

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 995 169**

51 Int. Cl.:

**G09G 5/00** (2006.01)

**G06F 3/14** (2006.01)

**G09G 5/10** (2006.01)

**H04N 19/40** (2014.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.12.2012 E 22199319 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.08.2024 EP 4137929**

54 Título: **Método para mejorar el intercambio de datos de imagen basado en no linealidad de luminancia perceptual a través de diferentes capacidades de visualización**

30 Prioridad:

**06.12.2011 US 201161567579 P**

**23.07.2012 US 201261674503 P**

**20.09.2012 US 201261703449 P**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**07.02.2025**

73 Titular/es:

**DOLBY LABORATORIES LICENSING  
CORPORATION (100.00%)  
1275 Market Street  
San Francisco, CA 94103, US**

72 Inventor/es:

**MILLER, JON SCOTT;  
DALY, SCOTT;  
NEZAMABADI, MAHDI y  
ATKINS, ROBIN**

74 Agente/Representante:

**LINAGE GONZÁLEZ, Rafael**

ES 2 995 169 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Método para mejorar el intercambio de datos de imagen basado en no linealidad de luminancia perceptual a través de diferentes capacidades de visualización

5

**Referencia cruzada con solicitudes relacionadas**

Esta solicitud reivindica prioridad de la solicitud de patente provisional de EE.UU. n.º 61/567579, presentada el 6 de diciembre de 2011; de la solicitud de patente provisional de EE.UU. n.º 61/674503, presentada el 23 de julio de 2012 y de la solicitud de patente provisional de EE.UU. n.º 61/703449, presentada el 20 de septiembre de 2012.

10

Esta solicitud es una solicitud divisional europea de la solicitud de patente europea EP 20203810.5 (referencia: D11082EP05), para la que se presentó el formulario 1001 de la OEP el 26 de octubre de 2020.

15

**Tecnología de la invención**

La presente invención se refiere, en general, a los datos de imagen. Más en particular, una realización de la presente invención se refiere a un intercambio de datos de imagen basado en no linealidad perceptual a través de diferentes capacidades de visualización.

20

**Antecedentes de la invención**

Los avances tecnológicos permiten que diseños modernos de dispositivos de visualización reproduzcan contenido de imagen y vídeo con mejoras significativas en diversas características de calidad sobre el mismo contenido cuando se reproducen en dispositivos de visualización menos modernos. Por ejemplo, algunos dispositivos de visualización más modernos pueden reproducir contenido con un rango dinámico (DR) superior al rango dinámico estándar (SDR) de dispositivos de visualización convencionales o estándar.

25

Por ejemplo, algunas pantallas de cristal líquido (LCD) modernas tienen una unidad de luz (una unidad de luz posterior, una unidad de luz lateral, etc.) que proporciona un campo de luz en el que partes individuales pueden modularse por separado a partir de la modulación de los estados de alineación de cristal líquido de los elementos LCD activos. Este enfoque de modulación dual puede ampliarse (por ejemplo, a N capas de modulación, en donde N comprende un número entero mayor que dos), por medio de, por ejemplo, capas intermedias controlables (por ejemplo, múltiples capas LCD que pueden controlarse de manera individual) en una configuración electro-óptica de un dispositivo de visualización.

30

35

Por el contrario, algunos dispositivos de visualización existentes tienen un rango dinámico (DR) bastante más estrecho que el alto rango dinámico (HDR). Los dispositivos móviles, las tabletas, los dispositivos de juegos, los televisores (TV) y las pantallas de ordenador que usan un tubo de rayos catódicos (CRT), una pantalla de cristal líquido (LCD) con iluminación posterior blanca de fluorescencia constante o tecnología de pantalla de plasma pueden tener una capacidad de reproducción DR limitada aproximadamente a tres órdenes de magnitud. Tales dispositivos de visualización existentes tipifican así un rango dinámico estándar (SDR), denominado en ocasiones "bajo rango dinámico" o "LDR" en relación con el HDR.

40

45

Las imágenes capturadas por cámaras HDR pueden tener un HDR específico de escena que es considerablemente mayor que los rangos dinámicos de la gran mayoría, si no de todos, los dispositivos de visualización. Las imágenes de HDR específico de escena pueden comprender grandes cantidades de datos y pueden convertirse en formatos de posproducción (por ejemplo, señales de vídeo HDMI con RGB de 8 bits, YCbCr u opciones de color intenso; señales de vídeo SDI de 1,5 Gbps con una frecuencia de muestreo 4:2:2 de 10 bits; SDI de 3 Gbps con una frecuencia de muestreo 4:4:4 de 12 bits o una frecuencia de muestreo 4:2:2 de 10 bits; y otros formatos de vídeo o imagen) para facilitar la transmisión y el almacenamiento. Las imágenes de posproducción pueden comprender un rango dinámico mucho más pequeño que el de las imágenes de HDR específico de escena. Además, puesto que las imágenes se suministran a dispositivos de visualización de los usuarios finales para su reproducción, en el camino se producen transformaciones de imagen específicas de dispositivo y/o específicas de fabricante, generando una gran cantidad de errores visualmente perceptibles en las imágenes reproducidas en comparación con las imágenes originales de HDR específico de escena.

50

55

El documento WO2007/014681 A1 describe un método para calibrar un sistema de visualización tal que el sistema de visualización es conforme a un estándar reforzado para un rango más amplio de parámetros, por ejemplo, ángulos de visión, que en comparación a los métodos de calibración tradicionales. Esto se obtiene calculando un conjunto optimizado de parámetros de calibración para que la visualización sea conforme al estándar reforzado para el rango de parámetros seleccionados.

60

El documento EP1391865 A1 describe un dispositivo y un método para procesar datos de imagen de vídeo para exponer en un dispositivo de visualización que tiene una pluralidad de elementos luminosos correspondientes a

65

píxeles de una imagen de vídeo, en donde el brillo de cada píxel es controlado por palabras de código de subcampo correspondientes a un número de impulsos para encender y apagar los elementos luminosos, mezclando colores de dichos datos de imagen de vídeo y codificando por subcampo los datos de imagen de vídeo mezclados por colores para la exposición. Los valores de brillo de los datos de imagen de vídeo son mapeados a niveles de brillo teniendo en cuenta la sensibilidad humana al contraste y se basan en la ley Weber-Fechner.

Los enfoques descritos en esta sección son enfoques que podrían llevarse a cabo, pero no son necesariamente enfoques que se hayan concebido o llevado a cabo anteriormente. Por lo tanto, a no ser que se indique lo contrario, no debe considerarse que los enfoques descritos en este apartado pertenecen a la técnica anterior simplemente por aparecer en esta sección. Asimismo, no debe considerarse que las cuestiones identificadas con respecto a uno o más enfoques pertenecen a la técnica anterior por aparecer en este apartado, a no ser que se indique lo contrario.

## **Compendio de la invención**

La invención está definida por las reivindicaciones independientes. Realizaciones específicas están definidas por las reivindicaciones dependientes.

## **Breve descripción de los dibujos**

La presente invención se ilustra a modo de ejemplo, y no de manera limitativa, en las figuras de los dibujos que se acompañan y en los que números de referencia similares se refieren a elementos similares, y en los que:

la figura 1 ilustra una familia de ejemplo de curvas de función de sensibilidad al contraste que abarcan una pluralidad de niveles de adaptación de luz, según una realización de ejemplo de la presente invención;

la figura 2 ilustra una trayectoria de integración de ejemplo, según una realización de ejemplo de la presente invención;

la figura 3 ilustra una función de visualización de escala de grises de ejemplo, según una realización de ejemplo de la presente invención;

la figura 4 ilustra una curva que representa fracciones de Weber, según una realización de ejemplo de la presente invención;

la figura 5 ilustra una infraestructura de ejemplo de datos de imagen de intercambio con dispositivos de GSDF diferentes, según una realización de ejemplo de la presente invención;

la figura 6 ilustra una unidad de conversión de ejemplo, según una realización de ejemplo de la presente invención;

la figura 7 ilustra un dispositivo de visualización SDR de ejemplo según una realización de ejemplo de la presente invención;

las figuras 8A y 8B ilustran flujos de proceso de ejemplo, según una realización de ejemplo de la presente invención;

la figura 9 ilustra una plataforma de hardware de ejemplo en la que puede implementarse un ordenador o un dispositivo informático como los descritos en el presente documento, según una realización de ejemplo de la presente invención;

la figura 10A ilustra valores máximos para errores de código en unidades de JND en una pluralidad de espacios de código, cada uno con una longitud diferente de una o más longitudes de bit diferentes, según algunas realizaciones de ejemplo;

las figuras 10B a 10E ilustran distribuciones de errores de código, según algunas realizaciones de ejemplo; y

la figura 11 ilustra valores de parámetros en un modelo funcional, según una realización de ejemplo.

## **Descripción de realizaciones de ejemplo**

En el presente documento se describen realizaciones de ejemplo que se refieren a intercambio de datos de imagen basado en no linealidad de luminancia perceptual entre dispositivos de visualización de diferentes capacidades. En la siguiente descripción se presentan, con fines explicativos, numerosos detalles específicos con el fin de proporcionar un entendimiento minucioso de la presente invención. Sin embargo, resultará evidente

que la presente invención puede llevarse a la práctica sin estos detalles específicos. En otros casos no se describen en gran detalle estructuras y dispositivos ampliamente conocidos para evitar enturbiar, oscurecer u ofuscar innecesariamente la presente invención.

5 En el presente documento se describen realizaciones de ejemplo de acuerdo con el siguiente esquema:

1. Visión global general

2. Modelo de función de sensibilidad al contraste (csf)

10

3. No linealidad perceptual

4. Valores de código digital y niveles de gris

15

5. Parámetros de modelo

6. Frecuencias espaciales variables

7. Modelos funcionales

20

8. Datos de imagen de intercambio basados en una gsdf de referencia

9. Conversión de datos de imagen codificados de referencia

25

10. Flujos de proceso de ejemplo

11. Mecanismos de implementación - visión global del hardware

30

1. Visión global general

La siguiente visión global ofrece una descripción básica de algunos aspectos de una realización de la presente invención. Debe observarse que esta visión global no es un compendio extenso o exhaustivo de aspectos de la realización. Además, debe observarse que esta visión global no pretende identificar ningún aspecto o elemento particularmente significativos de la realización, ni delimitar el alcance de la realización en particular ni de la invención en general. Esta visión global simplemente presenta algunos conceptos relacionados con la realización de ejemplo en un formato condensado y simplificado, y debe considerarse simplemente como un preludio conceptual de la descripción más detalla de realizaciones de ejemplo ofrecida a continuación.

35

La visión humana puede no percibir una diferencia entre dos niveles de luminancia si los dos valores de luminancia no son lo bastante diferentes entre sí. En cambio, la visión humana solo percibe una diferencia si el valor de luminancia difiere en un valor no menor a una diferencia apenas perceptible (JND). Debido a la no linealidad perceptual de la visión humana, las cantidades de JND individuales no están dimensionadas o escaladas de manera uniforme en un rango de niveles de luz, sino que varían con diferentes niveles de luz individuales. Además, debido a la no linealidad perceptual, las cantidades de JND individuales no están dimensionadas o escaladas de manera uniforme en un rango de frecuencias espaciales en un nivel de luz particular, sino que varían con diferentes frecuencias espaciales por debajo de una frecuencia espacial de corte.

40

45

Los datos de imagen codificados con etapas de cuantización de luminancia del mismo tamaño o de tamaños escalados linealmente no coinciden con la no linealidad perceptual de la visión humana. Los datos de imagen codificados con etapas de cuantización de luminancia a una frecuencia espacial fija tampoco coinciden con la no linealidad perceptual de la visión humana. Con estas técnicas, cuando se asignan palabras de código para representar valores de luminancia cuantizados, demasiadas palabras de código pueden distribuirse en una región particular (por ejemplo, la región de brillo) del rango de niveles de luz, mientras que demasiado pocas palabras de código pueden distribuirse en una región diferente (por ejemplo, la región oscura) del rango de niveles de luz.

50

55

En la región sobrepoblada, una multitud de palabras de código puede no producir diferencias perceptuales y, por lo tanto, se desperdician a todos los efectos. En la región despoblada, dos palabras de código adyacentes pueden producir una diferencia perceptual mucho mayor que una JND y, posiblemente, producen artefactos visuales de distorsión de contorno (lo que también se conoce como efecto de banda).

60

Con las técnicas descritas en el presente documento, puede usarse un modelo de función de sensibilidad al contraste (CSF) para determinar JND en un amplio rango de niveles de luz (por ejemplo, de 0 a 12000 cd/m<sup>2</sup>). En una realización de ejemplo, se selecciona la JND máxima como función de la frecuencia espacial en un nivel de luz particular para que represente un cuanto de la percepción humana en el nivel de luz particular. La selección de JND máximas se ajusta a los comportamientos de la visión humana, que se adapta a un nivel aumentado de

65

percepción visual cuando se está observando un fondo con valores de luminancia cercanos pero diferentes, lo que en ocasiones se denomina en el campo de la visualización de vídeo e imágenes como efecto de acentuación de contornos y/o efecto Whittle de acentuación de contornos, y que se describirá como tal en el presente documento. Tal y como se usa en el presente documento, el término "nivel de adaptación de luz" puede usarse para hacer referencia a un nivel de luz en el que se selecciona/determina una JND (por ejemplo, máxima), suponiendo que la visión humana está adaptada al nivel de luz. Las JND máximas descritas en el presente documento varían en lo que respecta a la frecuencia espacial en diferentes niveles de adaptación de luz.

Tal y como se usa en el presente documento, el término "frecuencia espacial" puede referirse a una tasa de modulación/variación espacial en imágenes (en donde la tasa se calcula en relación con la distancia espacial, a diferencia de una tasa de cálculo relacionada con el tiempo). A diferencia de los enfoques convencionales que pueden fijar la frecuencia espacial a un valor específico, la frecuencia espacial descrita en el presente documento puede variar, por ejemplo, en un rango. En algunas realizaciones, las JND máximas pueden estar limitadas dentro de un rango de frecuencias espaciales particular (por ejemplo, de 0,1 a 5,0, de 0,01 a 8,0 ciclos/grados, o un rango más pequeño o más grande).

Puede generarse una función de visualización de escala de grises (GSDF) de referencia basándose en el modelo de CSF. En algunas realizaciones para el modelo de CSF se supone un campo de visión muy amplio para generar una GSDF de referencia que dé un mejor soporte al campo de los dispositivos de visualización de entretenimiento. La GSDF se refiere a un conjunto de valores de código digital de referencia (o palabras de código de referencia), un conjunto de niveles de gris de referencia (o valores de luminancia de referencia) y un mapeo entre los dos conjuntos. En una realización de ejemplo, cada valor de código digital de referencia corresponde a un cuanto de la percepción humana, representado por una JND (por ejemplo, una JND máxima en un nivel de adaptación de luz). En una realización de ejemplo, un número idéntico de valores de código digital de referencia puede corresponder a un cuanto de la percepción humana.

La GSDF puede obtenerse acumulando JND a partir de un valor inicial. En una realización de ejemplo, se proporciona un valor de palabra de código central (por ejemplo, 2048 para un espacio de código de 12 bits) como valor inicial para un código digital de referencia. El valor inicial del código digital de referencia puede corresponder a un nivel de gris de referencia inicial (por ejemplo, 100 cd/m<sup>2</sup>). Otros niveles de gris de referencia para otros valores del código digital de referencia pueden obtenerse acumulando de manera positiva (sumando) JND a medida que el código digital de referencia aumenta de uno en uno, y acumulando de manera negativa (restando) JND a medida que el código digital de referencia se reduce de uno en uno. En una realización de ejemplo, pueden usarse cantidades tales como umbrales de contraste para calcular valores de referencia en la GSDF, en lugar de las JND. Estas cantidades usadas realmente en el cálculo de una GSDF pueden definirse como relaciones sin unidades y pueden diferir de las JND correspondientes en solamente multiplicadores, factores de división y/o desviaciones conocidos o determinables.

Puede seleccionarse un espacio de código para que incluya todos los valores de código digital de referencia de la GSDF. En algunas realizaciones, el espacio de código en el que residen todos los valores de código digital de referencia puede ser un espacio de código de 10 bits, un espacio de código de 11 bits, un espacio de código de 12 bits, un espacio de código de 13 bits, un espacio de código de 14 bits, un espacio de código de 15 bits o un espacio de código más grande o más pequeño.

Aunque puede usarse un espacio de código grande (>15 bits) para alojar todos los valores de código digital de referencia, en una realización particular, se usa el espacio de código más eficiente (por ejemplo, 10 bits, 12 bits, etc.) para alojar todos los valores de código digital de referencia generados en una GSDF de referencia.

La GSDF de referencia puede usarse para codificar datos de imagen, por ejemplo, capturados o generados por cámaras HDR, sistemas de estudio u otros sistemas con un HDR específico de escena que es considerablemente mayor que los rangos dinámicos de la mayor parte, si no todos, de los dispositivos de visualización. Los datos de imagen codificados pueden proporcionarse a dispositivos aguas abajo en una gran variedad de métodos de distribución o de transmisión (por ejemplo, señales de vídeo HDMI con RGB de 8 bits, YCbCr u opciones de color intenso; señales de vídeo SDI de 1,5 Gbps con una frecuencia de muestreo 4:2:2 de 10 bits; SDI de 3 Gbps con una frecuencia de muestro 4:4:4 de 12 bits o una frecuencia de muestro 4:2:2 de 10 bits; y otros formatos de vídeo o imagen).

En algunas realizaciones, puesto que los valores de código digital de referencia adyacentes de la GSDF de referencia corresponden a niveles de gris que están dentro de una JND, los detalles que la visión humana puede distinguir pueden conservarse total o sustancialmente en los datos de imagen codificados según la GSDF de referencia. Un dispositivo de visualización que soporta totalmente la GSDF de referencia puede reproducir, posiblemente, imágenes sin efecto de banda o sin artefactos de distorsión del contorno.

Los datos de imagen codificados basados en la GSDF de referencia (o datos de imagen codificados de referencia) pueden usarse para soportar una gran variedad de dispositivos de visualización de menor capacidad que no pueden soportar totalmente todos los valores de luminancia de referencia de la GSDF de referencia.

Puesto que los datos de imagen codificados de referencia comprenden todos los detalles perceptuales en el rango de luminancia soportado (que puede estar diseñado como un superconjunto de qué dispositivos de visualización soporta), los valores de código digital de referencia pueden transcodificarse de manera óptima y eficaz en valores de código digital específicos de dispositivo de visualización de una manera que conserve tantos detalles como pueda soportar un dispositivo de visualización específico y para provocar los menos errores posibles visualmente apreciables como sea posible. Además y/u opcionalmente, puede llevarse a cabo una difuminación de contornos (decontouring) y una mezcla de colores (dithering) conjuntamente o como parte de la transcodificación desde valores de código digital de referencia a valores de código digital específicos de dispositivo de visualización para mejorar adicionalmente la calidad de las imágenes o del vídeo.

Las técnicas descritas en el presente documento no dependen del espacio de colores. Pueden usarse en un espacio de colores RGB, un espacio de colores YCbCr o un espacio de colores diferente. Además, las técnicas que obtienen valores de referencia (por ejemplo, valores de código digital de referencia y niveles de gris de referencia) usando JND que varían con la frecuencia espacial pueden aplicarse a un canal diferente (por ejemplo, un canal de rojos, un canal de verdes o un canal de azules) distinto a un canal de luminancia en un espacio de colores diferente (por ejemplo, RGB) que puede comprender, o no, un canal de luminancia. Por ejemplo, pueden obtenerse valores de azul de referencia en lugar de niveles de gris de referencia usando JND que pueden aplicarse al canal de color azul. De esta manera, en algunas realizaciones, el color puede sustituir a la escala de grises. Además y/u opcionalmente, también pueden usarse diferentes modelos CSF en lugar del modelo de Barten. Por tanto, pueden usarse diferentes parámetros de modelo para el mismo modelo de CSF.

