador de video 20 y el decodificador de video 30 pueden configurarse para funcionar según el estándar HEVC, ITU-T H.265.

En HEVC y otros estándares de codificación de video, una secuencia de video por lo general incluye una serie de imágenes. Las imágenes también pueden denominarse "tramas". Una imagen puede incluir tres matrices de muestra, denominadas S_L , S_{Cb} y S_{Cr} . S_L es una matriz bidimensional (es decir, un bloque) de muestras luma. S_{Cb} es una matriz bidimensional de muestras de crominancia Cb. S_{Cr} es una matriz bidimensional de muestras de crominancia Cr. Las muestras de crominancia también pueden denominarse en la presente muestras de "croma". En otros casos, una imagen puede ser monocromática y solo puede incluir una matriz de muestras luma.

El codificador de video 20 puede generar un conjunto de unidades de árbol de codificación (CTU). Cada una de las CTU puede comprender un bloque de árbol de codificación de muestras luma, dos bloques de árbol de codificación correspondientes de muestras croma y estructuras de sintaxis utilizadas para codificar las muestras de los bloques de árbol de codificación. En una imagen monocromática o una imagen que tiene tres planos de color separados, una CTU puede comprender un único bloque de árbol de codificación y estructuras de sintaxis utilizadas para codificar las muestras del bloque de árbol de codificación. Un bloque de árbol de codificación puede ser un bloque $N \times N$ de muestras. Una CTU también puede denominarse "bloque de árbol" o "unidad de codificación más grande" (LCU). Las CTU de HEVC pueden ser ampliamente análogas a los macrobloques de otros estándares de codificación de video, como H.264/AVC. Sin embargo, una CTU no está necesariamente limitada a un tamaño particular y puede incluir una o más unidades de codificación (CU). Un segmento puede incluir un número entero de CTU ordenadas consecutivamente en la exploración de trama.

La presente divulgación puede usar el término "unidad de video" o "bloque de video" para referirse a uno o más bloques de muestras y estructuras de sintaxis utilizadas para codificar muestras de uno o más bloques de muestras. Los tipos de unidades de video de ejemplo pueden incluir CTU, CU, PU, unidades de transformada (TU) en HEVC, o macrobloques, particiones de macrobloque, etc. en otros estándares de codificación de video.

El codificador de video 20 puede dividir un bloque de codificación de una CU en uno o más bloques de predicción. Un bloque de predicción puede ser un bloque rectangular de muestras (es decir, cuadrado o no cuadrado) en el que se aplica la misma predicción. Una unidad de predicción (PU) de una CU puede comprender un bloque de predicción de muestras luma, dos bloques de predicción correspondientes de muestras croma de una imagen y estructuras de sintaxis utilizadas para predecir las muestras del bloque de predicción. En una imagen monocromática o una imagen que tiene tres planos de color separados, una PU puede comprender un único bloque de predicción y estructuras de sintaxis utilizadas para predecir las muestras del bloque de predicción. El codificador de video 20 puede generar bloques predictivos luma, Cb y Cr para bloques de predicción luma, Cb y Cr de cada PU de la CU.

El codificador de video 20 puede usar intrapredicción o interpredicción para generar los bloques predictivos para una PU. Si el codificador 20 de video usa intrapredicción para generar los bloques predictivos de una PU, el codificador 20 de video puede generar los bloques predictivos de la PU basándose en muestras decodificadas de la imagen asociada con la PU.

Después de que el codificador de video 20 genera bloques de predicción luma, Cb y Cr para una o más PU de una CU, el codificador de video 20 puede generar un bloque residual luma para la CU. Cada muestra en el bloque residual luma de la CU indica una diferencia entre una muestra luma en uno de los bloques luma predictivos de la CU y una muestra correspondiente en el bloque de codificación luma original de la CU. Además, el codificador de video 20 puede generar un bloque residual de Cb para la CU. Cada muestra en el bloque residual de Cb de la CU puede indicar una diferencia entre una muestra de Cb en uno de los bloques de Cb predictivos de la CU y una muestra correspondiente en el bloque de codificación de Cb original de la CU. El codificador de video 20 también puede generar un bloque residual de Cr para la CU. Cada muestra en el bloque residual de Cr de la CU puede indicar una diferencia entre una muestra de Cr en uno de los bloques de Cr predictivos de la CU y una muestra correspondiente en el bloque de codificación de Cr original de la CU.

Además, el codificador de video 20 puede utilizar la división de árbol cuádruple para descomponer los bloques residuales de luma, Cb y Cr de una CU en uno o más bloques de transformada de luma, Cb y Cr. Un bloque de transformada puede ser un bloque rectangular de muestras en el que se aplica la misma transformada. Una unidad de transformada (TU) de una CU puede comprender un bloque de transformada de muestras luma, dos bloques de transformada correspondientes de muestras croma y estructuras de sintaxis utilizadas para transformar las muestras de bloques de transformada. En una imagen monocromática o una imagen que tiene tres planos de color separados, una TU puede comprender un único bloque de transformada y estructuras sintácticas utilizadas para transformar las muestras del bloque de transformada. Por lo tanto, cada TU de una CU puede asociarse con un bloque de transformada de luma, un bloque de transformada de Cb y un bloque de transformada de Cr. El bloque de transformada de luma asociado con la TU puede ser un sub-bloque del bloque residual de luma de la CU. El bloque de transformada de Cb puede ser un sub-bloque del bloque residual de Cb de la CU. El bloque de transformada de Cr puede ser un sub-bloque del bloque residual de Cr de la CU.

El codificador de video 20 puede aplicar una o más transformadas a un bloque de transformada de luma de una TU para generar un bloque de coeficiente de luma para la TU. Un bloque de coeficiente puede ser una matriz bidimensional de coeficientes de transformada. Un coeficiente de transformada puede ser una cantidad escalar. El codificador de video 20 puede aplicar una o más transformadas a un bloque de transformación de Cb de una TU para generar un bloque de coeficiente de Cb para la TU. El codificador de video 20 puede aplicar una o más transformadas a un bloque de transformada de Cr de una TU para generar un bloque de coeficiente de Cr para la TU.

Después de generar un bloque de coeficiente (por ejemplo, un bloque de coeficiente de luma, un bloque de coeficiente de Cb o un bloque de coeficiente de Cr), el codificador de video 20 puede cuantificar el bloque de coeficiente. La cuantificación generalmente se refiere a un proceso en el que los coeficientes de transformada se cuantifican para posiblemente reducir la cantidad de datos utilizados para representar los coeficientes de transformada, proporcionando una mayor compresión. Además, el codificador de video 20 puede cuantificar inversamente los coeficientes de transformada y aplicar una transformada inversa a los coeficientes de transformada para reconstruir bloques de transformada de TU de CU de una imagen. El codificador de video 20 puede utilizar los bloques de transformada reconstruidos de las TU de una CU y los bloques predictivos de las PU de la CU para reconstruir los bloques de codificación de la CU. Al reconstruir los bloques de codificación de cada CU de una imagen, el codificador de video 20 puede reconstruir la imagen. El codificador de video 20 puede almacenar imágenes reconstruidas en una memoria intermedia de imágenes decodificadas (DPB). El codificador de video 20 puede usar imágenes reconstruidas en DPB para la interpredicción y la intrapredicción.

Después de que el codificador de video 20 cuantifica un bloque de coeficientes, el codificador de video 20 puede codificar por entropía elementos de sintaxis que indican los coeficientes de transformada cuantificados. Por ejemplo, el codificador de video 20 puede realizar una codificación aritmética binaria adaptada al contexto (CABAC) en los elementos de sintaxis que indican los coeficientes de transformada cuantificados. El codificador de video 20 puede emitir a los elementos de sintaxis codificados por entropía en un flujo de bits.

El codificador de video 20 puede generar un flujo de bits que incluye una secuencia de bits que forma una representación de imágenes codificadas y datos asociados. El flujo de bits puede comprender una secuencia de unidades de capa de abstracción de red (NAL). Cada una de las unidades de NAL incluye un encabezado de unidad de NAL y encapsula una carga útil de secuencia de bytes sin procesar (RBSP). El encabezado de la unidad de NAL puede incluir un elemento de sintaxis que indica un código de tipo de unidad de NAL. El código de tipo de unidad de NAL especificado por el encabezado de la unidad de NAL de una unidad de NAL indica el tipo de unidad de NAL. Una RBSP puede ser una estructura de sintaxis que contiene un número entero de bytes que está encapsulado dentro de una unidad de NAL. En algunos casos, una RBSP incluye cero bits.

Los diferentes tipos de unidades de NAL pueden encapsular diferentes tipos de RBSP. Por ejemplo, un primer tipo de unidad de NAL puede encapsular una RBSP para un conjunto de parámetros de imagen (PPS), un segundo tipo de unidad de NAL puede encapsular una RBSP para un segmento codificado, un tercer tipo de unidad de NAL puede encapsular una RBSP para información de mejora complementaria (SEI), etc. Un PPS es una estructura de sintaxis que puede contener elementos de sintaxis que se aplican a cero o más imágenes codificadas completas. Las unidades de NAL que encapsulan las RBSP para datos de codificación de video (a diferencia de las RBSP para conjuntos de parámetros y mensajes de SEI) pueden denominarse unidades de NAL de capa de codificación de video (VCL). Una unidad de NAL que encapsula un segmento codificado puede denominarse en la presente unidad de NAL de segmento codificado. Una RBSP para un segmento codificado puede incluir un encabezado de segmento y datos de segmento.

El decodificador de video 30 puede recibir un flujo de bits. Además, el decodificador de video 30 puede analizar el flujo de bits para decodificar elementos de sintaxis del flujo de bits. El decodificador de video 30 puede reconstruir las imágenes de los datos de video basándose, al menos en parte, en los elementos de sintaxis decodificados a partir del flujo de bits. El proceso para reconstruir los datos de video puede ser generalmente recíproco al proceso realizado por el codificador de video 20. Por ejemplo, el decodificador de video 30 puede usar vectores de movimiento de PU para determinar bloques predictivos para las PU de una CU actual. El decodificador de video 30 puede usar un vector de movimiento o vectores de movimiento de PU para generar bloques predictivos para las PU.

Además, el decodificador de video 30 puede cuantificar de forma inversa los bloques de coeficientes asociados con las TU de la CU actual. El decodificador de video 30 puede realizar transformadas inversas en los bloques de coeficientes para reconstruir bloques de transformada asociados con las TU de la CU actual. El decodificador de video 30 puede reconstruir los bloques de codificación de la CU actual añadiendo las muestras de los bloques de muestra predictiva para las PU de la CU actual a las muestras correspondientes de los bloques de transformada de las TU de la CU actual. Al reconstruir los bloques de codificación para cada CU de una imagen, el decodificador de video 30 puede reconstruir la imagen. El decodificador de video 30 puede almacenar imágenes decodificadas en una memoria intermedia de imágenes decodificadas para su salida y/o para su uso en la decodificación de otras imágenes.

Se prevé que las aplicaciones de video de próxima generación funcionen con datos de video que representen paisajes capturados con HDR (alto rango dinámico) y WCG (amplia gama de colores). Los parámetros del rango dinámico utilizado y la gama de colores son dos atributos independientes del contenido de video, y su especificación para fines de televisión digital y servicios multimedia está definida por varios estándares internacionales. Por ejemplo, ITU-R Rec. 709 define parámetros para HDTV (televisión de alta definición), como el rango dinámico estándar (SDR) y la gama de colores estándar e ITU-R Rec. 2020 especifica parámetros UHD TV (televisión de ultra alta definición) como HDR y WCG. También hay otros documentos de organizaciones de desarrollo de estándares (SDO) que especifican los atributos de rango dinámico y gama de colores en otros sistemas, por ejemplo, la gama de colores P3 se define en SMPTE-231-2 (Sociedad de Ingenieros Cinematográficos y de Televisión) y algunos parámetros de HDR están definidos en STMPTE-2084. A continuación se proporciona una breve descripción del rango dinámico y la gama de colores para los datos de video.

El rango dinámico por lo general se define como la relación entre el brillo mínimo y máximo de la señal de video. El rango dinámico también se puede medir en términos de "número f", donde número f corresponde a una duplicación del rango dinámico de la señal. En la definición de MPEG, el contenido HDR es aquel contenido que presenta una variación de brillo con más de 16 números f. En algunos términos, los niveles entre 10 y 16 números f se consideran rango dinámico intermedio, pero pueden considerarse HDR en otras definiciones. En algunos ejemplos, el contenido de video de HDR puede ser cualquier contenido de video que tenga un rango dinámico más alto que el contenido de video usado tradicionalmente con un rango dinámico estándar (por ejemplo, contenido de video según lo especificado por ITU-R Rec. BT. 709). A su vez, el sistema visual humano (HVS) puede percibir un rango dinámico mucho mayor. Sin embargo, el HVS incluye un mecanismo de adaptación para reducir el denominado rango simultáneo. La visualización del rango dinámico proporcionado por SDR de HDTV, el HDR previsto de UHD TV y rango dinámico de HVS se ilustra en la figura 2.

Las aplicaciones y los servicios de video actuales están regulados por Rec.709 y brindan SDR, por lo general admiten un rango de brillo (o luminancia) de alrededor de 0,1 a 100 candelas (cd) por m² (a menudo denominadas

"nits"), lo que conduce a menos de 10 números f. Se prevé que los servicios de video de próxima generación brinden un rango dinámico de hasta 16 números f. Aunque la especificación detallada se encuentra actualmente en desarrollo, algunos parámetros iniciales se han especificado en SMPTE-2084 y Rec. 2020.

- 5 Otro aspecto para una experiencia de video más realista además de HDR es la dimensión del color, que se define convencionalmente por la gama de colores. La figura 3 es un diagrama conceptual que muestra una gama de colores SDR (triángulo basado en los colores primarios rojo, verde y azul de BT.709) y la gama de colores más amplia para UHDTV (triángulo basado en los colores primarios rojo, verde y azul de BT.2020). La figura 3 también representa el denominado lugar de los estímulos espectrales (delimitado por el área en forma de lengüeta), que
- 10 representa los límites de los colores naturales. Como se ilustra en la figura 3, pasar de los colores primarios de BT.709 a BT.2020 tiene como objetivo proporcionar servicios UHDTV con aproximadamente un 70 % más de colores. D65 especifica el color blanco para las especificaciones brindadas (por ejemplo, especificaciones BT.709 y/o BT.2020).
- 15 En la Tabla 1 se muestran algunos ejemplos de especificaciones de la gama de colores.

Tabla 1. Parámetros de la gama de colores

Parámetros del espacio de color RGB (rojo, verde y azul)								
Espacio de color	Punto blanco		Colores primarios					
	x X _w	y y _w	x X _R	y y _R	x X _G	y y _G	x X _B	y Y _B
DCI-P3	0,314	0,351	0,680	0,320	0,265	0,690	0,150	0,060
ITU-R BT.709	0,3127	0,3290	0,64	0,33	0,30	0,60	0,15	0,06
ITU-R BT.2020	0,3127	0,3290	0,708	0,292	0,170	0,797	0,131	0,046

- 20 Como puede observarse en la Tabla 1, una gama de colores puede definirse por los valores X e Y de un punto blanco y por los valores X e Y de los colores primarios (por ejemplo, rojo (R), verde (G) y azul (B). Los valores X e Y representan la cromaticidad (X) y el brillo (Y) de los colores, tal como se define en el espacio de color CIE 1931. El espacio de color CIE 1931 define los enlaces entre los colores puros (por ejemplo, en términos de longitudes de onda) y cómo el ojo humano percibe esos colores.

- 25 HDR/WCG normalmente se adquiere y almacena con una precisión muy alta por componente (incluso punto flotante), con el formato de croma 4:4:4 y un espacio de color muy amplio (por ejemplo, espacio de color CIE 1931 XYZ). Esta representación tiene como objetivo la alta precisión y es (casi) sin pérdida matemática. Sin embargo, esta función de formato puede incluir muchas redundancias y no es óptima para propósitos de compresión. Por lo general, se usa un formato de menor precisión con suposición basada en HVS para aplicaciones de video de última generación.

- 30 La conversión típica de formato de datos de video con fines de compresión consta de tres procesos principales, como se ilustra en la figura 4. Las técnicas de la figura 4 pueden realizarse por el preprocesador de video 19. Los datos RGB lineales 110 pueden ser datos de video de HDR/WCG y pueden almacenarse en una representación de punto flotante. Los datos RGB lineales 110 pueden compactarse usando una función de transferencia (TF) no lineal para compactar el rango dinámico. Por ejemplo, el preprocesador de video 19 puede incluir una unidad 112 de función de transferencia (TF) configurada para usar una función de transferencia no lineal para la compactación del rango dinámico.

- 40 La salida de la unidad de TF 112 puede ser un conjunto de claves de acceso, donde cada clave de acceso representa un rango de valores de color (por ejemplo, niveles de iluminación). La compactación del rango dinámico significa que el rango dinámico de los datos RGB lineales 110 puede ser un primer rango dinámico (por ejemplo, el rango de visión humana como se ilustra en la figura 2). El rango dinámico de las claves de acceso resultantes puede ser un segundo rango dinámico (por ejemplo, el rango de visualización de HDR como se ilustra en la figura 2). Por lo tanto, las claves de acceso capturan un rango dinámico más pequeño que los datos RGB lineales 110 y, por lo tanto, la unidad de TF 112 realiza la compactación del rango dinámico.

- 45 La unidad de TF 112 realiza funciones no lineales en el sentido de que el mapeo entre las claves de acceso y los valores de color de entrada no está espaciado de igual manera (por ejemplo, las claves de acceso son claves de acceso no lineales). Las claves de acceso no lineales significan que los cambios en los valores de color de entrada no se manifiestan como cambios linealmente proporcionales en las claves de acceso de salida, sino como cambios no lineales en las claves de acceso. Por ejemplo, si los valores de color representan una iluminación baja, entonces los pequeños cambios en los valores de color de entrada resultarían en pequeños cambios en las claves de acceso

emitidas por la unidad de TF 112. Sin embargo, si los valores de color representan una iluminación alta, se necesitarán cambios relativamente grandes en los valores de color de entrada para cambios pequeños en las claves de acceso. El rango de iluminación representado por cada clave de acceso no es constante (por ejemplo, una primera clave de acceso es la misma para un primer rango de iluminaciones y una segunda clave de acceso es la misma para un segundo rango de iluminaciones, y el primer y el segundo rango son diferentes). La figura 7, descrita a continuación, ilustra la característica de la función de transferencia aplicada por la unidad de TF 112.

Como se describe con mayor detalle, las técnicas pueden aumentar y desplazar los datos RGB lineales 110 que recibe la unidad de TF 112 y/o aumentar y desplazar las claves de acceso que emite la unidad de TF 112 para utilizar mejor el espacio de la clave de acceso. La unidad de TF 112 puede compactar los datos RGB lineales 110 (o los datos RGB aumentados y desplazados) usando cualquier número de funciones de transferencia no lineales (por ejemplo, el PQ (cuantificador perceptivo) TF como se define en SMPTE-2084).

En algunos ejemplos, la unidad de conversión de color 114 convierte los datos compactados en un espacio de color más compacto o robusto (por ejemplo, en espacio de color YUV o YCrCb a través de una unidad de conversión de color) que es más adecuado para la compresión mediante el codificador de video 20. Como se describe con mayor detalle, en algunos ejemplos, antes de que la unidad de conversión de color 114 realice la conversión de color, las técnicas pueden aumentar y desplazar las claves de acceso que se emiten mediante la aplicación de la TF mediante la unidad de TF 112. La unidad de conversión de color 114 puede recibir estas claves de acceso aumentadas y desplazadas. En algunos ejemplos, algunas claves de acceso aumentadas y desplazadas pueden ser mayores o menores que los umbrales respectivos; para ellos, las técnicas pueden asignar un conjunto respectivo de claves de acceso.

Luego, estos datos se cuantifican utilizando una conversión de representación flotante a entero (por ejemplo, a través de una unidad de cuantificación 116) para producir los datos de video (por ejemplo, datos de HDR 118) que se transmiten al codificador de video 20 para su codificación. En este ejemplo, los datos de HDR 118 están en una representación entera. Los datos de HDR 118 pueden estar ahora en un formato más adecuado para la compresión mediante el codificador de video 20. Debe entenderse que el orden de los procesos representados en la figura 4 se proporciona a modo de ejemplo y puede variar en otras solicitudes. Por ejemplo, la conversión de color puede preceder al proceso de TF. Además, el preprocesador de video 19 puede aplicar más procesamiento (por ejemplo, submuestreo espacial) a los componentes de color.

Por consiguiente, en la figura 4, el alto rango dinámico de los datos RGB de entrada 110 en representación lineal y de punto flotante se compacta con la función de transferencia no lineal utilizada mediante la unidad de TF 112, por ejemplo PQ TF como se define en SMPTE-2084, y luego se convierte en un espacio de color objetivo (por ejemplo, mediante la unidad de conversión de color 114) que es más adecuado para la compresión, por ejemplo YCbCr, y luego se cuantifica (por ejemplo, unidad de cuantificación 116) para lograr una representación de un número entero. El orden de esos elementos se proporciona a modo de ejemplo y puede variar en las aplicaciones del mundo real, por ejemplo, la conversión de color puede preceder al módulo de TF (por ejemplo, la unidad de TF 112). Se puede aplicar un procesamiento adicional, como el submuestreo espacial, a los componentes de color antes de que la unidad de TF 112 aplique la función de transferencia.

La conversión inversa en el lado del decodificador se muestra en la figura 5. Las técnicas de la figura 5 pueden realizarse por el posprocesador de video 31. Por ejemplo, el posprocesador de video 31 recibe datos de video (por ejemplo, datos HDR 120) del decodificador de video 30 y la unidad de cuantificación inversa 122 puede cuantificar inversamente los datos, la unidad de conversión de color inversa 124 realiza la conversión de color inversa y la unidad de función de transferencia no lineal inversa 126 realiza una transferencia no lineal inversa para producir los datos RGB lineales 128.

El proceso de conversión de color inverso que realiza la unidad de conversión de color inversa 124 puede ser el inverso del proceso de conversión de color que realizó la unidad de conversión de color 114. Por ejemplo, la unidad de conversión de color inversa 124 puede convertir los datos de HDR de un formato YCrCb de nuevo a un formato RGB. La unidad de función de transferencia inversa 126 puede aplicar la función de transferencia inversa a los datos para volver a agregar el rango dinámico que fue compactado por la unidad de TF 112 para recrear los datos RGB lineales 128.

En las técnicas de ejemplo descritas en la presente divulgación, antes de que la unidad de función de transferencia inversa 126 realice la función de transferencia inversa, el posprocesador de video 31 puede aplicar el posprocesamiento inverso y, después de que la unidad de función de transferencia inversa 126 realice la función de transferencia inversa, puede aplicar el preprocesamiento inverso. Por ejemplo, como se describió con anterioridad, en algunos ejemplos, el preprocesador de video 19 puede aplicar preprocesamiento (por ejemplo, con aumento y desplazamiento) antes de la unidad de TF 112 y puede aplicar posprocesamiento (por ejemplo, con aumento y desplazamiento) después de la unidad de TF 112. Para compensar el preprocesamiento y el posprocesamiento, el posprocesador de video 31 puede aplicar el posprocesamiento inverso antes de que la unidad de TF inversa 126 realice la función de transferencia inversa y el preprocesamiento inverso después de que la unidad de TF inversa

126 realice la función de transferencia inversa. La aplicación de preprocesamiento y posprocesamiento y el posprocesamiento inverso y el preprocesamiento inverso son opcionales. En algunos ejemplos, el preprocesador de video 19 puede aplicar uno, pero no ambos preprocesamiento y posprocesamiento, y para tales ejemplos, el posprocesador de video 31 puede aplicar el procesamiento inverso aplicado por el preprocesador de video 19.

El preprocesador de video de ejemplo 19 ilustrado en la figura 4 se describe con mayor detalle, entendiendo que el posprocesador de video de ejemplo 31 ilustrado en la figura 5 realiza el recíproco general. Se aplica una función de transferencia a los datos (por ejemplo, datos de video HDR/WCG RGB) para compactar su rango dinámico y hacer posible la representación de los datos con un número limitado de bits. Ese número limitado de bits que representan los datos se denominan claves de acceso. Esta función suele ser una función no lineal unidimensional (ID) que refleja la inversa de la función de transferencia electro-óptica (EOTF) de la pantalla del usuario final, tal y como se especifica para SDR en Rec.709, o que aproxima la percepción HVS a los cambios de brillo, tal y como se especifica para PQ TF en SMPTE-2084 para HDR. El proceso inverso (por ejemplo, como lo realiza el posprocesador de video 31) de la OETF es la EOTF (función de transferencia electro-óptica), que mapea los niveles de código de vuelta a la luminancia. La figura 6 muestra varios ejemplos de TF no lineales. Estas funciones de transferencia también pueden aplicarse a cada componente R, G y B por separado.

En el contexto de la presente divulgación, los términos "valor de señal" o "valor de color" pueden usarse para describir un nivel de luminancia correspondiente al valor de un componente de color específico (como R, G, B o Y) para un elemento de imagen. El valor de la señal suele representar un nivel de luz lineal (valor de luminancia). Los términos "nivel de código", "valor de código digital" o "clave de acceso" pueden referirse a una representación digital de un valor de señal de imagen. Por lo general, dicha representación digital representa un valor de señal no lineal. Una EOTF representa la relación entre los valores de señal no lineal proporcionados a un dispositivo de visualización (por ejemplo, el dispositivo de visualización 32) y los valores de color lineales producidos por el dispositivo de visualización.

La especificación de ST2084 definió la aplicación de EOTF de la siguiente manera. La TF se aplica a los valores de R, G, B lineales normalizados, lo que resulta en una representación no lineal de R'G'B'. ST2084 define la normalización mediante $NORM=10000$, que se asocia con un brillo máximo de 10000nits (cd/m2).

$$\begin{aligned} \circ \quad R' &= PQ_TF(\max(0, \min(R/NORM, 1))) \\ \circ \quad G' &= PQ_TF(\max(0, \min(G/NORM, 1))) \\ \circ \quad B' &= PQ_TF(\max(0, \min(B/NORM, 1))) \end{aligned} \quad (1)$$

con

$$PQ_TF(L) = \left(\frac{c_1 + c_2 L^{m_1}}{1 + c_3 L^{m_1}} \right)^{m_2}$$

$$m_1 = \frac{2610}{4096} \times \frac{1}{4} = 0.1593017578125$$

$$m_2 = \frac{2523}{4096} \times 128 = 78.84375$$

$$c_1 = c_3 - c_2 + 1 = \frac{3424}{4096} = 0.8359375$$

$$c_2 = \frac{2413}{4096} \times 32 = 18.8515625$$

$$c_3 = \frac{2392}{4096} \times 32 = 18.6875$$

Con valores de entrada (valor de color lineal) en el eje x normalizados al rango 0.. 1 y valores de salida normalizados (valor de color no lineal) en el eje y, PQ EOTF se visualiza en la figura 7. Como se observa en la curva de la figura 7, el 1 por ciento (baja iluminación) del rango dinámico de la señal de entrada se convierte en el 50 % del rango dinámico de la señal de salida.

Existe un número finito de claves de acceso que se pueden usar para representar los valores de color lineales de entrada. La figura 7 ilustra que para PQ EOTF, aproximadamente el 50 % de las claves de acceso disponibles están dedicadas a señales de entrada de iluminación baja, dejando menos claves de acceso disponibles para señales de entrada de iluminación más altas. Por lo tanto, probablemente no se capturen cambios leves en las señales de entrada de iluminación relativamente alta porque no hay claves de acceso suficientes para representar esos cambios leves. Sin embargo, puede haber un número innecesariamente grande de claves de acceso disponibles para señales de entrada de baja iluminación, lo que significa que incluso el más mínimo cambio en las señales de entrada de iluminación relativamente baja puede estar representado por diferentes claves de acceso. Por consiguiente, puede haber una gran distribución de claves de acceso para señales de entrada de baja iluminación y una distribución relativamente baja de claves de acceso disponibles para señales de entrada de alta iluminación.