En algunas realizaciones, los mecanismos descritos en el presente documento forman parte de un sistema de procesamiento multimedia que incluye, pero sin limitarse a estos: dispositivos manuales, máquinas de juegos, televisores, ordenadores portátiles, ordenadores de tamaño agenda, radioteléfonos celulares, lectores de libros electrónicos, terminales de punto de venta, ordenadores de escritorio, estaciones de trabajo informáticas, quioscos informáticos u otros diversos tipos de terminales y unidades de procesamiento multimedia.

Diversas modificaciones de las realizaciones preferidas y de los principios y características genéricos descritos en el presente documento resultarán fácilmente evidentes a los expertos en la técnica. De esta manera, la divulgación no pretende limitarse a las realizaciones mostradas, sino que se le concede el alcance más amplio compatible con los principios y características descritos en el presente documento.

## 2. Modelo de función de sensibilidad al contraste (csf)

La sensibilidad visual humana para estructuras espaciales en imágenes reproducidas puede describirse mejor con funciones de sensibilidad al contraste (CSF), que describen la sensibilidad al contraste como función de la frecuencia espacial (o la tasa de modulación/variación espacial en imágenes percibidas por un observador humano). Tal y como se usa en el presente documento, la sensibilidad al contraste,  $S$ , puede considerarse como una ganancia en el procesamiento de señales neurales de visión humana, mientras que los umbrales de contraste,  $C_T$ , pueden determinarse a partir de la inversa de la sensibilidad al contraste, por ejemplo:

$$\text{Contraste} - \text{Sensibilidad} = S = 1/C_T \quad \text{expresión (1)}$$

Tal y como se usa en el presente documento, el término "umbral de contraste" puede referirse o estar relacionado con el valor más bajo (por ejemplo, una diferencia apenas perceptible) de contraste (relativo) necesario para que los ojos humanos perciban una diferencia de contraste; en algunas realizaciones, los umbrales de contraste también pueden describirse en función de la diferencia apenas perceptible dividida por el nivel de adaptación de luz en un rango de valores de luminancia.

En algunas realizaciones, los umbrales de contraste pueden medirse directamente a través de experimentos, sin usar ningún modelo de CSF. Sin embargo, en otras realizaciones, los umbrales de contraste pueden determinarse basándose en un modelo de CSF. Se puede construir un modelo de CSF con una pluralidad de parámetros de modelo y puede usarse para obtener una GSDF cuyas etapas de cuantización en niveles de gris dependen de los niveles de luz, y varían con estos, caracterizados por valores de luminancia y la frecuencia espacial. Puede implementarse una realización de ejemplo basada en uno o más de varios modelos CSF, tales como los descritos en el documento de Peter G. J. Barten, "Contrast Sensitivity of the Human Eye and its Effects on Image Quality" (1999) (en lo sucesivo, modelo de Barten o modelo de CSF de Barten), o en el documento de Scott Daly, "Digital Images and Human Vision", capítulo 17, editado por A. B. Watson, MIT Press (1993) (en lo sucesivo, modelo de Daly). En relación con las realizaciones de ejemplo de la presente invención, los umbrales de contraste usados para generar una función de visualización de escala de grises (GSDF) de referencia pueden obtenerse mediante experimentos, de manera teórica, con un modelo de CSF o mediante una combinación de los mismos.

Como se usa en el presente documento, una GSDF puede referirse a un mapeo de una pluralidad de valores de código digital (por ejemplo, 1, 2, 3, ..., N) a una pluralidad de niveles de gris ( $L_1, L_2, L_3, \dots, L_N$ ), donde los valores de código digital representan valores de índice de umbrales de contraste y los niveles de gris corresponden a los

umbrales de contraste, como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1

Valor de código digital	Nivel de gris (valor de luminancia)
1	$L_1$
2	$L_2$
3	$L_3$
...	...
$i-1$	$L_{i-1}$
$i$	$L_i$
$i+1$	$L_{i+1}$
...	...
$N$	$L_N$

5

En una realización, un nivel de gris (por ejemplo,  $L_i$ ) correspondiente a un valor de código digital (por ejemplo,  $i$ ) y un nivel de gris adyacente (por ejemplo,  $L_{i+1}$ ) pueden calcularse en relación con un contraste (por ejemplo,  $C(i)$ ) de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} C(i) &= (L_{i+1} - L_i) / (L_{i+1} + L_i) \\ &= (L_{i+1} - L_{\text{mean}}(i, i+1)) / L_{\text{mean}}(i, i+1) \end{aligned}$$

10

$$\approx \frac{1}{2} \Delta L / L$$

expresión (2)

en donde  $C(i)$  representa un contraste para un rango de luminancia comprendido entre  $L_i$  y  $L_{i+1}$ .  $L_{\text{mean}}(i, i+1)$  comprende un promedio o media aritmética de los dos niveles de gris adyacentes  $L_i$  y  $L_{i+1}$ . El contraste  $C(i)$  está relacionado aritméticamente con una fracción de Weber  $\Delta L / L$  en un factor de dos. Aquí,  $\Delta L$  representa ( $L_{i+1} - L_i$ ) y  $L$  representa  $L_i$ ,  $L_{i+1}$  o un valor intermedio entre  $L_i$  y  $L_{i+1}$ .

15

En algunas realizaciones, un generador de GSDF puede fijar el contraste  $C(i)$  a un valor igual, o si no proporcional, a un umbral de contraste (por ejemplo,  $C_T(i)$ ) en un nivel de luminancia  $L$  entre  $L_i$  y  $L_{i+1}$ , inclusive, de la siguiente manera:

20

$$C(i) = k C_T(i)$$

expresión (3)

en donde  $k$  representa una constante multiplicativa. En relación con las realizaciones de la presente invención, pueden usarse otras estadísticas/definiciones descriptivas (por ejemplo, la media geométrica, la mediana, el modo, la varianza o la desviación típica) y/o escalamiento ( $\times 2$ ,  $\times 3$ , división o multiplicación por un factor de escalamiento, etc.) y/o desviación (+1, +2, -1, -2, suma o resta de desviaciones, etc.) y/o ponderación (por ejemplo, asignar los dos niveles de gris adyacentes con los mismos o diferentes factores de ponderación) para relacionar los umbrales de contraste con los contrastes con el fin de calcular niveles de grises en una GSDF.

25

Como se ha calculado en las expresiones (1), (2) y (3), los contrastes o los umbrales de contraste pueden comprender un valor relativo y pueden así comprender una cantidad sin unidades (por ejemplo,  $S$  también puede carecer de unidades).

30

Un modelo de CSF puede construirse a partir de mediciones de umbrales de contraste básicos o de cálculos basados en una CSF que representa el modelo de CSF. Desafortunadamente, la visión humana es compleja, adaptativa y no lineal, de modo que no hay una curva CSF única que describa la visión humana. En cambio, puede generarse una familia de curvas CSF sobre la base de un modelo de CSF. Incluso con el mismo modelo de CSF, diferentes valores de parámetros de modelo producen gráficos diferentes para la familia de curvas CSF.

35

### 40 3. No linealidad perceptual

La figura 1 ilustra una familia de ejemplo de curvas CSF que abarcan una pluralidad de niveles de adaptación de luz. Solo con fines ilustrativos, la curva CSF más alta representada en la figura 1 es para un nivel de adaptación de luz en un valor de luminancia de 1000 candelas por metro cuadrado ( $\text{cd/m}^2$  o 'nits'), y las otras curvas de altura decreciente son para niveles de adaptación de luz en valores de luminancia decrecientes con factores sucesivos de 10 reducciones. Características importantes que pueden obtenerse de las curvas de CSF son que

45

con una luminancia creciente (niveles de adaptación de luz crecientes), aumenta la sensibilidad global al contraste, incluyendo la sensibilidad al contraste máxima (o pico). La frecuencia espacial máxima a la que llega la sensibilidad al contraste en las curvas de CSF de la figura 1 pasa a frecuencias espaciales más altas. Similarmente, la máxima frecuencia espacial perceptible (frecuencia de corte) en las curvas CSF, que es la intersección de las curvas CSF con el eje horizontal (frecuencia espacial), también aumenta.

En una realización de ejemplo, una función CSF que da lugar a una familia de curvas CSF como la ilustrada en la figura 1 puede obtenerse con el modelo de CSF de Barten, que tiene en cuenta una pluralidad de efectos clave relacionados con la percepción humana. Una CSF de ejemplo,  $S(u)$ , (o la inversa del umbral de contraste correspondiente,  $m_t$ ) según el modelo de CSF de Barten puede calcularse como se muestra en la siguiente expresión (4).

$$S(u) = \frac{1}{m_t} = \frac{M_{opt}(u)/k}{\sqrt{T \left( \frac{1}{X_0^2} + \frac{1}{X_{max}^2} + \frac{u^2}{N_{max}^2} \right) \left( \frac{1}{\eta p E} + \frac{\Phi_0}{1 - e^{-(u/u_0)^2}} \right)}} \quad \text{expresión (4)}$$

Los parámetros de modelo de ejemplo usados en la anterior expresión (4) comprenden las representaciones enumeradas a continuación:

- 2 (el factor numérico) corresponde a una visión binocular (4 si es monocular);
- k representa una relación de señal a ruido, por ejemplo 3,0;
- T representa el tiempo de integración del ojo, por ejemplo 0,1 segundos;
- $X_0$  representa el tamaño angular del objeto (por ejemplo, con una forma cuadrada);
- $X_{max}$  representa el tamaño angular máximo del área de integración del ojo (por ejemplo, 12 grados);
- $N_{max}$  representa el número máximo de ciclos que se acumulan mediante la suma de probabilidades, por ejemplo 15 ciclos;
- $\eta$  representa la eficacia cuántica del ojo, por ejemplo 0,03;
- p representa el factor de conversión de fotón;
- E representa la iluminación retiniana, por ejemplo en unidades de Troland;
- $\Phi_0$  representa la densidad espectral del ruido neural, por ejemplo,  $3 \times 10^{-8}$  segundo \* grados<sup>2</sup>; y
- $u_0$  representa la frecuencia espacial máxima para una inhibición lateral, por ejemplo 7 ciclos/grados.

La función de transferencia de modulación óptica,  $M_{opt}$ , puede venir dada como viene a continuación:

$$M_{opt} = e^{-2\pi^2 \sigma^2 u^2} \quad \text{expresión (5)}$$

donde  $\sigma$  representa un parámetro de modelo relacionado con la pupila y/o el nivel de luz.

El modelo de CSF de Barten descrito anteriormente puede usarse para describir una no linealidad perceptual con respecto a la luminancia. También pueden usarse otros modelos CSF para describir una no linealidad perceptual. Por ejemplo, el modelo de CSF de Barten no tiene en cuenta el efecto de acomodación, que provoca una disminución de la frecuencia espacial de corte en la región de alta frecuencia espacial de la CSF. Este efecto de reducción debido a la acomodación puede expresarse en función de una menor distancia de visionado.

Por ejemplo, para distancias de visionado superiores a 1,5 metros puede conseguirse la máxima frecuencia espacial de corte representada por el modelo de CSF de Barten, sin afectar a la eficacia del modelo de Barten como modelo apropiado para describir la no linealidad perceptual. Sin embargo, para distancias inferiores a 1,5 metros, el efecto de acomodación empieza a ser significativo, reduciendo la precisión del modelo de Barten.

De esta manera, en los dispositivos de visualización de tipo tableta, que tienen distancias más visionado más



pequeñas, por ejemplo de 0,5 metros, y en los teléfonos inteligentes, que pueden tener una distancia de visionado tan pequeña como 0,125 metros, el modelo de CSF de Barten puede no ajustarse de manera óptima.

En algunas realizaciones puede usarse el modelo de CSF de Daly, que tiene en cuenta el efecto de acomodación. En una realización particular, el modelo de CSF de Daly puede construirse, en parte, sobre la base de la CSF de Barten,  $S(u)$ , en la anterior expresión (4), por ejemplo modificando la función de transferencia de modulación óptica,  $M_{opt}$ , en la expresión (5).

#### 4. Valores de código digital y niveles de gris

Una GSDF como la ilustrada en la tabla 1 mapea la no linealidad perceptual usando los valores de código digital para representar niveles de gris vinculados a umbrales de contraste en la visión humana. Los niveles de gris que comprenden todos los valores de luminancia mapeados pueden distribuirse de tal manera que estén separados óptimamente para coincidir con la no linealidad perceptual de la visión humana.

En algunas realizaciones, cuando el número máximo de niveles de gris en una GSDF es suficientemente elevado con respecto al rango máximo de valores de luminancia, los valores de código digital de la GSDF pueden usarse para conseguir el número más bajo (por ejemplo, inferior a un total de 4096 valores de código digital) de niveles de gris sin provocar la visibilidad de la transición entre etapas de niveles de gris (por ejemplo, visible como un falso contorno o banda en una imagen; o un cambio de color en regiones oscuras de una imagen).

En otras realizaciones, puede seguir usándose un número limitado de valores de código digital para representar un amplio rango dinámico de niveles de gris. Por ejemplo, cuando el número máximo de niveles de escala de grises en una GSDF no es suficientemente grande con respecto al rango máximo de los niveles de escala de grises (por ejemplo, valores de código digital en una representación de 8 bits con el rango de niveles de escala de grises comprendido entre 0 y 12000 nits), la GSDF puede seguir usándose para conseguir el número más bajo (por ejemplo, inferior a un total de 256 valores de código digital) de niveles de gris para reducir o minimizar la visibilidad de la transición entre etapas de niveles de gris. Con esta GSDF, las cantidades/grados de errores/artefactos perceptibles de la transición entre etapas pueden distribuirse de manera uniforme a través de la jerarquía de un número relativamente bajo de niveles de gris en la GSDF. Tal y como se usa en el presente documento, los términos "nivel de escala de grises" y "nivel de gris" pueden usarse de manera intercambiable y pueden referirse a un valor de luminancia representado (un valor de luminancia cuantizado representado en una GSDF).

Los niveles de gris en una GSDF pueden obtenerse acumulando o integrando umbrales de contraste a través de niveles de adaptación de luz (en diferentes valores de luminancia). En algunas realizaciones, las etapas de cuantización entre niveles de gris pueden elegirse de manera que una etapa de cuantización entre dos niveles de gris adyacentes cualesquiera esté dentro de una JND. Un umbral de contraste en un nivel de adaptación de luz particular (o valor de luminancia) puede no ser mayor que la diferencia apenas perceptible (JND) en ese nivel de adaptación particular. Los niveles de gris pueden obtenerse integrando o acumulando fracciones de umbrales de contraste (o JND). En algunas realizaciones, el número de valores de código digital es más que suficiente como para representar todas las JND en el rango dinámico representado de luminancia.

Los umbrales de contraste o, por el contrario, las sensibilidades al contraste, que se usan para calcular los niveles de escala de grises pueden seleccionarse a partir de una curva CSF en una frecuencia espacial diferente de una frecuencia espacial fija para un nivel de adaptación de luz particular (o valor de luminancia). En algunas realizaciones, cada uno de los umbrales de contraste se selecciona a partir de una curva CSF en una frecuencia espacial que corresponde a una sensibilidad al contraste máxima (por ejemplo, debido al efecto de acentuación de contornos de Whittle) para un nivel de adaptación de luz. Además, los umbrales de contraste pueden seleccionarse a partir de curvas CSF en diferentes frecuencias espaciales para diferentes niveles de adaptación de luz.

Una expresión de ejemplo para calcular/acumular los niveles de gris en la GSDF es de la siguiente manera:

$$GSDF = \left( \sum_{L_{min}} JND \right)$$

$$JND = 1/S(f, L_A)$$

expresión (6)

donde  $f$  representa la frecuencia espacial, que puede ser diferente a un número fijado según las técnicas descritas en el presente documento; y  $L_A$  representa el nivel de adaptación de luz.  $L_{min}$  puede ser el valor de luminancia más bajo de todos los niveles de gris mapeados. Tal y como se usa en el presente documento, el término "Nit" o su abreviatura "nt" pueden estar relacionados o referirse, con el mismo significado o de manera intercambiable, a una unidad de intensidad de imagen, brillo, luminosidad y/o luminancia que es equivalente o igual a una (1) candela por metro cuadrado ( $1 \text{ Nit} = 1 \text{ nt} = 1 \text{ cd/m}^2$ ). En algunas realizaciones,  $L_{min}$  puede

comprender un valor de cero. En algunas otras realizaciones,  $L_{\min}$  puede comprender un valor distinto de cero (por ejemplo, un determinado nivel de negro intenso,  $10^{-5}$  nit,  $10^{-7}$  nit, etc., que puede ser inferior a lo que los dispositivos de visualización pueden conseguir normalmente). En algunas realizaciones,  $L_{\min}$  puede sustituirse por un valor distinto al valor inicial mínimo, tal como un valor intermedio o un valor máximo, que permite realizar cálculos acumulativos con restas o sumas negativas.

En algunas realizaciones, la acumulación de las JND para obtener niveles de gris en una GSDF se lleva a cabo mediante sumas, por ejemplo como se muestra en la expresión (6). En otras realizaciones, puede usarse una integral en lugar de una suma discreta. La integral puede integrarse a lo largo de una trayectoria de integración determinada a partir de una CSF (por ejemplo, la expresión (4)). Por ejemplo, la trayectoria de integración puede comprender sensibilidades al contraste máximas (por ejemplo, diferentes sensibilidades máximas correspondientes a diferentes frecuencias espaciales) para todos los niveles de adaptación de luz en un rango dinámico (de referencia) para la CSF.

Tal y como se usa en el presente documento, una trayectoria de integración puede referirse a una curva de un rango dinámico visible (VDR) usada para representar la no linealidad perceptual humana y para establecer un mapeo entre un conjunto de valores de código digital y un conjunto de niveles de gris de referencia (valores de luminancia cuantizados). El mapeo puede ser necesario para satisfacer el criterio de que cada etapa de cuantización (por ejemplo, la diferencia de luminancia de dos niveles de gris adyacentes en la tabla 1) sea inferior a las JND superiores o inferiores a un nivel de adaptación de luz correspondiente (valor de luminancia). La derivada instantánea (en unidades de nit/ciclo espacial) de la trayectoria de integración en un nivel de adaptación de luz particular (valor de luminancia) es proporcional a la JND en el nivel de adaptación particular. Tal y como se usa en el presente documento, el término "VDR" o "rango dinámico visual" puede hacer referencia a un rango dinámico más amplio que un rango dinámico estándar, y puede incluir, pero sin limitarse a, un rango dinámico amplio hasta el rango dinámico inmediatamente perceptible y la gama de colores que la visión humana puede percibir en un instante.

Sobre la base de las técnicas descritas en el presente documento, puede desarrollarse una GSDF de referencia que sea independiente de cualquier dispositivo de visualización o dispositivo de procesamiento de imágenes específico. En algunas realizaciones, uno o más parámetros de modelo diferentes al nivel de adaptación de luz (luminancia), la frecuencia espacial y el tamaño angular pueden fijarse a valores constantes (o fijos).