Por lo general, la EOTF se define como una función con una exactitud de coma flotante. Por lo tanto, no se introduce ningún error en una señal con esta no linealidad si se aplica una TF inversa, es decir, la denominada OETF. La TF inversa (OETF) especificada en ST2084 se define como la función inversa de PQ:

$$\begin{aligned} R &= 10000 * \text{inversaPQ_TF}(R') \\ G &= 10000 * \text{inversaPQ_TF}(G') \\ B &= 10000 * \text{inversaPQ_TF}(B') \end{aligned} \quad (2)$$

con inversa

$$\text{PQ_TF}(N) = \left(\frac{\max[(N^{1/m_2} - c_1), 0]}{c_2 - c_3 N^{1/m_2}} \right)^{1/m_1}$$

$$m_1 = \frac{2610}{4096} \times \frac{1}{4} = 0.1593017578125$$

$$m_2 = \frac{2523}{4096} \times 128 = 78.84375$$

$$c_1 = c_3 - c_2 + 1 = \frac{3424}{4096} = 0.8359375$$

$$c_2 = \frac{2413}{4096} \times 32 = 18.8515625$$

$$c_3 = \frac{2392}{4096} \times 32 = 18.6875$$

Con exactitud de punto flotante, la aplicación secuencial de EOTF y OETF proporciona una reconstrucción perfecta sin errores. Sin embargo, esta representación no es óptima para los servicios de emisión o transmisión. A continuación se describe una representación más compacta con exactitud de bits fijos de datos de R'G'B' no lineales. Obsérvese que EOTF y OETF son objeto de una investigación muy activa en la actualidad, y la TF utilizada en algunos sistemas de codificación de video de HDR puede ser diferente del ST2084.

Para HDR, también se están considerando otras funciones de transferencia. Los ejemplos incluyen Philips TF o BBC Híbrida "Log-Gamma" TF. BBC Híbrida "Log-Gamma" TF se basa en Rec 709 TF para compatibilidad previa de SDR. Para extender el rango dinámico, BBC Híbrida agrega una tercera parte a la curva Rec 709 con una luminancia de entrada más alta. La nueva porción de la curva es una función logarítmica.

OETF que se define en Rec. 709 es:

$$V = \begin{cases} 4.5L, & 0 \leq L \leq 0.018 \\ 1.099L^{0.45} - 0.099, & 0.018 \leq L \leq 1 \end{cases}$$

donde L es la luminancia de la imagen $0 \leq L \leq 1$ y V es la señal eléctrica correspondiente. En Rec 2020, la misma ecuación se especifica de la siguiente manera:

$$E' = \begin{cases} 4.5E, & 0 \leq E \leq \beta \\ \alpha E^{0.45} - (\alpha - 1), & \beta \leq E \leq 1 \end{cases}$$

donde E es el voltaje normalizado por el nivel de blanco de referencia y proporcional a la intensidad de luz implícita que se detectaría con un canal de color de cámara de referencia R, G, B. E' es la señal no lineal resultante.

- 5 $\alpha = 1,099$ y $\beta = 0,018$ para el sistema de 10 bits
 $\alpha = 1,0993$ y $\beta = 0,0181$ para el sistema de 12 bits

Aunque no se indica explícitamente, α y β son la solución de las siguientes ecuaciones simultáneas:

$$4.5\beta = \alpha\beta^{0.45} - (\alpha - 1)$$

$$4.5 = 0.45\alpha\beta^{-0.55}$$

- 10 La primera ecuación es la igualación de los valores de una función lineal y la función gamma en $E = \beta$, y la segunda es el gradiente de las dos funciones también en $E = \beta$.
- 15 La parte adicional en "Log-Gamma" híbrida se muestra a continuación y la figura 27 ilustra OETF. Por ejemplo, la figura 27 muestra una función de transferencia log-gamma híbrida y el posible rango objetivo como ejemplo.

$$V = \begin{cases} 4.5L, & 0 \leq L \leq \beta \\ \alpha E^{0.45} - (\alpha - 1), & \beta \leq L \leq \mu \\ \eta \ln(L) + \rho, & L > \mu \end{cases}$$

- 20 En la figura 27, las curvas respectivas están marcadas con A, B, C, D y E para coincidir con las leyendas respectivas en el cuadro inferior derecho del gráfico. En particular, A corresponde a PQ-EOTF de 10 bits, B corresponde a BT.709 EOTF de 8 bits, C corresponde a BT.709 EOTF de 10 bits, D corresponde a BBC Híbrida Log-Gamma EOTF de 10 bits y E corresponde a PQ-EOTF de 12 bits.

- 25 La figura 28 ilustra una función de transferencia donde la pendiente de la parábola alrededor del punto de inflexión es ajustable. La figura 28 se ilustra simplemente como un ejemplo con un ejemplo de ajuste de pendiente de 5000 [cd/m²]. Sin embargo, son posibles otros ejemplos de la función de transferencia con pendiente ajustable.

- 30 Los datos RGB generalmente se utilizan como entrada, ya que son producidos por sensores de captura de imágenes. Sin embargo, este espacio de color tiene una alta redundancia entre sus componentes y no es óptimo para una representación compacta. Para lograr una representación más compacta y robusta, los componentes RGB generalmente se convierten a un espacio de color menos correlacionado (es decir, se realiza una transformada de color) que es más adecuado para la compresión, por ejemplo, YCbCr. Este espacio de color separa el brillo en forma de información de luminancia y color en diferentes componentes no correlacionados.

- 35 Para los sistemas de codificación de video modernos, un espacio de color que se usa normalmente es YCbCr, como se especifica en ITU-R BT.709 o ITUR BT.709. El espacio de color YCbCr del estándar BT.709 especifica el siguiente proceso de conversión de R'G'B' a Y'CbCr (representación de luminancia no constante):

$$\circ Y' = 0.2126 * R' + 0.7152 * G' + 0.0722 * B' \quad (3)$$

$$\circ Cb = \frac{B' - Y'}{1.8556} \quad (3)$$

$$\circ Cr = \frac{R' - Y'}{1.5748}$$

Lo anterior también se puede implementar utilizando la siguiente conversión aproximada que evita la división de los componentes Cb y Cr:

$$\begin{aligned} \circ Y' &= 0.212600 * R' + 0.715200 * G' + 0.072200 * B' \\ \circ Cb &= -0.114572 * R' - 0.385428 * G' + 0.500000 * B' \\ \circ Cr &= 0.500000 * R' - 0.454153 * G' - 0.045847 * B' \end{aligned} \quad (4)$$

- 5 El estándar ITU-R BT.2020 especifica el siguiente proceso de conversión de R'G'B' a Y'CbCr (representación de luminancia no constante):

$$\begin{aligned} \circ Y' &= 0.2627 * R' + 0.6780 * G' + 0.0593 * B' \\ \circ Cb &= \frac{B' - Y'}{1.8814} \\ \circ Cr &= \frac{R' - Y'}{1.4746} \end{aligned} \quad (5)$$

- 10 Lo anterior también se puede implementar utilizando la siguiente conversión aproximada que evita la división de los componentes Cb y Cr:

$$\begin{aligned} \circ Y' &= 0.262700 * R' + 0.678000 * G' + 0.059300 * B' \\ \circ Cb &= -0.139630 * R' - 0.360370 * G' + 0.500000 * B' \\ \circ Cr &= 0.500000 * R' - 0.459786 * G' - 0.040214 * B' \end{aligned} \quad (6)$$

- 15 Cabe señalar que ambos espacios de color permanecen normalizados. Por lo tanto, para los valores de entrada normalizados en el rango 0... 1, los valores resultantes se asignarán al rango 0.. 1. En general, las transformadas de color implementadas con exactitud de punto flotante brindan una reconstrucción perfecta, por lo que este proceso no tiene pérdidas.

- 20 Para la cuantificación y/o la conversión de punto fijo, las etapas de procesamiento descritas anteriormente se implementan normalmente en una representación de exactitud de punto flotante; por lo tanto, pueden considerarse sin pérdidas. Sin embargo, este tipo de exactitud puede considerarse redundante y costosa para la mayoría de las aplicaciones de electrónica de consumo. Para dichos servicios, los datos de entrada en un espacio de color objetivo se convierten en una exactitud de punto fijo de profundidad de bits objetivo. Ciertos estudios muestran que la exactitud de 10-12 bits en combinación con PQ TF es suficiente para proporcionar datos de HDR de 16 números f con una distorsión por debajo de la de la diferencia apenas perceptible. Los datos representados con una exactitud de 10 bits se pueden codificar aún más con la mayoría de las soluciones de codificación de video de última generación. Este proceso de conversión incluye la cuantificación de la señal y es un elemento de codificación con pérdida y es una fuente de inexactitud introducida en los datos convertidos.

- 30 A continuación se muestra un ejemplo de dicha cuantificación aplicada a palabras de código en el espacio de color objetivo, en este ejemplo, YCbCr. Los valores de entrada YCbCr representados con exactitud de punto flotante se convierten en una señal de BitProfundidadY de profundidad de bits fija para el valor Y, y BitProfundidadC para los valores de croma (Cb, Cr).

$$\begin{aligned} \circ D_{Y'} &= \text{Recorte}_{1r} \left(\text{Ronda} \left((1 \ll (\text{BitProfundidad}_Y - 8)) * (219 * Y' + 16) \right) \right) \\ \circ D_{Cb} &= \text{Recorte}_{1c} \left(\text{Ronda} \left((1 \ll (\text{BitProfundidad}_c - 8)) * (224 * Cb + 128) \right) \right) \\ \circ D_{Cr} &= \text{Recorte}_{1c} \left(\text{Ronda} \left((1 \ll (\text{BitProfundidad}_c - 8)) * (224 * Cr + 128) \right) \right) \end{aligned} \quad (7)$$

con

$$\text{Ronda}(x) = \text{Signo}(x) * \text{Suelo}(\text{Abs}(x) + 0.5)$$

$\text{Signo}(x) = -1$ si $x < 0$, 0 si $x = 0$, 1 si $x > 0$

$\text{Suelo}(x)$ el entero más grande menor o igual que x

$\text{Abs}(x) = x$ si $x \geq 0$, $-x$ si $x < 0$

5 $\text{Recorte}_Y(x) = \text{Recorte}_3(0, (1 \ll \text{BitProfundidad}_Y) - 1, x)$

$\text{Recorte}_{1C}(x) = \text{Recorte}_3(0, (1 \ll \text{BitProfundidad}_C) - 1, x)$

$\text{Recorte}_3(x, y, z) = x$ si zy , z de lo contrario

10 Algunas técnicas pueden no ser adecuadas para datos de video de HDR y WCG. La mayoría de las EOTF disponibles en la actualidad públicamente para los sistemas de video de HDR, como PH, Phillips y BBC, son funciones de transferencia 1D estáticas e independientes de contenido que se aplican a los componentes R, G y B de forma independiente y no tienen en cuenta las estadísticas espacio-temporales de video de HDR o el nivel de brillo local. En términos de tal utilización de EOTF en el sistema de codificación de video de HDR, ese enfoque conduciría a una asignación de bits no óptima para la calidad visual proporcionada del contenido de video de HDR.

15 Un segundo problema de la canalización de procesamiento de HDR utilizada en la actualidad es una conversión estática de claves de acceso no lineales en un espacio de color objetivo de representación de exactitud de punto flotante a representación. Por lo general, el espacio de la clave de acceso es fijo y el contenido de HDR que varía temporal y espacialmente no obtendría una representación óptima. A continuación se proporcionan más detalles sobre estos dos problemas.

20 Con respecto a la no optimización de 1D EOTF estático, la EOTF definida en ST2084 especifica una función de transferencia 1D estática e independiente de contenido denominada PQ TF que presumiblemente se basa en la sensibilidad perceptual del sistema visual humano (HVS) en el nivel particular de brillo (número de cd/m²). A pesar de que la mayoría de los estudios definen la sensibilidad perceptiva del HVS para el brillo en cd/m², PQ TF se aplica a cada uno de los valores de color R, G y B de forma independiente, como en la Ecuación 1 (por ejemplo, para determinar R', G', y B') y no utiliza la intensidad de brillo de este píxel RGB. Esto resulta en una posible inexactitud de PQ TF en la aproximación de la sensibilidad del HVS en la no linealidad del R'G'B' resultante, por ejemplo, una combinación de valores de color R'G'B' puede resultar en un nivel diferente de brillo que debería haberse asociado con otro valor de PQ TF en comparación con lo que se aplicó a cada uno de los componentes R, G, B de forma independiente.

35 Además, debido a esta intención de diseño, PQ TF combina la sensibilidad del HVS en dos modos: la llamada visión fotópica nocturna y la visión escotópica (llamada nocturna). Esta última visión entra en juego cuando el brillo de la escena está por debajo de 0,03 cd/m² y presenta una sensibilidad mucho mayor a costa de la reducción de la percepción del color. Para permitir una alta sensibilidad, el PQ TF utilizado proporciona una mayor cantidad de claves de acceso para valores de iluminancia bajos, como se refleja en la figura 7. Tal distribución de claves de acceso puede ser óptima si el brillo de la imagen es HVS bajo y funcionaría en modo de visión nocturna. Por ejemplo, tal distribución de claves de acceso puede ser óptima si las claves de acceso serán sensibles a cambios menores en el brillo. Sin embargo, las imágenes HDR típicas pueden presentar paisajes brillantes y fragmentos oscuros y ruidosos que no afectarían la calidad visual debido al enmascaramiento de las muestras brillantes más cercanas, pero contribuirían en gran medida a un caudal de bits con la TF estática actual.

45 Con respecto a la utilización ineficiente del espacio de claves de acceso, la cuantificación de claves de acceso no lineales (Y', Cb, Cr) representadas con exactitud de punto flotante y su representación con un número fijo de bits como se muestra en la Ecuación (7) (D_Y , D_{Cb} , D_{Cr}) es la principal herramienta de compresión de canalización de HDR. Por lo general, el rango dinámico de la señal de entrada antes de la cuantificación es inferior a 1,0 y pertenece al rango dentro de 0..1 para el componente Y, y al rango de -0,5..0,5 para el componente Cb y Cr.

50 Sin embargo, la distribución real de la señal de HDR varía de trama a trama; por lo tanto, la cuantificación como se muestra en la Ecuación (7) no proporcionaría un error de cuantificación mínimo y se puede mejorar ajustando el rango dinámico de la señal de HDR para que coincida con el rango anticipado igual a 1,0.

55 Para abordar el problema descrito con anterioridad, se pueden considerar las siguientes soluciones. La EOTF puede definirse como una función de transferencia adaptable al contenido dinámico con una forma que se cambia hasta las propiedades del contenido, por ejemplo, a nivel de trama, como se ilustra en la figura 8. La figura 8 ilustra una canalización de procesamiento de HDR adaptable al contenido (lado del codificador) con una unidad de TF de forma adaptable 112'. Por ejemplo, la figura 8 ilustra otro ejemplo de preprocesador de video 19, que incluye una función de TF de forma adaptable que es utilizada por la unidad de TF.

60 Los componentes de la figura 8 generalmente se ajustan a los componentes de la figura 4. En el ejemplo de la figura 8, los componentes que poseen los mismos números de referencia que los del ejemplo de la figura 4 son iguales.

Sin embargo, en la figura 8, una unidad de TF adaptable 112' aplica una TF adaptable en lugar de la unidad de TF 112 que aplica una TF estática, como se ilustra en la figura 4. En este ejemplo, la forma en que la unidad TF adaptable 112' realiza la compactación de datos es adaptable y puede cambiar en función del contenido de video. Aunque no se ilustra el posprocesador 31 de video correspondiente, dicho posprocesador 31 de video de ejemplo realizaría una función de transferencia inversa adaptable en lugar de la función de transferencia inversa estática de la unidad de función de transferencia inversa 126 de la figura 5. El preprocesador de video 19 generaría información que indica los parámetros que la unidad de TF 112' usa para adaptar la TF. El posprocesador de video 31 recibiría dicha información que indica los parámetros utilizados por la unidad de TF 112' para adaptar la función de transferencia inversa adaptable en consecuencia.

Sin embargo, esta técnica puede requerir una señalización extensiva de los parámetros de adaptación de la función de transferencia, así como una implementación que admita esta adaptabilidad, por ejemplo, el almacenamiento de múltiples tablas de consulta o ramas de implementación. Además, ciertos aspectos de la no optimización de PQ EOTF pueden resolverse a través de una función de transferencia 3D. Dichos enfoques pueden ser demasiado costosos para ciertas implementaciones y para el costo de señalización.

En la presente divulgación, la señalización se refiere a la salida de elementos de sintaxis u otros datos de video que se utilizan para decodificar o reconstruir los datos de video. Los parámetros señalados pueden almacenarse para su posterior recuperación mediante el dispositivo de destino 14 o pueden transmitirse directamente al dispositivo de destino 14.

La presente divulgación describe un sistema de video de HDR adaptable al contenido que emplea una función de transferencia (TF) fija estática. La presente divulgación describe el mantenimiento de una TF estática en la canalización, pero adaptando las características de la señal a un flujo de procesamiento fijo. Eso puede lograrse mediante el procesamiento adaptable de la señal que debe ser procesada por TF o la señal que resultó de la aplicación de TF. Ciertas técnicas pueden combinar ambos mecanismos de adaptación. En el decodificador (por ejemplo, el posprocesador de video 31), se aplicaría un proceso de adaptación, inverso al que se aplica en el lado del codificador (por ejemplo, el preprocesador de video 19).

La figura 9 es un diagrama conceptual que muestra una canalización del procesamiento de HDR adaptable al contenido (lado del codificador) con TF fija. Como se ilustra, el preprocesador de video 19 incluye la unidad de preprocesamiento 134, también denominada ajuste de rango dinámico (DRA1), la unidad de TF 112, la unidad de posprocesamiento 138, también denominada DRA2, la unidad de conversión de color 114 y la unidad de cuantificación 116.

En el ejemplo ilustrado, el preprocesador de video 19 puede configurarse como un circuito programable y con función fija. Por ejemplo, el preprocesador de video 19 puede incluir transistores, capacitores, inductores, componentes pasivos y activos, unidades aritméticas lógicas (ALU), unidades de funciones elementales (EFU) y similares que juntos o por separado forman la unidad de preprocesamiento 134, la unidad de TF 112, la unidad de posprocesamiento 138, la unidad de conversión de color 114 y la unidad de cuantificación 116. En algunos ejemplos, el preprocesador de video 19 incluye un núcleo programable que ejecuta instrucciones que hacen que la unidad de preprocesamiento 134, la unidad de TF 112, la unidad de posprocesamiento 138, la unidad de conversión de color 114 y la unidad de cuantificación 116 realicen sus respectivas funciones. En tales ejemplos, la memoria de datos de video 132, o alguna otra memoria, puede almacenar las instrucciones que ejecuta el preprocesador de video 19.

En la figura 9, para facilitar la comprensión, también se ilustra una memoria de datos de video 132. Por ejemplo, la memoria de datos de video 132 puede almacenar temporalmente datos de video antes de que el preprocesador de video 19 reciba los datos de video. Como otro ejemplo, cualquier dato de video que emita el preprocesador de video 19 puede almacenarse temporalmente en la memoria de datos de video 132 (por ejemplo, almacenarse en la memoria de datos de video antes su emisión al codificador de video 20). La memoria de datos de video 132 puede ser parte del preprocesador de video 19 o puede ser externa al preprocesador de video 19.

Los datos de video almacenados en la memoria de datos de video 132 pueden obtenerse, por ejemplo, de la fuente de video 18. La memoria de datos de video 132 puede estar formada por cualquier variedad de dispositivos de memoria, como la memoria dinámica de acceso aleatorio (DRAM), incluida la DRAM sincrónica (SDRAM), la RAM magnetorresistiva (MRAM), la RAM resistiva (RRAM) u otros tipos de dispositivos de memoria. En varios ejemplos, la memoria de datos de video 132 puede estar en el chip con otros componentes del preprocesador de video 19, o fuera del chip en relación con esos componentes.

Como se describe con más detalle a continuación, la unidad de preprocesamiento 134 (por ejemplo, DRA1) procesa previamente los datos de RGB lineales 110 antes de que la unidad de función de transferencia estática 112 aplique una función de transferencia estática. Parte del preprocesamiento incluye el aumento y el desplazamiento (p. ej., multiplicar el valor de entrada por un factor para aumentar y agregar un valor para desplazar). En algunos ejemplos, la unidad de preprocesamiento 134 preprocesa los datos de video basándose en el contenido de video (por ejemplo, el factor de escala y el factor de desplazamiento se basan en el contenido de video). Luego, la unidad de TF 112

aplica la función de transferencia a los valores de entrada aumentados y desplazados para generar una pluralidad de claves de acceso. En este ejemplo, la unidad de TF 112 aplica una función de transferencia estática que compacta el rango dinámico de los valores de entrada para que la pluralidad de claves de acceso generadas representen colores en un rango dinámico más pequeño que los valores de color de entrada (por ejemplo, datos RGB lineales 110).

La unidad de posprocesamiento 136 (por ejemplo, DRA2) realiza funciones de posprocesamiento en las claves de acceso generadas por la unidad de TF 112. Por ejemplo, la emisión de la unidad de TF 112 puede ser claves de acceso no lineales que representan los valores de color. La unidad de posprocesamiento 136 también puede aumentar y desplazar las claves de acceso emitidas por la unidad de TF 112. La unidad de conversión de color 114 realiza la conversión de color en la emisión de la unidad de posprocesamiento 138 (por ejemplo, la conversión de RGB a YCrCb), y la unidad de cuantificación 116 realiza la cuantificación en la emisión de la unidad de conversión de color 114.

Al preprocesar los datos RGB lineales 110, la unidad de preprocesamiento 134 puede configurarse para aumentar y desplazar los datos RGB lineales 110 de manera que, aunque la unidad de TF 112 aplique una función de transferencia estática, la entrada a la unidad de TF 112 se ajuste de manera que no haya más linealidad en las claves de acceso de salida de la unidad de TF 112. Además, al preprocesar los datos RGB lineales 110, la unidad de preprocesamiento 134 puede usar el contenido de video para seleccionar parámetros de aumento y desplazamiento que representan las estadísticas espacio-temporales o el nivel de brillo local.

Puede haber varias formas en las que la unidad de preprocesamiento 134 pueda determinar los parámetros de aumento y desplazamiento. A modo de ejemplo, la unidad de preprocesamiento 134 puede determinar un histograma de cada uno de los colores de la imagen (por ejemplo, determinar un histograma para el rojo, un histograma para el verde y un histograma para el azul). El histograma indica cuántos píxeles de un color particular tienen un nivel de iluminación particular. La unidad de preprocesamiento 134 puede preprogramarse con una representación matemática de la función de transferencia que la unidad de TF 112 debe aplicar para que la unidad de preprocesamiento 134 pueda aumentar y desplazar los valores de color para incrementar la linealidad de las claves de acceso que la unidad de TF 112 emite.

La unidad de preprocesamiento 134 puede normalizar el histograma de la señal de entrada en un lapso limitado [hist_min...hist_max] en el rango dinámico completo [0... 1] del espacio de clave de acceso permitido de la señal de entrada. La unidad de preprocesamiento 134 puede determinar los parámetros de aumento y desplazamiento que se aplicarán a la señal de entrada estirando horizontalmente un histograma de cada uno de los valores de color y determinando el desplazamiento y el aumento basados en el histograma estirado. Por ejemplo, la ecuación para determinar el desplazamiento y el aumento puede ser:

$$\text{Desplazamiento1} = -\text{hist_min}$$

$$\text{Aumento1} = 1/(\text{hist_max}-\text{hist_min})$$

La unidad de preprocesamiento 134 puede determinar los parámetros de desplazamiento y aumento para cada uno de los colores usando las ecuaciones para Desplazamiento1 y Aumento1 y aplicar los parámetros de Desplazamiento1 y Aumento1 como se describe con mayor detalle para aumentar y desplazar los valores de color. Puede haber diversas formas en las que la unidad de preprocesamiento 134 determine los parámetros de desplazamiento y aumento para el preprocesamiento y las ecuaciones anteriores se brindan a modo de ejemplo.

La unidad de posprocesamiento 138 puede determinar los parámetros de desplazamiento y aumento de una manera similar, excepto que la unidad de posprocesamiento 138 aplica la determinación de los parámetros de desplazamiento y aumento en las claves de acceso de color. Por ejemplo, la unidad de posprocesamiento 138 puede determinar un histograma de cada una de las claves de acceso que emite la unidad de TF 112. La unidad de posprocesamiento 138 puede normalizar el histograma de las claves de acceso en un lapso limitado [hist_min...hist_max] en el rango dinámico completo [0... 1] del espacio de clave de acceso permitido. La unidad de posprocesamiento 138 puede determinar los parámetros de aumento y desplazamiento que se aplicarán a las claves de acceso estirando el histograma de cada una de las claves de acceso para cada uno de los valores de color y determinando el desplazamiento y el aumento basados en el histograma estirado. Por ejemplo, la ecuación para determinar el desplazamiento y el aumento puede ser:

$$\text{Desplazamiento 1} = -\text{hist_min}$$

$$\text{Aumento1} = 1/(\text{hist_max}-\text{hist_min})$$

La unidad de posprocesamiento 138 puede determinar los parámetros de desplazamiento y aumento para cada uno de los colores usando las ecuaciones para Desplazamiento2 y Aumento2 y aplicar los parámetros de

desplazamiento2 y aumento2 como se describe con mayor detalle para aumentar y desplazar las claves de acceso. Puede haber diversas formas en las que la unidad de preprocesamiento 138 determine los parámetros de desplazamiento y aumento para el posprocesamiento y las ecuaciones anteriores se brindan a modo de ejemplo.

5 Aunque la unidad de conversión de color 114 se ilustra como posterior a la unidad de posprocesamiento 138, en algunos ejemplos, la unidad de conversión de color 114 puede convertir primero el color RGB a YCrCb. La unidad de posprocesamiento 138 puede realizar operaciones en las claves de acceso YCrCb. Para el componente luma (Y), la unidad de posprocesamiento 138 puede determinar los valores de aumento y desplazamiento utilizando técnicas similares a las descritas con anterioridad. A continuación se describen técnicas para determinar el aumento y el
10 desplazamiento de los componentes de croma.

La unidad de posprocesamiento 138 puede determinar los parámetros de aumento y desplazamiento para los componentes de color Cb y Cr a partir de la colorimetría de la señal de video de entrada y la colorimetría objetivo de la señal de video de salida. Por ejemplo, considere un contenedor de color objetivo (T) especificado por
15 coordenadas primarias (xXt, yXt), donde X se indica para los componentes de color R,G,B:

$$\text{PrincipalT} = \begin{bmatrix} xRt & yRt \\ xGt & yGt \\ xBt & yBt \end{bmatrix}$$

y la gama de colores nativa (N) especificada por las coordenadas primarias (xXn, yXn), donde X se indica para los componentes de color R, G, B:

$$\text{PrincipalN} = \begin{bmatrix} xRn & yRn \\ xGn & yGn \\ xBn & yBn \end{bmatrix}$$

20 La coordenada del punto blanco para ambas gamas es igual a blancoP = (xW,yW). La unidad de estimación de parámetros de DRA (por ejemplo, la unidad de posprocesamiento 138) puede derivar el aumento Cb y el aumento Cr para los componentes de color Cb y Cr en función de las distancias entre las coordenadas primarias al punto blanco. Un ejemplo de tal estimación se proporciona a continuación:

$$rdT = \sqrt{(\text{principalT}(1,1) - \text{blancoP}(1,1))^2 + (\text{principalN}(1,2) - \text{blancoP}(1,2))^2}$$

$$25 \quad gdT = \sqrt{(\text{principalT}(2,1) - \text{blancoP}(1,1))^2 + (\text{principalN}(2,2) - \text{blancoP}(1,2))^2}$$

$$bdT = \sqrt{(\text{principalT}(3,1) - \text{blancoP}(1,1))^2 + (\text{principalN}(3,2) - \text{blancoP}(1,2))^2}$$

$$rdN = \sqrt{(\text{principalN}(1,1) - \text{blancoP}(1,1))^2 + (\text{principalN}(1,2) - \text{blancoP}(1,2))^2}$$

$$gdN = \sqrt{(\text{principalN}(2,1) - \text{blancoP}(1,1))^2 + (\text{principalN}(2,2) - \text{blancoP}(1,2))^2}$$

$$bdN = \sqrt{(\text{principalT}(3,1) - \text{blancoP}(1,1))^2 + (\text{principalN}(3,2) - \text{blancoP}(1,2))^2}$$

$$\text{aumento Cb} = bdT/bdN$$

$$\text{aumento Cr} = \sqrt{(\text{rdT}/rdN)^2 + (\text{gdT}/gdN)^2}$$

30 Los parámetros de desplazamiento de Cb y Cr para tales realizaciones se pueden establecer en 0: desplazamiento Cb = desplazamiento Cr = 0

En algunos ejemplos, la unidad de conversión de color 114 puede convertir RGB a YCrCb antes de que la unidad de preprocesamiento 134 aplique el preprocesamiento. Para tales ejemplos, la unidad de preprocesamiento 134 puede
35 realizar operaciones similares a las descritas anteriormente para la unidad de posprocesamiento 138 para valores YCrCb, esperar en los valores de color de entrada antes de que la unidad TF 112 aplique la función de transferencia.

La unidad de preprocesamiento 134 puede determinar los factores de aumento y desplazamiento basándose en el histograma a fin de determinar los factores de aumento y desplazamiento que, cuando se aplican a los valores de color de entrada, resultan en una salida tal que cuando la unidad de TF 112 aplica la función de transferencia, la emisión de la unidad de TF 112 corresponde a las claves de acceso lineales (por ejemplo, el rango de valores de color representado por una clave de acceso es relativamente el mismo en todo el espacio de colores y claves de acceso). En algunos ejemplos, la unidad de posprocesamiento 138 puede aplicar el aumento y el desplazamiento a las claves de acceso que genera la unidad de TF 112. La unidad de posprocesamiento 138 puede modificar las claves de acceso para hacer un mejor uso del rango de claves de acceso disponibles. Por ejemplo, la emisión de la unidad de TF 112 pueden ser claves de acceso que no utilizan todo el espacio de claves de acceso. Al distribuir las claves de acceso a través del espacio de claves de acceso, se puede mejorar la relación señal/ruido de cuantificación por parte de la unidad de cuantificación 116.

La relación señal/ruido de cuantificación normalmente refleja la relación entre la intensidad máxima de la señal nominal y el error de cuantificación (también conocido como ruido de cuantificación): $SNR = E(x^2) / E(n^2)$, donde $E(x^2)$ es la potencia de la señal, $E(n^2)$ es la potencia del ruido de cuantificación, donde \wedge representa la operación del exponente, E es la energía y n es el ruido.

La multiplicación de la señal x con parámetros de aumento $> 1,0$ resultaría en un aumento de la potencia de la señal y , por lo tanto, conduciría a una mejor relación entre la señal y el ruido de cuantificación: $SNR2 = E((\text{aumento} * x)^2) / E(n^2) > SNR$

El codificador de video 20 recibe la emisión del preprocesador de video 19, codifica los datos de video que emite el preprocesador de video 19 y emite los datos de video codificados para su posterior decodificación por el decodificador de video 30 y procesamiento por el posprocesador de video 31. En algunos ejemplos, el codificador de video 20 puede codificar y señalizar la información que indique los factores de aumento y desplazamiento para una o ambas unidades de preprocesamiento 134 y unidad de posprocesamiento 138. En algunos ejemplos, en lugar de codificar y señalizar información que indique los factores de aumento y desplazamiento, el preprocesador de video 19 puede emitir información como el histograma a partir del cual el posprocesador de video 31 determina los factores de aumento y de desplazamiento. La información que emite el preprocesador de video 19 que indica la manera en que los datos de video fueron preprocesados por la unidad de preprocesamiento 134 o posprocesados por la unidad de posprocesamiento 138 pueden denominarse parámetros de función de transferencia adaptativa (ATF).

Debe entenderse que en varios ejemplos la función de transferencia aplicada por la unidad de TF 112 es estática (por ejemplo, no adaptable al contenido). Sin embargo, los datos que se emiten a la unidad de TF 112 pueden adaptarse (por ejemplo, mediante la unidad de preprocesamiento 134) y/o los datos que emite la unidad de TF 112 pueden adaptarse (por ejemplo, mediante la unidad de posprocesamiento 138). De esta manera, el preprocesador de video 19 emite claves de acceso que representan colores en un rango dinámico reducido, en comparación con el rango dinámico de los datos RGB lineales 110, donde las claves de acceso de salida se basan en el contenido de video. Por consiguiente, al adaptar la entrada a la unidad de TF 112 y la salida de la unidad de TF 112, la combinación de la unidad de preprocesamiento 134, la unidad de TF 112 y la unidad de posprocesamiento 138 funcionan aplicando una función de transferencia adaptativa.

La figura 10 es un diagrama conceptual que muestra una canalización del procesamiento de HDR adaptable al contenido (lado del decodificador) con TF fija. Como se ilustra, el posprocesador de video 31 incluye la unidad de cuantificación inversa 122, la unidad de conversión de color inversa 124, la unidad de posprocesamiento inverso 144, la unidad de TF inversa 126 y la unidad de preprocesamiento inverso 142.

En el ejemplo ilustrado, el posprocesador de video 31 puede configurarse como un circuito programable y con función fija. Por ejemplo, el posprocesador de video 31 puede incluir transistores, capacitores, inductores, componentes pasivos y activos, unidades aritméticas lógicas (ALU), unidades de función elemental (EFU) y similares que juntos o por separado forman la unidad de cuantificación inversa 122, la unidad de conversión de color inversa 124, la unidad de posprocesamiento inverso 144, la unidad de TF inversa 126 y la unidad de preprocesamiento inverso 142. En algunos ejemplos, el posprocesador de video 31 incluye un núcleo programable que ejecuta instrucciones que hacen que la unidad de cuantificación inversa 122, la unidad de conversión de color inversa 124, la unidad de posprocesamiento inverso 144, la unidad de TF inversa 126 y la unidad de preprocesamiento inverso 142 realicen sus respectivas funciones. En tales ejemplos, la memoria de datos de video 140, o alguna otra memoria, puede almacenar las instrucciones que ejecuta el posprocesador de video 31.

En la figura 10, para facilitar la comprensión, también se ilustra una memoria de datos de video 140. Por ejemplo, la memoria de datos de video 140 puede almacenar temporalmente datos de video emitidos por el posprocesador de video 31. Como otro ejemplo, cualquier emisión del decodificador de video de datos de video 30 al posprocesador de video 31 puede almacenarse temporalmente en la memoria de datos de video 140 (por ejemplo, almacenarse en la memoria de datos de video antes de ser recibido por el posprocesador de video 31). La memoria de datos de video 140 puede ser parte del posprocesador de video 31 o puede ser externa al posprocesador de video 31.

Los datos de video almacenados en la memoria de datos de video 140 pueden enviarse, por ejemplo, al dispositivo de visualización 32. La memoria de datos de video 140 puede estar formada por cualquier variedad de dispositivos de memoria, como la memoria dinámica de acceso aleatorio (DRAM), incluida la DRAM sincrónica (SDRAM), la RAM magnetorresistiva (MRAM), la RAM resistiva (RRAM) u otros tipos de dispositivos de memoria. En varios ejemplos, la memoria de datos de video 140 puede estar en el chip con otros componentes del posprocesador de video 31, o fuera del chip en relación con esos componentes.

El posprocesador de video 31 puede configurarse para realizar el proceso inverso del preprocesador de video 19. Por ejemplo, el decodificador de video 30 emite al posprocesador de video 31 datos de video decodificados, que pueden ser sustancialmente similares a los datos de video que el preprocesador de video 19 emitió al codificador de video 20. Además, el decodificador de video 30 puede emitir los parámetros de la función de transferencia adaptativa (ATF) al posprocesador de video 31 para realizar la inversa del preprocesamiento y posprocesamiento realizado por el preprocesador de video 19.

La unidad de cuantificación inversa 122 recibe los datos de video del decodificador de video 30 y realiza la operación inversa de la unidad de cuantificación 116. La emisión de la unidad de cuantificación inversa 122 son los datos de video no cuantificados. La unidad de conversión de color inversa realiza la operación inversa a la de la unidad de conversión de color 114. Por ejemplo, si la unidad de conversión de color 114 convierte el color RGB en color YCrCb, entonces la unidad de conversión de color inversa 124 convierte el color YCrCb en color RGB.

La unidad de posprocesamiento inverso 144 puede realizar las operaciones inversas de la unidad de posprocesamiento 138. La unidad de posprocesamiento inverso 144 recibe claves de acceso que representan colores en un primer rango dinámico, que en este caso es el mismo rango dinámico que la emisión de la unidad de posprocesamiento 138.

En lugar de multiplicar por un factor de aumento, como se hace con la unidad de posprocesamiento 138, la unidad de posprocesamiento inverso 144 puede dividir por un factor de aumento sustancialmente similar con el que multiplicó la unidad de posprocesamiento 138. Si la unidad de posprocesamiento 138 sustrajo un desplazamiento de las claves de acceso aumentadas, la unidad de posprocesamiento inverso 144 puede agregar el desplazamiento a las claves de acceso aumentadas inversamente. La emisión de la unidad de posprocesamiento inverso 144 puede corresponder a claves de acceso que no se extienden por todo el espacio de las claves de acceso. En algunos ejemplos, la unidad de posprocesamiento inverso 144 puede recibir los parámetros de aumento y desplazamiento (por ejemplo, factores de aumento y desplazamiento) del preprocesador de video 19. En algunos ejemplos, la unidad de posprocesamiento inverso 144 puede recibir información sobre qué unidad de posprocesamiento inverso 144 determina los factores de aumento y desplazamiento.

La unidad de TF inversa 126 realiza la operación inversa de la unidad de TF 112. Por ejemplo, la unidad de TF 112 compactó los valores de color en claves de acceso que representan un rango dinámico más pequeño en comparación con el rango dinámico de los valores de color. La unidad de TF inversa 126 expande los valores de color desde el rango dinámico más pequeño de vuelta a un rango dinámico más grande. La emisión de la unidad de TF inversa 126 puede corresponder a los datos RGB lineales; sin embargo, puede haber algún preprocesamiento que deba eliminarse para obtener los datos RGB originales.

La unidad de preprocesamiento inverso 142 recibe la emisión de la unidad de TF inversa 126 y realiza el inverso del preprocesamiento aplicado por la unidad de preprocesamiento 134. La unidad de posprocesamiento inverso 144 recibe valores de color que representan colores en un segundo rango dinámico, que en este caso es el mismo rango dinámico que la emisión de la unidad de preprocesamiento 134.

En lugar de multiplicar por un factor de aumento, como se hace con la unidad de preprocesamiento 134, la unidad de preprocesamiento inverso 142 puede dividir por un factor de aumento sustancialmente similar con el que multiplicó la unidad de preprocesamiento 134. Si la unidad de preprocesamiento 134 sustrajo un desplazamiento de los valores de color aumentados, la unidad de preprocesamiento inverso 142 puede sumar el desplazamiento a los valores de color aumentados inversamente. En algunos ejemplos, la unidad de preprocesamiento inverso 142 puede recibir los parámetros de aumento y desplazamiento (por ejemplo, factores de aumento y desplazamiento) del preprocesador de video 19. En algunos ejemplos, la unidad de preprocesamiento inverso 142 puede recibir información (por ejemplo, información de histograma) sobre qué unidad de preprocesamiento inverso 142 determina los factores de aumento y desplazamiento.

La emisión de la unidad de preprocesamiento inverso 142 puede corresponder a datos RGB lineales 128. Los datos RGB lineales 128 y los datos RGB lineales 110 deberían ser sustancialmente similares. El dispositivo de visualización 32 puede mostrar datos RGB lineales 128.

Similar a la unidad de TF 112, la función de transferencia inversa que aplica la unidad de TF inversa 126 es una función de transferencia inversa estática (por ejemplo, no adaptable al contenido de video). Sin embargo, los datos

que se emiten a la unidad de TF inversa 126 pueden adaptarse (por ejemplo, mediante la unidad de posprocesamiento inverso 144) y/o los datos que emite la unidad de TF inversa 126 pueden adaptarse (por ejemplo, mediante la unidad de preprocesamiento inverso 142). De esta manera, el posprocesador de video 31 emite valores de color que representan colores que no están en un rango dinámico reducido, en comparación con el rango dinámico reducido de la emisión de la unidad de posprocesamiento 138. Por consiguiente, al adaptar la entrada a la unidad de TF inversa 126 y la salida de la unidad de TF inversa 126, la combinación de la unidad de posprocesamiento inverso 144, la unidad de TF inversa 126 y la unidad de preprocesamiento inverso 142 funcionan aplicando una función de transferencia inversa adaptativa.

Aunque tanto la unidad de preprocesamiento 134 como la unidad de posprocesamiento 138 se ilustran en la figura 9, las técnicas de ejemplo descritas en la presente divulgación no están tan limitadas. En algunos ejemplos, el preprocesador de video 19 puede incluir la unidad de preprocesamiento 134, pero puede no incluir la unidad de posprocesamiento 138. En algunos ejemplos, el preprocesador de video 19 puede incluir la unidad de posprocesamiento 138, pero puede no incluir la unidad de preprocesamiento 134.

Por consiguiente, la figura 9 ilustra un ejemplo de un dispositivo (por ejemplo, el dispositivo de origen 12) para el procesamiento de video en un sistema de HDR adaptable al contenido, donde el dispositivo incluye una memoria de datos de video 132 y un preprocesador de video 19. El preprocesador de video 19 comprende al menos un circuito programable o de función fija, o una combinación de ambos, y está configurado para recibir una pluralidad de valores de color de datos de video que representan colores en un primer rango dinámico (por ejemplo, datos RGB lineales 110). El preprocesador de video 19 incluye la unidad de TF 112 configurada para compactar los valores de color utilizando una función de transferencia estática que no se adapta a los datos de video que se compactan para generar una pluralidad de claves de acceso que representan valores de color compactados en un segundo rango dinámico. El segundo rango dinámico es más compacto que el primero.

El preprocesador de video 19 puede incluir al menos una unidad de preprocesamiento 134 o una unidad de posprocesamiento 138. La unidad de preprocesamiento 134 está configurada para preprocesar los valores de color antes de la compactación para generar los valores de color que se compactan. La unidad de posprocesamiento 138 está configurada para posprocesar las claves de acceso resultantes de la compactación de los valores de color. El preprocesador de video 19 puede configurarse para emitir valores de color (por ejemplo, la emisión de la unidad de cuantificación 116) basándose en uno de los valores de color compactados (es decir, en ejemplos en los que no hay una unidad de posprocesamiento 138) o los valores de color compactados procesados posteriormente (es decir, en ejemplos donde la unidad de posprocesamiento 138 es parte del preprocesador de video 19).

Además, aunque tanto la unidad de posprocesamiento inverso 144 como la unidad de preprocesamiento inverso 142 se ilustran en la figura 10, las técnicas de ejemplo descritas en la presente divulgación no están tan limitadas. En algunos ejemplos, el posprocesador de video 31 puede incluir la unidad de posprocesamiento inverso 144, pero puede no incluir la unidad de preprocesamiento inverso 142 (es decir, en ejemplos donde el preprocesador de video 19 no incluye la unidad de preprocesamiento 134, pero las técnicas no están tan limitadas). En algunos ejemplos, el posprocesador de video 31 puede incluir la unidad de preprocesamiento inverso 142, pero puede no incluir la unidad de posprocesamiento inverso 144 (es decir, en ejemplos donde el preprocesador de video 19 no incluye la unidad de posprocesamiento 138, pero las técnicas no están tan limitadas).

Por consiguiente, la figura 10 ilustra un ejemplo de un dispositivo (por ejemplo, el dispositivo de destino 14) para el procesamiento de video en un sistema de HDR adaptable al contenido, donde el dispositivo incluye una memoria de datos de video 140 y un posprocesador de video 31. El posprocesador de video 31 comprende al menos un circuito programable o de función fija, o una combinación de ambos, y está configurado para recibir primero una pluralidad de claves de acceso que representan valores de color compactos de datos de video. Los valores de color compactados representan colores en un primer rango dinámico (por ejemplo, un rango dinámico sustancialmente similar al rango dinámico compactado de las claves de acceso que emite el preprocesador de video 19). El posprocesador de video 31 incluye una unidad de TF inversa 126 configurada para descompactar una segunda pluralidad de claves de acceso basándose en la primera pluralidad de claves de acceso utilizando una función de transferencia estática inversa que no se adapta a los datos de video para generar valores de color no compactados. Los valores de color no compactados representan colores en un segundo rango dinámico (por ejemplo, un rango dinámico sustancialmente similar al de los datos RGB lineales 110). La segunda pluralidad de claves de acceso es una de las claves de acceso de la primera pluralidad de claves de acceso que se procesan posteriormente de manera inversa (es decir, en ejemplos donde se incluye la unidad de posprocesamiento inverso 144) o la primera pluralidad de claves de acceso (es decir, en ejemplos donde no se incluye la unidad de posprocesamiento inverso 144).

El posprocesador de video 31 puede incluir al menos una unidad de posprocesamiento inverso 144 o una unidad de preprocesamiento inverso 142. La unidad de posprocesamiento inverso 144 está configurada para posprocesar de manera inversa la primera pluralidad de claves de acceso para generar la segunda pluralidad de claves de acceso que no están compactadas. La unidad de preprocesamiento inverso 142 está configurada para preprocesar de manera inversa los valores de color sin compactar resultantes de la descompactación de la segunda pluralidad de

claves de acceso. El preprocesador de video 19 puede configurarse para emitir valores de color no compactados (por ejemplo, la emisión de la unidad de TF inversa 126 en ejemplos donde no se incluye la unidad de preprocesamiento inverso 142) o los valores de color no compactados preprocesados inversos (por ejemplo, la emisión de la unidad de preprocesamiento inverso 142).

Las figuras 9 y 10 ilustran técnicas de ejemplo para un ajuste de rango dinámico adaptable al contenido (DRA) para reducir los artefactos que surgen de una función de transferencia fija (por ejemplo, estática). Sin embargo, mediante el preprocesamiento y/o posprocesamiento de los datos que recibe o emite la unidad de TF 112 y mediante el posprocesamiento inverso y/o preprocesamiento inverso de los datos que recibe o emite la unidad de TF 126, las técnicas de ejemplo pueden seguir utilizando una función de transferencia estática, pero seguir logrando un DRA adaptable al contenido

La presente divulgación describe un sistema de video de HDR adaptable al contenido que emplea una función de transferencia (TF) fija estática. A continuación se describen algunos ejemplos que pueden usarse juntos o pueden mantenerse separados. Para mayor facilidad, se describen por separado con a sabiendas de que son posibles varias permutaciones y combinaciones.

Como se describió con anterioridad, las técnicas descritas en la presente divulgación utilizan una TF estática en la canalización (por ejemplo, para generar contenido de video que está codificado), pero adaptan las características de la señal a un flujo de procesamiento fijo. Esto se puede lograr mediante el procesamiento adaptable de la señal que va a ser procesada mediante la unidad de TF 112 (por ejemplo, con la unidad de preprocesamiento 134) o la señal que resultó de la aplicación de la TF mediante la unidad de TF 112 (por ejemplo, con la unidad de posprocesamiento 138).

En un ejemplo, la unidad de preprocesamiento 134 puede permitir la adaptabilidad mediante un preprocesamiento lineal (aumento y desplazamiento) de los valores de color lineales de entrada antes de que la unidad de TF 112 aplique la función de transferencia. Además o en lugar de la unidad de preprocesamiento 134, la unidad de posprocesamiento 138 puede permitir la adaptabilidad mediante un posprocesamiento lineal (aumento y desplazamiento) de claves de acceso no lineales resultantes de la unidad de TF 112 que aplica la TF en valores de color lineales. La unidad de posprocesamiento inverso 144, la unidad de TF inversa 126 y la unidad de preprocesamiento inverso 142 pueden aplicar lo inverso de la unidad de posprocesamiento 138, la unidad de TF 112 y la unidad de preprocesamiento 134, respectivamente.

La unidad de preprocesamiento 134 puede aplicar un preprocesamiento lineal a la señal de entrada s (por ejemplo, RGB lineal 110) mediante la aplicación de un desplazamiento Desplazamiento1 y un aumento Aumento1 para lograr una distribución preferible de claves de acceso de la emisión de TF (por ejemplo, de manera que cada clave de acceso represente aproximadamente rangos iguales de valores de color de entrada, como la luminancia). La unidad de posprocesamiento 138 puede aplicar un posprocesamiento lineal a la emisión de la unidad de TF 112. El posprocesamiento lineal se define mediante los parámetros Aumento 2 y Desplazamiento 2 y permite la utilización eficiente del espacio de clave de acceso disponible (rango dinámico), después de que la unidad de TF 112 aplique la función de transferencia.

En los ejemplos descritos con anterioridad, la unidad de preprocesamiento 134 aplica el preprocesamiento en los datos RGB lineales 110. Sin embargo, las técnicas descritas en la presente divulgación no están tan limitadas. RGB es un espacio de color de HDR en el que la unidad de preprocesamiento 134 puede realizar el preprocesamiento. En general, la unidad de preprocesamiento 134 puede implementar el preprocesamiento en cualquier espacio de color del flujo de procesamiento de HDR que precede a la unidad de TF 112 que aplica la función de transferencia (por ejemplo, en RGB lineal de entrada en el ejemplo ilustrado; pero también son posibles otros espacios de color como el espacio de color YCbCr).

La unidad de preprocesamiento inverso 142 también puede configurarse para realizar un preprocesamiento inverso en cualquier espacio de color. En tales ejemplos, la unidad de preprocesamiento inverso 142 puede recibir valores de color no lineales (por ejemplo, datos RGB no lineales, pero es posible otro espacio de color que incluya YCbCr) desde la unidad de TF inversa 126.

Los ejemplos anteriores describen la unidad de posprocesamiento 138 que realiza el posprocesamiento en el espacio de color RGB (por ejemplo, RGB no lineal debido a la función de transferencia aplicada por la unidad de TF 112). Sin embargo, las técnicas descritas en la presente divulgación no están tan limitadas. RGB es un espacio de color de HDR en el que la unidad de posprocesamiento 138 puede realizar el posprocesamiento. En general, la unidad de posprocesamiento 138 puede implementar el posprocesamiento en cualquier espacio de color del flujo de procesamiento de HDR que sigue a la unidad de TF 112 que aplica la función de transferencia (por ejemplo, en RGB no lineal en el ejemplo ilustrado; pero también son posibles otros espacios de color como el espacio de color YCbCr).

La unidad de posprocesamiento inverso 144 también puede configurarse para realizar un posprocesamiento inverso en cualquier espacio de color. En tales ejemplos, la unidad de posprocesamiento inverso 144 puede recibir valores de color (por ejemplo, datos RGB compactados no lineales, pero es posible otro espacio de color que incluya YCbCr) desde el decodificador de video 30, posiblemente después de la cuantificación inversa. [

Como se describió con anterioridad, la unidad de preprocesamiento 134, que está en el lado del codificador, puede derivar y aplicar parámetros tales como los factores de Aumento1 y Desplazamiento1 de las propiedades de la señal de HDR, como la entrada de distribución del histograma o el espacio de color objetivo (por ejemplo, datos RGB lineales 110 o YCrCb si la unidad de conversión de color 114 recibe datos RGB lineales 110 y convierte el color en valores YCrCb) o en un espacio de color complementario, para producir una mejor derivación de los parámetros. La unidad de posprocesamiento 138 también puede derivar y aplicar parámetros tales como los factores de Aumento2 y Desplazamiento2 de la salida de la unidad de TF 112.

La unidad de preprocesamiento 134 y/o la unidad de posprocesamiento 138 pueden emitir los factores de Aumento1 y C Desplazamiento1 y/o los factores de Aumento2 y Desplazamiento2 que la unidad de preprocesamiento inverso 142 y la unidad de posprocesamiento inverso 144, respectivamente, utilizan para realizar la inversa de las operaciones de la unidad de preprocesamiento 134 y la unidad de posprocesamiento 138. En algunos ejemplos, en lugar de emitir los factores de Aumento1, Desplazamiento1, Aumento2 y/o Desplazamiento2, la unidad de preprocesamiento 134 y la unidad de posprocesamiento 138 pueden emitir información utilizada para determinar el Aumento1, el Desplazamiento1, el Aumento2 y/o el Desplazamiento2 de manera que la unidad de preprocesamiento inverso 142 y la unidad de posprocesamiento inverso 144 puedan usar los mismos procesos para determinar el Aumento1, el Desplazamiento1, el Aumento2 y/o el Desplazamiento2 para el proceso inverso. En algunos casos, la unidad de preprocesamiento 134 y la unidad de posprocesamiento 138 pueden emitir uno o más Aumento1, Desplazamiento1, Aumento2 y/o Desplazamiento2 y emitir información que pueda usarse para derivar las otras.

En algunos ejemplos, el preprocesador de video 19 (por ejemplo, a través de un circuito controlador) puede habilitar selectivamente el uso de la unidad de preprocesamiento 134 y/o la unidad de posprocesamiento 138. Por lo tanto, el preprocesador de video 19 puede emitir información que indica si la unidad de preprocesamiento 134 y/o la unidad de posprocesamiento 138 están habilitadas. En respuesta, el posprocesador de video 31 (por ejemplo, a través de un circuito controlador) puede habilitar selectivamente el uso de la unidad de posprocesamiento inverso 144 y/o la unidad de preprocesamiento inverso 142.

Puede haber varias formas en las que el codificador de video 20 puede codificar y emitir los diversos parámetros. Por ejemplo, el codificador de video 20 puede señalar y el decodificador de video 30 puede recibir los parámetros a través del flujo de bits por medio de SEI (información de mejora complementaria)/VUI (información de usabilidad de video) o proporcionarse al decodificador (por ejemplo, el posprocesador de video 31) como información secundaria o derivarse por el decodificador (por ejemplo, por el posprocesador de video 31) a partir de otras identificaciones, como el espacio de color de entrada y salida, la función de transferencia utilizada, etc.

A continuación se describen técnicas de ejemplo que pueden aplicarse según las técnicas de ejemplo descritas en la presente divulgación. Cada una de estas técnicas puede aplicarse por separado o en cualquier combinación. Además, cada una de estas técnicas se describen con mayor detalle más adelante.

En los ejemplos anteriores, el preprocesador de video 19 puede señalar la información de parámetro de varias maneras. Solo a modo de ejemplo, el codificador de video 20 incluye una unidad de codificación (por ejemplo, una unidad de codificación por entropía), y la unidad de codificación por entropía puede codificar la información de los parámetros señalados. De manera similar, el decodificador de video 30 incluye una unidad de decodificación (por ejemplo, una unidad de decodificación por entropía), y la unidad de decodificación por entropía puede decodificar la información de parámetros señalada y el posprocesador de video 31 puede recibir la información de parámetros del decodificador de video 30. Puede haber varias formas en las que la información de parámetros puede señalarse y recibirse, y las técnicas descritas en la presente divulgación no se limitan a ninguna técnica específica. Además, como se indicó con anterioridad, es posible que el preprocesador de video 19 no necesite señalar la información de parámetros en todos los casos. En algunos ejemplos, el posprocesador de video 31 puede derivar la información del parámetro sin recibirla necesariamente del preprocesador de video 19.

Las siguientes son implementaciones de ejemplo utilizadas únicamente con fines ilustrativos y no deben considerarse restrictivas. Por ejemplo, la divulgación describe la habilitación de la adaptabilidad mediante un preprocesamiento lineal (aumento y desplazamiento) de los valores de color lineales de entrada antes de que se aplique la TF (por ejemplo, estática, sin contenido adaptable) y/o mediante un posprocesamiento lineal (aumento y desplazamiento) de claves de acceso no lineales resultantes de la aplicación de TF en valores de color lineales. A continuación se presentan varios ejemplos no restrictivos sobre la implementación de técnicas.

El flujo de procesamiento ATF directo propuesto se muestra en la figura 11. En este ejemplo, el componente de señal lineal s en el espacio de color de entrada, por ejemplo RGB, está siendo preprocesado por la unidad de preprocesamiento 134 para producir la señal de salida s_1 . La unidad de TF 112 aplica una función de transferencia a

valores de s_1 que resulta en la emisión de claves de acceso S_1 . En el siguiente paso, las claves de acceso de S_1 se procesan posteriormente mediante la unidad de posprocesamiento 138 para producir los valores de salida S_2 .

La figura 12 es el inverso del flujo de procesamiento de ATF ilustrado en la figura 11. Por ejemplo, la unidad de posprocesamiento inverso 144 realiza un posprocesamiento inverso en las claves de acceso S_2' . Las claves de acceso S_2' pueden ser sustancialmente similares a las claves de acceso S_2 . La emisión del posprocesamiento inverso por parte de la unidad de posprocesamiento inverso 144 son las claves de acceso S_1' . Las claves de acceso S_1' pueden ser similares a las claves de acceso S_1 . La unidad de TF inversa 126 recibe las claves de acceso S_1' , y la emisión de la unidad de TF inversa 126 es s_1' , que representan valores de color y son similares a los valores de color s_1 . La unidad de preprocesamiento inverso 142 recibe s_1' como valores de color de entrada y salida s' . Los valores de color s' son sustancialmente similares a los valores de color s .