## 5. Parámetros de modelo

En algunas realizaciones, el modelo de CSF se construye con valores de parámetro de modelo conservativos que cubren un amplio rango de dispositivos de visualización. El uso de los valores de parámetro de modelo conservativos proporciona JND más pequeñas que las GSDF estándar existentes. Por consiguiente, en algunas realizaciones, la GSDF de referencia de las técnicas descritas en el presente documento pueden soportar valores de luminancia con una gran precisión que supera los requisitos de estos dispositivos de visualización.

En algunas realizaciones, los parámetros de modelo descritos en el presente documento incluyen un parámetro de campo de visión (FOV). El parámetro FOV puede fijarse a un valor de 45 grados, 40 grados, 35 grados, 30 grados, 25 grados u otro valor mayor o menor que soporte una gran variedad de dispositivos de visualización y de escenarios de visionado, incluyendo los usados en los estudios, salas de cine o sistemas de entretenimiento de alta gama.

Los parámetros de modelo descritos en el presente documento pueden incluir un parámetro de tamaño angular, que puede referirse, por ejemplo, a un campo de visión. El parámetro de tamaño angular puede fijarse a un valor de 45 grados x 45 grados, de 40 grados x 40 grados, de 35 grados x 35 grados, de 30 grados x 30 grados, de 25 grados x 25 grados, o a otro valor mayor o menor que soporte una gran variedad de dispositivos de visualización y de escenarios de visionado. En algunas realizaciones, el parámetro de tamaño angular usado en parte para obtener la GSDF de referencia se fija a  $n$  grados x  $m$  grados, donde  $n$  o  $m$  puede ser un valor numérico entre 30 y 40, y  $n$  y  $m$  pueden ser iguales o no.

En algunas realizaciones, se usa un tamaño angular mayor (por ejemplo, 40 grados x 40 grados) para generar una GSDF de referencia con un número mayor de niveles de escala de gris y así más sensibilidad al contraste. La GSDF puede usarse para soportar una gran variedad de escenarios de visionado y/o de visualización (por ejemplo, grandes pantallas de vídeo) que pueden necesitar un gran ángulo de visión entre 30 y 40 grados. La GSDF que presenta una mayor sensibilidad debido a la selección de un gran tamaño angular también puede usarse para soportar escenarios de visionado y/o de visualización altamente variables (por ejemplo, salas de cine). Es posible seleccionar tamaños angulares incluso mayores; sin embargo, aumentar el tamaño angular muy por encima de un determinado tamaño angular (por ejemplo, 40 grados) puede producir beneficios marginales relativamente limitados.

En algunas realizaciones, un modelo de GSDF de referencia abarca un gran rango de luminancia. Por ejemplo, los niveles de gris o valores de luminancia cuantizados, que se representan mediante el modelo de GSDF de

referencia oscilan entre 0, o aproximadamente 0 (por ejemplo,  $10^{-7}$  cd/m<sup>2</sup>), y 12000 cd/m<sup>2</sup>. El límite inferior de los valores de luminancia representados en el modelo de GSDF de referencia puede ser  $10^{-7}$  cd/m<sup>2</sup> o un valor inferior o superior (por ejemplo, 0,  $10^{-5}$ ,  $10^{-8}$ ,  $10^{-9}$  cd/m<sup>2</sup>, etc.). La GSDF puede usarse para soportar una gran variedad de escenarios de visionado y/o de visualización con diferentes niveles de luz ambiental. La GSDF puede usarse para soportar una gran variedad de dispositivos de visualización con diferentes niveles de negro (en salas de cine, en interiores o en exteriores).

El límite superior de los valores de luminancia representados en el modelo de GSDF de referencia puede ser de 12000 cd/m<sup>2</sup> o un valor inferior o superior (por ejemplo, 6000-8000, 8000-10000, 10000-12000, 12000-15000 cd/m<sup>2</sup>, etc.). La GSDF puede usarse para soportar una gran variedad de escenarios de visionado y/o de visualización con altos rangos dinámicos. La GSDF puede usarse para soportar una gran variedad de dispositivos de visualización con diferentes niveles máximos de luminancia (televisores HDR, pantallas SDR, ordenadores portátiles, tabletas, dispositivos manuales, etc.).

## 6. Frecuencias espaciales variables

La figura 2 ilustra una trayectoria de integración de ejemplo (denotada como VDR) que puede usarse como trayectoria de integración para obtener niveles de gris en una GSDF de referencia como la descrita en el presente documento, según una realización de ejemplo de la presente invención. En realizaciones, la curva VDR se usa para capturar de manera precisa la sensibilidad al contraste máxima de la visión humana en un alto rango dinámico de valores de luminancia.

Como se ilustra en la figura 2, las sensibilidades al contraste máximas no se producen en un valor de frecuencia espacial fijo, sino que se producen en frecuencias espaciales más pequeñas a medida que disminuyen los niveles de adaptación de luz (valores de luminancia). Esto significa que técnicas (por ejemplo, DICOM) con una frecuencia espacial fija pueden subestimar considerablemente las sensibilidades al contraste de la visión humana para los niveles de adaptación de luz oscura (valores de luminancia bajos). Sensibilidades al contraste más bajas dan lugar a umbrales de contraste más altos, dando como resultado mayores tamaños de etapas de cuantización en valores de luminancia cuantizados.

A diferencia de la norma de Generación y Comunicación de Imágenes Médicas Digitales (DICOM), una curva VDR según las técnicas descritas en el presente documento no fija el parámetro de modelo de frecuencia espacial a un valor fijo tal como 4 ciclos por grado. En cambio, la curva VDR varía con la frecuencia espacial y captura de manera precisa las sensibilidades al contraste máximas de la visión humana en varios niveles de adaptación de luz. La curva VDR tiene en cuenta de manera apropiada el efecto de acentuación de contornos debido a la adaptabilidad de la visión humana a una gran variedad de niveles de adaptación de luz, y ayuda a generar una GSDF de referencia de alta precisión. En este caso, el término "alta precisión" significa que los errores perceptuales debidos a la cuantización de los valores de luminancia se eliminan o se reducen considerablemente sobre la base de una GSDF de referencia que captura de mejor y más eficientemente la no linealidad visual humana dentro de la restricción de un espacio de código de tamaño fijo (por ejemplo, uno de 10 bits, 12 bits, etc.).

Puede usarse un proceso de cálculo para calcular niveles de gris en la GSDF de referencia (por ejemplo, la tabla 1). En una realización de ejemplo, el proceso de cálculo es iterativo o recursivo, determina repetidamente los umbrales de contraste (o umbrales de modulación, por ejemplo  $m_t$  en la expresión 4) a partir de la curva VDR, y aplica los umbrales de contraste para obtener niveles de gris sucesivos en la GSDF de referencia. Este proceso de cálculo puede implementarse con las siguientes expresiones (7):

$$m_t = \frac{L_{\max} - L_{\min}}{L_{\max} + L_{\min}} \quad \text{de modo que:} \quad L_{j+1} = L_j \frac{1 + m_t}{1 - m_t} \quad \text{y} \quad L_{j-1} = L_j \frac{1 - m_t}{1 + m_t} \quad \text{expresiones (7)}$$

donde  $j-1$ ,  $j$  y  $j+1$  representan índices de tres valores de código digital adyacentes;  $L_{j-1}$ ,  $L_j$  y  $L_{j+1}$  corresponden a niveles de gris con los que los valores de código digital  $j-1$ ,  $j$  y  $j+1$  están mapeados, respectivamente.  $L_{\max}$  y  $L_{\min}$  representan respectivamente el valor de luminancia máximo y el valor de luminancia mínimo en una JND o en una fracción de una JND. Usar una JND o una fracción de la misma mantiene la alta precisión de la GSDF de referencia.

El umbral de contraste  $m_t$  asociado a la JND puede definirse como una cantidad relativa, por ejemplo una diferencia entre  $L_{\max}$  y  $L_{\min}$ , dividida por un valor de luminancia particular de  $L_{\max}$  o  $L_{\min}$ , o estar comprendido entre  $L_{\max}$  y  $L_{\min}$  (por ejemplo, la media de  $L_{\max}$  y  $L_{\min}$ ). En algunas realizaciones,  $m_t$  puede definirse de manera alternativa como la diferencia entre  $L_{\max}$  y  $L_{\min}$ , dividida por un multiplicador (por ejemplo, 2) de un valor de luminancia particular de  $L_{\max}$  o  $L_{\min}$ , o estar comprendido entre  $L_{\max}$  y  $L_{\min}$ . En la cuantización de los valores de luminancia de una GSDF con respecto a una pluralidad de niveles de gris,  $L_{\max}$  y  $L_{\min}$  pueden hacer referencia a

niveles de gris adyacentes de la pluralidad de niveles de gris. Como resultado,  $L_j$  puede relacionarse con  $L_{j-1}$  y  $L_{j+1}$  a través de  $m_i$ , respectivamente, como se muestra en la expresión (7).

En realizaciones alternativas, en lugar de usar expresiones lineales como las ilustradas en la expresión (7), puede usarse una expresión no lineal para relacionar JND o umbrales de contraste con niveles de gris. Por ejemplo, puede usarse una expresión alternativa basada en la desviación típica dividida por la media en lugar de una relación sencilla para el umbral de contraste como la ilustrada.

En algunas realizaciones, una GSDF de referencia cubre un rango de 0 a 12000 cd/m<sup>2</sup> con valores de código digital representados como un valor entero de 12 bits. Para mejorar adicionalmente la precisión de la GSDF de referencia,  $m_i$  puede multiplicarse por un valor fraccional  $f$ . Además, un valor digital central L2048 (obsérvese que los valores de código digital están al menos limitados a 0 y 4096 como en un espacio de código de 12 bits que es compatible con SDI) puede mapearse a 100 cd/m<sup>2</sup>. La expresión (7) puede generar las siguientes expresiones (8):

$$L_{2048} = 100 \text{ cd/m}^2 \quad L_{j+1} = L_j \frac{1 + f * m_i}{1 - f * m_i} \quad \text{y} \quad L_{j-1} = L_j \frac{1 - f * m_i}{1 + f * m_i} \quad \text{expresión (8)}$$

en donde el valor de fracción se establece a 0,918177. En la realización de ejemplo, el valor mínimo permitido para los códigos digitales se fija a una palabra de código (o valor entero) 16 fijada a 0 (cd/m<sup>2</sup>). El segundo valor de código digital más bajo 17 termina en 5,27x10<sup>-7</sup> cd/m<sup>2</sup>, mientras que el valor de código digital 4076 termina en 12000 cd/m<sup>2</sup>.

La figura 3 ilustra una GSDF de ejemplo que mapea entre una pluralidad de niveles de gris (en valores de luminancia logarítmicos) y una pluralidad de valores de código digital en un espacio de código de 12 bits, según una realización de ejemplo de la presente invención.

La figura 4 ilustra una curva que representa fracciones de Weber (Delta L/L, o  $\Delta L/L$ ) basadas en niveles de gris de la GSDF de ejemplo de la figura 3. La no linealidad perceptual de la visión humana ilustrada en la figura 4 se representa en función de los valores de luminancia en un eje de luminancia logarítmico. Las diferencias visuales comparables (por ejemplo, JND) de la visión humana corresponden a valores Delta L/L mayores en valores de luminancia más bajos. La curva de fracciones de Weber se acerca, sin llegar nunca a alcanzar, un valor constante para altos valores de luminancia (por ejemplo una fracción de Weber de 0,002 donde la ley de Weber se cumple para valores de luminancia más altos).

## 7. Modelos funcionales

Puede usarse una o más funciones analíticas para obtener un mapeo entre valores de código digital y niveles de gris en una GSDF (GSDF de referencia o GSDF específica de dispositivo), como se describe en el presente documento. La una o más funciones analíticas pueden ser propietarias, basadas en normas o ser ampliaciones de funciones basadas en normas. En algunas realizaciones, un generador de GSDF (por ejemplo, 504 de la figura 5) puede generar una GSDF en forma de una o más tablas de consulta (LUT) directas y/o una o más LUT inversas basadas en la una o más funciones (o fórmulas) analíticas. Al menos algunas de estas LUT pueden proporcionarse a varios códecs de datos de imagen (por ejemplo, 506 de la figura 5) o a una gran variedad de dispositivos de visualización que se usarán en las conversiones entre niveles de gris de referencia y niveles de código digital de referencia con el fin de codificar datos de imagen de referencia. Además, opcionalmente o como alternativa, al menos algunas de las funciones analíticas (con sus coeficientes en representaciones de números enteros o de coma flotante) pueden proporcionarse directamente a códecs de datos de imagen o a una gran variedad de dispositivos de visualización que se usarán para obtener mapeos entre valores de código digital y niveles de gris en una GSDF, como se describe en el presente documento, y/o para conversiones entre niveles de gris y niveles de código digital con el fin de codificar datos de imagen.

En algunas realizaciones, las funciones analíticas descritas en el presente documento comprenden una función directa que puede usarse para predecir un valor de código digital sobre la base de un nivel de gris correspondiente, como viene a continuación:

$$D = \left[ \frac{c_1 + c_2 L^n}{1 + c_3 L^n} \right]^m \quad \text{expresión (9)}$$

donde D representa un valor de código digital (por ejemplo, de 12 bits), L representa un valor de luminancia o un nivel de gris en nits, n puede representar una pendiente en una sección central de una curva logD/logL

proporcionada por la expresión (9),  $m$  puede representar el grado de curvatura de la curva  $\log D/\log L$ , y  $c_1$ ,  $c_2$  y  $c_3$  pueden definir los puntos de extremo y centrales de la curva  $\log D/\log L$ .

- 5 En algunas realizaciones, las funciones analíticas comprenden una función inversa que corresponde a la función directa en la expresión (9) y puede usarse para predecir un valor de luminancia sobre la base de un valor de código digital correspondiente, como viene a continuación:

$$L = \left[ \frac{D^{1/m} - c_1}{c_2 - c_3 D^{1/m}} \right]^{1/n}$$

expresión (10)

- 10 Los valores de código digital predichos sobre la base de una pluralidad de valores de luminancia que usan la expresión (9) pueden compararse con valores de código digital observados. Los valores de código digital observados pueden ser, pero sin limitarse solamente a estos, cálculos numéricos basados en un modelo de CSF descrito anteriormente. En una realización, puede calcularse y minimizarse la desviación entre los valores de código digital predichos y los valores de código digital observados para obtener valores óptimos de los parámetros  $n$ ,  $m$ ,  $c_1$ ,  $c_2$  y  $c_3$  en la expresión (9).

- 15 Asimismo, los valores de luminancia predichos basándose en una pluralidad de valores de código digital usando la expresión (10) pueden compararse con valores de luminancia observados. Los valores de luminancia observados pueden generarse usando cálculos numéricos basados en un modelo de CSF descrito anteriormente o usando datos de experimentación de la visión humana, pero no están limitados a esto. En una realización, la desviación entre los valores de luminancia predichos y los valores de luminancia observados pueden obtenerse como función de los parámetros  $n$ ,  $m$ ,  $c_1$ ,  $c_2$  y  $c_3$  y minimizarse para obtener valores óptimos de los parámetros  $n$ ,  $m$ ,  $c_1$ ,  $c_2$ , y  $c_3$  en la expresión (10).

- 25 Un conjunto de valores óptimos de los parámetros  $n$ ,  $m$ ,  $c_1$ ,  $c_2$  y  $c_3$  determinados con la expresión (9) puede ser idéntico o no a un conjunto de valores óptimos de los parámetros  $n$ ,  $m$ ,  $c_1$ ,  $c_2$  y  $c_3$  determinados con la expresión (10). En caso de haber diferencias entre los dos conjuntos, uno o ambos de los dos conjuntos pueden usarse para generar un mapeo entre valores de código digital y valores de luminancia. En algunas realizaciones, si los dos conjuntos de valores óptimos de los parámetros  $n$ ,  $m$ ,  $c_1$ ,  $c_2$  y  $c_3$  son diferentes, éstos pueden armonizarse, por ejemplo minimizando los errores en las pasadas de ida y vuelta que se introducen llevando a cabo operaciones de codificación directa e inversa con ambas expresiones (9) y (10). En algunas realizaciones pueden realizarse múltiples pasadas de ida y vuelta para estudiar los errores resultantes en los valores de código digital y/o en los valores de luminancia o niveles de gris. En algunas realizaciones, la selección de los parámetros en las expresiones (9) y (10) puede basarse, al menos en parte, en el criterio de que no se produzca error significativo en una, dos o más pasadas de ida y vuelta. Ejemplos de ausencia de errores significativos en pasadas de ida y vuelta pueden incluir, pero sin limitarse solamente a esto, errores inferiores al 0,0001 %, 0,001 %, 0,01 %, 0,1 %, 1 %, 2 %, u otros valores configurables.

- 40 Las realizaciones incluyen usar un espacio de código de una o más longitudes de bit diferentes para representar valores de control digital. Los valores optimizados de los parámetros de las expresiones (9) y (10) pueden obtenerse para cada uno de una pluralidad de espacios de código, cada uno con una longitud diferente de una o más longitudes de bit diferentes. Sobre la base de los valores optimizados de las expresiones (9) y (10) pueden determinarse distribuciones de los errores de código (por ejemplo, errores de transformación directa, errores de transformación inversa o errores en pasadas de ida y vuelta en los valores de código digital basados en las expresiones (9) y (10)). En algunas realizaciones, una diferencia numérica de uno (1) en dos valores de código digital corresponde a un umbral de contraste (o corresponde a JND) en un nivel alto entre dos valores de luminancia representados por los dos valores de código digital. La figura 10A ilustra valores máximos de errores de código en unidades de JND en una pluralidad de espacios de código, cada uno con una precisión diferente de una o más precisiones diferentes (con diferentes longitudes de bit), según algunas realizaciones de ejemplo. Por ejemplo, sobre la base de los modelos funcionales descritos en el presente documento, el error de código máximo para un espacio de código con una longitud de bits infinita o ilimitada es de 11252. En comparación, sobre la base de un modelo funcional descrito en el presente documento, el error de código máximo para un espacio de código con una longitud de 12 bits (o 4096) es 11298. Esto indica que un espacio de código con una longitud de 12 bits para valores de código digital es una excelente opción con un modelo funcional representado por las expresiones (9) y (10).

- La figura 10B ilustra una distribución de errores de código para un espacio de código de longitud de 12 bits (o 4096) con una transformación directa (desde valores de luminancia a valores de código digital) como la especificada en la expresión (9), según una realización de ejemplo. La figura 10C ilustra una distribución de errores de código para un espacio de código de longitud de 12 bits (o 4096) con una transformación inversa (desde valores de código digital a valores de luminancia) como la especificada en la expresión (10), según una

realización de ejemplo. Tanto la figura 10B como la figura 10C indican errores de código máximos inferiores a 12,5.

La figura 11 ilustra valores de parámetros que pueden usarse en las expresiones (9) y (10), según una realización de ejemplo. Como se ilustra, en algunas realizaciones, pueden usarse fórmulas basadas en números enteros para representar/aproximar estos valores no enteros en una implementación específica de un modelo funcional descrito en el presente documento. En algunas otras realizaciones, pueden usarse valores de coma fija o de coma flotante con una precisión de entre una o más precisiones (por ejemplo, de 14, 16 o 32 bits) para representar estos valores no enteros en una implementación específica de un modelo funcional descrito en el presente documento.