Para facilitar la ilustración, varios procesos no se ilustran en las figuras 11 y 12. Por ejemplo, la conversión de color y la cuantificación y sus respectivos procesos inversos no se ilustran en las figuras 11 y 12.

A continuación se describen ejemplos de operaciones y algoritmos que pueden realizar la unidad de preprocesamiento 134 y la unidad de preprocesamiento inverso 142. La unidad de preprocesamiento 134 está definida por los parámetros Aumento 1 y Desplazamiento 1. La unidad de preprocesamiento 134 tiene como objetivo ajustar las características de la señal de entrada a ciertas propiedades de la función de transferencia aplicada por la unidad de TF 112. Un ejemplo de tal procesamiento se ilustra en las figuras 13A y 13B. La figura 13A muestra un histograma de un componente de color rojo de una señal de HDR superpuesta con la función de transferencia de PQT; obsérvese que las señales se muestran en una escala diferente para fines de visualización. En la figura 13B se muestra un histograma de la señal no lineal resultante de PQTF (por ejemplo, si la unidad de TF 112 aplicó PQTF sin utilizar la unidad de preprocesamiento 134).

Como se ilustra, mediante la línea curva (que es la misma que la figura 7) de PQTF, PQTF proporciona más claves de acceso para muestras de bajo brillo, por ejemplo, permitiendo que el 0.1 % del rango dinámico de entrada se represente con el 50 % del rango dinámico de salida. Tal distribución puede no ser óptima para ciertas clases de señales y/o aplicaciones.

Para el preprocesamiento lineal, la unidad de preprocesamiento 134 puede aplicar un preprocesamiento lineal a la señal de entrada s aplicando un desplazamiento Desplazamiento1 y un aumento Aumento1 para lograr una distribución preferible de claves de acceso de la emisión de TF de la unidad de TF 112.

$$s_1 = \text{Aumento1} * (s - \text{Desplazamiento 1}) \quad (8)$$

El valor de señal s_1 producido por la Ecuación 8 se utiliza en la Ecuación 1 y se aplica la canalización del procesamiento de HDR que se especifica en las Ecuaciones (3-7) (por ejemplo, por la unidad de conversión de color 114 y la unidad de cuantificación 116).

En el lado del decodificador (por ejemplo, el posprocesador de video 31), la unidad de preprocesamiento inverso 142 aplica una operación inversa al preprocesamiento de la siguiente manera:

$$s' = \frac{s_1'}{\text{aumento1}} + \text{Desplazamiento1} \quad (9)$$

Donde el término s_1' indica el valor de color lineal producido por la TF inversa como se especifica en la Ecuación 2. En otras palabras, s_1' es la emisión de la función de transferencia inversa aplicada por la unidad de TF inversa 126.

El efecto de dicho preprocesamiento con parámetros (Aumento1 = 0,1 y Desplazamiento1 = 0,0001) se muestra en la figura 14. La figura 14 se genera a partir de la misma entrada ilustrada como

figura 13A. Puede observarse que las claves de acceso de la señal S_1 ocupan el rango dinámico disponible de manera más eficiente en comparación con el ejemplo ilustrado en la figura 13B, y la representación de valores de brillo alto es más exacta, ya que ocupan un rango dinámico mucho mayor (véase el pico estirado del histograma S_1 en la figura 14 en comparación con el pico del histograma en la figura 13B).

En algunos ejemplos, la entrada a la unidad de TF 112 puede ser una señal bipolar. Una señal bipolar está destinada a indicar que algunos de los valores que emite la unidad de preprocesamiento 138 son valores negativos y otros son valores positivos. Para permitir la aplicación de una TF estática mediante la unidad de TF 112 (y su inversa con la unidad de TF inversa 126) incluso a una señal bipolar, la unidad de TF 112 puede ajustar la emisión de la unidad de preprocesamiento 134 y/o ajustar la emisión después de aplicar la función de transferencia. Por ejemplo, si la emisión de la unidad de preprocesamiento 134 es un valor negativo, la unidad de TF 126 puede aplicar la función de transferencia al valor absoluto de la emisión de la unidad de preprocesamiento 134 y multiplicar el resultado con la emisión de la función de signo(s), donde s es la emisión de la unidad de preprocesamiento 134 y

signo(s) = -1 para s < 0; 0 para s=0; y 1 para s > 0. Por consiguiente, para permitir la aplicación de TF estática, la unidad de TF 112 puede utilizar una función definida de valores positivos para una señal bipolar, lo que implica algún tratamiento especial del signo de la señal bipolar.

- 5 A continuación se describe la función de transferencia con manejo de señal bipolar. En algunos ejemplos, las técnicas pueden modificar la Ecuación (1) para poder manejar la señal de entrada bipolar.

$$S = \begin{cases} TF(s), & \text{si } s > 0 \\ \text{signo}(s) * TF(abs(s)), & \text{de lo contrario} \end{cases} \quad (10)$$

- 10 Esta técnica puede permitir que la unidad de TF 112 de la figura 9 asigne la inclinación deseada de la TF en la región necesaria del rango dinámico, por ejemplo, si se requiere una representación más exacta para niveles de señal de brillo medio. La visualización de este concepto con aumento de parámetros = 0,1 y desplazamiento= 0,1 se muestra en las figuras 15A y 15B.

La TF inversa para la señal bipolar se definiría en consecuencia como la Ecuación 2 modificada:

$$s = \begin{cases} inversaTF(S), & \text{si } S > 0 \\ \text{signo}(s) * inversaTF(abs(S)), & \text{de lo contrario} \end{cases} \quad (11)$$

- 15 Por ejemplo, la unidad de TF inversa 126 de la figura 10 puede aplicar la función de transferencia inversa para los casos en que las claves de acceso de entrada sean positivas. Para las claves de acceso que son negativas, la unidad de TF inversa 126 puede determinar el valor absoluto de las claves de acceso de entrada y aplicar la función de transferencia inversa a los valores absolutos de las claves de acceso de entrada. La unidad de TF 126 puede multiplicar el resultado con la emisión de la función de signo() donde la entrada a la función de signo() es la clave de acceso que recibió la unidad de TF inversa 126.

- 20 A continuación se describen ejemplos de operaciones y algoritmos que pueden realizar la unidad de posprocesamiento 138 y la unidad de posprocesamiento inverso 144. La unidad de posprocesamiento 138 se define mediante los parámetros Aumento 2 y Desplazamiento 2 y permite la utilización eficiente del espacio de la clave de acceso disponible (rango dinámico), después de que la unidad de TF 112 aplique la TF. A continuación se describe un ejemplo de dicho procesamiento.

- 25 El siguiente es un ejemplo de señal de HDR después de que la unidad de TF 112 aplica TF. La figura 16A muestra un histograma de un componente de color rojo de una señal de HDR después de la aplicación de TF por la unidad de TF 112. Como se ilustra, el histograma de la señal no ocupa el espacio completo de las claves de acceso, sino que en ese ejemplo solo se utiliza el 60 % de las claves de acceso. Tal representación no es un problema hasta que la señal se representa con exactitud de punto flotante. Sin embargo, el presupuesto de claves de acceso no utilizado se puede emplear de manera más eficiente para reducir el error de cuantificación introducido por la Ecuación 7.

La unidad de posprocesamiento 138 puede aplicar operaciones lineales de desplazamiento y aumento a las claves de acceso S producidas después de aplicar TF mediante la unidad de TF 112:

$$S2 = \text{aumento2} * (S - \text{desplazamiento2}) \quad (12)$$

- 40 En ciertas tramas, la unidad de posprocesamiento 138 (figura 9) puede recortar los valores S resultantes a un rango dinámico específico de la siguiente manera:

$$S2 = \min(\text{maxValor}, \max(S2, \text{minValor})) \quad (13)$$

- 45 Después de este posprocesamiento, el valor de la señal S2 se utiliza en la Ecuación (3), seguido del flujo de procesamiento de HDR especificado en las Ecuaciones (3-7).

En el lado del decodificador (por ejemplo, el posprocesador de video 31), la unidad de posprocesamiento inverso 144 puede aplicar una operación inversa al posprocesamiento que se implementa de la siguiente manera:

$$S' = \frac{S2'}{\text{aumento2}} + \text{desplazamiento2} \quad (14)$$

- 50

En ciertas tramas, la unidad de posprocesamiento inverso 144 puede recortar los valores S resultantes a un rango dinámico específico de la siguiente manera:

$$S' = \min(\maxValor, \max(S', \minValor)) \quad (15)$$

5 donde el término S2' indica un valor de color no lineal decodificado.

El efecto de tal posprocesamiento con parámetros (aumento = 0,8 y desplazamiento = 0) se muestra en la figura 16B. Puede observarse que las claves de acceso de la señal S2 ocupan el espacio de claves de acceso disponible (rango dinámico) de manera más eficiente, y la representación de valores de brillo alto es más exacta, ya que ocupan un rango dinámico mucho mayor (véase el pico estirado del histograma S2 en la figura 16B en comparación con el pico del histograma en la figura 16A).

En los ejemplos anteriores, en lugar de aplicar las operaciones de la ecuación (12), se puede considerar que la unidad de posprocesamiento 138 aplica una segunda función de transferencia que es una función de transferencia lineal en lugar de la función de transferencia no lineal que aplica la unidad de TF 112. La aplicación de esta segunda función de transferencia puede ser equivalente a multiplicar la clave de acceso de entrada con Aumento2 y sumar Desplazamiento2, y la unidad de posprocesamiento inverso 144 aplica la inversa de este proceso. Por consiguiente, en algunos ejemplos, las técnicas de la unidad de posprocesamiento 138 y la unidad de posprocesamiento inverso 144 (figura 10) pueden implementarse a través de una función de transferencia lineal adicional TF2. Los parámetros de esta función de transferencia TF2 lineal adicional se pueden especificar a través del Aumento 2 y el Desplazamiento 2, por ejemplo, como se muestra en las figuras 17A-17C.

Por ejemplo, la figura 17A ilustra el mismo comportamiento de la función de transferencia que la figura 7 (por ejemplo, la función de transferencia estática que aplica la unidad de TF 112). La figura 17B ilustra la función de transferencia que la unidad de posprocesamiento 138 aplica a la emisión de la unidad de TF 112 con Aumento2 = 1 y Desplazamiento2 = 0. La figura 17C ilustra la función de transferencia que la unidad de posprocesamiento 138 aplica a la emisión de la unidad de TF 112 con Aumento2 = 1,5 y Desplazamiento2 = -0,25.

Los ejemplos anteriores describen el caso donde hay una unidad de preprocesamiento 134 (DRA1) y/o una unidad de posprocesamiento 138 (DRA2) y una unidad de preprocesamiento inversa 142 y una unidad de posprocesamiento inversa 144 correspondientes. En algunos ejemplos, el posprocesamiento se puede realizar después de la conversión de color (por ejemplo, en el espacio de color objetivo) en lugar de antes de la conversión de color. Por ejemplo, como se ilustra en la figura 18, la unidad de TF 112 emite a la unidad de conversión de color 114, y la unidad de posprocesamiento 150 aplica el posprocesamiento tras la conversión de color. De manera similar, como se ilustra en la figura 19, la unidad de posprocesamiento inverso 152 aplica el posprocesamiento inverso en la emisión de la unidad de cuantificación inversa 122 y antes de que la unidad de conversión de color inversa 124 aplique la conversión de color. En las figuras 18 y 19, la unidad de preprocesamiento 134 y la unidad de preprocesamiento inverso 142 no se ilustran por facilidad y pueden estar incluidas en otros ejemplos.

La unidad de posprocesamiento 150 y la unidad de posprocesamiento inverso 152 pueden funcionar de manera similar a la unidad de posprocesamiento 138 y la unidad de posprocesamiento inverso 144, pero en un espacio de color diferente (por ejemplo, espacio de color YCbCr en lugar de espacio de color RGB). Por ejemplo, la unidad de posprocesamiento 150 y la unidad de posprocesamiento inverso 152 pueden utilizar los parámetros Aumento2 y Desplazamiento2 para aumentar y desplazar. A continuación se describe el posprocesamiento en el espacio de color objetivo.

Para algunos sistemas de HDR que usan ciertos espacios de color objetivo (por ejemplo, YCbCr de BT709 o BT2020) y con posprocesamiento que usan parámetros idénticos para 3 componentes de R, G y B, el posprocesamiento se puede aplicar en el espacio de color de salida, en lugar de aplicarlo en espacio de color RGB de entrada.

Por ejemplo, para la transformada de color YCbCr como se define en las Ecuaciones 3 y 5:

$$\circ Y' = a * R' + b * G' + c * B' \quad (16)$$

$$\circ Cb = \frac{B' - Y'}{d1}$$

$$\circ Cr = \frac{R' - Y'}{d2}$$

donde las variables a,b,c,d1 y d2 son parámetros del espacio de color y R', G', B' son valores de color no lineales en el espacio de color de entrada después de aplicar EOTF.

- 5 El posprocesamiento definido en las ecuaciones 12 y 13 se aplica en el espacio de color de entrada, es decir, a R', G', B', lo que resulta en valores de salida R2',G2',B2':

$$\begin{aligned} R2' &= \text{aumento2} * (R' - \text{desplazamiento2}) \\ G2' &= \text{aumento2} * (G' - \text{desplazamiento2}) \\ B2' &= \text{aumento2} * (B' - \text{desplazamiento2}) \end{aligned} \quad (17)$$

- 10 En la Ecuación 17, se supone que los parámetros de posprocesamiento en los dominios R, G y B son idénticos.

Sin embargo, debido a la linealidad de los procesos definidos en las ecuaciones 16 y 17, el posprocesamiento se puede implementar en el espacio de color objetivo:

$$\begin{aligned} Y2' &= \text{aumentoY} * Y' - \text{desplazamientoY} \\ Cb2 &= \text{aumentoB} * Cb - \text{desplazamientoB} \\ Cr2 &= \text{aumentoR} * Cr - \text{desplazamientoR} \end{aligned} \quad (18)$$

- 15 donde la unidad de posprocesamiento 150 calcula los parámetros del posprocesamiento de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{aumentoY} &= \text{Aumento2}; \text{DesplazamientoY} = \text{Aumento2} * \text{Desplazamiento2} * (a + b + c) \\ \text{aumentoCb} &= \text{Aumento2}; \text{DesplazamientoCb} = \frac{\text{Aumento2} * \text{Desplazamiento2}}{d1} * (a + b + c + 1) \\ \text{aumentoCr} &= \text{Aumento2}; \text{DesplazamientoCr} = \frac{\text{Aumento2} * \text{Desplazamiento2}}{d2} * (a + b + c + 1) \end{aligned} \quad (19)$$

En el lado del decodificador (por ejemplo, el posprocesador de video 31), la operación inversa de posprocesamiento por parte de la unidad de posprocesamiento inverso 152 puede implementarse de la siguiente manera:

$$Y' = \frac{Y2' + \text{DesplazamientoY}}{\text{aumentoY}} \quad Cb = \frac{Cb2 + \text{DesplazamientoCb}}{\text{aumentoCb}} \quad Cr = \frac{Cr2 + \text{DesplazamientoCr}}{\text{aumentoCr}} \quad (20)$$

- 20 donde las variables Y2', Cb y Cr son decodificadas y los componentes descuantificados y los parámetros de posprocesamiento inverso son calculados como se muestra en la Ecuación 19.

- 25 Para la transformada de color YCbCr definida en BT2020, los parámetros de posprocesamiento implementados en el espacio de color objetivo derivan de los parámetros de posprocesamiento en un espacio de color de entrada y los parámetros de una transformada de color de la siguiente manera:

$$\text{aumentoY} = \text{Aumento2};$$

$$\text{desplazamientoY} = \text{Aumento2} * \text{Desplazamiento2}$$

$$\text{aumentoCb} = \frac{\text{Aumento2}}{1.8814}$$

$$\text{desplazamientoCb} = \frac{\text{Aumento2} * \text{Desplazamiento2}}{0.9407} \quad (21)$$

$$\text{aumentoCr} = \frac{\text{Aumento2}}{1.4746}$$

$$\text{desplazamientoCr} = \frac{\text{Aumento2} * \text{Desplazamiento2}}{0.7373}$$

En algunos ejemplos, la Ecuación 20 implementada en un espacio de color objetivo con parámetros derivados de parámetros de posprocesamiento en un espacio de color de entrada se puede implementar como la siguiente ecuación 20A:

$$Y' = \frac{Y2'}{\text{aumentoY}} + \text{desplazamientoY} \quad Cb = \frac{Cb2}{\text{aumentoCb}} + \text{desplazamientoCb} \quad Cr = \frac{Cr2}{\text{aumentoCr}} + \text{desplazamientoCr} \quad (20A)$$

$$\text{aumentoY} = \frac{1}{\text{Aumento2}};$$

$$\text{desplazamientoY} = \text{Desplazamiento2}$$

$$\text{aumentoCb} = \frac{1}{\text{Aumento2}}$$

$$\text{desplazamientoCb} = 0$$

$$\text{aumentoCr} = \frac{1}{\text{Aumento2}}$$

$$\text{desplazamientoCr} = 0$$

En algunos ejemplos, la Ecuación 20A anterior se puede implementar mediante la multiplicación en lugar de la división.

Para el procesamiento no lineal, además de las técnicas de preprocesamiento y posprocesamiento descritas anteriormente, la unidad de posprocesamiento 138 o 150 y la unidad de posprocesamiento inverso 144 o 152 pueden utilizar ciertas técnicas no lineales para mejorar aún más la utilización de claves de acceso. Como un ejemplo de manejo de colas de histograma, la unidad de posprocesamiento 138 o 150 y la unidad de posprocesamiento inverso 144 o 152 pueden complementar el posprocesamiento de claves de acceso lineales definido con anterioridad con una función de transferencia paramétrica especificada por partes que se aplica a las muestras que están fuera de un rango especificado.

El flujo de procesamiento de la señal de HDR especificado con anterioridad generalmente funciona en el rango predefinido.

$$\text{Rango} = \{\text{min}\text{'Valor'}, \text{Max}\text{'Valor'}\}$$

En el caso de una señal normalizada y la ecuación anterior, los valores son:

$$\text{Rango} = \{0.0..1.0\}$$

$$\text{min}\text{'Valor'} = 0.0 \quad (22)$$

$$\text{max}\text{'Valor'} = 1.0$$

El posprocesamiento propuesto en la Ecuación 12 (por ejemplo, como lo realiza la unidad de posprocesamiento 138), mediante la aplicación de Desplazamiento2 y Aumento2 a las claves de acceso S1, puede conducir a una situación en la que los valores S2 resultantes superen los límites de rango especificados. Para garantizar que los datos permanezcan en un rango específico, se puede aplicar una operación de recorte al rango {minValor...maxValor} en la Ecuación 13, por ejemplo, como se muestra en las figuras 20A-20C.

La figura 20A es un diagrama que ilustra el posprocesamiento con recorte aplicado al rango para un histograma de S2. La figura 20B es otro diagrama que ilustra el posprocesamiento con recorte aplicado al rango para un histograma de S2 después del posprocesamiento en la ecuación 10. La figura 20C es otro diagrama que ilustra el posprocesamiento con recorte aplicado al rango para un histograma de S2 después del recorte en la ecuación 11.

Como se ilustra en la figura 20C, la aplicación de recorte después del posprocesamiento conduciría a una pérdida irre recuperable de información fuera del rango especificado. Para representar de manera eficiente la señal de HDR en un espacio limitado de claves de acceso aplicando Aumento2/Desplazamiento 2 y mantener la suposición de TF en la percepción de HVS, la unidad de posprocesamiento 138 o 150 puede complementar el posprocesamiento de claves de acceso definido anteriormente con un manejo especial de muestras de color que resultan en las claves de acceso fuera del rango especificado, para permitir el manejo de cola del histograma adaptable al contenido.

La unidad de posprocesamiento 138 o 150 puede aplicar una función de transferencia paramétrica especificada por partes para todos los S2 resultantes de la Ecuación 12 que están fuera del rango. Los parámetros de representación de esas muestras son codificados y señalados por el codificador de video 20 por separado a partir de las claves de acceso S2 que pertenecen a un rango especificado.

A modo ilustrativo, se puede proporcionar una operación para clasificar las claves de acceso S2 resultantes de la Ecuación 12 por su relación con un rango de datos admitido, según se especifica en la Ecuación 22.

$$S2_{en} = \forall S2 \in \text{Rango} \quad (23)$$

$$S2_{bajo} = \forall S2 \leq \text{minValor} \quad (24)$$

$$S2_{alto} = \forall S2 \geq \text{maxValor} \quad (25)$$

donde las muestras S2_{en} pertenecen al rango = [minValor...maxValor], S2_{bajo} son un conjunto de muestras que están fuera del rango y son más pequeñas o iguales que minValor, y S2_{alto} son muestras fuera del rango y son más grandes o igual a maxValor.

Las técnicas pueden reemplazar la operación de recorte en la Ecuación 13 para los valores de color de S2_{bajo} y S2_{alto} que se encuentran fuera del rango especificando/determinando/señalando individualmente un valor de la clave de acceso para cada S2_{bajo} y S2_{alto} o especificando/determinando/señalando con un grupo de claves de acceso que representan de manera óptima la información fuera del rango.

A continuación, se incluyen ejemplos no restrictivos de un proceso de determinación de ejemplo que puede reemplazar el recorte para las muestras S2_{bajo} y S2_{alto}:

a. Determinar un valor promedio para cada S2_{bajo} y S2_{alto}:

$$Smin = \text{medio} (S2_{bajo}) \quad (26)$$

$$Smax = \text{medio} (S2_{alto})$$

b. Determinar un valor mediano para cada S2_{bajo} y S2_{alto}:

$$Smin = \text{mediano} (S2_{bajo}) \quad (27)$$

$$Smax = \text{mediano} (S2_{alto})$$

c. Determinar un valor para cada $S2_{bajo}$ y $S2_{alto}$ que represente de manera óptima cada uno de esos conjuntos de muestras bajo ciertos criterios, por ejemplo, suma mínima de diferencia absoluta (SAD), error cuadrático medio (MSE) o costo de optimización de distorsión de velocidad (RDO).

$$Smin = fun(S2_{bajo}) \quad (28)$$

$$Smax = fun(S2_{alto})$$

5 En tales ejemplos, cada valor de muestra $S2_{bajo}$ o $S2_{alto}$ se reemplazará no con un valor recortado como se muestra en la ecuación (13), sino con valores $Smin$ y $Smax$ respectivamente, derivados de la ecuación (26, 27).

$$S2 = \begin{cases} Smin, & si \ S2 \leq minValor \\ Smax, & si \ S2 \geq maxValor \end{cases}$$

10 Los parámetros del procesamiento no lineal propuesto son claves de acceso que representan cada uno de $S2_{bajo}$ y $S2_{alto}$. Estas claves de acceso se envían al lado del decodificador (por ejemplo, el posprocesador de video 31) y son utilizadas por la unidad de posprocesamiento inverso 144 o 152 en el proceso reconstruido:

$$S2' = \begin{cases} Smin, & si \ S2' = minValor \\ S2', & si \ minValor < S2' < maxValor \\ Smax, & si \ S2' = maxValor \end{cases} \quad (29)$$

15 Por ejemplo, en el ejemplo anterior de procesamiento paramétrico por partes, la unidad de posprocesamiento 138 o 150 puede aumentar y desplazar (por ejemplo, aplicar Aumento2 y Desplazamiento2) hasta las claves de acceso resultantes de la compactación de los valores de color mediante la unidad de TF 112 (por ejemplo, la compactación del rango dinámico resultante de la aplicación de la función de transferencia). La unidad de posprocesamiento 138 o 20 150 puede determinar que un conjunto de claves de acceso aumentadas y desplazadas tenga valores inferiores a un umbral mínimo o superiores a un umbral máximo. La unidad de posprocesamiento 138 o 150 puede asignar una primera clave de acceso (por ejemplo, $Smin$) al conjunto de claves de acceso aumentadas y desplazadas que tengan valores inferiores al umbral mínimo y asignar una segunda clave de acceso (por ejemplo, $Smax$) al conjunto de claves de acceso aumentadas y desplazadas que tengan valores superiores al umbral mínimo. Para claves de acceso aumentadas y desplazadas entre el mínimo y el máximo, la unidad de posprocesamiento 138 o 150 puede aplicar el aumento y el desplazamiento como se describe en los ejemplos previos.

La unidad de posprocesamiento inverso 144 o 152 (figura 10 o figura 19) puede realizar la inversa del proceso paramétrico por partes. Por ejemplo, la unidad de posprocesamiento inverso 144 o 152 puede determinar que un primer conjunto de claves de acceso de la pluralidad de claves de acceso recibidas del decodificador de video 30 representen valores de color compactos (por ejemplo, donde el rango dinámico se compacta a partir de la aplicación de la función de transferencia mediante la unidad de TF 112) que tengan valores inferiores a un umbral mínimo o superiores a un umbral máximo. La unidad de posprocesamiento inverso 144 o 152 puede determinar que un segundo conjunto de claves de acceso de la pluralidad de claves de acceso representen valores de color compactado que tengan valores mayores o iguales al umbral mínimo y menores o iguales al umbral máximo. Para tales ejemplos, la unidad de posprocesamiento inverso 144 o 152 puede asignar una primera clave de acceso (por ejemplo, $Smin$) a las claves de acceso del primer conjunto de claves de acceso que sean inferiores al umbral mínimo y asignar una segunda clave de acceso (por ejemplo, $Smax$) a las claves de acceso del primer conjunto de claves de acceso que sean mayores que el umbral máximo. Los valores de $Smin$ y $Smax$ pueden señalarse desde el preprocesador de video 19 a través del codificador de video 20. La unidad de posprocesamiento inverso 144 o 152 puede invertir el aumento y desplazar el segundo conjunto de claves de acceso (por ejemplo, aquellas mayores que el mínimo y menores que el máximo) utilizando técnicas de ejemplo como aquellas descritas con anterioridad.

En el ejemplo anterior, se describe la aplicación de parámetros de aumento y desplazamiento por partes. En algunos ejemplos, dicha aplicación por partes de parámetros de aumento y desplazamiento puede extenderse tanto para la unidad de preprocesamiento 134 como para la unidad de posprocesamiento 138 o 152 y la unidad de posprocesamiento inverso 144 o 152 y la unidad de preprocesamiento inverso 142.

Por ejemplo, las claves de acceso que recibe la unidad de posprocesamiento inverso 144 o 152 pueden incluir un primer conjunto de claves de acceso y un segundo conjunto de claves de acceso. El primer conjunto de claves de acceso representa valores de color compactados que tienen valores que pertenecen a una primera división del rango dinámico y el segundo conjunto de claves de acceso representan valores de color compactados que tienen

valores que pertenecen a una segunda división del rango dinámico. En tales ejemplos, la unidad de posprocesamiento inverso 144 o 152 puede aumentar y desplazar el primer conjunto de claves de acceso con un primer conjunto de parámetros de aumento y desplazamiento (por ejemplo, un primer Aumento2 y una primera Desplazamiento2). La unidad de posprocesamiento inverso 144 o 152 puede aumentar y desplazar el segundo conjunto de claves de acceso con un segundo conjunto de parámetros de aumento y desplazamiento (por ejemplo, un segundo Aumento2 y un segundo Desplazamiento2).

Como otro ejemplo, los valores de color que recibe la unidad de preprocesamiento inverso 142 pueden incluir un primer conjunto de valores de color sin compactar y un segundo conjunto de valores de color no compactados. El primer conjunto de valores de color sin compactar representa valores de color sin compactar que tienen valores que pertenecen a una primera división del rango dinámico y el segundo conjunto de valores de color sin compactar representan valores de color sin compactar que tienen valores que pertenecen a una segunda división del rango dinámico. En tales ejemplos, la unidad de preprocesamiento inverso 142 puede aumentar y desplazar el primer conjunto de valores de color con un primer conjunto de parámetros de aumento y desplazamiento (por ejemplo, un primer Aumento1 y un primer Desplazamiento1). La unidad de preprocesamiento inverso 142 puede aumentar y desplazar el segundo conjunto de valores de color con un segundo conjunto de parámetros de aumento y desplazamiento (por ejemplo, un segundo Aumento1 y un segundo Desplazamiento1).

De manera similar, la unidad de preprocesamiento 134 puede determinar que un primer conjunto de valores de color tenga valores pertenecientes a una primera división del rango dinámico y determinar que un segundo conjunto de valores de color tenga valores pertenecientes a una segunda división del rango dinámico. La unidad de preprocesamiento 134 puede aumentar y desplazar el primer conjunto de valores de color con un primer conjunto de parámetros de aumento y desplazamiento (por ejemplo, un primer Aumento1 y un primer Desplazamiento1). La unidad de preprocesamiento 134 puede aumentar y desplazar el segundo conjunto de valores de color con un segundo conjunto de parámetros de aumento y desplazamiento (por ejemplo, un segundo Aumento1 y un segundo Desplazamiento1).

La unidad de posprocesamiento 138 o 152 puede determinar que un primer conjunto de claves de acceso de la pluralidad de claves de acceso tenga valores que pertenecientes a una primera división del rango dinámico y determinar que un segundo conjunto de claves de acceso de la pluralidad de claves de acceso tenga valores pertenecientes a una segunda división del rango dinámico. La unidad de posprocesamiento 138 o 152 puede aumentar y desplazar el primer conjunto de claves de acceso con un primer conjunto de parámetros de aumento y desplazamiento (por ejemplo, el primer Aumento2 y la primera Desplazamiento2) y puede aumentar y desplazar el segundo conjunto de claves de acceso con un segundo conjunto de parámetros de aumento y desplazamiento (por ejemplo, el segundo Aumento2 y el segundo Desplazamiento2).

Las figuras 21A y 21B son diagramas que ilustran histogramas de las claves de acceso después del posprocesamiento con manejo de cola. La figura 22 es un diagrama conceptual que ilustra otro ejemplo de una canalización de HDR adaptable al contenido con TF estática, lado del codificador. La figura 23 es un diagrama conceptual que ilustra otro ejemplo de una canalización de HDR adaptable al contenido con TF estática, lado del decodificador. Las figuras 22 y 23 son virtualmente idénticas a las figuras 11 y 12, y se prevé que las figuras 22 y 23 ilustren que, en algunos ejemplos, se emiten las claves de acceso S_{min} y S_{max} si el valor aumentado y desplazado está fuera de un rango e ilustren que, en algunos ejemplos, se reciben las claves de acceso S_{min}' y S_{max}' (ambas similares a S_{min} y S_{max}) si los valores están fuera de un rango.

En los ejemplos anteriores, se invierte una única clave de acceso para las claves de acceso por debajo de un mínimo y una única clave de acceso se invierte para las claves de acceso mayores que el máximo. En algunos ejemplos, las claves de acceso que pertenecen a una cola de histograma fuera del rango especificado se pueden representar con más de una clave de acceso reservada.

La unidad de posprocesamiento 138 puede determinar y señalar una cantidad de claves de acceso reservadas para una región específica del rango dinámico de las claves de acceso S . En el lado del decodificador (por ejemplo, el posprocesador de video 31), la unidad de posprocesamiento inverso 144 puede determinar las claves de acceso reservadas para la región especificada. La técnica puede determinar, señalar y aplicar en el valor de la señal del decodificador S' asociado con cada una de las claves de acceso reservadas.

La figura 24 es un diagrama que ilustra un histograma con dos valores de color de manejo de claves de acceso reservadas. En la figura 24 se muestra la visualización de este ejemplo, con 2 valores de color de manejo de claves de acceso reservadas en S_{2lento} . En este ejemplo, las claves de acceso S_{2lento} se dividen en dos subrangos, donde cada subrango se codifica con las claves de acceso S_{min1} y S_{min2} , respectivamente. El valor asociado con cada una de estas claves de acceso se determina en el lado del codificador (por ejemplo, por el preprocesador de video 19) en un proceso similar a la Ecuación 26-28, se señala al decodificador 30 y se aplica en el lado del decodificador (por ejemplo, mediante el posprocesador de video 31) a través de la Ecuación 29.

En algunos ejemplos, las técnicas pueden implementarse en una forma de función de transferencia. Una parte no lineal de la función de transferencia, a saber, el manejo de cola del histograma en un ejemplo determinado, podría modelarse con una función de transferencia adaptativa con dos claves de acceso reservadas asociadas con valores determinados en el lado del decodificador, por ejemplo, señalados y aplicados en el lado del decodificador.

Las figuras 25A y 25B son diagramas que ilustran funciones adaptativas paramétricas. La figura 25A ilustra una función de transferencia lineal (TF2) modelada con Aumento2 = 1,5 y Desplazamiento = -0,25, y la figura 25B ilustra una función de transferencia lineal (TF2) modelada con Aumento2 = 1,5 y Desplazamiento = -0,25 y segmentos no lineales parametrizados. Un segmento no lineal se parametriza con 2 claves de acceso que están asociadas con 2 valores de color determinados y se señalan a los valores de decodificador Smin1 y Smin2, y las claves de acceso de S_{2alto} se recortan al maxValor del rango.

A continuación se describe el posprocesamiento (por ejemplo, con la unidad de posprocesamiento 138 o 150) con una función de transferencia lineal por partes. La unidad de posprocesamiento 138 o 150 puede dividir el espacio de la clave de acceso de S en un número finito del segmento r, de manera que:

$$\text{Rango} = \{r_i\}, \text{ donde } i = 0..N \quad (30)$$

Para cada uno de estos segmentos r_i , la unidad de posprocesamiento 138 o 150 determina los parámetros de posprocesamiento independientes Aumento2i y Desplazamiento2i y señala y aplica los parámetros Aumento2i y Desplazamiento2i a las claves de acceso S en los lados del codificador y decodificador para producir la salida S2.

$$\text{Aumentos} = \{\text{Aumentos2i}\}; \text{Desplazamientos} = \{\text{Desplazamiento2i}\}; i=0..N$$

En términos de función de transferencia, se puede modelar un algoritmo de ejemplo de la siguiente manera. Las figuras 26A-26C son diagramas que ilustran el posprocesamiento con función de transferencia lineal por partes. La figura 26A ilustra un histograma de una señal S producida por PQTF, la figura 26B ilustra una TF lineal por partes paramétrica de posprocesamiento, y la figura 26C ilustra un histograma de una señal S2 producida por una TF de procesamiento posterior.

En el histograma de la señal S en la figura 26A, los segmentos introducidos de rango dinámico se muestran con una cuadrícula vertical. Como puede observarse, la señal ocupa alrededor del 80 % de las claves de acceso disponibles, y el 20 % de las claves de acceso disponibles se pueden utilizar para reducir el error de cuantificación, como se propone en las Ecuaciones 12 y 13. A su vez, el histograma muestra que una parte significativa de las claves de acceso se encuentra en el 4^{to} segmento que se extiende de 0,6 a 0,8 del rango de las claves de acceso. El presupuesto para las claves de acceso disponibles se puede utilizar para mejorar el error de cuantificación para este 4^{to} segmento específico, dejando sin cambios la exactitud de la representación para otros segmentos.

Los parámetros de posprocesamiento para estos segmentos r (N = 5) se pueden escribir de la siguiente manera:

$$\text{Aumentos2} = \{1, 1, 1, 2, 1\}; \text{Desplazamientos2} = \{-0.1, -0.1, -0.1, -0.1, 0.1\}$$

lo que resultaría en una función de transferencia lineal por partes que se muestra en la figura 26B. En la figura 26C se muestra un histograma de la señal S2 resultante de la aplicación de tal TF. Como se observa, el histograma se desplaza hacia la izquierda para ocupar más claves de acceso y los picos que estaban ubicados en el 4^{to} segmento se estiran para un rango dinámico amplio, proporcionando así una mayor exactitud de la representación y reduciendo el error de cuantificación.

En general, los parámetros de este esquema pueden incluir:

- Número de divisiones para el rango dinámico
- Rangos de cada segmento
- Aumento y desplazamiento para cada uno de estos segmentos

Aplicación:

a. En algunos ejemplos, las técnicas pueden incluir preprocesamiento y posprocesamiento, así como técnicas de procesamiento no lineal. En algunos ejemplos, las técnicas pueden complementar el posprocesamiento de las claves de acceso lineales definido anteriormente con una función de transferencia paramétrica especificada por partes que se aplica a las muestras que están dentro de un rango especificado. En un ejemplo, las técnicas pueden

reservar un número finito de claves de acceso dentro de un rango específico para la identificación de muestras que invocan esta función de transferencia paramétrica.

- 5 b. En algunos ejemplos, las técnicas de preprocesamiento y posprocesamiento se definen como aumento y desplazamiento, es decir, Aumento 1 y Desplazamiento 1 y/o Aumento2 y Desplazamiento 2, que se aplican a una señal de entrada. En algunos ejemplos, las técnicas se implementan en forma de función de transferencia.
- 10 c. En algunos ejemplos, el procesamiento no lineal puede incluir un único parámetro para definir los valores de color que pertenecen fuera del rango especificado, uno para muestras por debajo de minValor y otro para muestras por encima de maxValor. En algunos ejemplos, se pueden aplicar funciones de transferencia definidas por separado.
- 15 d. En algunos ejemplos, el ajuste de rango dinámico (DRA) se lleva a cabo para cada componente de color de forma independiente (conjunto de parámetros independiente), por ejemplo, de manera independiente para R, G, B o Y. En algunos ejemplos, se aplica un único conjunto de parámetros de componentes cruzados para todos los componentes de color.
- 20 e. En algunos ejemplos, los parámetros pueden determinarse para la secuencia de video completa. En algunos ejemplos, los parámetros pueden adaptarse temporalmente o adaptarse al espacio temporal.
- 25 f. En algunos ejemplos, el procesamiento propuesto puede utilizarse en un sistema de HDR con compatibilidad SDR. En dichos sistemas, con cierta función de transferencia en uso, la técnica propuesta se aplicaría a las claves de acceso que representan una señal de HDR, por ejemplo, por encima de 100 nits y/o por debajo de 0,01 nits, dejando el resto de las claves de acceso sin procesar, proporcionando de este modo compatibilidad con SDR.
- 25 Derivación de parámetros:
 - a. En algunos ejemplos, los parámetros de preprocesamiento y posprocesamiento derivan de manera independiente. En algunos ejemplos, los parámetros de preprocesamiento y posprocesamiento derivan conjuntamente.
 - 30 b. En algunos ejemplos, los parámetros se obtienen del proceso de minimizar el error de cuantificación o se obtienen minimizando una función de costo, que está formada por una suma ponderada de la tasa de bits resultante de la conversión y la codificación y la distorsión introducida por estos dos procesos con pérdidas.
 - 35 c. En algunos ejemplos, los parámetros pueden determinarse por separado para cada componente usando la información relativa a ese componente y/o pueden derivar usando información de componentes cruzados.
 - 40 d. En algunos ejemplos, los parámetros, como una gama de aplicaciones, pueden determinarse a partir del tipo y las propiedades de la función de transferencia TF, por ejemplo, el procesamiento puede aplicarse a claves de acceso que representan solo la señal de HDR, por ejemplo, por encima de 100 nits y las claves de acceso que representan la señal SDR ≤ 100 permanecen sin cambios.
 - e. En algunos ejemplos, los parámetros de rango pueden proporcionarse a un decodificador como información secundaria y aplicarse como una función de la TF utilizado en el procesamiento.
 - 45 f. En algunos ejemplos, los parámetros como el rango de aplicaciones pueden determinarse a partir del tipo y las propiedades de la función de transferencia TF, por ejemplo, para una TF que presenta una transición, se puede utilizar una posición de la transición (codo) para determinar el rango dinámico, a los que se aplica el procesamiento.
 - 50 g. Los parámetros pueden incluir la identificación de un número de claves de acceso reservadas y sus valores reales
 - h. Los parámetros pueden incluir la identificación del proceso asociado con una clave de acceso reservada
 - i. Los parámetros pueden incluir una cantidad de subrangos dentro del espacio de claves de acceso para aplicar un procesamiento determinado
 - j. Los parámetros pueden incluir identificaciones de subrango de valores de claves de acceso para aplicar un procesamiento determinado
 - 55 Señalización de parámetros:
 - a. En algunos ejemplos, los parámetros se estiman en el lado del codificador (por ejemplo, el preprocesador de video 19) y se envían señales al decodificador (por ejemplo, el posprocesador de video 31) a través de un flujo de bits (metadatos, mensaje SEI, VUI, etc.). El decodificador recibe parámetros de un flujo de bits.
 - 60 b. En algunos ejemplos, los parámetros derivan en los lados del codificador y del decodificador a través de un proceso específico a partir de una señal de entrada o de otros parámetros disponibles asociados con una señal de entrada y un flujo de procesamiento.
 - 65

c. En algunos ejemplos, los parámetros se señalan explícitamente y son suficientes para realizar el DRA en el lado del decodificador. En algunos ejemplos, los parámetros derivan de otros parámetros de la señal de entrada, por ejemplo, parámetros de la gama de colores de entrada y el contenedor de colores objetivo (colores primarios).

d. En algunos ejemplos, los parámetros de un sistema propuesto pueden señalizarse como parámetros de una función de transferencia (TF) utilizada en el sistema, o proporcionarse a un decodificador como información secundaria para una función de transferencia específica.

e. Los parámetros del esquema propuesto pueden señalizarse a través del flujo de bits por medio de SEI/VUI o proporcionarse al decodificador como información secundaria, o derivarse mediante el decodificador a partir de otras identificaciones, como el espacio de color de entrada y salida, la función de transferencia utilizada, etc.

La figura 29 es un diagrama de flujo que ilustra un método de ejemplo de procesamiento de video en un sistema de alto rango dinámico (HDR) adaptable al contenido. El ejemplo de la figura 29 se describe con respecto al posprocesador de video 31 para convertir los datos de video recibidos en datos de video para visualización. En algunos ejemplos, el posprocesador de video 31 puede realizar las técnicas de ejemplo para cada color (una vez para el componente rojo, una vez para el componente verde y una vez para el componente azul) de manera que el procesamiento sea independiente.

El posprocesador de video 31 recibe una primera pluralidad de claves de acceso que representan valores de color compactados de datos de video, donde los valores de color compactados representan colores en un primer rango dinámico (200). Por ejemplo, para la reducción de la tasa de bits, el preprocesador de video 19 puede haber compactado el rango dinámico de los valores de color. El resultado de la compactación es la primera pluralidad de claves de acceso. El posprocesador de video 31 puede recibir la primera pluralidad de claves de acceso directamente desde el decodificador de video 30 o a través de la memoria de datos de video 140. Los valores de color compactados pueden estar en un espacio de color particular, como RGB o YCrCb. Los valores de color compactados pueden ser cuantificados inversamente mediante la unidad de cuantificación inversa 122.

La unidad de posprocesamiento inverso 144 o 152 puede aplicar una función de posprocesamiento inverso que reduce el rango de las claves de acceso para generar una segunda pluralidad de claves de acceso (202). En algunos ejemplos, la unidad de posprocesamiento inverso 144 puede aplicar las operaciones de posprocesamiento inverso en claves de acceso convertidas de color (por ejemplo, color convertido a través de la unidad de conversión de color inversa 124). En algunos ejemplos, la unidad de posprocesamiento inverso 152 puede aplicar el posprocesamiento inverso antes de la conversión de color y la unidad de conversión de color inversa 124 puede convertir la salida de la unidad de posprocesamiento inverso 152.

La unidad de posprocesamiento inverso 144 o 152 puede realizar un aumento y desplazamiento inversos en la primera pluralidad de claves de acceso. La unidad de posprocesamiento inverso 144 o 152 puede recibir los parámetros de aumento y desplazamiento (por ejemplo, Aumento2 y Desplazamiento2). En algunos ejemplos, la unidad de posprocesamiento inverso 144 o 152 puede recibir información desde la cual la unidad de posprocesamiento inverso 144 o 152 determina los parámetros de aumento y desplazamiento. En general, la unidad de posprocesamiento inverso 144 o 152 puede derivar los parámetros de aumento y desplazamiento, a partir de un flujo de bits recibido o información secundaria señalizada por separado, para el aumento y desplazamiento inversos de las claves de acceso. Cuando se reciben los parámetros de aumento y desplazamiento en el flujo de bits, la unidad de posprocesamiento inverso 144 o 152 recibe los parámetros de aumento y desplazamiento junto con los datos de imagen que se van a procesar. Cuando se reciben los parámetros de aumento y desplazamiento como información secundaria señalizada por separado, la unidad de posprocesamiento inverso 144 o 152 recibe los parámetros de aumento y desplazamiento sin ningún dato de imagen para procesar (por ejemplo, recibe los parámetros de aumento y desplazamiento antes que cualquier dato de imagen).

En algunos ejemplos, en lugar de aplicar aumento y desplazamiento a la primera pluralidad de claves de acceso para todos los valores de las claves de acceso, la unidad de posprocesamiento inverso 144 o 152 puede aplicar aumento y desplazamiento por partes. Por ejemplo, la unidad de posprocesamiento inverso 144 o 152 puede determinar que un primer conjunto de claves de acceso de la primera pluralidad de claves de acceso representen valores de color compactados que tengan valores inferiores a un umbral mínimo o superiores a un umbral máximo y que un segundo conjunto de claves de acceso de la primera pluralidad de claves de acceso representen valores de color compactados que tengan valores inferiores al umbral máximo y superiores al umbral mínimo.

La unidad de posprocesamiento inverso 144 o 152 puede asignar una primera clave de acceso (por ejemplo, S_{min}) a las claves de acceso del primer conjunto de claves de acceso que sean inferiores al umbral mínimo y asignar una segunda clave de acceso (por ejemplo, S_{max}) a las claves de acceso del primer conjunto de claves de acceso que sean mayores que el umbral máximo. La unidad de posprocesamiento inverso 144 o 152 puede invertir el aumento y el desplazamiento (por ejemplo, basándose en Aumento2 y Desplazamiento2) el segundo conjunto de claves de acceso. Aunque se describe un umbral mínimo y uno máximo, en algunos ejemplos, puede haber una pluralidad de dichos umbrales con claves de acceso reservadas para cada uno de los umbrales. La unidad de posprocesamiento

inverso 144 o 152 puede recibir S_{min} , S_{max} o las claves de acceso reservadas, recibir información sobre cómo determinar esas claves de acceso, o esas claves de acceso pueden almacenarse previamente en la memoria de datos de video 140.

- 5 La unidad de TF inversa 126 recibe la emisión de la unidad de posprocesamiento inverso 144 o de la unidad de conversión de color inversa 124 en ejemplos que usan la unidad de posprocesamiento inverso 152. Sin embargo, en algunos ejemplos, la unidad de posprocesamiento inverso 144 o 152 puede no estar habilitada o no estar disponible. En esos ejemplos, la unidad de TF inversa 126 recibe la primera pluralidad de claves de acceso.
- 10 La unidad de TF inversa 126 puede descompactar una segunda pluralidad de claves de acceso basándose en la primera pluralidad de claves de acceso utilizando una función de transferencia estática inversa que no se adapta a los datos de video para generar valores de color no compactados (204). Los valores de color sin compactar representan colores en un segundo rango dinámico. La segunda pluralidad de claves de acceso es uno de los códigos de la primera pluralidad de claves de acceso que se procesan posteriormente de forma inversa (por ejemplo, la emisión de la unidad de posprocesamiento inverso 144 o de la unidad de posprocesamiento inverso 152 después de la conversión de color inversa) o la primera pluralidad de claves de acceso (por ejemplo, cuando la unidad de posprocesamiento inverso 144 o 152 está deshabilitada o no está disponible).
- 15 En algunos ejemplos, la unidad de TF inversa 126 puede emitir los valores de color sin compactar para su visualización o procesamiento adicional (208). Sin embargo, en algunos ejemplos, como cuando el preprocesador de video 19 aplicó el preprocesamiento antes de la compactación, la unidad de TF inversa 126 puede emitir los valores de color sin compactar a la unidad de preprocesamiento inverso 142. En este caso, la unidad de preprocesamiento inverso 142 puede emitir para visualización o procesamiento adicional valores de color sin compactar preprocesados inversos, como se explica a continuación en referencia al funcionamiento opcional 206. El rango dinámico de los valores de color sin compactar puede ser mayor que el rango dinámico de las claves de acceso que recibe la unidad de TF inversa 126. En otras palabras, la unidad de TF inversa 126 aumenta el rango dinámico de las claves de acceso para generar valores de color sin compactar que tienen un rango dinámico más alto.
- 20 En algunos ejemplos, la unidad de preprocesamiento inverso 142 puede aplicar un preprocesamiento inverso en los valores de color sin compactar (206). La unidad de preprocesamiento inverso 142 puede recibir los parámetros de aumento y desplazamiento (por ejemplo, Aumento1 y Desplazamiento1). En algunos ejemplos, la unidad de preprocesamiento inverso 142 puede recibir información sobre qué unidad de preprocesamiento inverso 142 determina los parámetros de aumento y desplazamiento (por ejemplo, el histograma de los colores en la imagen). La unidad de preprocesamiento inverso 142 emite los valores de color sin compactar preprocesados inversos resultantes para visualización o procesamiento adicional (208).
- 25 En general, la unidad de preprocesamiento inverso 142 puede derivar los parámetros de aumento y desplazamiento, a partir de un flujo de bits recibido o información secundaria señalizada por separado, para el aumento y desplazamiento inversos de las claves de acceso. Cuando se reciben los parámetros de aumento y desplazamiento en el flujo de bits, la unidad de preprocesamiento inverso 142 recibe los parámetros de aumento y desplazamiento junto con los datos de imagen que se van a procesar. Cuando se reciben los parámetros de aumento y desplazamiento como información secundaria señalizada por separado, la unidad de preprocesamiento inverso 142 recibe los parámetros de aumento y desplazamiento sin ningún dato de imagen para procesar (por ejemplo, recibe los parámetros de aumento y desplazamiento antes que cualquier dato de imagen).
- 30 Como se ha descrito con anterioridad, el posprocesador de video 31 puede realizar al menos un posprocesamiento inverso de la primera pluralidad de claves de acceso para generar la segunda pluralidad de claves de acceso o realizar un preprocesamiento inverso en los valores de color sin compactar. Sin embargo, en algunos ejemplos, el posprocesador de video 31 puede realizar tanto el posprocesamiento inverso de la primera pluralidad de claves de acceso para generar la segunda pluralidad de claves de acceso (por ejemplo, a través de la unidad de posprocesamiento inverso 144 o 152) como el preprocesamiento inverso de valores de color sin compactar (por ejemplo, a través de la unidad de preprocesamiento inverso 142) para generar los valores de color sin compactar preprocesados inversos.
- 35 La figura 30 es un diagrama de flujo que ilustra otro método de ejemplo de procesamiento de video en un sistema de alto rango dinámico (HDR) adaptable al contenido. El ejemplo de la figura 30 se describe con respecto al preprocesador de video 19 para convertir los datos de video recibidos en datos de video para transmisión. En algunos ejemplos, el preprocesador de video 19 puede realizar las técnicas de ejemplo para cada color (una vez para el componente rojo, una vez para el componente verde y una vez para el componente azul) de manera que el procesamiento sea independiente.
- 40
- 45
- 50
- 55
- 60

El preprocesador de video 19 recibe una pluralidad de valores de color de datos de video que representan colores en un primer rango dinámico (300). Por ejemplo, el preprocesador de video 19 puede recibir datos de video almacenados en la memoria de datos de video 132, donde dichos datos se reciben desde la fuente de video 18. Los

valores de color pueden estar en el espacio de color RGB, pero es posible que la unidad de conversión de color 114 convierta el color antes del procesamiento al espacio de color YCrCb.

5 La unidad de preprocesamiento 134 puede realizar el preprocesamiento de los valores de color de tal manera que cuando los valores de color de preprocesamiento son procesados por la unidad de TF 112, las claves de acceso resultantes representan cada una aproximadamente el rango de valores de color o al menos no tienen una ponderación excesiva de tal manera que los colores de baja iluminación están representados por una gama mucho mayor de claves de acceso y los colores de alta iluminación están representados por una gama relativamente pequeña de claves de acceso (302). Por ejemplo, la unidad de preprocesamiento 134 puede aumentar y desplazar (por ejemplo, a través de Aumento1 y Desplazamiento1). La unidad de preprocesamiento 134 puede determinar los parámetros de aumento y desplazamiento según un histograma de los valores de color en una imagen (por ejemplo, determinar de forma adaptativa un factor de aumento y un factor de desplazamiento basándose en los valores de color lineales de entrada). La unidad de preprocesamiento 134 puede emitir los valores de Aumento1 y Desplazamiento1 o puede emitir información que se puede usar para determinar los valores de Aumento1 y Desplazamiento1. Por ejemplo, el preprocesador de video 19 puede hacer que el codificador de video 20 señale, en un flujo de bits o como información secundaria, parámetros de aumento y desplazamiento para los valores de color lineal de entrada de aumento y desplazamiento.

20 La unidad de TF 112 puede recibir la emisión de la unidad de preprocesamiento 134 para compactar los valores de color. Sin embargo, como se ilustra, en algunos ejemplos, la unidad de preprocesamiento 134 puede no estar habilitada o no estar disponible. En tales ejemplos, la unidad de TF 112 puede recibir la pluralidad de valores de color sin preprocesamiento.

25 La unidad de TF 112 puede compactar los valores de color utilizando una función de transferencia estática que no se adapta a los datos de video que se compactan para generar una pluralidad de claves de acceso que representan valores de color compactados, donde los valores de color compactados representan colores en un segundo rango dinámico (304). La unidad de TF 112 puede reducir el rango dinámico de los valores de color, facilitando la transmisión de tales valores de color.

30 En algunos ejemplos, la unidad de TF 112 puede emitir valores de color basados en los valores de color compactados representados por las claves de acceso (308). Sin embargo, en algunos ejemplos, la unidad de posprocesamiento 138 o 150 puede posprocesar las claves de acceso resultantes de la compactación de los valores de color para generar claves de acceso que utilicen mejor el espacio de las claves de acceso (por ejemplo, aumentar el uso del espacio de las claves de acceso disponibles) (306). La unidad de posprocesamiento 150 puede recibir la emisión de la unidad de conversión de color 114 para el posprocesamiento y la unidad de conversión de color 114 recibe la emisión de la unidad de TF 112. La unidad de posprocesamiento 138 o 150 puede aumentar con Aumento2 y desplazar con Desplazamiento2. Por ejemplo, el preprocesador de video 19 puede hacer que el codificador de video 20 señale, en un flujo de bits o como información secundaria, parámetros de aumento y desplazamiento para el aumento y el desplazamiento de las claves de acceso.

40 En algunos ejemplos, en lugar de aplicar aumento y desplazamiento a la pluralidad de claves de acceso que la unidad de TF 112 emite para todos los valores de las claves de acceso, la unidad de posprocesamiento 138 o 150 puede aplicar aumento y desplazamiento por partes. Por ejemplo, la unidad de posprocesamiento 138 o 150 puede determinar que un conjunto de claves de acceso aumentadas y desplazadas tenga valores inferiores a un umbral mínimo o superiores a un umbral máximo. La unidad de posprocesamiento 138 o 150 puede asignar una primera clave de acceso (Smin) al conjunto de claves de acceso aumentadas y desplazadas que tengan valores inferiores al umbral mínimo y asignar una segunda clave de acceso (Smax) al conjunto de claves de acceso aumentadas y desplazadas que tengan valores superiores al umbral mínimo. Para las otras claves de acceso, la unidad de posprocesamiento 138 o 150 puede aumentar y desplazar las otras claves de acceso (por ejemplo, en base al Aumento2 y Desplazamiento2). Aunque se describe un umbral mínimo y uno máximo, en algunos ejemplos, puede haber una pluralidad de dichos umbrales con claves de acceso reservadas para cada uno de los umbrales. La unidad de posprocesamiento 138 o 150 puede emitir información para Smin, Smax o las claves de acceso reservadas, o emitir información sobre cómo determinar esas claves de acceso.

55 El preprocesador de video 19 puede emitir valores de color basados en uno de los valores de color compactados o los valores de color compactados posprocesados (308). Por ejemplo, si la unidad de posprocesamiento 138 o 150 está habilitada, entonces el preprocesador de video 19 puede emitir valores de color basados en los valores de color compactados procesados posteriormente. Si la unidad de posprocesamiento 138 o 150 no está habilitada o no está disponible, entonces el preprocesador de video 19 puede emitir valores de color basados en los valores de color compactados por la unidad de TF 112 y sin posprocesamiento. Sin embargo, la unidad de conversión de color 114 y la unidad de cuantificación 116 pueden realizar el procesamiento respectivo antes de la emisión.

65 Debe reconocerse que, dependiendo del ejemplo, ciertos actos o eventos de cualquiera de las técnicas descritas en la presente pueden realizarse en una secuencia diferente, pueden agregarse, fusionarse u omitirse por completo (por ejemplo, no todos los actos o eventos descritos son necesarios para poner en práctica las técnicas). Además,

en ciertos ejemplos, los actos o eventos se pueden realizar al mismo tiempo, por ejemplo, mediante el procesamiento de múltiples subprocesos, procesamiento de interrupción o múltiples procesadores, en lugar de secuencialmente.