Las realizaciones incluyen usar un modelo funcional con fórmulas diferentes a las proporcionadas en las expresiones (9) y (10) (que pueden ser curvas de mapeo de tonos). Por ejemplo, un modelo cónico con una fórmula de Naka-Rushton, como la mostrada a continuación, puede ser usado por un modelo funcional como se describe en el presente documento:

$$L_d = \left[ L_d^{\max} \left( \frac{L^n}{\sigma + L^n} \right) \right]^m$$

expresión (11)

en donde L representa valores de luminancia, n, m y  $\sigma$  representan parámetros de modelo en asociación con el modelo cónico, y  $L_d$  representa valores predichos que pueden codificarse con valores de código digital. Pueden usarse métodos similares para obtener parámetros de modelo minimizando las desviaciones para obtener valores óptimos de los parámetros de modelo para la expresión (11). La figura 10D ilustra una distribución de errores de código para un espacio de código de longitud de 12 bits (o 4096) con una transformación directa (desde valores de luminancia a valores de código digital) como la especificada en la expresión (11), según una realización de ejemplo. En una realización, el error de código máximo ilustrado en la figura 10D es de 25 JND.

En otro ejemplo, puede generarse un modelo funcional con una fórmula Raised mu, de la siguiente manera:

$$y = (1 + \mu)^{x^{1+(1-x)}}$$

expresión (12)

en donde x representa valores de luminancia, e y representa valores de código digital predichos. Un valor óptimo del parámetro de modelo  $\mu$  puede obtenerse minimizando las desviaciones. La figura 10E ilustra una distribución de errores de código para un espacio de código de longitud de 12 bits (o 4096) con una transformación directa (desde valores de luminancia a valores de código digital) como la especificada en la expresión (12), según una realización de ejemplo. En una realización, el error de código máximo ilustrado en la figura 10E es de 17 JND.

Como se ilustra en el presente documento, en algunas realizaciones, puede usarse un modelo funcional para predecir valores de código a partir de valores de luminancia o para predecir valores de luminancia a partir de valores de código. Las fórmulas usadas por el modelo funcional pueden ser invertibles. Puede implementarse la misma lógica de procesamiento, u otra similar, para llevar a cabo transformaciones directas e inversas entre estos valores. En algunas realizaciones, parámetros de modelo que incluyen, pero que no están limitados solamente a estos, exponentes, pueden representarse mediante valores de coma fija o fórmulas basadas en enteros. De esta manera, al menos una parte de la lógica de procesamiento puede implementarse de manera eficiente solamente en hardware, solamente en software o en una combinación de hardware y software. Asimismo, al menos una parte de las LUT generadas con el modelo funcional o las fórmulas de modelo (tales como las expresiones (9) a (12)) pueden implementarse de manera eficaz solamente en hardware, solamente en software o en una combinación de hardware y software (incluyendo ASIC o FPGA). En algunas realizaciones, pueden implementarse uno, dos o más modelos funcionales en un único dispositivo informático, una configuración de múltiples dispositivos informáticos, un servidor, etc. En algunas realizaciones, los errores en valores de código predichos pueden estar en 14 valores de código de valores objetivo u observados en un rango total de rango dinámico visible de valores de luminancia. En algunas realizaciones, esto se cumple en las transformaciones directas e inversas. Los mismos o diferentes conjuntos de parámetros de modelo pueden usarse en las transformaciones directas e inversas. La precisión en las pasadas de ida y vuelta puede maximizarse con valores óptimos de los parámetros de modelo. Pueden usarse diferentes espacios de código. En una realización particular, puede usarse un espacio de código con una longitud de 12 bits (4096) para alojar valores de código digital con errores de código mínimos en todo el rango del rango dinámico visible.

Tal y como se usa en el presente documento, una GSDF de referencia puede referirse a una GSDF que

comprende valores de código digital de referencia y niveles de gris de referencia relacionados según un modelo funcional (cuyos parámetros de modelo pueden determinarse con valores objetivo u observados bajo un modelo de CSF), determinado con cálculos numéricos (por ejemplo, sin determinar ninguna representación funcional de un mapeo entre valores de código digital y valores de luminancia) basándose en un modelo de CSF, o determinado con datos obtenidos de estudios de la visión humana. En algunas realizaciones, una GSDF de dispositivo también puede comprender un mapeo entre valores de código digital y niveles de gris que pueden representarse de manera analítica con un modelo funcional descrito en el presente documento.

#### 8. Datos de imagen de intercambio basados en una gsdf de referencia

Con fines ilustrativos, se ha descrito que los valores de código digital residen en un espacio de código de 12 bits. Sin embargo, la presente invención no está limitada a esto. En una GSDF de referencia pueden usarse valores de código digital con diferentes espacios de código (por ejemplo, profundidades de bit diferentes a 12 bits). Por ejemplo, pueden usarse valores enteros de 10 bits para representar códigos digitales. En lugar de mapear un valor de código digital 4076 a un valor de luminancia de 12000 cd/m<sup>2</sup> en una representación de 12 bits de códigos digitales, un valor de código digital 1019 puede mapearse al valor de luminancia de 12000 cd/m<sup>2</sup> en una representación de 10 bits de códigos digitales. De esta manera, estas y otras variaciones en los espacios de código (profundidades de bit) pueden usarse para valores de código digital en una GSDF de referencia.

La GSDF de referencia puede usarse para datos de imagen de intercambio entre diferentes GSDF que pueden estar diseñadas de manera individual para cada tipo de dispositivo de adquisición de imágenes o de dispositivo de reproducción de imágenes. Por ejemplo, una GSDF implementada con un tipo específico de dispositivo de adquisición de imágenes o de dispositivo de reproducción de imágenes puede depender, de manera implícita o explícita, de parámetros de modelo que no coinciden con parámetros de modelo de una GSDF estándar o de una GSDF específica de dispositivo con otro tipo de dispositivo de adquisición de imágenes o de dispositivo de reproducción de imágenes.

Una GSDF de referencia puede corresponder a formas curvas como se representa en la figura 3 y en la figura 4. En términos generales, las formas de las GSDF dependen de parámetros usados para obtener o diseñar las GSDF. Por tanto, una GSDF de referencia depende de un modelo de CSF de referencia y de parámetros de modelo de referencia usados para generar la GSDF de referencia a partir del modelo de CSF de referencia. La forma de curva de una GSDF específica de dispositivo depende del dispositivo específico, que incluye parámetros de visualización y condiciones de visionado si el dispositivo específico es un dispositivo de visualización.

En un ejemplo, un dispositivo de visualización cuyo rango soportado de valores de luminancia está limitado a menos de 500 cd/m<sup>2</sup> puede no experimentar el aumento de la pendiente en una región de altos valores de luminancia (que se produce cuando la visión humana pasa a tener un comportamiento logarítmico para todas las frecuencias) como se muestra en la figura 3. Controlar el dispositivo de visualización con la forma de curva de la figura 3 puede dar lugar a una asignación no óptima (por ejemplo, subóptima) de niveles de gris, donde muchos niveles de gris están asignados en las regiones luminosas y no están asignados en un número suficiente en las regiones oscuras.

En otro ejemplo, se diseña un dispositivo de visualización de bajo contraste para usarse en espacios abiertos en diversas situaciones de luz natural. El rango de luminancia del dispositivo de visualización puede producirse en gran parte o en casi toda la región de comportamiento logarítmico de la figura 3. Controlar este dispositivo de visualización de bajo contraste con la forma de curva de la figura 3 también puede dar lugar a una asignación no óptima (por ejemplo, subóptima) de niveles de gris, donde muchos niveles de gris están asignados en las regiones oscuras y no están asignados en un número suficiente en las regiones luminosas.

Con las técnicas descritas en el presente documento, cada dispositivo de visualización puede usar su GSDF específica (que depende no solamente de los parámetros de visualización, sino también de las condiciones de visionado que, por ejemplo, afectan al nivel de negro real) para soportar de manera óptima la información perceptual en los datos de imagen codificados con una GSDF de referencia. La GSDF de referencia es usada por uno o más dispositivos aguas arriba (por ejemplo, de codificación) para la codificación global de datos de imagen para conservar tantos detalles perceptuales como sea posible. Los datos de imagen codificados en la GSDF de referencia se suministran después a uno o más dispositivos aguas abajo (por ejemplo, de decodificación). En una realización de ejemplo, la codificación de datos de imagen basada en las GSDF de referencia es independiente de dispositivos específicos que van a decodificar y/o reproducir posteriormente los datos de imagen.

Cada dispositivo (por ejemplo, un dispositivo de visualización) tiene su GSDF específica donde se soportan/optimizan los niveles de gris específicos de dispositivo. Los niveles de gris específicos pueden ser conocidos por el fabricante del dispositivo de visualización o pueden haberse diseñado específicamente por el fabricante para soportar la GSDF específica de dispositivo (que puede estar basada, o no, en normas). El controlador de línea del dispositivo puede implementarse con valores de luminancia cuantizados específicos del

dispositivo. La optimización puede hacerse mejor para el dispositivo basándose en los valores de luminancia cuantizados específicos para el dispositivo. Además, el nivel de negro oscuro (por ejemplo, el nivel de gris más bajo específico de dispositivo) que puede usarse como límite inferior del rango de niveles de gris específicos de dispositivo, puede fijarse sobre la base de, en parte, el nivel de luz ambiental presente y/o la reflectancia óptica del dispositivo (que puede ser conocida por el fabricante). Una vez que se ha fijado así el nivel de negro, pueden obtenerse los niveles de gris específicos de dispositivo o fijarse acumulando de manera implícita o explícita (por ejemplo, acumulando/integrando) etapas de cuantización en el controlador de línea del dispositivo. La derivación y/o el ajuste de los niveles de gris pueden realizarse, o no, en tiempo de ejecución cuando el dispositivo está reproduciendo imágenes concurrentemente.

De esta manera, con las técnicas descritas en el presente documento, las realizaciones de la presente invención pueden incluir, pero no están limitadas solamente a esto, la codificación de datos de imagen con una GSDF de referencia y la decodificación y reproducción de datos de imagen con una GSDF específica de dispositivo de visualización.

Las técnicas descritas en el presente documento pueden usarse para datos de imagen de intercambio entre una variedad de dispositivos con diferentes GSDF. La figura 5 ilustra una infraestructura de ejemplo (500) de datos de imagen de intercambio con dispositivos de diferentes GSDF, según una realización de ejemplo de la presente invención. Como se ilustra en la figura 5, puede usarse un modelo de CSF adaptativo (502) para generar una GSDF de referencia (504). El término "adaptativo" puede referirse a la adaptabilidad de un modelo de CSF a la no linealidad y a los comportamientos de la visión humana. El modelo de CSF adaptativo puede construirse basado en, al menos en parte, una pluralidad de parámetros CSF (o de parámetros de modelo). La pluralidad de parámetros de modelo incluyen, por ejemplo, el nivel de adaptación de luz, el área de visualización en anchura de grados, el nivel de ruido, la acomodación (distancia de visionado física), la luminancia o el vector de modulación de color (que puede estar, por ejemplo, relacionado con imágenes de prueba o patrones de imágenes usados en el modelo de CSF adaptativo (502)).

Un dispositivo aguas arriba (por ejemplo, de codificación) puede recibir datos de imagen que van a codificarse con la GSDF de referencia (504) antes de que los datos de imagen o sus derivados se transmitan o distribuyan a dispositivos aguas abajo (por ejemplo, de decodificación). Los datos de imagen que van a codificarse pueden estar inicialmente en cualquiera de una pluralidad de formatos (basados en normas, propietarios, ampliaciones de los mismos, etc.) y/o pueden obtenerse a partir de cualquiera de una pluralidad de fuentes de imágenes (cámara, servidor de imágenes, medios tangibles, etc.). Ejemplos de datos de imagen que van a codificarse incluyen, pero sin limitarse solamente a esto, imágenes sin procesar u otras imágenes de gran profundidad de bits 530. Las imágenes sin procesar u otras imágenes de gran profundidad de bits pueden proceder de una cámara, un sistema de estudio, un sistema de un director artístico, otro sistema de procesamiento de imágenes aguas arriba, un servidor de imágenes, una base de datos de contenido, etc. Los datos de imagen pueden incluir, pero sin limitarse solamente a esto, fotos digitales, fotogramas de vídeo, imágenes 3D, imágenes que no son 3D, gráficos generados por ordenador, etc. Los datos de imagen pueden comprender imágenes referidas a escena, imágenes referidas a dispositivo o imágenes con diversos rangos dinámicos. Ejemplos de datos de imagen que van a codificarse pueden incluir una versión de alta calidad de imágenes originales que van a editarse, muestrearse de manera descendente y/o comprimirse, junto con metadatos, en un tren de bits codificado para su distribución a sistemas de recepción de imágenes (sistemas de procesamiento de imágenes aguas abajo tales como dispositivos de visualización de diversos fabricantes). Las imágenes sin procesar u otras imágenes de gran profundidad de bits pueden tener una alta frecuencia de muestreo usada por un profesional, un estudio de arte, una empresa de radiodifusión, una entidad de producción multimedia de alta gama, etc. Los datos de imagen que van a codificarse también pueden generarse por ordenador total o parcialmente, o pueden obtenerse incluso sobre la base de, total o parcialmente, fuentes de imágenes existentes tales como películas y documentales antiguos.

Tal y como se usa en el presente documento, la expresión "datos de imagen que van a codificarse" puede referirse a datos de imagen de una o más imágenes; los datos de imagen que van a codificarse pueden comprender datos de imagen de coma flotante o de coma fija, y pueden estar en cualquier espacio de colores. En una realización de ejemplo, la una o más imágenes pueden estar en un espacio de colores RGB. En otra realización de ejemplo, la una o más imágenes pueden estar en un espacio de colores YUV. En un ejemplo, cada píxel de una imagen descrita en el presente documento comprende valores de píxel en coma flotante para todos los canales (por ejemplo, los canales de color rojo, verde y azul en el espacio de colores RGB) definidos en el espacio de colores. En otro ejemplo, cada píxel de una imagen descrita en el presente documento comprende valores de píxel en coma fija para todos los canales (por ejemplo, 16 bits o un número de bits superior/inferior de valores de píxel en coma fija para los canales de color rojo, verde y azul en el espacio de colores RGB) definidos en el espacio de colores. Cada píxel puede comprender opcionalmente y/o como alternativa valores de píxel muestreados de manera descendente para uno o más de los canales en el espacio de colores.

En algunas realizaciones, en respuesta a recibir los datos de imagen que van a codificarse, un dispositivo aguas arriba de la infraestructura (500) mapea valores de luminancia, especificados o determinados a partir de los datos de imagen, con valores de código digital de referencia de la GSDF de referencia, y genera, basándose en



los datos de imagen que van a codificarse, datos de imagen codificados de referencia codificados con los valores de código digital de referencia. La operación de mapeo, de valores de luminancia basados en datos de imagen que van a codificarse con valores de código digital de referencia, puede incluir seleccionar valores de código digital de referencia cuyos niveles de gris de referencia correspondientes (por ejemplo, los mostrados en la tabla 1) coinciden, o se aproximan tanto como cualquier otro valor de luminancia de referencia de la GSDF de referencia, con valores de luminancia como los especificados o determinados a partir de los datos de imagen que van a codificarse, y sustituir los valores de luminancia por los valores de código digital de referencia en los datos de imagen codificados de referencia.

Además, opcionalmente o como alternativa, las etapas de preprocesamiento y de posprocesamiento (que pueden incluir, pero sin limitarse solamente a esto, conversión del espacio de colores, muestreo descendente, muestreo ascendente, mapeo de tonos, clasificación de colores, descompresión, compresión, etc.) pueden llevarse a cabo como parte de la generación de los datos de imagen codificados de referencia.

En una realización de ejemplo, la infraestructura (500) puede comprender componentes de software y/o hardware (por ejemplo, una unidad de codificación o de formateo (506)) configurados para codificar y/o formatear los datos de imagen codificados de referencia en uno o más trenes de bits codificados o archivos de imágenes. Los trenes de bits codificados o archivos de imágenes pueden estar en un formato basado en normas, un formato propietario o un formato ampliado basado, al menos en parte, en un formato basado en normas. Además y/u opcionalmente, los archivos de imágenes o trenes de bits codificados pueden comprender metadatos que contienen uno o más parámetros (por ejemplo, parámetros de modelo, valor de luminancia mínimo, valor de luminancia máximo, valor de código digital mínimo, valor de código digital máximo, etc., como los ilustrados en la tabla 1, la figura 3 y la figura 4, un campo de identificación que identifica una CSF entre una pluralidad de CSF, una distancia de visionado de referencia) relacionados con la GSDF de referencia, el preprocesamiento o el posprocesamiento usados para generar los datos de imagen codificados de referencia.

En algunas realizaciones, la infraestructura (500) puede comprender uno o más dispositivos aguas arriba discretos. Por ejemplo, al menos uno del uno o más dispositivos aguas arriba de la infraestructura (500) puede estar configurados para codificar datos de imagen basándose en la GSDF de referencia. Los dispositivos aguas arriba pueden comprender componentes de software y/o de hardware configurados para llevar a cabo la funcionalidad relacionada con 502, 504 y 506 de la figura 5. Los archivos de imágenes o trenes de bits codificados pueden ser emitidos por los dispositivos aguas arriba (502, 504 y 506 de la figura 5) a través de conexiones de red, interfaces digitales, medios de almacenamiento tangibles, etc., y suministrarse en un flujo de datos de imagen (508) a otros dispositivos de procesamiento de imágenes para su procesamiento o reproducción.

En algunas realizaciones de ejemplo, la infraestructura (500) comprende además uno o más dispositivos aguas abajo, tales como uno o más dispositivos discretos. Los dispositivos aguas abajo pueden estar configurados para acceder/recibir, a partir del flujo de datos de imagen (508), los trenes de bits codificados o archivos de imágenes emitidos por el uno o más dispositivos aguas arriba. Por ejemplo, los dispositivos aguas abajo pueden comprender componentes de software y/o hardware (por ejemplo, una unidad de descodificación o de reformateo (510)) configurados para descodificar y/o reformatear los archivos de imágenes y trenes de bits codificados, y para recuperar/obtener los datos de imagen codificados de referencia presentes en los mismos. Como se ilustra en la figura 5, los dispositivos aguas abajo pueden comprender un conjunto diverso de dispositivos de visualización.

En algunas realizaciones, un dispositivo de visualización (no mostrado) puede estar diseñado y/o implementado para soportar la GSDF de referencia. Puede ofrecerse una reproducción de imágenes HDR de alta precisión si el dispositivo de visualización soporta todos y cada uno de los niveles de gris de la GSDF de referencia. El dispositivo de visualización puede reproducir imágenes con detalles a nivel más fino, o el mismo nivel, que lo que posiblemente puede detectar la visión humana.

En algunas realizaciones, los valores de código digital nativos del dispositivo de visualización (que pueden implementarse como valores de voltaje digitalizados, por ejemplo niveles de control digital o DDL (digital driving level), en el sistema de visualización) en una GSDF específica de dispositivo pueden corresponder a niveles de gris específicos de dispositivo (o valores de luminancia) diferentes de los de la GSDF de referencia. Los niveles de gris específicos de dispositivo pueden estar diseñados para soportar sRGB, la recomendación 709 u otras especificaciones, incluidas aquellas que usan representaciones relacionadas con densidades complementarias. Además, opcionalmente o como alternativa, los niveles de gris específicos de dispositivo pueden basarse en las características DAC esenciales del control de la visualización.

En algunas realizaciones, un dispositivo de visualización A (512-A) puede estar diseñado y/o implementado para soportar una GSDF A específica de dispositivo (514-A) de un dispositivo de visualización de rango dinámico visible (VDR). La GSDF A (514-A) puede estar basada en una profundidad de bits de 12 bits (un espacio de código de 12 bits) para valores de código digital específicos de dispositivo, una relación de contraste (CR) de 10000:1 y una gama >P3. La GSDF A (514-A) puede soportar niveles de gris dentro de un primer subrango (por

ejemplo de 0 a 5000 cd/m<sup>2</sup>) en todo el rango de la GSDF de referencia (504). Como alternativa y/u opcionalmente, la GSDF A (514-A) puede soportar todo el rango (de 0 a 12000 cd/m<sup>2</sup>, por ejemplo) de la GSDF de referencia (504) pero no tiene que comprender todos los niveles de gris de referencia de la GSDF de referencia (504).