5 En uno o más ejemplos, las funciones descritas pueden implementarse en hardware, software, microprograma o cualquier combinación de los mismos. Si se implementan en software, las funciones pueden almacenarse o transmitirse, como una o más instrucciones o código en un medio legible por ordenador y ejecutarse mediante una
10 unidad de procesamiento basada en hardware. Los medios legibles por ordenador pueden incluir medios de almacenamiento legibles por ordenador, que corresponden a un medio tangible, como medios de almacenamiento de datos, o medios de comunicación, incluido cualquier medio que facilite la transferencia de un programa informático de un lugar a otro, por ejemplo, según un protocolo de comunicación. De esta manera, los medios legibles por ordenador generalmente pueden corresponder a (1) medios de almacenamiento legibles por ordenador tangibles que no son transitorios o (2) un medio de comunicación tal como una señal u onda portadora. Los medios de almacenamiento de datos pueden ser cualquier medio disponible al que se pueda acceder mediante uno o más
15 ordenadores o uno o más procesadores para recuperar instrucciones, código y/o estructuras de datos para la implementación de las técnicas descritas en esta divulgación. Un producto de programa informático puede incluir un medio legible por ordenador.

A modo de ejemplo, y no restrictivo, dichos medios de almacenamiento legibles por ordenador pueden comprender
20 RAM, ROM, EEPROM, CD-ROM u otro almacenamiento en disco óptico, almacenamiento en disco magnético u otros dispositivos de almacenamiento magnético, memoria flash o cualquier otro medio que se puede utilizar para almacenar el código de programa deseado en forma de instrucciones o estructuras de datos y al que se puede acceder mediante un ordenador. Además, cualquier conexión se denomina correctamente un medio legible por ordenador. Por ejemplo, si las instrucciones se transmiten desde un sitio web, servidor u otra fuente remota
25 utilizando un cable coaxial, cable de fibra óptica, par trenzado, línea de suscriptor digital (DSL) o tecnologías inalámbricas como infrarrojos, radio y microondas, entonces el cable coaxial, cable de fibra óptica, par trenzado, DSL o tecnologías inalámbricas como infrarrojos, radio y microondas se incluyen en la definición de medio. Sin embargo, debe entenderse que los medios de almacenamiento legibles por ordenador y los medios de almacenamiento de datos no incluyen conexiones, ondas portadoras, señales u otros medios transitorios, sino que
30 están dirigidos a medios de almacenamiento tangibles no transitorios. El disco y disco compacto, como se usan en la presente, incluyen disco compacto (CD), disco láser, disco óptico, disco versátil digital (DVD), disquete y disco Blu-ray, donde los discos generalmente reproducen datos magnéticamente, mientras que los discos compactos reproducen datos ópticamente con láser. Las combinaciones de los anteriores también deben incluirse dentro del alcance de los medios legibles por ordenador.

35 Las instrucciones pueden ser ejecutadas por uno o más procesadores, como uno o más procesadores de señales digitales (DSP), microprocesadores de propósito general, circuitos integrados de aplicación específica (ASIC), matrices lógicas programables en campo (FPGA) u otro circuito lógico integrado o discreto equivalente. Por consiguiente, el término "procesador", como se usa en la presente, puede referirse a cualquiera de las estructuras anteriores o cualquier otra estructura adecuada para la implementación de las técnicas descritas en la presente. Además, en algunos aspectos, la funcionalidad descrita en la presente puede proporcionarse dentro de módulos de hardware y/o software dedicados, configurados para la codificación y decodificación o incorporados en un códec combinado. Asimismo, las técnicas podrían implementarse completamente en uno o más circuitos o elementos lógicos.

45 Las técnicas de la presente divulgación pueden implementarse en una amplia variedad de dispositivos o aparatos, incluido un microteléfono, un circuito integrado (IC) o un conjunto de IC (por ejemplo, un conjunto de chips). En esta divulgación se describen varios componentes, módulos o unidades para enfatizar los aspectos funcionales de los dispositivos configurados para realizar las técnicas divulgadas, pero no necesariamente requieren la realización por
50 diferentes unidades de hardware. Por el contrario, como se ha descrito anteriormente, diversas unidades pueden combinarse en una unidad de hardware de códec o ser proporcionadas por una colección de unidades de hardware interoperativas, que incluyen uno o más procesadores según lo descrito con anterioridad, junto con un software y/o microprograma adecuado.

55 Se han descrito varios ejemplos. Estos y otros ejemplos están dentro del alcance de las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un método de procesamiento de video, el método comprende:

- 5 recibir una primera pluralidad de claves de acceso, S1, que representan valores de color procesados de datos de video, representando los valores de color procesados colores en un segundo rango dinámico;
aplicar una función de transferencia estática inversa a la primera pluralidad de claves de acceso, S1, siendo la función de transferencia estática inversa no adaptable a los datos de video para generar valores de color procesados, s1;
- 10 preprocesamiento inverso de los valores de color procesados s1 después del uso de la función de transferencia estática inversa para generar valores de color s, representando los valores de color colores en un primer rango dinámico que es mayor que el segundo rango dinámico, y
derivar un factor de aumento y un factor de desplazamiento del flujo de bits o recibir el factor de aumento y el factor de desplazamiento como información secundaria señalizada por separado;
- 15 en donde el preprocesamiento inverso de los valores de color procesados utiliza el factor de aumento y el factor de desplazamiento, comprendiendo el preprocesamiento inverso la realización inversa de un preprocesamiento lineal que se aplicó a los valores de color durante la codificación para aumentar la eficiencia de uso del espacio de las claves de acceso, logrando una distribución de claves de acceso preferida a través del espacio resultante de claves de acceso a partir de la aplicación de una función de transferencia estática que utiliza el factor de aumento y el factor de desplazamiento determinados durante la codificación adaptativa en base a los valores de color de entrada; y
- 20 emitir de los valores de color s.

2. El método de la reivindicación 1, en donde se recibe una segunda pluralidad de claves de acceso, S2, y en donde la primera pluralidad de claves de acceso, S1, se genera mediante el posprocesamiento inverso de la segunda pluralidad de claves de acceso, S2, en donde el posprocesamiento inverso de la segunda pluralidad de claves de acceso, S2, comprende realizar una inversa del procesamiento posterior que se aplicó a una primera pluralidad de claves de acceso para aumentar la distribución de las claves de acceso a través de un espacio de claves de acceso durante la codificación.

30 3. Un método de procesamiento de video, el método comprende:

- recibir una segunda pluralidad de claves de acceso, S2, que representan valores de color procesados de datos de video, representando los valores de color procesados colores en un segundo rango dinámico;
el posprocesamiento inverso de la segunda pluralidad de claves de acceso S2 para generar una primera pluralidad de claves de acceso S1;
- 35 aplicar una función de transferencia estática inversa que no se adapta a los datos de video a la primera pluralidad de claves de acceso, S1, para generar valores de color, s, representando los valores de color colores en un primer rango dinámico que es mayor que el segundo rango dinámico; y,
derivar un factor de aumento y un factor de desplazamiento del flujo de bits o recibir el factor de aumento y el factor de desplazamiento como información secundaria señalizada por separado;
- 40 en donde el posprocesamiento inverso de la segunda pluralidad de claves de acceso, S2, utiliza el factor de aumento y el factor de desplazamiento, comprendiendo el preprocesamiento inverso la realización inversa de un posprocesamiento lineal que se aplicó a una primera pluralidad de claves de acceso durante la codificación para aumentar la eficiencia del uso del espacio de claves de acceso, logrando una distribución de claves de acceso preferida a través del espacio resultante de claves de acceso a partir de la aplicación de una función de transferencia estática que utiliza el factor de aumento y el factor de desplazamiento determinados durante la codificación adaptativa en base a los valores de color de entrada, y
- 45 emitir de los valores de color s.

50 4. El método de la reivindicación 2 o la reivindicación 3, que comprende además:

- determinar que un primer conjunto de claves de acceso de la primera pluralidad de claves de acceso representan valores de color compactos que tienen valores inferiores a un umbral mínimo o superiores a un umbral máximo; y
determinar que un segundo conjunto de claves de acceso de la primera pluralidad de claves de acceso representan valores de color compactados que tienen valores mayores o iguales al umbral mínimo y menores o iguales al umbral máximo.
- 55 en donde el posprocesamiento inverso de la primera pluralidad de claves de acceso comprende:

- asignar una primera clave de acceso a las claves de acceso del primer conjunto de claves de acceso que son inferiores al umbral mínimo,
- 60 asignar una segunda clave de acceso a las claves de acceso del primer conjunto de claves de acceso que son mayores que el umbral máximo, y
el aumento y el desplazamiento inversos del segundo conjunto de claves de acceso.

65 5. El método de la reivindicación 4, que comprende además:

determinar una o más de la primera clave de acceso, la segunda clave de acceso, el umbral máximo y el umbral mínimo en base a la información recibida de un flujo de bits o de información secundaria señalizada por separado que indica la primera clave de acceso, la segunda clave de acceso, el umbral máximo o el umbral mínimo o aplicar procesamiento para determinar la primera clave de acceso, la segunda clave de acceso, el umbral máximo o el umbral mínimo.

6. Un método de procesamiento de video, el método comprende:

recibir una pluralidad de valores de color, s, de datos de video que representan colores en un primer rango dinámico; preprocesar los valores de color, s, para generar valores de color procesados, s1; procesar los valores de color procesados, s1, usando una función de transferencia estática que no se adapta a los datos de video que se procesan para generar una pluralidad de primeras claves de acceso, S1, que representan valores de color que representan colores en un segundo rango dinámico más pequeño que la primera gama dinámica; en donde el preprocesamiento de los valores de color, s, antes del uso de la función de transferencia estática comprende aumentar y desplazar los valores de color usando un factor de aumento y un factor de desplazamiento para aumentar la eficiencia del uso del espacio de claves de acceso, logrando una distribución de claves de acceso preferida a través del espacio resultante de claves de acceso a partir de la aplicación de una función de transferencia estática, determinándose el factor de aumento y el factor de desplazamiento de forma adaptativa en base a los valores de color de entrada; emitir la primera pluralidad de claves de acceso; y señalar el factor de aumento y el factor de desplazamiento.

7. El método de la reivindicación 6, que comprende además:

posprocesamiento de la primera pluralidad de claves de acceso, S1, resultante del procesamiento de los valores de color para generar una segunda pluralidad de claves de acceso, S2, en donde el posprocesamiento de la primera pluralidad de claves de acceso, S1, comprende aumentar y desplazar la primera pluralidad de claves de acceso S1 resultantes del uso de la función de transferencia estática para aumentar la distribución a través de un espacio de clave de acceso; y emitir la segunda pluralidad de claves de acceso, S2, en lugar de la primera pluralidad de claves de acceso, S1.

8. Un método de procesamiento de video, el método comprende:

recibir una pluralidad de valores de color, s, de datos de video que representan colores en un primer rango dinámico; procesar los valores de color, s, usando una función de transferencia estática que no se adapta a los datos de video que se procesan para generar una pluralidad de primeras claves de acceso, S1, que representan valores de color procesados, representando los valores de color procesados colores en un segundo rango dinámico más pequeño que la primera gama dinámica; posprocesamiento de la primera pluralidad de claves de acceso, S1, resultante del procesamiento de los valores de color para generar una segunda pluralidad de claves de acceso, S2, en donde el posprocesamiento de la primera pluralidad de claves de acceso, S1, comprende aumentar y desplazar la primera pluralidad de claves de acceso, S1, usando un factor de aumento y un factor de desplazamiento para aumentar la eficiencia del uso del espacio de claves de acceso, logrando una distribución de claves de acceso preferida a través del espacio resultante de claves de acceso a partir de la aplicación de una función de transferencia estática, determinándose el factor de aumento y el factor de desplazamiento de forma adaptativa en base a los valores de color de entrada; emitir la segunda pluralidad de claves de acceso; y señalar el factor de aumento y el factor de desplazamiento.

9. El método de la reivindicación 8, en donde el posprocesamiento de las claves de acceso comprende:

determinar que la segunda pluralidad de claves de acceso, S2, tenga valores inferiores a un umbral mínimo o superiores a un umbral máximo; asignar una primera clave de acceso al conjunto de claves de acceso aumentadas y desplazadas que tienen valores inferiores al umbral mínimo; y asignar una segunda clave de acceso al conjunto de claves de acceso aumentadas y desplazadas que tienen valores mayores que el umbral máximo.

10. El método de la reivindicación 9, que comprende además:

señalizar, en un flujo de bits o como información secundaria, información que indica una o más de la primera clave de acceso, la segunda clave de acceso, el umbral máximo o el umbral mínimo.

11. El método de la reivindicación 6, que comprende además:

determinar que un primer conjunto de valores de color tiene valores que pertenecen a una primera división del primer rango dinámico; y

5 determinar que un segundo conjunto de valores de color tiene valores que pertenecen a una segunda división del primer rango dinámico,
en donde el preprocesamiento de los valores de color comprende:

10 aumentar y desplazar el primer conjunto de valores de color con un primer conjunto de parámetros de aumento y desplazamiento, y
aumentar y desplazar el segundo conjunto de valores de color con un segundo conjunto de parámetros de aumento y desplazamiento.

12. El método de la reivindicación 8, que comprende además:

15 determinar que un primer conjunto de claves de acceso de la pluralidad de claves de acceso tiene valores que pertenecen a una primera división del segundo rango dinámico; y

20 determinar que un segundo conjunto de claves de acceso de la pluralidad de claves de acceso tiene valores que pertenecen a una segunda división del segundo rango dinámico,
en donde el posprocesamiento de la pluralidad de claves de acceso comprende:

aumentar y desplazar el primer conjunto de claves de acceso con un primer conjunto de parámetros de aumento y desplazamiento, y

25 aumentar y desplazar el segundo conjunto de claves de acceso con un segundo conjunto de parámetros de aumento y desplazamiento.

13. Un dispositivo para el procesamiento de video, el dispositivo comprende:

30 una memoria de datos de video configurada para almacenar datos de video; y
un preprocesador de video que comprende al menos uno de un circuito programable o de función fija, el preprocesador de video está configurado para ejecutar el método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12.

35 14. Un medio de almacenamiento legible por ordenador que almacena instrucciones que, cuando se ejecutan, hacen que uno o más procesadores de un dispositivo para procesamiento de video ejecuten el método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12.