5

En algunas realizaciones, un dispositivo de visualización B (512-B) puede estar diseñado y/o implementado para soportar una GSDF B específica de dispositivo (514-B) para un rango dinámico más estrecho que el VDR. Por ejemplo, el dispositivo de visualización B (512-B) puede ser un dispositivo de visualización de rango dinámico estándar (SDR). Tal y como se usa en el presente documento, los términos "rango dinámico estándar" y "bajo rango dinámico", y/o sus correspondientes abreviaturas "SDR" y "LDR", pueden usarse como sinónimos y/o de manera intercambiable. En algunas realizaciones, la GSDF B (514-B) puede soportar una profundidad de bits de 8 bits para valores de código digital específicos de dispositivo, una relación de contraste (CR) de 500-5000:1 y una gama de colores como la definida en la recomendación 709. En algunas realizaciones, la GSDF B (514-B) puede proporcionar niveles de gris dentro de un segundo subrango (por ejemplo, de 0 a 2000 cd/m<sup>2</sup>) de la GSDF de referencia (504).

10

15

En algunas realizaciones, un dispositivo de visualización C (512-C) puede estar diseñado y/o implementado para soportar una GSDF C específica de dispositivo (514-C) para un rango dinámico incluso más estrecho que el SDR. Por ejemplo, el dispositivo de visualización C (512-C) puede ser una pantalla de tableta. En algunas realizaciones, la GSDF C (514-C) puede soportar una profundidad de bits de 8 bits para valores de código digital específicos de dispositivo, una relación de contraste (CR) de 100-800:1 y una gama de colores más pequeña que la definida en la recomendación 709. En algunas realizaciones, la GSDF C (514-C) puede soportar niveles de gris dentro de un tercer subrango (por ejemplo, de 0 a 1200 cd/m<sup>2</sup>) de la GSDF de referencia (504).

20

En algunas realizaciones, un dispositivo de visualización (por ejemplo un dispositivo de visualización D (512-D)) puede estar diseñado y/o implementado para soportar una GSDF específica de dispositivo (por ejemplo, una GSDF D (514-D)) para un rango dinámico muy limitado mucho más estrecho que el SDR. Por ejemplo, el dispositivo de visualización D (512-D) puede ser un dispositivo de visualización de papel electrónico. En algunas realizaciones, la GSDF D (514-D) puede soportar una profundidad de bits de 6 bits o menos para valores de código digital específicos de dispositivo, una relación de contraste (CR) de 10:1 o menos y una gama de colores mucho más pequeña que la definida en la recomendación 709. En algunas realizaciones, la GSDF D (514-D) puede soportar niveles de gris dentro de un cuarto subrango (por ejemplo, de 0 a 100 cd/m<sup>2</sup>) de la GSDF de referencia (504).

25

30

La precisión en la reproducción de imágenes puede escalarse descendientemente de manera apropiada con cada uno de los dispositivos de visualización A a D (512-A a D). En algunas realizaciones, el subconjunto de niveles de gris en cada una de las GSDF A a D específicas de dispositivo (514-A a D) puede correlacionarse con, o mapearse a, niveles de gris de referencia soportados en la GSDF de referencia (504) de tal manera como para distribuir de manera uniforme errores perceptivamente apreciables en el rango de niveles de gris soportados por ese dispositivo de visualización.

35

40

En algunas realizaciones, un dispositivo de visualización (por ejemplo, uno de los dispositivos 512-A a D) con una GSDF específica de dispositivo (por ejemplo, una de 514-A a D) recibe/extrae datos de imagen codificados de referencia codificados basándose en una GSDF de referencia. En respuesta, el dispositivo de visualización, o una unidad de conversión (una de las unidades 516-A a D) del mismo, mapea valores de código digital de referencia, especificados en los datos de imagen codificados de referencia, con valores de código digital específicos de dispositivo que son originarios del dispositivo de visualización. Esto puede llevarse a cabo de varias maneras. En un ejemplo, el mapeo desde los valores de código digital de referencia a los valores de código digital específicos de dispositivo incluye seleccionar niveles de gris específicos de dispositivo (correspondientes a los valores de código digital específicos de dispositivo) que coinciden, o se aproximan tanto como cualquier otro nivel de gris específico de dispositivo, con los niveles de gris de referencia (correspondientes a los valores de código digital de referencia). En otro ejemplo, el mapeo de los valores de código digital de referencia a los valores de código digital específicos de dispositivo incluye (1) determinar valores de luminancia mapeados con tonos basándose en los niveles de gris de referencia (correspondientes a los valores de código digital de referencia) asociados a la GSDF de referencia, y (2) seleccionar niveles de gris específicos de dispositivo (correspondientes a los valores de código digital específicos de dispositivo) que coincidan, o que se aproximen tanto como cualquier otro nivel de gris específico de dispositivo, con los valores de luminancia mapeados con tonos.

45

50

55

Posteriormente, el dispositivo de visualización, o un chip de controlador (uno de los chips 518-A a D) del mismo, puede usar los valores de código digital específicos de dispositivo de visualización para reproducir imágenes con niveles de gris específicos de dispositivo que corresponden a los valores de código específicos de dispositivo de visualización.

60

En términos generales, una GSDF de referencia puede estar basada en un modelo de CSF diferente del que está basada una GSDF específica de dispositivo de visualización. La conversión/mapeo entre la GSDF de

65

referencia y la GSDF específica de dispositivo es necesaria. Incluso si el mismo modelo de CSF se usa para generar tanto la GSDF de referencia como una GSDF específica de dispositivo, pueden usarse diferentes valores de parámetros de modelo para obtener las GSDF. Para la GSDF de referencia, pueden fijarse valores de parámetro de modelo de manera conservativa para mantener los detalles para una gran variedad de dispositivos  
 5 aguas abajo, mientras que para la GSDF específica de dispositivo, los valores de parámetro de modelo pueden reflejar un diseño/implementación específicos y condiciones de visionado bajo las cuales el dispositivo de visualización va a reproducir imágenes. La conversión/mapeo entre la GSDF de referencia y la GSDF específica de dispositivo sigue siendo necesaria, ya que los parámetros de condición de visionado del dispositivo de visualización específico (por ejemplo, el nivel de luz ambiental, la reflectancia óptica del dispositivo de  
 10 visualización) son diferentes de los valores de parámetro de modelo usados para obtener la GSDF de referencia. En este caso, los parámetros de condición de visionado pueden incluir aquéllos que influyen en la calidad de la visualización (por ejemplo, relación de contraste, etc.) y aumentan el nivel de negro (por ejemplo, el nivel de gris más bajo, etc.). La conversión/mapeo entre la GSDF de referencia y la GSDF específica de dispositivo de las técnicas descritas en el presente documento mejora la calidad de la reproducción de las imágenes (por ejemplo,  
 15 mejora la relación de contraste al aumentar los valores de luminancia en regiones de valores elevados, etc.).

#### 9. Conversión de datos codificados de referencia

La figura 6 ilustra una unidad de conversión de ejemplo (por ejemplo 516), de acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención. La unidad de conversión (516) puede ser, pero sin estar limitada solamente a esto, una  
 20 unidad (por ejemplo, la 516-A) de una pluralidad de unidades de conversión (por ejemplo, las unidades 516-A a D) ilustradas en la figura 5. En algunas realizaciones, la unidad de conversión (516) puede recibir primeros datos de definición para una GSDF de referencia (GSDF REF) y segundos datos de definición para una GSDF específica de dispositivo (por ejemplo, la GSDF-A (514-A de la figura 5)). Tal y como se usa en el presente  
 25 documento, los términos "específico de dispositivo" y "específico de dispositivo de visualización" pueden usarse de manera intercambiable si el dispositivo es un dispositivo de visualización.

Basándose en los datos de definición recibidos, la unidad de conversión (516) conecta en cascada la GSDF de referencia con la GSDF específica de dispositivo de visualización para formar una tabla de consulta de  
 30 conversión (LUT de conversión). La conexión en cascada entre las dos GSDF puede incluir comparar niveles de gris en las dos GSDF y, basándose en los resultados de comparar los niveles de gris, establecer un mapeo entre valores de código digital de referencia en la GSDF de referencia y valores de código digital específicos de dispositivo de visualización en la GSDF específica de dispositivo de visualización.

Más específicamente, dado un valor de código digital de referencia en la GSDF de referencia, su nivel de gris de referencia correspondiente puede determinarse sobre la base de la GSDF de referencia. El nivel de gris de referencia así determinado puede usarse para ubicar un nivel de gris específico de dispositivo en la GSDF  
 35 específica de dispositivo de visualización. En una realización de ejemplo, el nivel de gris específico de dispositivo asignado puede coincidir, o aproximarse tanto como cualquier otro nivel de gris específico de dispositivo de visualización en la GSDF específica de dispositivo de visualización, con el nivel de gris de referencia. En otra realización de ejemplo, un valor de luminancia mapeado con tonos puede ser obtenido por un operador de mapeo de tonos global o local que actúa sobre el nivel de gris de referencia; el nivel de gris específico de  
 40 dispositivo asignado puede coincidir, o aproximarse tanto como cualquier otro nivel de gris específico de dispositivo de visualización de la GSDF específica de dispositivo de visualización, con el valor de luminancia mapeado con tonos.  
 45

Con el nivel de gris específico de dispositivo, puede identificarse un valor de código digital correspondiente específico de dispositivo de visualización a partir de la GSDF específica de dispositivo de visualización. Puede  
 50 añadirse o definirse una entrada en la LUT de conversión, que consiste en el valor de código digital de referencia y en el valor de código específico de dispositivo de visualización.

Las etapas descritas anteriormente pueden repetirse para otros valores de código digital de referencia de la GSDF de referencia.

En algunas realizaciones, una LUT de conversión puede construirse previamente y almacenarse antes de los  
 55 datos de imagen cuyo procesamiento va a realizarse basándose en parte en la LUT de conversión recibida y procesada. En realizaciones alternativas se analizan datos de imagen que van a procesarse con una LUT de conversión. Los resultados del análisis pueden usarse para establecer o al menos ajustar las relaciones de correspondencia entre los valores de código digital de referencia y los valores de código digital específicos de  
 60 dispositivo. Por ejemplo, si los datos de imagen indican una concentración o distribución particulares de valores de luminancia, la LUT de conversión puede establecerse de tal manera que se conserve una gran cantidad de detalles en la región concentrada de valores de luminancia.

En algunas realizaciones, la unidad de conversión (516) comprende uno o más componentes de software y/o  
 65 hardware (una subunidad de comparación (602)) configurados para comparar etapas de cuantización (por ejemplo, diferencias de valores de luminancia, o  $\Delta L$ , entre valores de código digital adyacentes) tanto en la GSDF

de referencia como en la GSDF específica de dispositivo de visualización (514-A). Por ejemplo, la etapa de cuantización en un valor de código digital de referencia en la GSDF de referencia puede ser una diferencia de valores de luminancia de referencia ( $\Delta L$  de GSDF de referencia), mientras que la etapa de cuantización en un valor de código digital específico de dispositivo de visualización en la GSDF específica de dispositivo de visualización puede ser una diferencia de valores de luminancia específica de dispositivo de visualización ( $\Delta L$  de GSDF específica de dispositivo de visualización). En este caso, el valor de código digital específico de dispositivo de visualización corresponde al valor de código digital de referencia (o forma una pareja en la LUT de conversión con este). En algunas realizaciones, la subunidad de comparación (602) compara estas dos diferencias de valores de luminancia. Esta operación es esencialmente una prueba que puede llevarse a cabo basándose en los valores  $\Delta L$  u, opcionalmente y/o de manera alternativa, basándose en las pendientes relativas de las dos curvas GSDF.

Las etapas de cuantización para los valores de luminancia en la GSDF específica de dispositivo de visualización pueden superar normalmente las de la GSDF de referencia, ya que uno o más niveles de gris de referencia de la GSDF de referencia (por ejemplo, correspondientes a un dominio de gran profundidad de bits, etc.) se mezclan con niveles de gris específicos de dispositivo de visualización de la GSDF específica de dispositivo de visualización (por ejemplo, correspondientes a un dominio de baja profundidad de bits, etc.). En estos casos, se usa una mezcla de colores para eliminar los artefactos de efecto de banda. Como parte de la mezcla de colores global, la mezcla de colores también se lleva a cabo en píxeles de salida circundantes locales (en el espacio y/o en el tiempo). En cierto sentido, el ojo humano puede representarse como un filtro paso bajo. Al menos en este sentido, calcular el promedio de los píxeles circundantes locales como se describe en el presente documento crea así niveles de gris de salida deseados que reducen y/o eliminan los artefactos visuales de efecto de banda, que de otro modo podrían estar presentes debido a las etapas de gran cuantización en la GSDF específica de dispositivo de visualización.

En casos menos comunes, las etapas de cuantización para valores de luminancia de la GSDF de referencia pueden superar ocasionalmente las de la GSDF específica de dispositivo de visualización. Se usa un proceso basado en un algoritmo de difuminación de contornos, sintetizando un nivel de gris de salida sobre la base de un nivel de gris de entrada, por ejemplo calculando el promedio de píxeles de entrada vecinos.

De manera correspondiente, si la  $\Delta L$  de GSDF de referencia es mayor que la  $\Delta L$  de GSDF específica de dispositivo de visualización, que es la trayectoria "S" en la figura 6, entonces se establece una bandera de algoritmo de difuminación de contornos para una entrada, en la LUT de conversión, que comprende el valor de código digital de referencia y el valor de código digital específico de dispositivo de visualización.

Si la  $\Delta L$  de GSDF de referencia es menor que la  $\Delta L$  de GSDF específica de dispositivo de visualización, que es la trayectoria "N" en la figura 6, entonces se establece una bandera de algoritmo de mezcla de colores para una entrada, en la LUT de conversión, que comprende el valor de código digital de referencia y el valor de código digital específico de dispositivo de visualización.

Si la  $\Delta L$  de GSDF de referencia es igual a la  $\Delta L$  de GSDF específica de dispositivo de visualización, entonces no se fija una bandera de algoritmo de difuminación de contornos ni una bandera de algoritmo de mezcla de colores para una entrada, en la LUT de conversión, que comprende el valor de código digital de referencia y el valor de código digital específico de dispositivo de visualización.

Las banderas de algoritmos de difuminación de contornos y de mezcla de colores pueden almacenarse con entradas en la LUT de conversión, o pueden almacenarse en una estructura de datos relacionada externa pero vinculada de manera operativa a la LUT de conversión.

En algunas realizaciones, la unidad de conversión (516) está configurada para recibir datos de imagen codificados de referencia, que pueden estar en forma de imágenes de entrada de gran profundidad de bits o de coma flotante, y para mapear los valores de código digital de referencia especificados en la GSDF de referencia con valores de código digital específicos de dispositivo de visualización especificados en la GSDF específica de dispositivo de visualización. Además de mapear valores de código digital entre las GSDF, la unidad de conversión (516) puede estar configurada para llevar a cabo una difuminación de contornos o una mezcla de colores basándose en de los ajustes de las banderas de algoritmo (banderas de algoritmo de difuminación de contornos o banderas de algoritmo de mezcla de colores) descritas anteriormente.

Como se ha indicado, la GSDF de referencia contiene posiblemente una cantidad mayor de detalles que una GSDF específica de dispositivo de visualización; de esta manera, la trayectoria "Y" de la figura 6 puede no ocurrir, o puede ocurrir con menos frecuencia. En algunas realizaciones, puede omitirse la trayectoria "Y" y el procesamiento relacionado para simplificar la implementación de una unidad de conversión.

En algunas realizaciones, dado un valor de código digital de referencia determinado para un píxel en los datos de imagen codificados de referencia, la unidad de conversión (516) busca en la LUT de conversión un valor de

código digital correspondiente específico de dispositivo de visualización, y sustituye el valor de código digital de referencia por el valor de código digital correspondiente específico de dispositivo de visualización. Además y/u opcionalmente, la unidad de conversión (516) determina si debe llevarse a cabo un algoritmo de difuminación de contornos o de mezcla de colores para el píxel, basándose en la existencia/establecimiento de una bandera de algoritmo para una entrada, de la LUT de conversión, que comprende el valor de código digital de referencia y el valor de código digital específico de dispositivo de visualización.

Si se determina que no debe llevarse a cabo el algoritmo de difuminación de contornos ni el algoritmo de mezcla de colores (por ejemplo, no hay ninguna indicación o bandera para llevar a cabo alguno de los algoritmos), entonces, por el momento, no se lleva a cabo ni la difuminación de contornos ni la mezcla de colores para el píxel.

Si se determina que debe llevarse a cabo un algoritmo de difuminación de contornos, entonces la unidad de conversión (516) puede llevar a cabo uno o más algoritmos de difuminación de contornos. Llevar a cabo el uno o más algoritmos de difuminación de contornos puede incluir recibir datos de imagen de píxeles vecinos locales de entrada e introducir los datos de imagen de los píxeles vecinos locales en los algoritmos de difuminación de contornos.

Si se determina que debe llevarse a cabo un algoritmo de mezcla de colores, entonces la unidad de conversión (516) puede llevar a cabo uno o más algoritmos de mezcla de colores.

El píxel puede seguir estando implicado en la difuminación de contornos o en la mezcla de colores si la unidad de conversión (516) determina que la difuminación de contornos o la mezcla de colores tienen que llevarse a cabo con respecto a píxeles vecinos. En un ejemplo, el nivel de gris (de salida) específico de dispositivo del píxel puede usarse para mezclar colores en píxeles vecinos locales. En otro ejemplo, el nivel de gris (de entrada) de referencia del píxel puede usarse para difuminar el contorno en píxeles vecinos locales.

En algunas realizaciones, la unidad de conversión (516) emite los resultados de procesamiento de las etapas anteriores a unidades o subunidades de procesamiento aguas abajo. Los resultados de procesamiento comprenden datos de imagen codificados específicos de dispositivo de visualización en el formato de imagen de salida de profundidad de bits específica de dispositivo de visualización codificada con valores de código digital en la GSDF específica de dispositivo de visualización (por ejemplo, GSDF-A).

La figura 7 ilustra un dispositivo de visualización SDR (700) de ejemplo que implementa un procesamiento de imágenes de 8 bits. El dispositivo de visualización SDR (700) o una unidad de descodificación VDR (702) del mismo, recibe una entrada codificada. La entrada codificada comprende datos de imagen codificados de referencia en un contenedor de datos de imagen que puede estar en uno de una pluralidad de formatos de contenedor de datos de imagen. La unidad de descodificación VDR (702) descodifica la entrada codificada y determina/recupera los datos de imagen codificados de referencia a partir de la misma. Los datos de imagen codificados de referencia pueden comprender datos de imagen para píxeles individuales en un espacio de colores (por ejemplo, un espacio de colores RGB, un espacio de colores YCbCr, etc.). Los datos de imagen para píxeles individuales pueden codificarse con valores de código digital de referencia en una GSDF de referencia.

Además y/u opcionalmente, el dispositivo de visualización SDR (700) comprende una unidad de gestión de visualización (704) que gestiona parámetros de visualización para el dispositivo de visualización SDR (700). Los parámetros de visualización pueden definir, al menos en parte, una GSDF específica de dispositivo de visualización (por ejemplo, la GSDF-B de la figura 5) asociada al dispositivo de visualización SDR (700). Los parámetros de visualización que definen la GSDF específica de dispositivo de visualización pueden incluir niveles de gris máximos (max) y mínimos (min) soportados por el dispositivo de visualización SDR (700). Los parámetros de visualización también pueden incluir colores primarios soportados por el dispositivo de visualización SDR, el tamaño de visualización, la reflectancia óptica de la superficie de reproducción de imágenes del dispositivo de visualización SDR y el nivel de luz ambiental. Algunos de los parámetros de visualización pueden estar preconfigurados con valores fijos. Algunos de los parámetros de visualización pueden ser medidos en tiempo real o casi en tiempo real por el dispositivo de visualización SDR (700). Algunos de los parámetros de visualización pueden ser configurados por un usuario del dispositivo de visualización SDR (700). Algunos de los parámetros de visualización pueden preconfigurarse con valores por defecto y pueden sobrescribirse mediante una medición o por un usuario. La unidad de gestión de visualización (704) establece/conforma la no linealidad perceptual de los niveles de gris específicos de dispositivo de visualización basándose en la GSDF de referencia y puede llevar a cabo adicional y/u opcionalmente el mapeo de tonos como parte del establecimiento/determinación de los niveles de gris específicos de dispositivo de visualización. Por ejemplo, una LUT de conversión como la ilustrada en la figura 5 y/u otros metadatos relacionados (por ejemplo, banderas de procesamiento de mezcla de colores y de difuminación de contornos, etc.) puede ser establecida por la unidad de gestión de visualización (704) con el fin de establecer/constituir la no linealidad perceptual de los niveles de gris específicos de dispositivo de visualización según la GSDF de referencia. Las operaciones en cascada descritas anteriormente pueden implementarse con la unidad de gestión de visualización (704) para crear la LUT de conversión y/u otros metadatos relacionados (712) relacionados con la GSDF de referencia y/o la GSDF específica de dispositivo de

visualización. La LUT de conversión y/u otros metadatos relacionados (712) pueden ser accedidos y usados por otras unidades o subunidades del dispositivo de visualización SDR (700). Además, la unidad de conversión LUT y/u otros metadatos relacionados pueden usarse como, o para obtener, metadatos (714) para invertir la no linealidad perceptual. Como se usa en el presente documento, invertir la no linealidad perceptual puede incluir

convertir valores de código digital específicos de dispositivo de visualización en niveles de control digital específicos de dispositivo de visualización (por ejemplo, niveles de voltaje digitalizados en el dispositivo de visualización).

Además y/u opcionalmente, el dispositivo de visualización SDR (700) incluye una unidad de conversión (516) como la ilustrada en la figura 5 y en la figura 6, y un cuantizador perceptual de 8 bits (706). En algunas realizaciones, el dispositivo de visualización SDR (700), o la unidad de conversión (516) y su cuantizador perceptual de 8 bits (706), convierte los datos de imagen codificados de referencia en una imagen de salida de profundidad de bits específica de dispositivo de visualización codificada con valores de código digital específicos de dispositivo de visualización asociados a la GSDF específica de dispositivo de visualización (por ejemplo, la GSDF-A o la GSDF-B de la figura 5), y cuantifica la imagen de salida de profundidad de bits específica de dispositivo de visualización en datos de imagen codificados perceptualmente en un espacio de código de 8 bits. Tal y como se usa en el presente documento, el término "codificado perceptualmente" puede referirse a un tipo de codificación que está basado en un modelo perceptual de visión humana, tal como una CSF, que da lugar a la GSDF de referencia.

Además y/u opcionalmente, el dispositivo de visualización SDR (700) comprende una unidad de posprocesamiento de video (708) que puede llevar a cabo, pero sin limitarse solamente a esto, ninguna, una o más de las operaciones de procesamiento de imágenes en los datos de imagen codificados perceptualmente en una representación de luminancia de 8 bits. Estas operaciones de procesamiento de imágenes pueden incluir, pero sin limitarse solamente a esto, compresión, descompresión, conversión del espacio de colores, muestreo descendente, muestreo ascendente o clasificación de colores. Los resultados de estas operaciones pueden emitirse a otras partes del dispositivo de visualización SDR (700).

En una realización de ejemplo, el dispositivo de visualización SDR (700) comprende un cuantizador perceptual inverso de 8 bits (710) configurado para convertir valores de código digital específicos de dispositivo de visualización de los resultados de las operaciones de procesamiento de imágenes en niveles de control digital específicos de dispositivo de visualización (por ejemplo, niveles de voltaje digitalizados). Los niveles de control digital específicos de dispositivo de visualización generados (o convertidos desde los valores de código digital) por el cuantizador perceptual inverso (710) pueden soportar específicamente uno de varios tipos de no linealidades de luminancia que pueden soportarse en el dispositivo de visualización SDR (700). En un ejemplo, el cuantizador perceptual inverso (710) convierte valores de código digital específicos de dispositivo de visualización en niveles de control digital específicos de dispositivo de visualización para soportar no linealidades de luminancia asociadas a la recomendación 709. En otro ejemplo, el cuantizador perceptual inverso (710) convierte valores de código digital específicos de dispositivo de visualización en niveles de control digital específicos de dispositivo de visualización para soportar no linealidades de luminancia asociadas a un dominio de luminancia lineal o un dominio de luminancia logarítmico (que puede integrarse de manera relativamente sencilla con operaciones de atenuación locales). En otro ejemplo, el cuantizador perceptual inverso (710) convierte valores de código digital específicos de dispositivo de visualización en niveles de control digital específicos de dispositivo de visualización para soportar una CSF específica de dispositivo de visualización (o su GSDF asociada), con una colocación óptima de niveles de gris específicos de dispositivo de visualización para el dispositivo de visualización (700) específico y posiblemente ajustados para las condiciones de visionado específicas del dispositivo de visualización (700).

#### 10. Flujos de proceso de ejemplo

La figura 8A ilustra un flujo de proceso de ejemplo, según una realización de la presente invención. En algunas realizaciones, uno o más dispositivos o componentes informáticos, tales como uno o más dispositivos informáticos en la infraestructura (500), pueden llevar a cabo este flujo de proceso. En el bloque 802, un dispositivo informático recibe datos de imagen que van a codificarse.

En el bloque 804, el dispositivo informático descodifica, basándose en un mapeo de referencia entre un conjunto de valores de código digital de referencia y un conjunto de niveles de gris de referencia, los datos de imagen que van a codificarse en datos de imagen codificados de referencia. En este caso, los valores de luminancia de los datos de imagen que van a codificarse se representan mediante el conjunto de valores de código digital de referencia. Una diferencia de luminancia entre dos niveles de gris de referencia representados por dos valores de código digital de referencia adyacentes en el conjunto de valores de código digital de referencia puede ser inversamente proporcional a la sensibilidad al contraste máxima de la visión humana adaptada a un nivel de luz particular.

En el bloque 806, el dispositivo informático emite los datos de imagen codificados de referencia.

En una realización, el dispositivo informático determina una función de visualización de escala de grises (GSDF) de referencia basándose en un modelo de función de sensibilidad al contraste (CSF); la GSDF de referencia especifica el mapeo de referencia entre el conjunto de valores de código digital de referencia y el conjunto de niveles de gris de referencia. El modelo de CSF comprende uno o más parámetros de modelo, que pueden tener un tamaño angular que está dentro de un rango que comprende uno o más de: entre 25 grados x 25 grados y 30 grados x 30 grados, entre 30 grados x 30 grados y 35 grados x 35 grados, entre 35 grados x 35 grados y 40 grados x 40 grados, entre 40 grados x 40 grados y 45 grados x 45 grados, o mayor que 45 grados x 45 grados.

En una realización, el dispositivo informático asigna un valor de luminancia intermedio, dentro de un rango de valores de luminancia soportado por el conjunto de niveles de gris de referencia, a un valor de código digital intermedio en un espacio de código que aloja el conjunto de valores de código digital, y obtiene, llevando a cabo una o más operaciones de acumulación o integración, una pluralidad de submapeos, donde cada submapeo mapea un valor de código digital de referencia del conjunto de valores de código digital de referencia con un nivel de gris de referencia del conjunto de niveles de gris de referencia. El valor de luminancia intermedio puede seleccionarse dentro de un rango que comprende uno o más de: menos de 50 nits, entre 50 nits y 100 nits inclusive, entre 100 y 500 nits inclusive, o más de 500 nits.

En una realización de ejemplo, el conjunto de niveles de gris de referencia cubre un rango dinámico con un límite superior que tiene un valor de: menos de 500 nits, entre 500 nits y 1000 nits inclusive, entre 1000 y 5000 nits inclusive, entre 5000 nits y 10000 nits inclusive, entre 10000 nits y 15000 nits inclusive o más de 15000 nits.

En una realización, la sensibilidad al contraste máxima se determina a partir de una curva de sensibilidad al contraste entre una pluralidad de curvas de sensibilidad al contraste determinadas según un modelo de función de sensibilidad al contraste (CSF) que presenta parámetros de modelo que comprenden uno o más de una variable de valor de luminancia, una variable de frecuencia espacial u otras variables.

En una realización, al menos dos sensibilidades al contraste máximas determinadas sobre la base de al menos dos curvas de sensibilidad al contraste de la pluralidad de curvas de sensibilidad al contraste se producen en dos valores de frecuencia espacial diferentes.

En una realización, el dispositivo informático convierte una o más imágenes de entrada representadas, recibidas, transmitidas o almacenadas con los datos de imagen que van a codificarse a partir de una señal de vídeo de entrada en una o más imágenes de salida representadas, recibidas, transmitidas o almacenadas con los datos de imagen codificados de referencia contenidos en una señal de vídeo de salida.

En una realización, los datos de imagen que van a codificarse comprenden datos de imagen codificados en un formato de imagen de alto rango dinámico (HDR) de alta resolución, un espacio de colores RGB asociado a la norma Academy Color Encoding Specification (ACES) de la Academy of Motion Picture Arts and Sciences (AMPAS), una norma de espacio de colores P3 de la Digital Cinema Initiative, la norma Reference Input Medium Metric/Reference Output Medium Metric (RIMM/ROMM), un espacio de colores sRGB, un espacio de colores RGB asociado a la Recomendación BT.709 de la Unión Internacional de las Telecomunicaciones (ITU), etc.

En una realización, la diferencia de luminancia entre los dos niveles de gris de referencia representados por los dos valores de código digital de referencia adyacentes es menor que el umbral de diferencia apenas perceptible en el nivel de luz particular.

En una realización, el nivel de luz particular es un valor de luminancia entre los dos valores de luminancia, inclusive.

En una realización, el conjunto de valores de código digital de referencia comprende valores enteros en un espacio de código con una profundidad de bit de: menos de 12 bits, entre 12 bits y 14 bits inclusive, al menos 14 bits, 14 bits o más.

En una realización, el conjunto de niveles de gris de referencia puede comprender un conjunto de valores de luminancia cuantizados.

La figura 8B ilustra otro flujo de proceso de ejemplo, según una realización de la presente invención. En algunas realizaciones, uno o más dispositivos o componentes informáticos, tales como uno o más dispositivos informáticos de la infraestructura (500), pueden llevar a cabo este flujo de proceso. En el bloque 852, un dispositivo informático determina un mapeo de código digital entre un conjunto de valores de código digital de referencia y un conjunto de valores de código digital específicos de dispositivo. En este caso, el conjunto de valores de código digital de referencia se mapea en un mapeo de referencia con un conjunto de niveles de gris de referencia, mientras que el conjunto de valores de código digital específicos de dispositivo se mapea en un mapeo específico de dispositivo con un conjunto de niveles de gris específicos de dispositivo.

En el bloque 854, el dispositivo informático recibe datos de imagen codificados de referencia codificados con el

conjunto de valores de código digital de referencia. Los valores de luminancia de los datos de imagen codificados de referencia están basados en el conjunto de valores de código digital de referencia. Una diferencia de luminancia entre dos niveles de gris de referencia representados por dos valores de código digital de referencia adyacentes en el conjunto de valores de código digital de referencia puede ser inversamente proporcional a la sensibilidad al contraste máxima de la visión humana adaptada a un nivel de luz particular.

En el bloque 856, el dispositivo informático transcodifica, sobre la base del mapeo de código digital, los datos de imagen codificados de referencia codificados con el conjunto de valores de código digital de referencia en datos de imagen específicos de dispositivo codificados con el conjunto de códigos de control digital específicos de dispositivo. Los valores de luminancia de los datos de imagen específicos de dispositivo están basados en el conjunto de valores de código digital específicos de dispositivo.

En una realización, el dispositivo informático determina un conjunto de relaciones de correspondencia entre el conjunto de valores de código digital de referencia y el conjunto de valores de código digital específicos de dispositivo. En este caso, una relación de correspondencia en el conjunto de relaciones de correspondencia relaciona un valor de código digital de referencia del conjunto de valores de código digital de referencia con un valor de código digital específico de dispositivo. El dispositivo informático compara además una primera diferencia de luminancia en el valor de código digital de referencia y una segunda diferencia de luminancia en el valor de código digital específico de dispositivo, y almacena, basándose en la comparación de la primera diferencia de luminancia y la segunda diferencia de luminancia, una bandera de algoritmo que indica si debe llevarse a cabo una mezcla de colores, una difuminación de contornos o ninguna operación para el valor de código digital de referencia.

En una realización, el dispositivo informático determina un valor de código digital de referencia a partir de los datos de imagen codificados de referencia para un píxel, y determina además si hay una bandera de algoritmo fijada para el valor de código digital de referencia. En respuesta a la determinación de que hay una bandera de algoritmo fijada para llevar a cabo la difuminación de contornos, el dispositivo informático lleva a cabo un algoritmo de difuminación de contornos en el píxel. Como alternativa, en respuesta a la determinación de que hay una bandera de algoritmo fijada para llevar a cabo una mezcla de colores, el dispositivo informático lleva a cabo un algoritmo de mezcla de colores en el píxel.

En una realización, el dispositivo informático reproduce una o más imágenes en un dispositivo de visualización basándose en los datos de imagen específicos de dispositivo codificados con el conjunto de códigos de control digital específicos de dispositivo. En este caso, el dispositivo de visualización puede ser, pero sin limitarse solamente a esto, una pantalla de rango dinámico visible (VDR), una pantalla de rango dinámico estándar (SDR), una pantalla de un dispositivo informático tipo tableta o una pantalla de un dispositivo manual.

En una realización, una función de visualización de escala de grises (GSDF) específica de dispositivo especifica el mapeo específico de dispositivo entre el conjunto de valores de código digital específicos de dispositivo y el conjunto de niveles de gris específicos de dispositivo.

En una realización, el mapeo específico de dispositivo se obtiene sobre la base de uno o más parámetros de visualización y en ninguno o más parámetros de condición de visionado.

En una realización, el conjunto de niveles de gris específicos de dispositivo cubre un rango dinámico con un límite superior que tiene un valor de: menos de 100 nits, más de 100 nits pero menos de 500 nits, entre 500 nits y 1000 nits inclusive, entre 1000 y 5000 nits inclusive, entre 5000 nits y 10000 nits inclusive o más de 10000 nits.

En una realización, el dispositivo informático convierte una o más imágenes de entrada representadas, recibidas, transmitidas o almacenadas con los datos de imagen codificados de referencia de una señal de vídeo de entrada en una o más imágenes de salida representadas, recibidas, transmitidas o almacenadas con los datos de imagen específicos de dispositivo contenidos en una señal de vídeo de salida.

En una realización, los datos de imagen específicos de dispositivo soportan la reproducción de imágenes en un formato de imagen de alto rango dinámico (HDR) de alta resolución, un espacio de colores RGB asociado a la norma Academy Color Encoding Specification (ACES) de la Academy of Motion Picture Arts and Sciences (AMPAS), una norma de espacio de colores P3 de la Digital Cinema Initiative, la norma Reference Input Medium Metric/Reference Output Medium Metric (RIMM/ROMM), un espacio de colores sRGB o un espacio de colores RGB asociado a la Recomendación BT.709 de la Unión Internacional de las Telecomunicaciones (ITU).

En una realización, el conjunto de valores de código digital específicos de dispositivo comprende valores enteros en un espacio de código con una profundidad de bit de: 8 bits, más de 8 bits pero menos de 12 bits, 12 bits o más.

En una realización, el conjunto de niveles de gris específicos de dispositivo puede comprender un conjunto de valores de luminancia cuantizados.



En diversas realizaciones, un codificador, un decodificador, un sistema, etc. lleva a cabo alguno o una parte de los anteriores métodos descritos.

## 5 11. Mecanismos de implementación - visión global del hardware

Según una realización, las técnicas descritas en el presente documento se implementan mediante uno o más dispositivos informáticos de propósito especial. Los dispositivos informáticos de propósito especial pueden estar cableados para llevar a cabo las técnicas, o pueden incluir dispositivos electrónicos digitales, tales como uno o más circuitos integrados de aplicación específica (ASIC) o matrices de puertas programables en campo (FPGA), que están programados de manera persistente para llevar a cabo las técnicas, o pueden incluir uno o más procesadores de hardware de propósito general programados para llevar a cabo las técnicas según instrucciones de programa en firmware, memoria, otro almacenamiento o una combinación. Tales dispositivos informáticos de propósito especial también pueden combinar lógica cableada personalizada, ASIC o FPGA con programación personalizada para llevar a cabo las técnicas. Los dispositivos informáticos de propósito especial pueden ser sistemas informáticos de escritorio, sistemas informáticos portátiles, dispositivos manuales, dispositivos de conexión en red o cualquier otro dispositivo que incluya lógica cableada y/o de programa para implementar las técnicas.

Por ejemplo, la figura 9 es un diagrama de bloques que ilustra un sistema informático 900 en el que puede implementarse una realización de ejemplo de la invención. El sistema informático 900 incluye un bus 902 u otro mecanismo de comunicación para comunicar información, y un procesador de hardware 904 acoplado al bus 902 para procesar información. El procesador de hardware 904 puede ser, por ejemplo, un microprocesador de propósito general.

El sistema informático 900 también incluye una memoria principal 906, tal como una memoria de acceso aleatorio (RAM) u otro dispositivo de almacenamiento dinámico, acoplada al bus 902 para almacenar información e instrucciones que serán ejecutadas por el procesador 904. La memoria principal 906 también puede usarse para almacenar variables temporales u otra información intermedia durante la ejecución de instrucciones que serán ejecutadas por el procesador 904. Tales instrucciones, cuando están almacenadas en medios de almacenamiento no transitorios accesibles por el procesador 904, convierten el sistema informático 900 en una máquina de propósito especial que está adaptada para llevar a cabo las operaciones especificadas en las instrucciones.

El sistema informático 900 incluye además una memoria de solo lectura (ROM) 908 u otro dispositivo de almacenamiento estático acoplado al bus 902 para almacenar información estática e instrucciones para el procesador 904. Se proporciona un dispositivo de almacenamiento 910, tal como un disco magnético o un disco óptico, y se acopla al bus 902 para almacenar información e instrucciones.

El sistema informático 900 puede estar acoplado, a través del bus 902, a un dispositivo de visualización 912, tal como una pantalla de cristal líquido, para mostrar información al usuario de un ordenador. Un dispositivo de entrada 914, que incluye teclas alfanuméricas y de otro tipo, está acoplado al bus 902 para comunicar información y selecciones de comandos al procesador 904. Otro tipo de dispositivo de entrada de usuario es un control de cursor 916, tal como un ratón, un ratón de bola o teclas de dirección de cursor, que comunica información de dirección y selecciones de comandos al procesador 904 y que controla el movimiento del cursor en el dispositivo de visualización 912. Este dispositivo de entrada tiene normalmente dos grados de libertad en dos ejes, un primer eje (por ejemplo, x) y un segundo eje (por ejemplo, y), que permiten al dispositivo especificar posiciones en un plano.