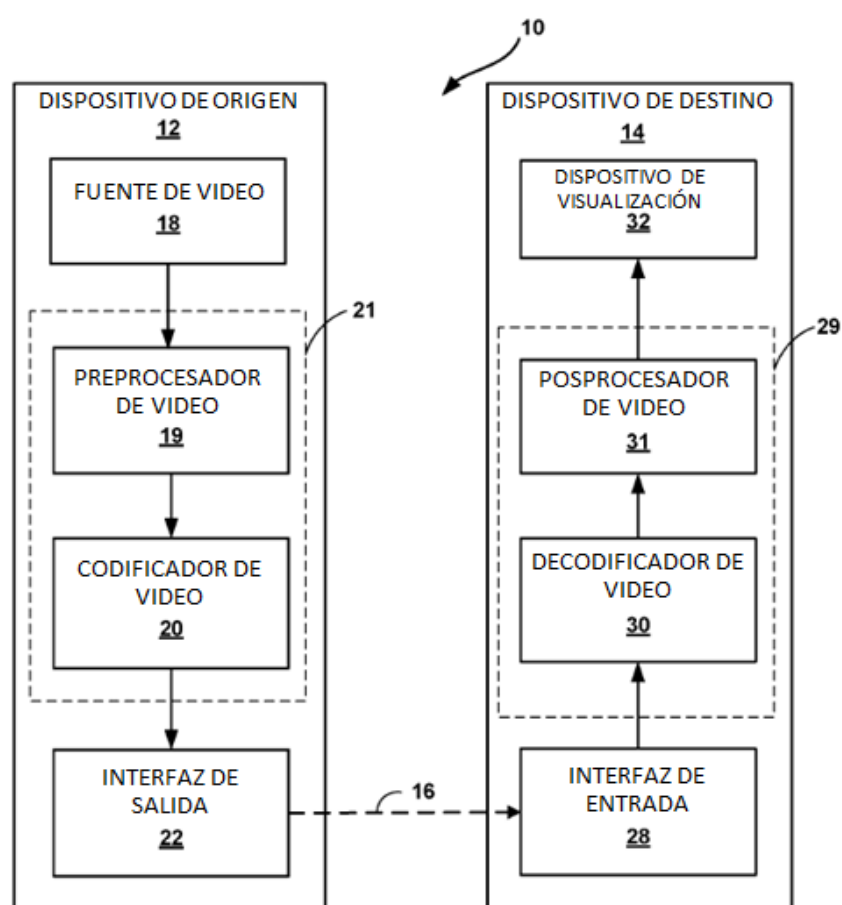


FIG. 1

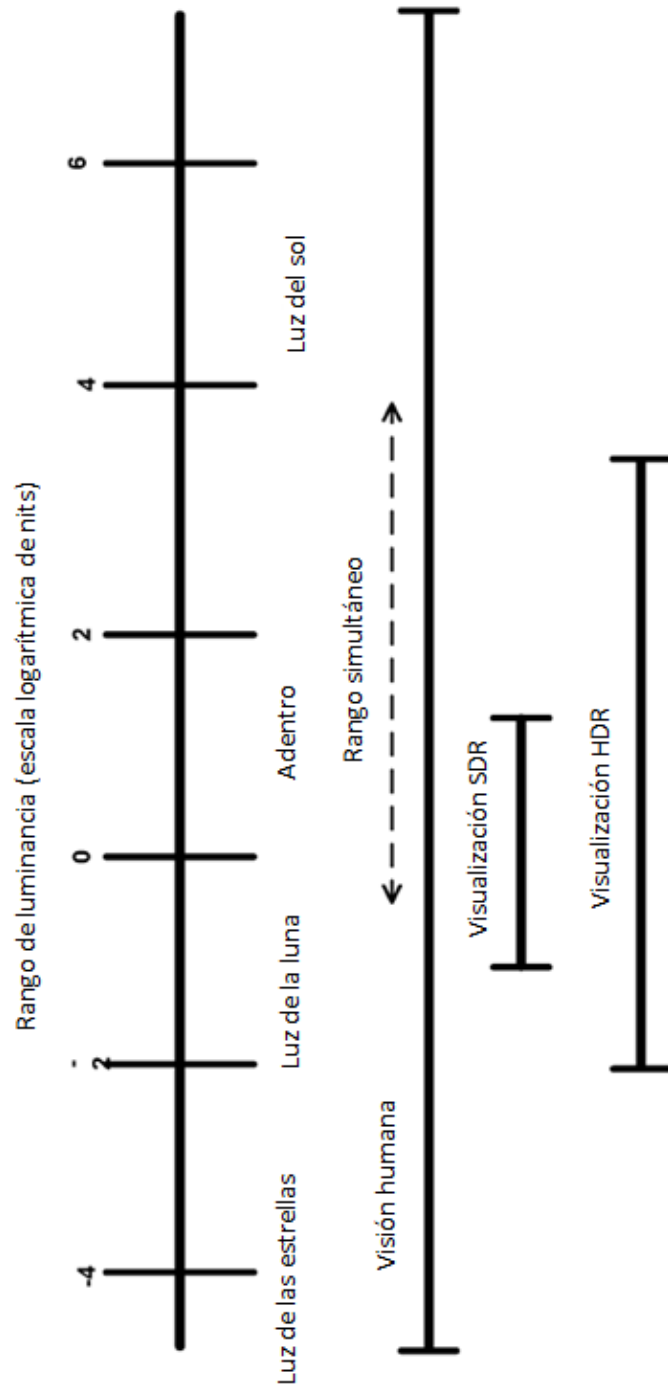


FIG. 2

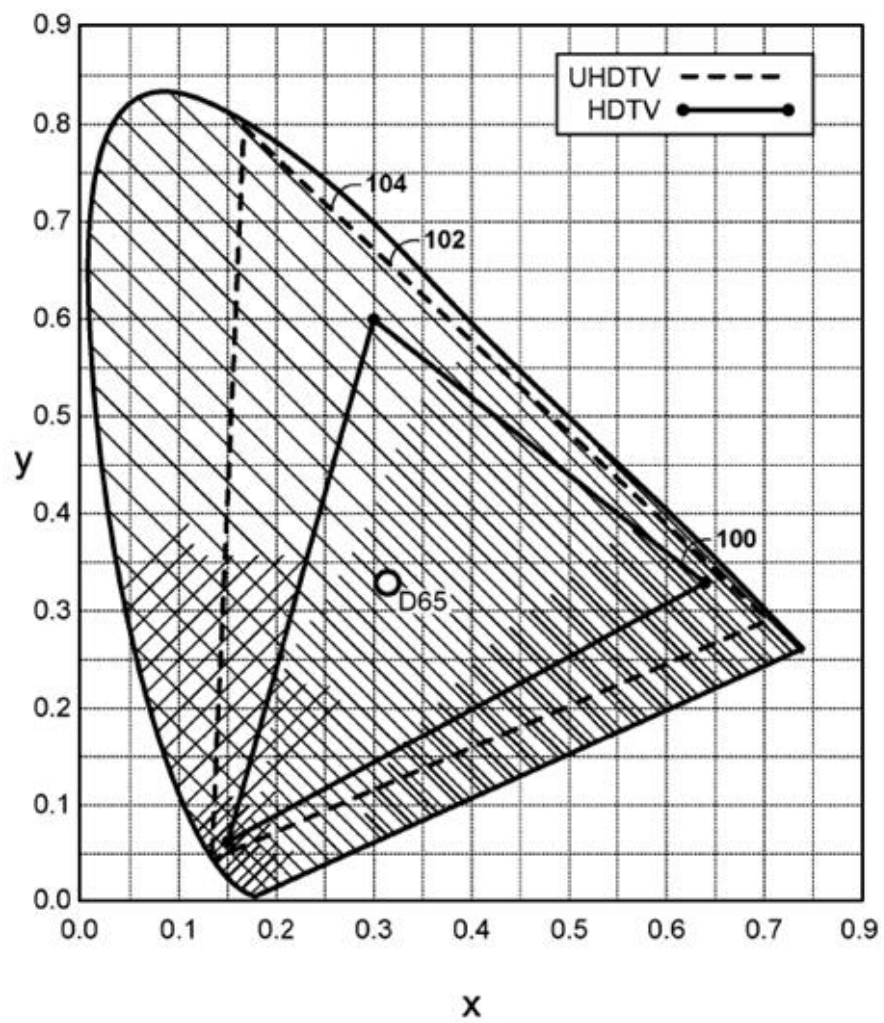


FIG. 3

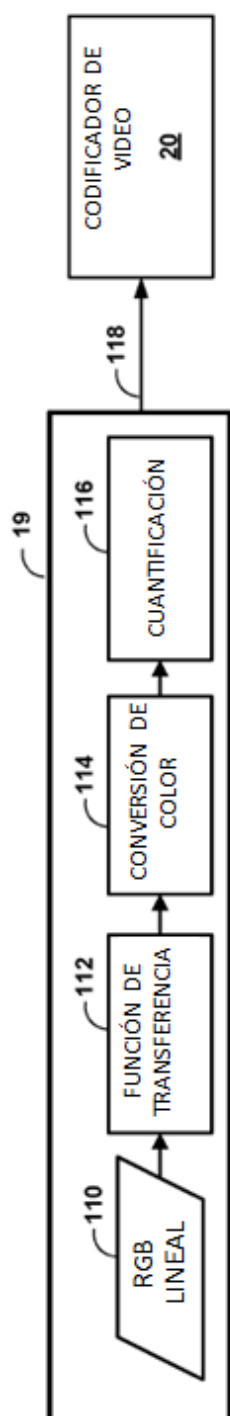


FIG. 4

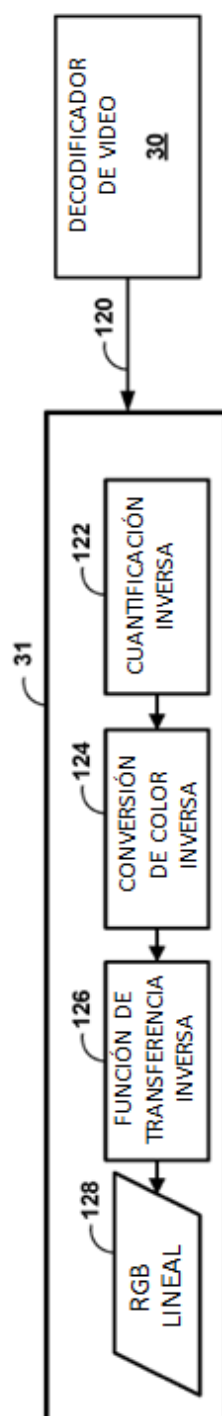


FIG. 5

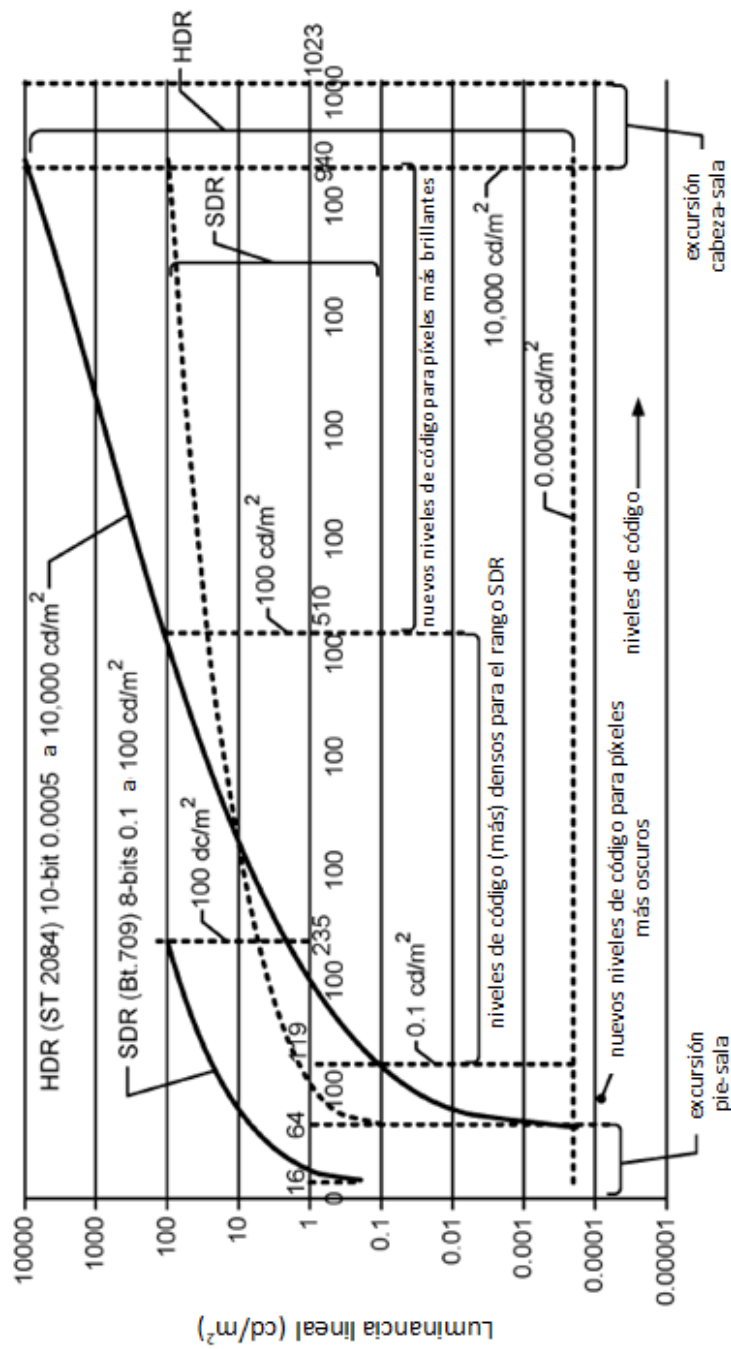


FIG. 6

Ejemplo de EOTF

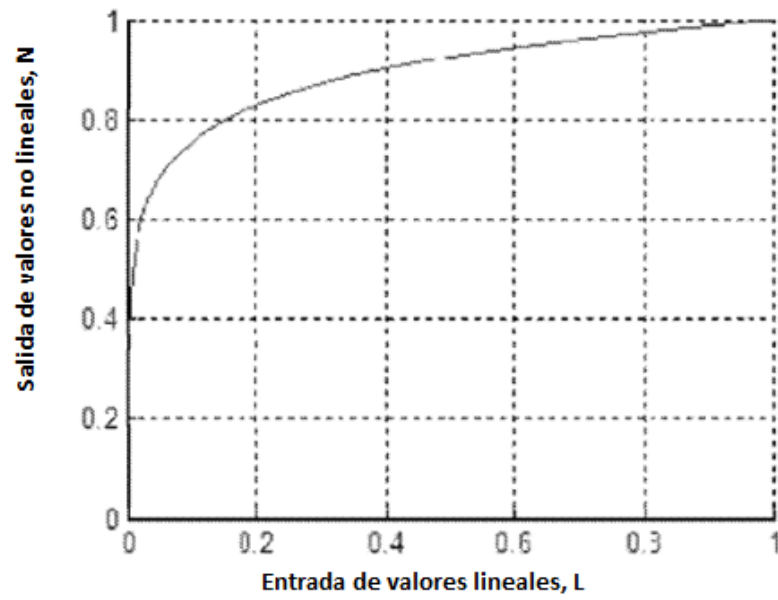


FIG. 7

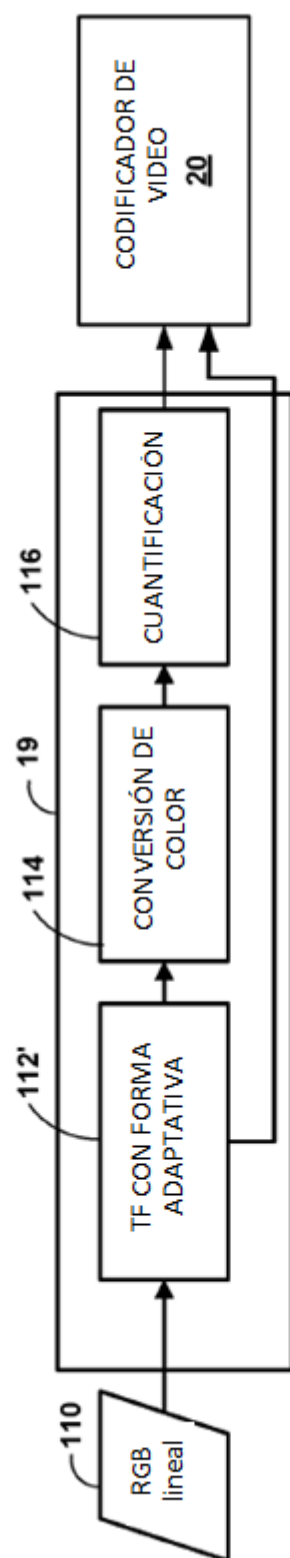


FIG. 8

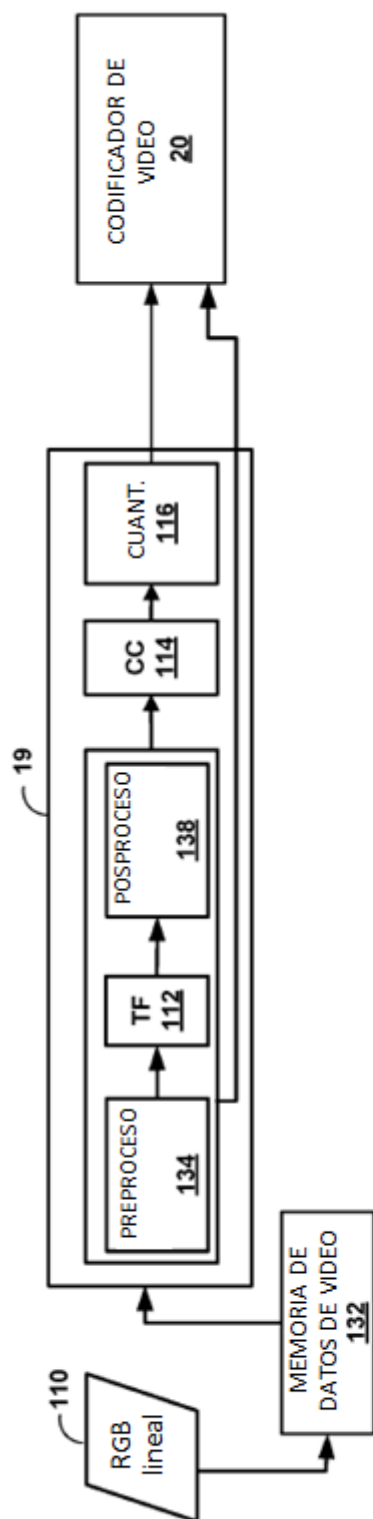


FIG. 9

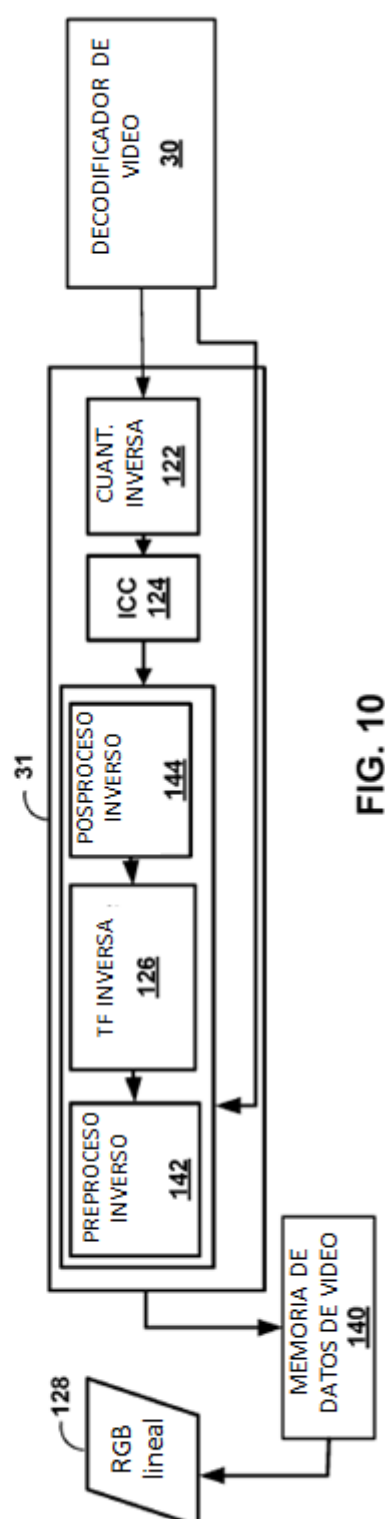


FIG. 10

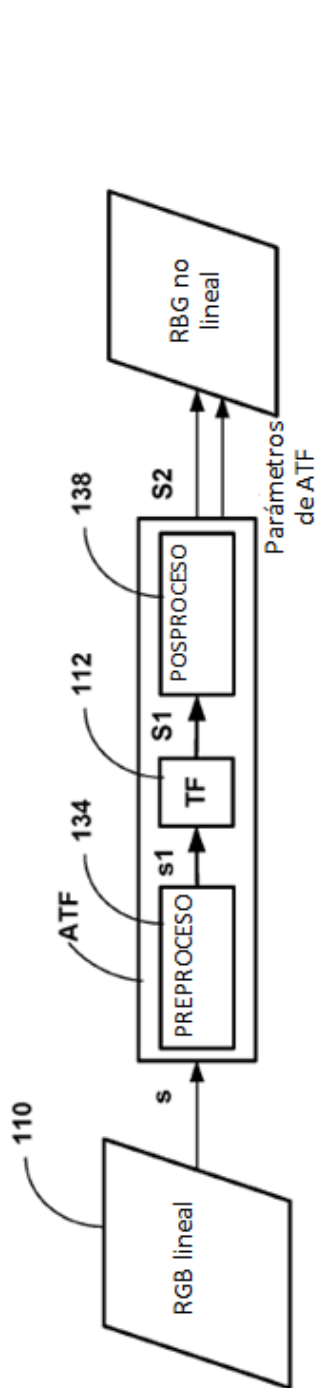


FIG. 11

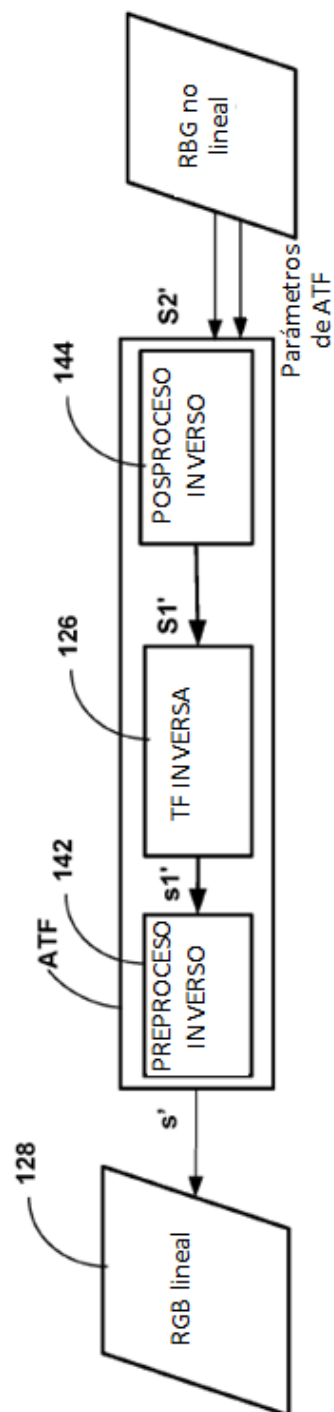


FIG. 12

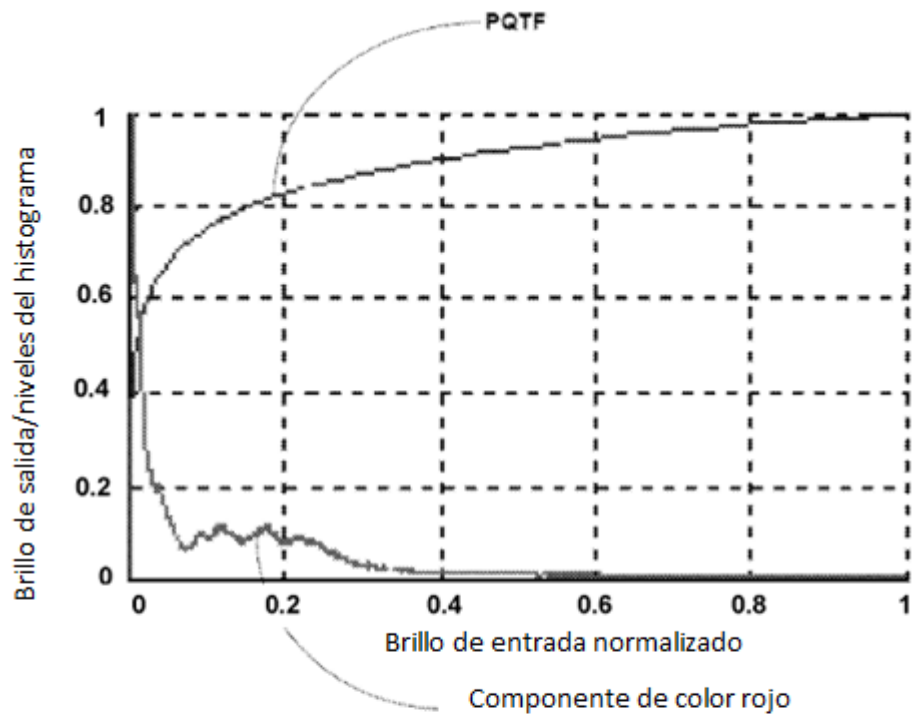


FIG. 13A

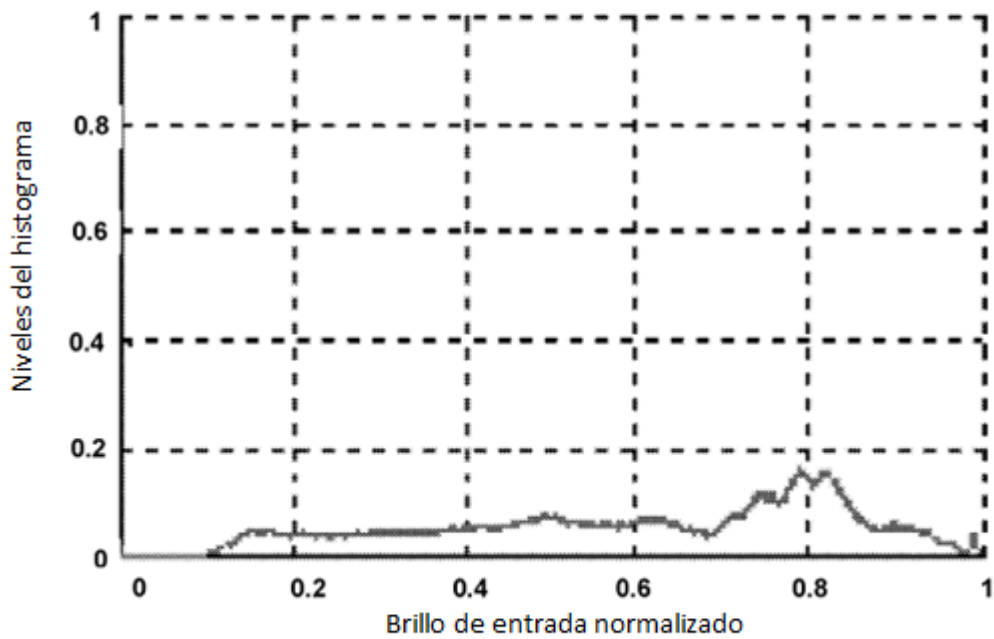


FIG. 13B

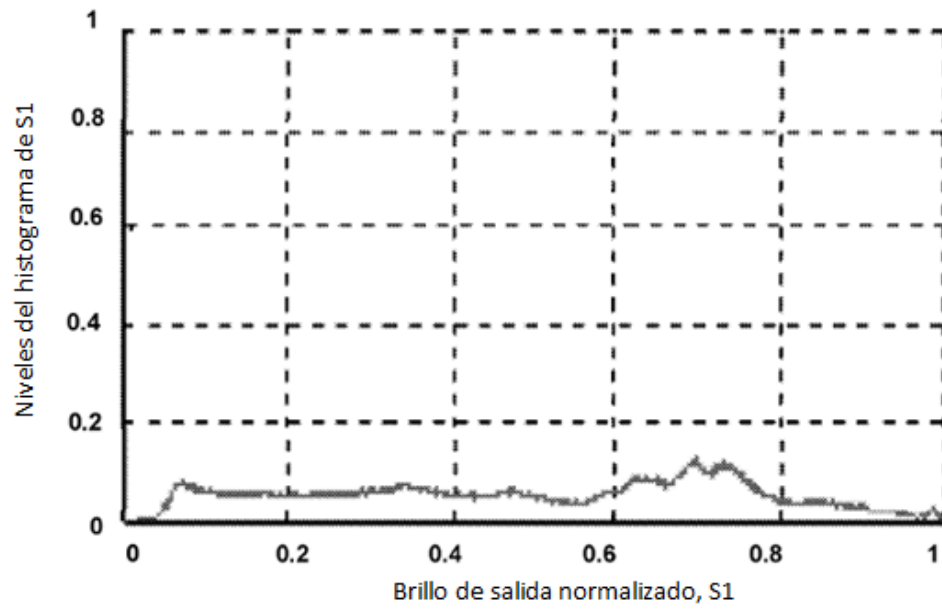


FIG. 14

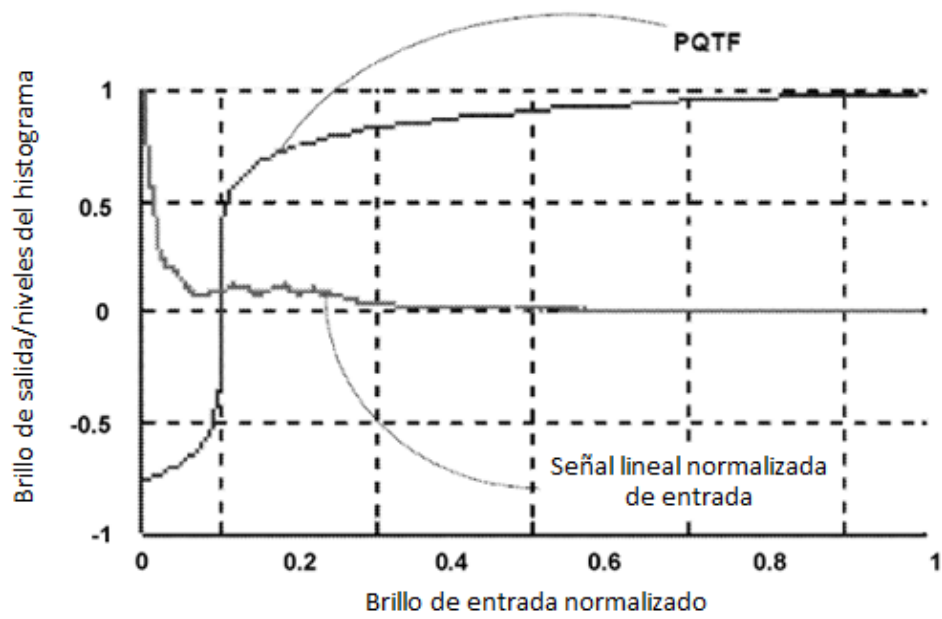


FIG. 15A

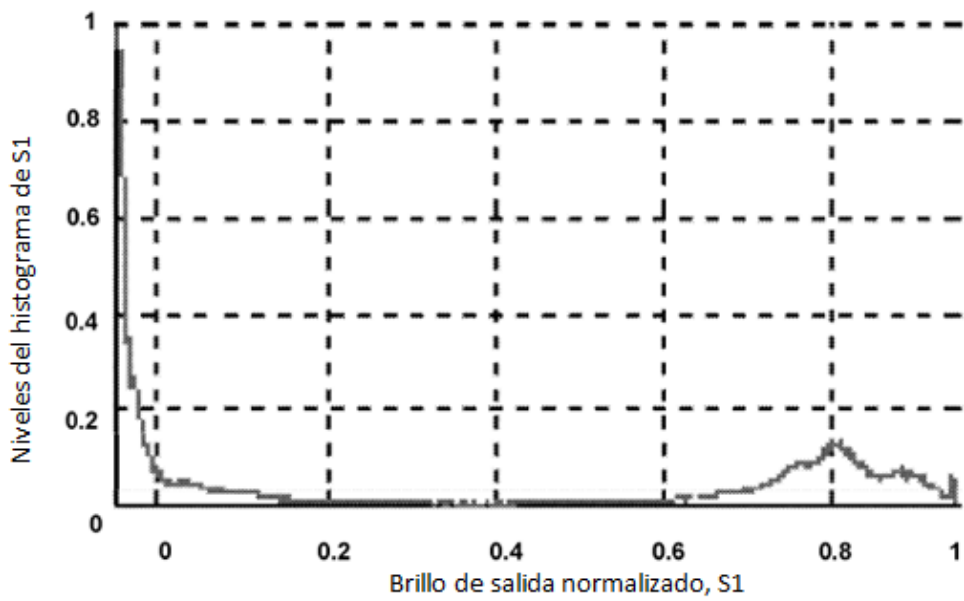


FIG. 15B

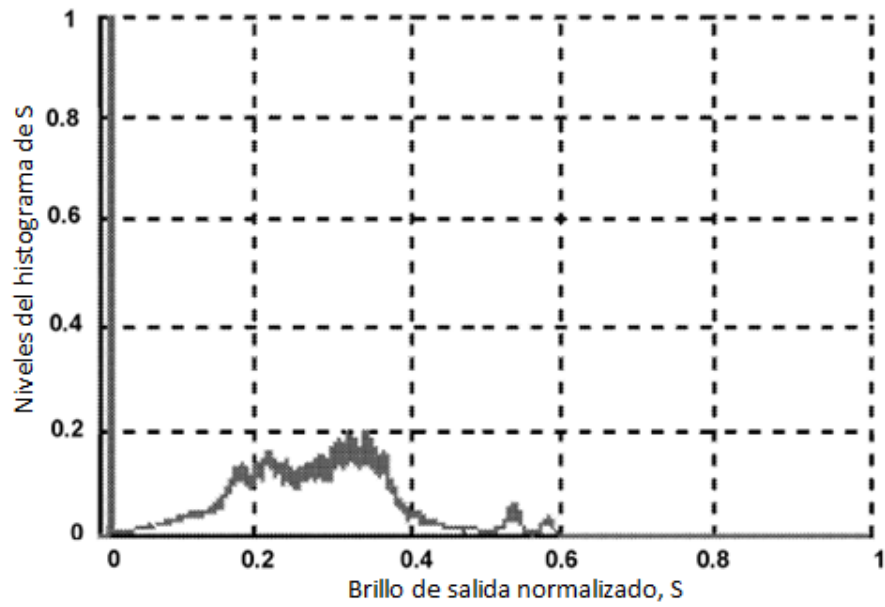


FIG. 16A

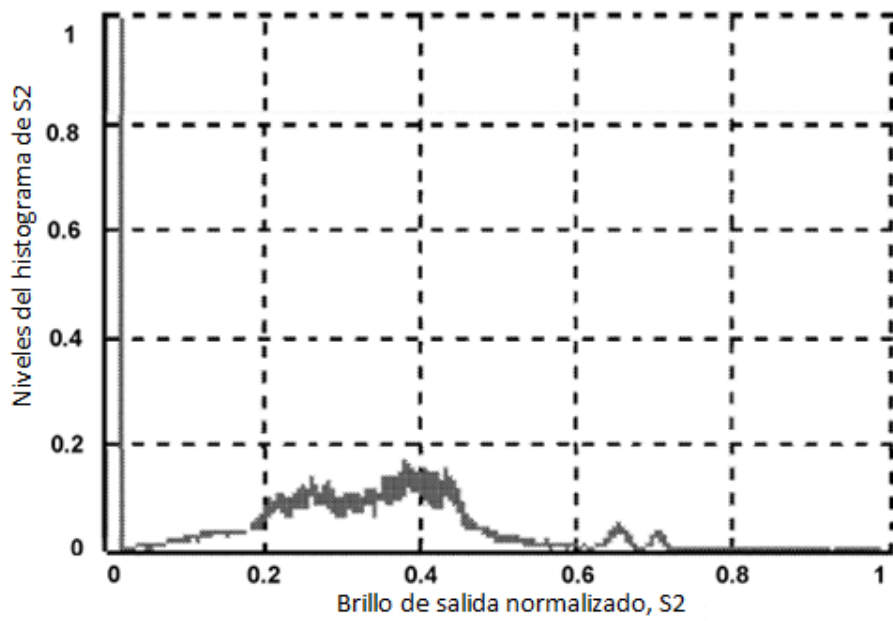


FIG. 16B

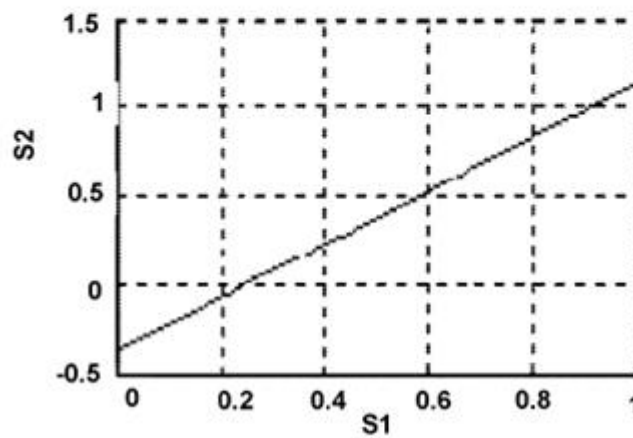
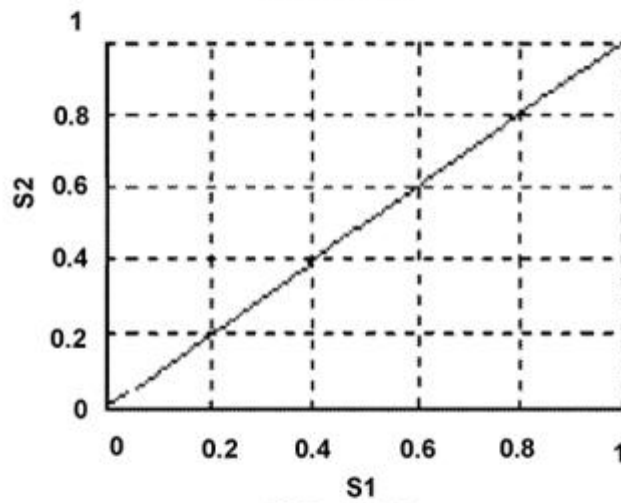
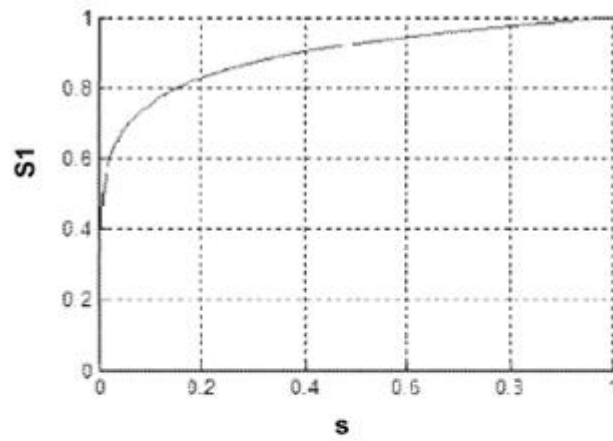