El sistema informático 900 puede implementar las técnicas descritas en el presente documento usando lógica cableada personalizada, uno o más ASIC o FPGA, firmware y/o lógica de programa que, de manera combinada con el sistema informático, provocan o programan el sistema informático 900 para que sea una máquina de propósito especial. Según una realización, las técnicas del presente documento son realizadas el sistema informático 900 en respuesta a que el procesador 904 ejecute una o más secuencias de una o más instrucciones contenidas en la memoria principal 906. Tales instrucciones pueden leerse en la memoria principal 906 desde otro medio de almacenamiento, tal como el dispositivo de almacenamiento 910. La ejecución de las secuencias de instrucciones contenidas en la memoria principal 906 hace que el procesador 904 lleve a cabo las etapas de proceso descritas en el presente documento. En realizaciones alternativas puede usarse un sistema de circuitos cableado en lugar de instrucciones de software o en combinación con estas.

El término "medios de almacenamiento" usado en el presente documento se refiere a cualquier medio no transitorio que almacena datos y/o instrucciones que hacen que una máquina funcione de manera específica. Tales medios de almacenamiento pueden comprender medios no volátiles y/o medios volátiles. Los medios no volátiles incluyen, por ejemplo, discos ópticos o magnéticos, tales como el dispositivo de almacenamiento 910. Los medios volátiles incluyen memoria dinámica, tal como la memoria principal 906. Formas comunes de medios de almacenamiento incluyen, por ejemplo, un disco flexible, un disco duro, una unidad de estado sólido, una cinta

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

Los medios de almacenamiento son distintos de los medios de transmisión pero pueden usarse junto con estos. Los medios de transmisión participan en la transferencia de información entre los medios de almacenamiento. Por ejemplo, los medios de transmisión incluyen cables coaxiales, hilos de cobre y fibra óptica, incluidos los cables que comprenden el bus 902. Los medios de transmisión también pueden adoptar la forma de ondas de luz o acústicas, tales como las generadas durante las comunicaciones de datos mediante ondas de radio e infrarrojos.

Diversas formas de medios pueden estar implicadas en llevar una o más secuencias de una o más instrucciones al procesador 904 para su ejecución. Por ejemplo, las instrucciones pueden estar almacenadas inicialmente en un disco magnético o una unidad de estado sólido de un ordenador remoto. El ordenador remoto puede cargar las instrucciones en su memoria dinámica y enviar las instrucciones a través de una línea telefónica usando un módem. Un módem local para el sistema informático 900 puede recibir los datos en la línea telefónica y usar un transmisor de infrarrojos para convertir los datos en una señal de infrarrojos. Un detector de infrarrojos puede recibir los datos transmitidos en la señal infrarroja, y un sistema de circuitos apropiado puede transferir los datos al bus 902. El bus 902 transmite los datos a la memoria principal 906, desde la que el procesador 904 obtiene y ejecuta las instrucciones. Las instrucciones recibidas por la memoria principal 906 pueden almacenarse opcionalmente en el dispositivo de almacenamiento 910 antes o después de su ejecución por medio del procesador 904.

El sistema informático 900 incluye además una interfaz de comunicaciones 918 acoplada al bus 902. La interfaz de comunicaciones 918 proporciona un acoplamiento de comunicación de datos bidireccional a un enlace de red 920 que está conectado a una red local 922. Por ejemplo, la interfaz de comunicaciones 918 puede ser una tarjeta de red digital de servicios integrados (RDSI), un módem por cable, un módem por satélite o un módem que proporciona una conexión de comunicación de datos hacia un tipo correspondiente de línea telefónica. Como otro ejemplo, la interfaz de comunicaciones 918 puede ser una tarjeta de red de área local (LAN) que proporciona una conexión de comunicación de datos hacia una LAN compatible. También pueden implementarse enlaces inalámbricos. En cualquiera de estas implementaciones, la interfaz de comunicaciones 918 envía y recibe señales eléctricas, electromagnéticas u ópticas que llevan trenes de datos digitales que representan diversos tipos de información.

El enlace de red 920 proporciona normalmente una comunicación de datos, a través de una o más redes, a otros dispositivos de datos. Por ejemplo, en enlace de red 920 puede proporcionar una conexión a través de una red local 922 hacia un ordenador principal 924 o hacia equipos de datos gestionados por un proveedor de servicios de Internet (ISP) 926. A su vez, el ISP 926 proporciona servicios de comunicación de datos a través de la red mundial de comunicación de datos por paquetes, denominada en la actualidad "Internet" 928. Tanto la red local 922 como internet 928 usan señales eléctricas, electromagnéticas u ópticas que llevan trenes de datos digitales. Las señales a través de las diversas redes y las señales en el enlace de red 920 y a través de la interfaz de comunicaciones 918, que llevan los datos digitales hacia y desde el sistema informático 900, son formas de ejemplo de medios de transmisión.

El sistema informático 900 puede enviar mensajes y recibir datos, incluyendo código de programa, a través de la(s) red(es), el enlace de red 920 y la interfaz de comunicaciones 918. En el ejemplo de internet, un servidor 930 puede transmitir un código solicitado para un programa de aplicación a través de internet 928, el ISP 926, la red local 922 y la interfaz de comunicaciones 918.

El código recibido puede ser ejecutado por el procesador 904 cuando se recibe, y/o almacenarse en el dispositivo de almacenamiento 910, o en otro almacenamiento no volátil, para su posterior ejecución.

La siguiente tabla 3 describe el cálculo de la curva perceptual EOTF para convertir valores de código de vídeo digital en niveles de luminancia lineal absoluta en el momento de la visualización. También incluye el cálculo OETF inverso para convertir la luminancia lineal absoluta en valores de código digital.

Tabla 3. Especificación de ejemplo para EOTF de curva perceptual

**Definiciones de ejemplo de la ecuación:**

D = valor de código digital de curva perceptual, entero sin signo de SDI permitida, 10 o 12 bits

b = número de bits por componente en representación de señales digitales, 10 o 12

V = valor de señal normalizado de curva perceptual,  $0 \leq V \leq 1$

Y = valor de luminancia normalizado,  $0 \leq Y \leq 1$

L = valor de luminancia absoluto,  $0 \leq L \leq 10000 \text{ cd/m}^2$

Ecuaciones de codificación OETF de ejemplo:

$$V = \frac{D - 4 \cdot 2^{b-10}}{1015 \cdot 2^{b-10}}$$

$$Y = \left( \frac{\max \left[ \left( V^{1/m} - c_1 \right), 0 \right]}{c_2 - c_3 V^{1/m}} \right)^{1/n}$$

$$L = 10\,000 \cdot Y$$

Ecuaciones de decodificación OETF de ejemplo:

$$Y = \frac{L}{10\,000}$$

$$V = \left( \frac{c_1 + c_2 Y^n}{1 + c_3 Y^n} \right)^m$$

$$D = \text{INT}(1015 \cdot V \cdot 2^{b-10}) + 4 \cdot 2^{b-10}$$

Constantes de ejemplo:

$$n = \frac{2610}{4096} \times \frac{1}{4} \approx 0,15930176$$

$$m = \frac{2523}{4096} \times 128 = 78,84375$$

$$c_1 = c_3 - c_2 + 1 = \frac{3424}{4096} = 0,8359375$$

$$c_2 = \frac{2413}{4096} \times 32 = 18,8515625$$

$$c_3 = \frac{2392}{4096} \times 32 = 18,6875$$

Notas:

1. El operador INT devuelve el valor de 0 para partes fraccionales en el rango comprendido entre 0 y 0,4999, y +1 para partes fraccionales en el rango comprendido entre 0,5 y 0,9999, es decir, redondea por lo alto fracciones superiores a 0,5.
2. Todas las constantes están definidas como múltiplos exactos de números racionales de 12 bits para evitar problemas de redondeo.
3. Los componentes de señal R, G o B se calculan de la misma manera que el componente de señal Y descrito anteriormente.

La siguiente tabla 4 muestra valores de ejemplo para 10 bits.

Tabla 4. Tabla de valores de ejemplo para 10 bits

D	V	Y	L (cd/m <sup>2</sup> )
0		Reservados	
1		Reservados	
2		Reservados	
3		Reservados	
4	0.00000	0.000E+00	0.00000
5	0.00099	4.096E-09	0.00004
6	0.00197	1.329E-08	0.00013
7	0.00296	2.659E-08	0.00027
8	0.00394	4.374E-08	0.00044
9	0.00493	6.463E-08	0.00065
10	0.00591	8.922E-08	0.00089
11	0.00690	1.175E-07	0.00117
12	0.00788	1.495E-07	0.00149
13	0.00887	1.852E-07	0.00185
14	0.00985	2.248E-07	0.00225
15	0.01084	2.681E-07	0.00268
16	0.01182	3.154E-07	0.00315
17	0.01281	3.666E-07	0.00367
18	0.01379	4.219E-07	0.00422
19	0.01478	4.812E-07	0.00481
20	0.01576	5.447E-07	0.00545
21	0.01675	6.125E-07	0.00613
22	0.01773	6.846E-07	0.00685
23	0.01872	7.610E-07	0.00761
24	0.01970	8.420E-07	0.00842
25	0.02069	9.275E-07	0.00927
26	0.02167	1.018E-06	0.01018
27	0.02266	1.112E-06	0.01112
28	0.02365	1.212E-06	0.01212
29	0.02463	1.317E-06	0.01317
30	0.02562	1.426E-06	0.01426
31	0.02660	1.541E-06	0.01541
32	0.02759	1.661E-06	0.01661
33	0.02857	1.786E-06	0.01786
34	0.02956	1.916E-06	0.01916
35	0.03054	2.052E-06	0.02052
36	0.03153	2.193E-06	0.02193
37	0.03251	2.340E-06	0.02340
38	0.03350	2.493E-06	0.02493
39	0.03448	2.652E-06	0.02652
40	0.03547	2.816E-06	0.02816
41	0.03645	2.987E-06	0.02987
42	0.03744	3.163E-06	0.03163
43	0.03842	3.346E-06	0.03346
44	0.03941	3.536E-06	0.03536
45	0.04039	3.731E-06	0.03731
46	0.04138	3.934E-06	0.03934
47	0.04236	4.143E-06	0.04143
48	0.04335	4.358E-06	0.04358
49	0.04433	4.581E-06	0.04581

D	V	Y	L (cd/m <sup>2</sup> )
50	0.04532	4.810E-06	0.04810
51	0.04631	5.047E-06	0.05047
52	0.04729	5.291E-06	0.05291
53	0.04828	5.542E-06	0.05542
54	0.04926	5.801E-06	0.05801
55	0.05025	6.067E-06	0.06067
56	0.05123	6.341E-06	0.06341
57	0.05222	6.623E-06	0.06623
58	0.05320	6.913E-06	0.06913
59	0.05419	7.211E-06	0.07211
60	0.05517	7.517E-06	0.07517
61	0.05616	7.831E-06	0.07831
62	0.05714	8.154E-06	0.08154
63	0.05813	8.485E-06	0.08485
64	0.05911	8.825E-06	0.08825
65	0.06010	9.174E-06	0.09174
66	0.06108	9.532E-06	0.09532
67	0.06207	9.899E-06	0.09899
68	0.06305	1.027E-05	0.10275
69	0.06404	1.066E-05	0.10660
70	0.06502	1.106E-05	0.11055
71	0.06601	1.146E-05	0.11460
72	0.06700	1.187E-05	0.11874
73	0.06798	1.230E-05	0.12298
74	0.06897	1.273E-05	0.12733
75	0.06995	1.318E-05	0.13177
76	0.07094	1.363E-05	0.13632
77	0.07192	1.410E-05	0.14097
78	0.07291	1.457E-05	0.14573
79	0.07389	1.506E-05	0.15060
80	0.07488	1.556E-05	0.15558
81	0.07586	1.607E-05	0.16067
82	0.07685	1.659E-05	0.16587
83	0.07783	1.712E-05	0.17119
84	0.07882	1.766E-05	0.17662
85	0.07980	1.822E-05	0.18217
86	0.08079	1.878E-05	0.18783
87	0.08177	1.936E-05	0.19362
88	0.08276	1.995E-05	0.19953
89	0.08374	2.056E-05	0.20556
90	0.08473	2.117E-05	0.21172
91	0.08571	2.180E-05	0.21801
92	0.08670	2.244E-05	0.22443
93	0.08768	2.310E-05	0.23097
94	0.08867	2.377E-05	0.23765
95	0.08966	2.445E-05	0.24447
96	0.09064	2.514E-05	0.25142
97	0.09163	2.585E-05	0.25850
98	0.09261	2.657E-05	0.26573
99	0.09360	2.731E-05	0.27310

D	V	Y	L (cd/m <sup>2</sup> )
100	0.09458	2.806E-05	0.28061
101	0.09557	2.883E-05	0.28826
102	0.09655	2.961E-05	0.29607
103	0.09754	3.040E-05	0.30402
104	0.09852	3.121E-05	0.31212
105	0.09951	3.204E-05	0.32038
106	0.10049	3.288E-05	0.32879
107	0.10148	3.374E-05	0.33736
108	0.10246	3.461E-05	0.34608
109	0.10345	3.550E-05	0.35497
110	0.10443	3.640E-05	0.36402
111	0.10542	3.732E-05	0.37324
112	0.10640	3.826E-05	0.38262
113	0.10739	3.922E-05	0.39217
114	0.10837	4.019E-05	0.40189
115	0.10936	4.118E-05	0.41179
116	0.11034	4.219E-05	0.42186
117	0.11133	4.321E-05	0.43211
118	0.11232	4.425E-05	0.44254
119	0.11330	4.531E-05	0.45315
120	0.11429	4.639E-05	0.46394
121	0.11527	4.749E-05	0.47492
122	0.11626	4.861E-05	0.48609
123	0.11724	4.975E-05	0.49746
124	0.11823	5.090E-05	0.50901
125	0.11921	5.208E-05	0.52076
126	0.12020	5.327E-05	0.53271
127	0.12118	5.449E-05	0.54486
128	0.12217	5.572E-05	0.55722
129	0.12315	5.698E-05	0.56978
130	0.12414	5.825E-05	0.58255
131	0.12512	5.955E-05	0.59552
132	0.12611	6.087E-05	0.60872
133	0.12709	6.221E-05	0.62212
134	0.12808	6.357E-05	0.63575
135	0.12906	6.496E-05	0.64959
136	0.13005	6.637E-05	0.66366
137	0.13103	6.780E-05	0.67796
138	0.13202	6.925E-05	0.69248
139	0.13300	7.072E-05	0.70724
140	0.13399	7.222E-05	0.72223
141	0.13498	7.375E-05	0.73746
142	0.13596	7.529E-05	0.75292
143	0.13695	7.686E-05	0.76863
144	0.13793	7.846E-05	0.78458
145	0.13892	8.008E-05	0.80079
146	0.13990	8.172E-05	0.81724
147	0.14089	8.339E-05	0.83395
148	0.14187	8.509E-05	0.85091
149	0.14286	8.681E-05	0.86814

D	V	Y	L (cd/m <sup>2</sup> )
150	0.14384	8.856E-05	0.88562
151	0.14483	9.034E-05	0.90338
152	0.14581	9.214E-05	0.92140
153	0.14680	9.397E-05	0.93969
154	0.14778	9.583E-05	0.95826
155	0.14877	9.771E-05	0.97711
156	0.14975	9.962E-05	0.99624
157	0.15074	1.016E-04	1.01565
158	0.15172	1.035E-04	1.03535
159	0.15271	1.055E-04	1.05534
160	0.15369	1.076E-04	1.07563
161	0.15468	1.096E-04	1.09622
162	0.15567	1.117E-04	1.11710
163	0.15665	1.138E-04	1.13829
164	0.15764	1.160E-04	1.15979
165	0.15862	1.182E-04	1.18160
166	0.15961	1.204E-04	1.20372
167	0.16059	1.226E-04	1.22616
168	0.16158	1.249E-04	1.24892
169	0.16256	1.272E-04	1.27201
170	0.16355	1.295E-04	1.29543
171	0.16453	1.319E-04	1.31918
172	0.16552	1.343E-04	1.34326
173	0.16650	1.368E-04	1.36769
174	0.16749	1.392E-04	1.39246
175	0.16847	1.418E-04	1.41758
176	0.16946	1.443E-04	1.44304
177	0.17044	1.469E-04	1.46887
178	0.17143	1.495E-04	1.49505
179	0.17241	1.522E-04	1.52160
180	0.17340	1.549E-04	1.54851
181	0.17438	1.576E-04	1.57579
182	0.17537	1.603E-04	1.60345
183	0.17635	1.631E-04	1.63148
184	0.17734	1.660E-04	1.65990
185	0.17833	1.689E-04	1.68871
186	0.17931	1.718E-04	1.71791
187	0.18030	1.748E-04	1.74750
188	0.18128	1.777E-04	1.77749
189	0.18227	1.808E-04	1.80789
190	0.18325	1.839E-04	1.83870
191	0.18424	1.870E-04	1.86991
192	0.18522	1.902E-04	1.90155
193	0.18621	1.934E-04	1.93361
194	0.18719	1.966E-04	1.96609
195	0.18818	1.999E-04	1.99900
196	0.18916	2.032E-04	2.03235
197	0.19015	2.066E-04	2.06614
198	0.19113	2.100E-04	2.10037
199	0.19212	2.135E-04	2.13506

D	V	Y	L (cd/m <sup>2</sup> )
200	0.19310	2.170E-04	2.17019
201	0.19409	2.206E-04	2.20579
202	0.19507	2.242E-04	2.24185
203	0.19606	2.278E-04	2.27837
204	0.19704	2.315E-04	2.31537
205	0.19803	2.353E-04	2.35285
206	0.19901	2.391E-04	2.39081
207	0.20000	2.429E-04	2.42926
208	0.20099	2.468E-04	2.46821
209	0.20197	2.508E-04	2.50765
210	0.20296	2.548E-04	2.54760
211	0.20394	2.588E-04	2.58805
212	0.20493	2.629E-04	2.62902
213	0.20591	2.671E-04	2.67051
214	0.20690	2.713E-04	2.71252
215	0.20788	2.755E-04	2.75507
216	0.20887	2.798E-04	2.79815
217	0.20985	2.842E-04	2.84177
218	0.21084	2.886E-04	2.88594
219	0.21182	2.931E-04	2.93066
220	0.21281	2.976E-04	2.97594
221	0.21379	3.022E-04	3.02179
222	0.21478	3.068E-04	3.06820
223	0.21576	3.115E-04	3.11519
224	0.21675	3.163E-04	3.16276
225	0.21773	3.211E-04	3.21092
226	0.21872	3.260E-04	3.25967
227	0.21970	3.309E-04	3.30903
228	0.22069	3.359E-04	3.35898
229	0.22167	3.410E-04	3.40955
230	0.22266	3.461E-04	3.46074
231	0.22365	3.513E-04	3.51255
232	0.22463	3.565E-04	3.56500
233	0.22562	3.618E-04	3.61808
234	0.22660	3.672E-04	3.67180
235	0.22759	3.726E-04	3.72618
236	0.22857	3.781E-04	3.78121
237	0.22956	3.837E-04	3.83690
238	0.23054	3.893E-04	3.89327
239	0.23153	3.950E-04	3.95031
240	0.23251	4.008E-04	4.00803
241	0.23350	4.066E-04	4.06645
242	0.23448	4.126E-04	4.12556
243	0.23547	4.185E-04	4.18537
244	0.23645	4.246E-04	4.24590
245	0.23744	4.307E-04	4.30715
246	0.23842	4.369E-04	4.36912
247	0.23941	4.432E-04	4.43182
248	0.24039	4.495E-04	4.49527
249	0.24138	4.559E-04	4.55946