FIG. 18

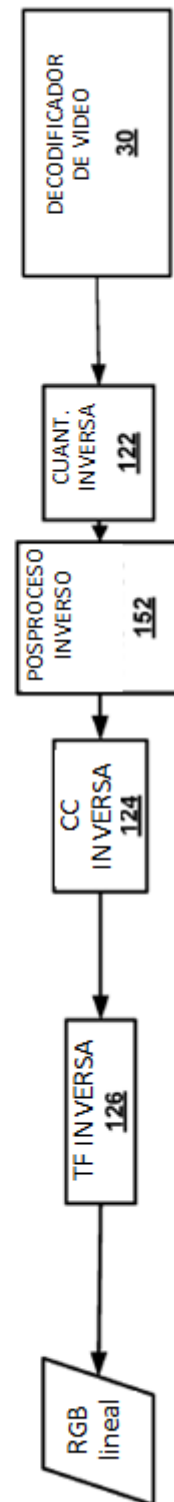


FIG. 19

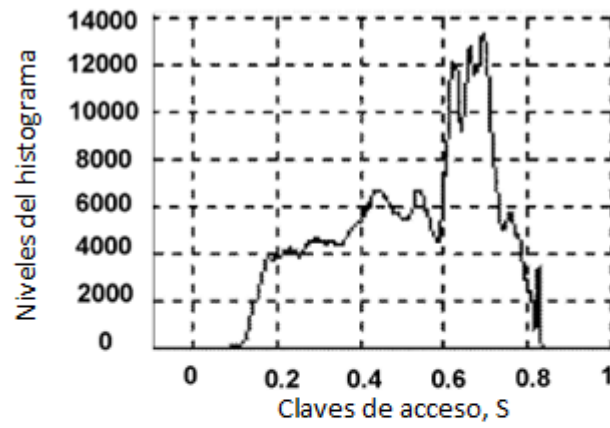


FIG. 20A

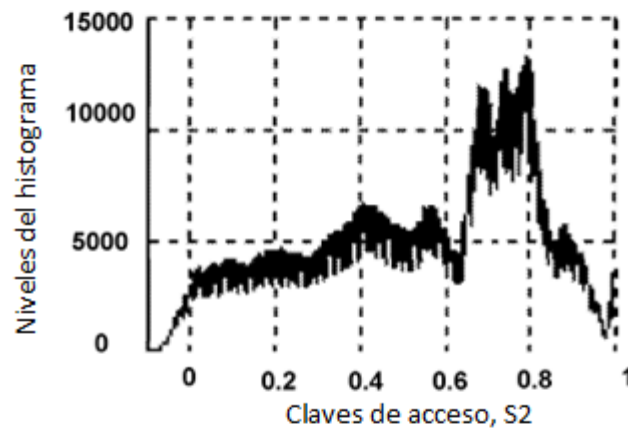


FIG. 20B

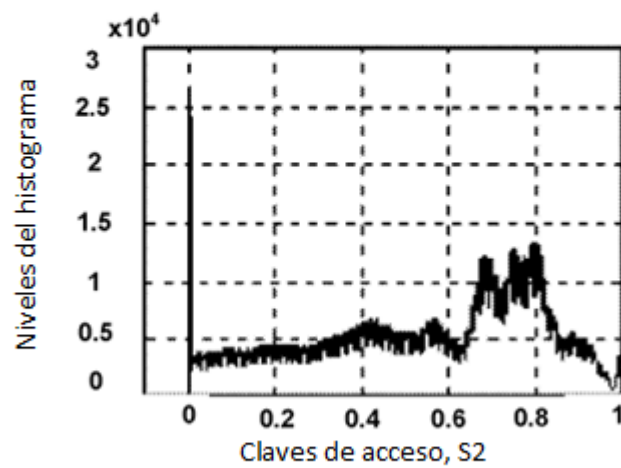


FIG. 20C

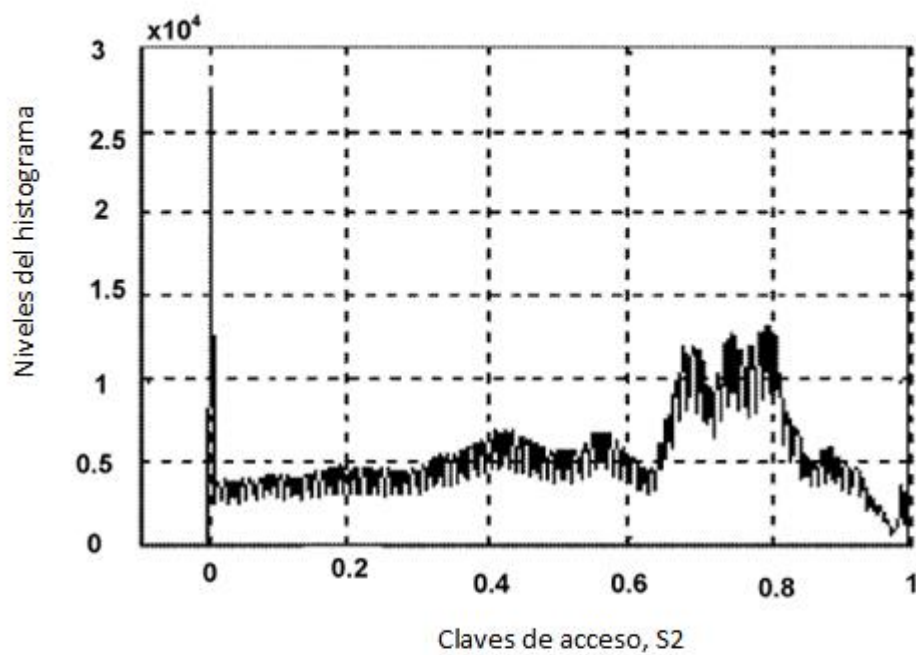


FIG. 21A

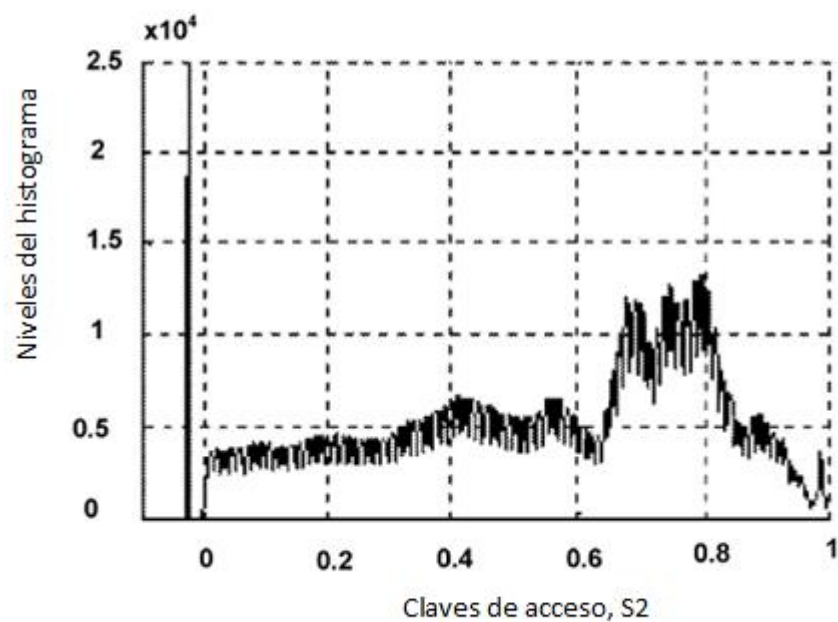


FIG. 21B

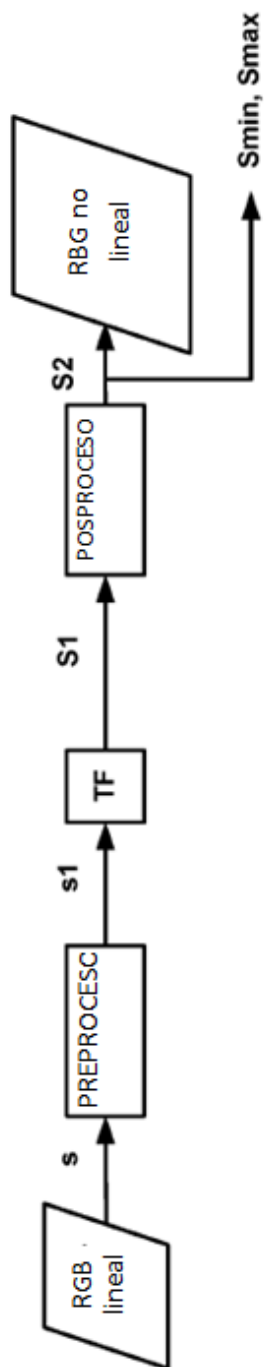


FIG. 22

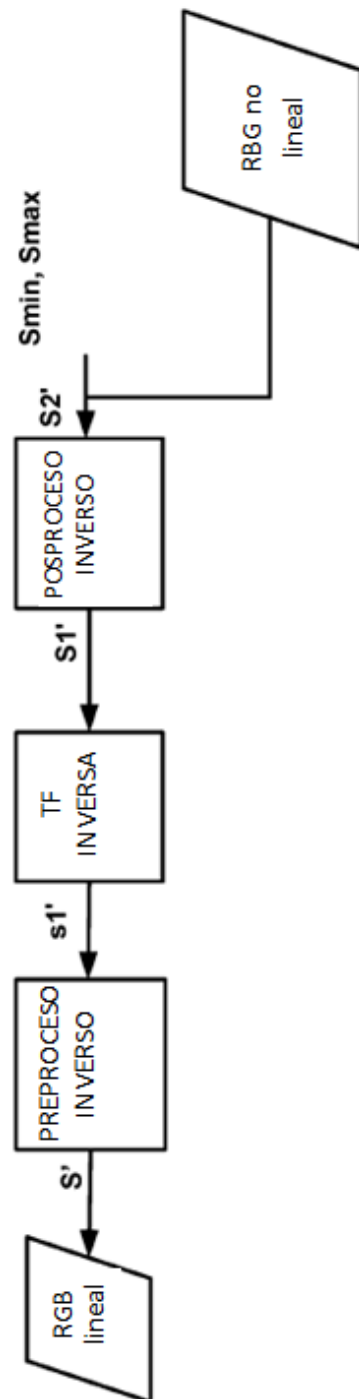


FIG. 23

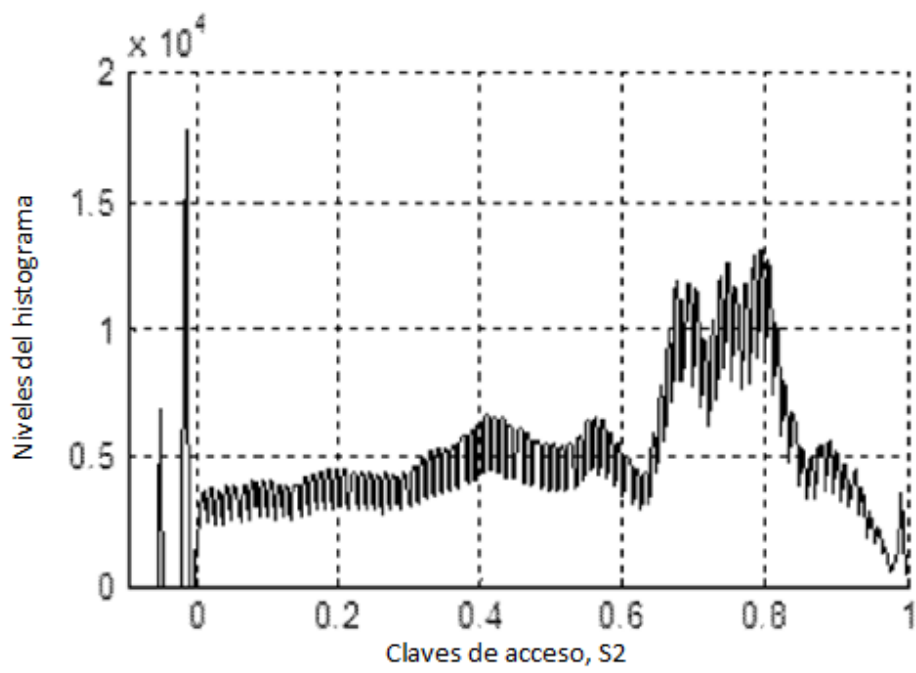


FIG. 24

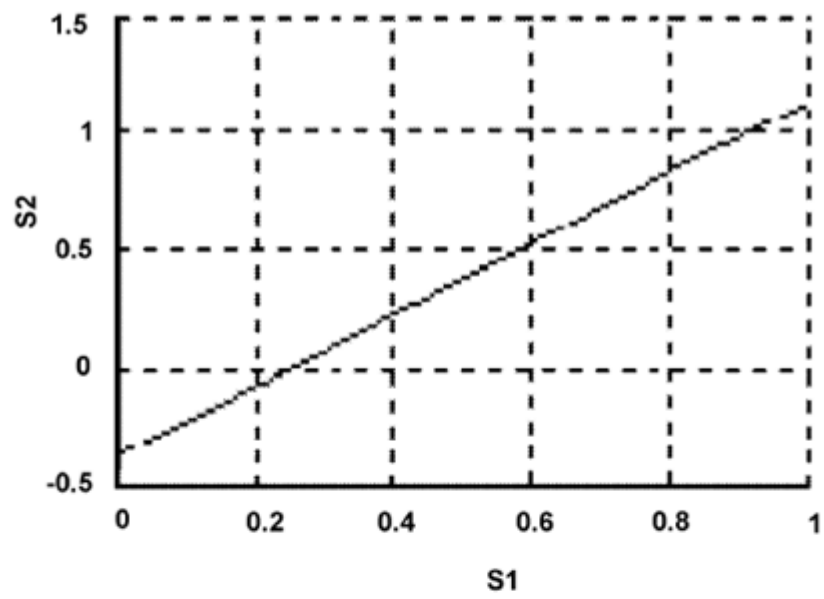


FIG. 25A

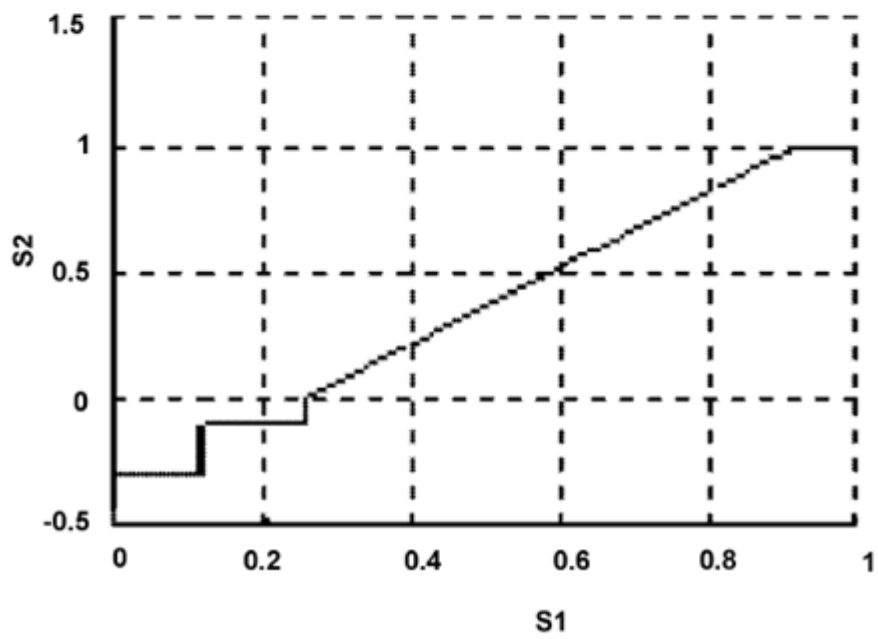


FIG. 25B

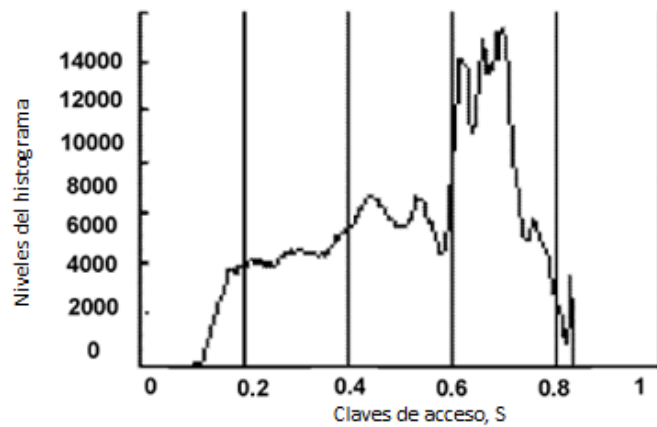


FIG. 26A

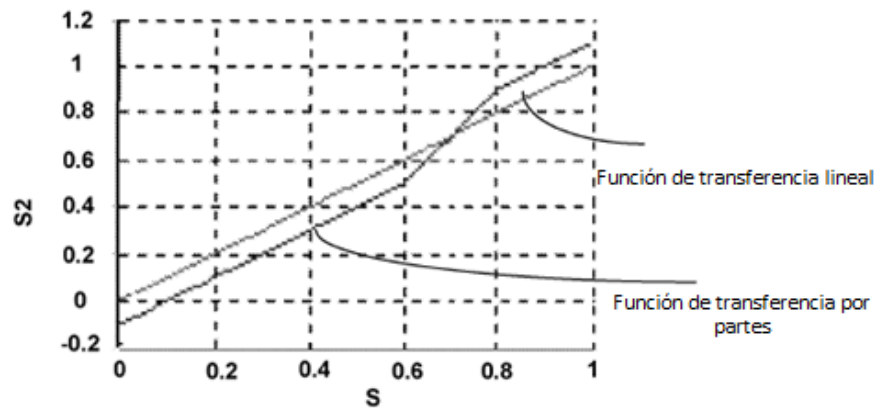


FIG. 26B

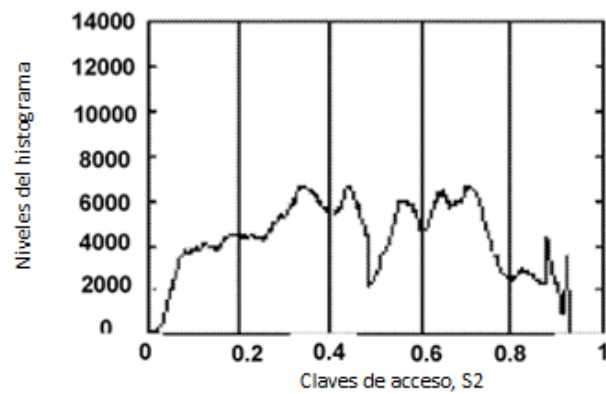


FIG. 26C

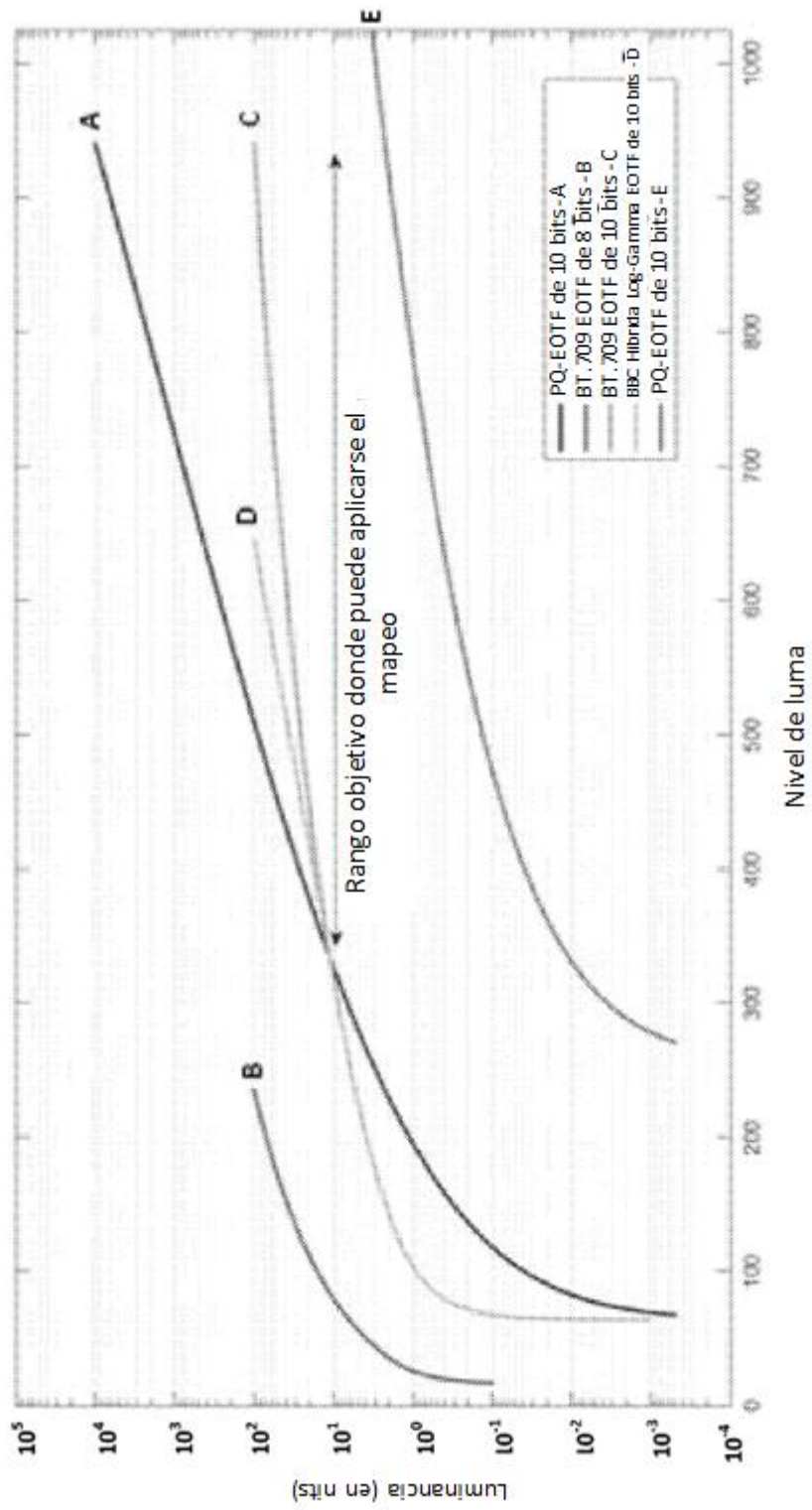


FIG. 27

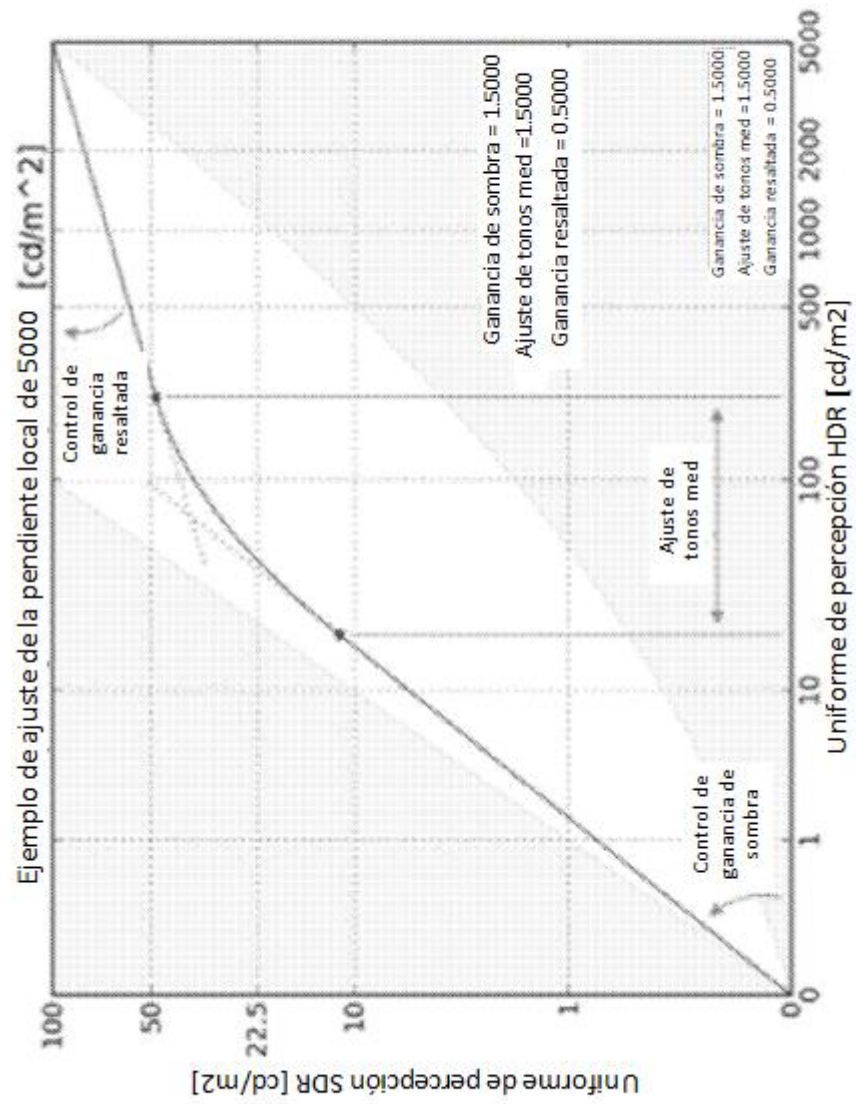


FIG. 28

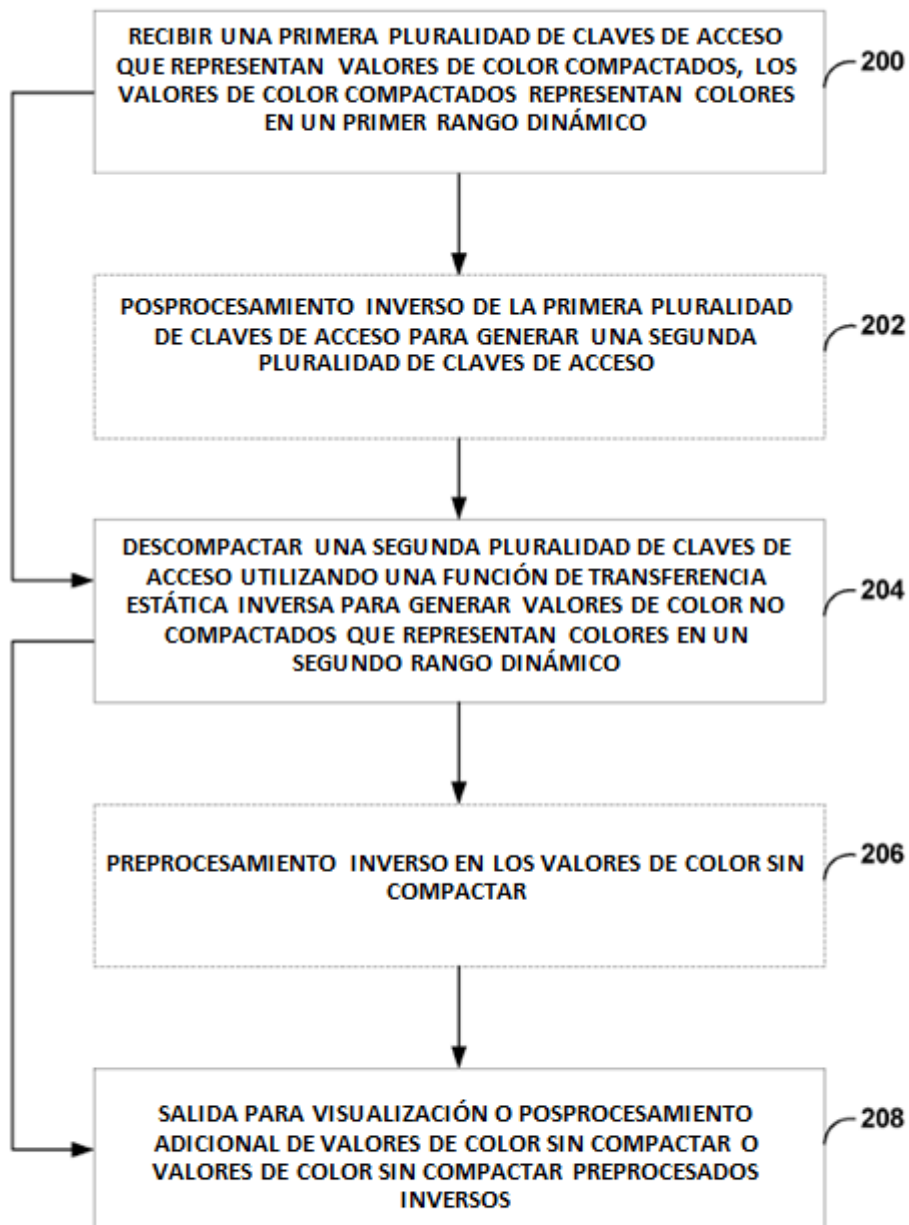


FIG. 29

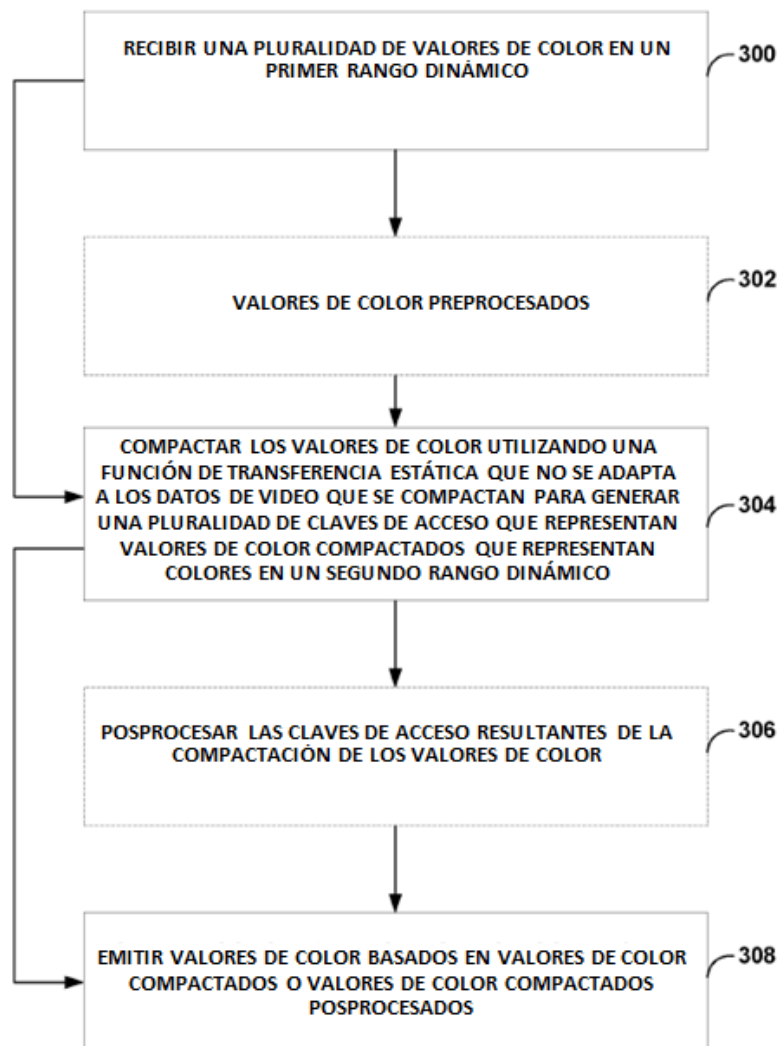


FIG. 30