D	V	Y	L (cd/m <sup>2</sup> )
250	0.24236	4.624E-04	4.62440
251	0.24335	4.690E-04	4.69011
252	0.24433	4.757E-04	4.75659
253	0.24532	4.824E-04	4.82385
254	0.24631	4.892E-04	4.89189
255	0.24729	4.961E-04	4.96073
256	0.24828	5.030E-04	5.03036
257	0.24926	5.101E-04	5.10081
258	0.25025	5.172E-04	5.17207
259	0.25123	5.244E-04	5.24416
260	0.25222	5.317E-04	5.31707
261	0.25320	5.391E-04	5.39084
262	0.25419	5.465E-04	5.46545
263	0.25517	5.541E-04	5.54091
264	0.25616	5.617E-04	5.61725
265	0.25714	5.694E-04	5.69446
266	0.25813	5.773E-04	5.77255
267	0.25911	5.852E-04	5.85153
268	0.26010	5.931E-04	5.93142
269	0.26108	6.012E-04	6.01221
270	0.26207	6.094E-04	6.09393
271	0.26305	6.177E-04	6.17657
272	0.26404	6.260E-04	6.26014
273	0.26502	6.345E-04	6.34467
274	0.26601	6.430E-04	6.43014
275	0.26700	6.517E-04	6.51658
276	0.26798	6.604E-04	6.60400
277	0.26897	6.692E-04	6.69239
278	0.26995	6.782E-04	6.78178
279	0.27094	6.872E-04	6.87217
280	0.27192	6.964E-04	6.96357
281	0.27291	7.056E-04	7.05600
282	0.27389	7.149E-04	7.14945
283	0.27488	7.244E-04	7.24395
284	0.27586	7.339E-04	7.33949
285	0.27685	7.436E-04	7.43610
286	0.27783	7.534E-04	7.53378
287	0.27882	7.633E-04	7.63254
288	0.27980	7.732E-04	7.73240
289	0.28079	7.833E-04	7.83335
290	0.28177	7.935E-04	7.93542
291	0.28276	8.039E-04	8.03862
292	0.28374	8.143E-04	8.14295
293	0.28473	8.248E-04	8.24842
294	0.28571	8.355E-04	8.35505
295	0.28670	8.463E-04	8.46285
296	0.28768	8.572E-04	8.57183
297	0.28867	8.682E-04	8.68200
298	0.28966	8.793E-04	8.79337
299	0.29064	8.906E-04	8.90595

D	V	Y	L (cd/m <sup>2</sup> )
300	0.29163	9.020E-04	9.01976
301	0.29261	9.135E-04	9.13480
302	0.29360	9.251E-04	9.25109
303	0.29458	9.369E-04	9.36864
304	0.29557	9.487E-04	9.48746
305	0.29655	9.608E-04	9.60757
306	0.29754	9.729E-04	9.72897
307	0.29852	9.852E-04	9.85168
308	0.29951	9.976E-04	9.97571
309	0.30049	1.010E-03	10.10108
310	0.30148	1.023E-03	10.22779
311	0.30246	1.036E-03	10.35585
312	0.30345	1.049E-03	10.48529
313	0.30443	1.062E-03	10.61612
314	0.30542	1.075E-03	10.74834
315	0.30640	1.088E-03	10.88197
316	0.30739	1.102E-03	11.01703
317	0.30837	1.115E-03	11.15352
318	0.30936	1.129E-03	11.29147
319	0.31034	1.143E-03	11.43087
320	0.31133	1.157E-03	11.57176
321	0.31232	1.171E-03	11.71414
322	0.31330	1.186E-03	11.85803
323	0.31429	1.200E-03	12.00343
324	0.31527	1.215E-03	12.15037
325	0.31626	1.230E-03	12.29886
326	0.31724	1.245E-03	12.44891
327	0.31823	1.260E-03	12.60054
328	0.31921	1.275E-03	12.75376
329	0.32020	1.291E-03	12.90859
330	0.32118	1.307E-03	13.06505
331	0.32217	1.322E-03	13.22314
332	0.32315	1.338E-03	13.38288
333	0.32414	1.354E-03	13.54430
334	0.32512	1.371E-03	13.70739
335	0.32611	1.387E-03	13.87219
336	0.32709	1.404E-03	14.03870
337	0.32808	1.421E-03	14.20695
338	0.32906	1.438E-03	14.37694
339	0.33005	1.455E-03	14.54869
340	0.33103	1.472E-03	14.72223
341	0.33202	1.490E-03	14.89756
342	0.33300	1.507E-03	15.07471
343	0.33399	1.525E-03	15.25369
344	0.33498	1.543E-03	15.43451
345	0.33596	1.562E-03	15.61720
346	0.33695	1.580E-03	15.80177
347	0.33793	1.599E-03	15.98824
348	0.33892	1.618E-03	16.17663
349	0.33990	1.637E-03	16.36695

D	V	Y	L (cd/m <sup>2</sup> )
350	0.34089	1.656E-03	16.55922
351	0.34187	1.675E-03	16.75346
352	0.34286	1.695E-03	16.94970
353	0.34384	1.715E-03	17.14794
354	0.34483	1.735E-03	17.34820
355	0.34581	1.755E-03	17.55051
356	0.34680	1.775E-03	17.75488
357	0.34778	1.796E-03	17.96133
358	0.34877	1.817E-03	18.16989
359	0.34975	1.838E-03	18.38056
360	0.35074	1.859E-03	18.59338
361	0.35172	1.881E-03	18.80835
362	0.35271	1.903E-03	19.02551
363	0.35369	1.924E-03	19.24486
364	0.35468	1.947E-03	19.46644
365	0.35567	1.969E-03	19.69075
366	0.35665	1.992E-03	19.91632
367	0.35764	2.014E-03	20.14468
368	0.35862	2.038E-03	20.37534
369	0.35961	2.061E-03	20.60832
370	0.36059	2.084E-03	20.84364
371	0.36158	2.108E-03	21.08134
372	0.36256	2.132E-03	21.32141
373	0.36355	2.156E-03	21.56390
374	0.36453	2.181E-03	21.80882
375	0.36552	2.206E-03	22.05620
376	0.36650	2.231E-03	22.30605
377	0.36749	2.256E-03	22.55840
378	0.36847	2.281E-03	22.81327
379	0.36946	2.307E-03	23.07068
380	0.37044	2.333E-03	23.33067
381	0.37143	2.359E-03	23.59324
382	0.37241	2.386E-03	23.85843
383	0.37340	2.413E-03	24.12626
384	0.37438	2.440E-03	24.39674
385	0.37537	2.467E-03	24.66992
386	0.37635	2.495E-03	24.94581
387	0.37734	2.522E-03	25.22443
388	0.37833	2.551E-03	25.50582
389	0.37931	2.579E-03	25.78999
390	0.38030	2.608E-03	26.07697
391	0.38128	2.637E-03	26.36679
392	0.38227	2.666E-03	26.65947
393	0.38325	2.696E-03	26.95504
394	0.38424	2.725E-03	27.25352
395	0.38522	2.755E-03	27.55495
396	0.38621	2.786E-03	27.85934
397	0.38719	2.817E-03	28.16672
398	0.38818	2.848E-03	28.47713
399	0.38916	2.879E-03	28.79059

D	V	Y	L (cd/m <sup>2</sup> )
400	0.39015	2.911E-03	29.10712
401	0.39113	2.943E-03	29.42676
402	0.39212	2.975E-03	29.74953
403	0.39310	3.008E-03	30.07546
404	0.39409	3.040E-03	30.40459
405	0.39507	3.074E-03	30.73692
406	0.39606	3.107E-03	31.07251
407	0.39704	3.141E-03	31.41137
408	0.39803	3.175E-03	31.75354
409	0.39901	3.210E-03	32.09905
410	0.40000	3.245E-03	32.44792
411	0.40099	3.280E-03	32.80018
412	0.40197	3.316E-03	33.15588
413	0.40296	3.352E-03	33.51503
414	0.40394	3.388E-03	33.87767
415	0.40493	3.424E-03	34.24383
416	0.40591	3.461E-03	34.61355
417	0.40690	3.499E-03	34.98684
418	0.40788	3.536E-03	35.36376
419	0.40887	3.574E-03	35.74432
420	0.40985	3.613E-03	36.12857
421	0.41084	3.652E-03	36.51652
422	0.41182	3.691E-03	36.90823
423	0.41281	3.730E-03	37.30372
424	0.41379	3.770E-03	37.70303
425	0.41478	3.811E-03	38.10618
426	0.41576	3.851E-03	38.51322
427	0.41675	3.892E-03	38.92418
428	0.41773	3.934E-03	39.33909
429	0.41872	3.976E-03	39.75800
430	0.41970	4.018E-03	40.18093
431	0.42069	4.061E-03	40.60792
432	0.42167	4.104E-03	41.03901
433	0.42266	4.147E-03	41.47423
434	0.42365	4.191E-03	41.91363
435	0.42463	4.236E-03	42.35723
436	0.42562	4.281E-03	42.80509
437	0.42660	4.326E-03	43.25723
438	0.42759	4.371E-03	43.71369
439	0.42857	4.417E-03	44.17451
440	0.42956	4.464E-03	44.63974
441	0.43054	4.511E-03	45.10941
442	0.43153	4.558E-03	45.58355
443	0.43251	4.606E-03	46.06227
444	0.43350	4.655E-03	46.54545
445	0.43448	4.703E-03	47.03328
446	0.43547	4.753E-03	47.52575
447	0.43645	4.802E-03	48.02291
448	0.43744	4.852E-03	48.52479
449	0.43842	4.903E-03	49.03144

D	V	Y	L (cd/m <sup>2</sup> )
450	0.43941	4.954E-03	49.54290
451	0.44039	5.006E-03	50.05921
452	0.44138	5.058E-03	50.58042
453	0.44236	5.111E-03	51.10657
454	0.44335	5.164E-03	51.63771
455	0.44433	5.217E-03	52.17387
456	0.44532	5.272E-03	52.71511
457	0.44631	5.326E-03	53.26147
458	0.44729	5.381E-03	53.81299
459	0.44828	5.437E-03	54.36973
460	0.44926	5.493E-03	54.93172
461	0.45025	5.550E-03	55.49901
462	0.45123	5.607E-03	56.07166
463	0.45222	5.665E-03	56.64970
464	0.45320	5.723E-03	57.23319
465	0.45419	5.782E-03	57.82218
466	0.45517	5.842E-03	58.41671
467	0.45616	5.902E-03	59.01683
468	0.45714	5.962E-03	59.62260
469	0.45813	6.023E-03	60.23406
470	0.45911	6.085E-03	60.85126
471	0.46010	6.147E-03	61.47426
472	0.46108	6.210E-03	62.10311
473	0.46207	6.274E-03	62.73785
474	0.46305	6.338E-03	63.37855
475	0.46404	6.403E-03	64.02525
476	0.46502	6.468E-03	64.67801
477	0.46601	6.534E-03	65.33688
478	0.46700	6.600E-03	66.00191
479	0.46798	6.667E-03	66.67316
480	0.46897	6.735E-03	67.35059
481	0.46995	6.803E-03	68.03455
482	0.47094	6.872E-03	68.72480
483	0.47192	6.942E-03	69.42149
484	0.47291	7.012E-03	70.12468
485	0.47389	7.083E-03	70.83443
486	0.47488	7.155E-03	71.55079
487	0.47586	7.227E-03	72.27383
488	0.47685	7.300E-03	73.00361
489	0.47783	7.374E-03	73.74018
490	0.47882	7.448E-03	74.48361
491	0.47980	7.523E-03	75.23395
492	0.48079	7.599E-03	75.99127
493	0.48177	7.676E-03	76.75562
494	0.48276	7.753E-03	77.52708
495	0.48374	7.831E-03	78.30570
496	0.48473	7.909E-03	79.09155
497	0.48571	7.988E-03	79.88469
498	0.48670	8.069E-03	80.68519
499	0.48768	8.149E-03	81.49310



D	V	Y	L(cd/m <sup>2</sup> )
500	0.48867	8.231E-03	82.30851
501	0.48966	8.313E-03	83.13146
502	0.49064	8.396E-03	83.96204
503	0.49163	8.480E-03	84.80031
504	0.49261	8.565E-03	85.64633
505	0.49360	8.650E-03	86.50017
506	0.49458	8.736E-03	87.36191
507	0.49557	8.823E-03	88.23161
508	0.49655	8.911E-03	89.10934
509	0.49754	9.000E-03	89.99518
510	0.49852	9.089E-03	90.88920
511	0.49951	9.179E-03	91.79146
512	0.50049	9.270E-03	92.70205
513	0.50148	9.362E-03	93.62103
514	0.50246	9.455E-03	94.54848
515	0.50345	9.548E-03	95.48448
516	0.50443	9.643E-03	96.42909
517	0.50542	9.738E-03	97.38241
518	0.50640	9.834E-03	98.34449
519	0.50739	9.932E-03	99.31543
520	0.50837	1.003E-02	100.29530
521	0.50936	1.013E-02	101.28417
522	0.51034	1.023E-02	102.28213
523	0.51133	1.033E-02	103.28927
524	0.51232	1.043E-02	104.30565
525	0.51330	1.053E-02	105.33136
526	0.51429	1.064E-02	106.36648
527	0.51527	1.074E-02	107.41110
528	0.51626	1.085E-02	108.46530
529	0.51724	1.095E-02	109.52917
530	0.51823	1.106E-02	110.60279
531	0.51921	1.117E-02	111.68624
532	0.52020	1.128E-02	112.77962
533	0.52118	1.139E-02	113.88301
534	0.52217	1.150E-02	114.99650
535	0.52315	1.161E-02	116.12018
536	0.52414	1.173E-02	117.25414
537	0.52512	1.184E-02	118.39847
538	0.52611	1.196E-02	119.55326
539	0.52709	1.207E-02	120.71860
540	0.52808	1.219E-02	121.89459
541	0.52906	1.231E-02	123.08132
542	0.53005	1.243E-02	124.27889
543	0.53103	1.255E-02	125.48739
544	0.53202	1.267E-02	126.70692
545	0.53300	1.279E-02	127.93758
546	0.53399	1.292E-02	129.17946
547	0.53498	1.304E-02	130.43266
548	0.53596	1.317E-02	131.69729
549	0.53695	1.330E-02	132.97344

D	V	Y	L(cd/m <sup>2</sup> )
550	0.53793	1.343E-02	134.26122
551	0.53892	1.356E-02	135.56073
552	0.53990	1.369E-02	136.87207
553	0.54089	1.382E-02	138.19535
554	0.54187	1.395E-02	139.53067
555	0.54286	1.409E-02	140.87814
556	0.54384	1.422E-02	142.23786
557	0.54483	1.436E-02	143.60995
558	0.54581	1.450E-02	144.99451
559	0.54680	1.464E-02	146.39166
560	0.54778	1.478E-02	147.80150
561	0.54877	1.492E-02	149.22415
562	0.54975	1.507E-02	150.65972
563	0.55074	1.521E-02	152.10833
564	0.55172	1.536E-02	153.57009
565	0.55271	1.550E-02	155.04511
566	0.55369	1.565E-02	156.53351
567	0.55468	1.580E-02	158.03542
568	0.55567	1.596E-02	159.55094
569	0.55665	1.611E-02	161.08021
570	0.55764	1.626E-02	162.62334
571	0.55862	1.642E-02	164.18046
572	0.55961	1.658E-02	165.75168
573	0.56059	1.673E-02	167.33714
574	0.56158	1.689E-02	168.93696
575	0.56256	1.706E-02	170.55126
576	0.56355	1.722E-02	172.18018
577	0.56453	1.738E-02	173.82384
578	0.56552	1.755E-02	175.48237
579	0.56650	1.772E-02	177.15591
580	0.56749	1.788E-02	178.84459
581	0.56847	1.805E-02	180.54854
582	0.56946	1.823E-02	182.26789
583	0.57044	1.840E-02	184.00279
584	0.57143	1.858E-02	185.75337
585	0.57241	1.875E-02	187.51977
586	0.57340	1.893E-02	189.30212
587	0.57438	1.911E-02	191.10058
588	0.57537	1.929E-02	192.91528
589	0.57635	1.947E-02	194.74636
590	0.57734	1.966E-02	196.59398
591	0.57833	1.985E-02	198.45827
592	0.57931	2.003E-02	200.33939
593	0.58030	2.022E-02	202.23748
594	0.58128	2.042E-02	204.15270
595	0.58227	2.061E-02	206.08519
596	0.58325	2.080E-02	208.03511
597	0.58424	2.100E-02	210.00261
598	0.58522	2.120E-02	211.98785
599	0.58621	2.140E-02	213.99098

D	V	Y	L (cd/m <sup>2</sup> )
600	0.58719	2.160E-02	216.01217
601	0.58818	2.181E-02	218.05157
602	0.58916	2.201E-02	220.10935
603	0.59015	2.222E-02	222.18566
604	0.59113	2.243E-02	224.28067
605	0.59212	2.264E-02	226.39455
606	0.59310	2.285E-02	228.52747
607	0.59409	2.307E-02	230.67959
608	0.59507	2.329E-02	232.85108
609	0.59606	2.350E-02	235.04212
610	0.59704	2.373E-02	237.25287
611	0.59803	2.395E-02	239.48352
612	0.59901	2.417E-02	241.73423
613	0.60000	2.440E-02	244.00519
614	0.60099	2.463E-02	246.29658
615	0.60197	2.486E-02	248.60857
616	0.60296	2.509E-02	250.94136
617	0.60394	2.533E-02	253.29512
618	0.60493	2.557E-02	255.67004
619	0.60591	2.581E-02	258.06630
620	0.60690	2.605E-02	260.48411
621	0.60788	2.629E-02	262.92364
622	0.60887	2.654E-02	265.38509
623	0.60985	2.679E-02	267.86866
624	0.61084	2.704E-02	270.37454
625	0.61182	2.729E-02	272.90293
626	0.61281	2.755E-02	275.45403
627	0.61379	2.780E-02	278.02804
628	0.61478	2.806E-02	280.62516
629	0.61576	2.832E-02	283.24561
630	0.61675	2.859E-02	285.88958
631	0.61773	2.886E-02	288.55729
632	0.61872	2.912E-02	291.24894
633	0.61970	2.940E-02	293.96476
634	0.62069	2.967E-02	296.70495
635	0.62167	2.995E-02	299.46973
636	0.62266	3.023E-02	302.25931
637	0.62365	3.051E-02	305.07393
638	0.62463	3.079E-02	307.91380
639	0.62562	3.108E-02	310.77915
640	0.62660	3.137E-02	313.67020
641	0.62759	3.166E-02	316.58719
642	0.62857	3.195E-02	319.53033
643	0.62956	3.225E-02	322.49987
644	0.63054	3.255E-02	325.49605
645	0.63153	3.285E-02	328.51909
646	0.63251	3.316E-02	331.56923
647	0.63350	3.346E-02	334.64673
648	0.63448	3.378E-02	337.75181
649	0.63547	3.409E-02	340.88473

D	V	Y	L (cd/m <sup>2</sup> )
650	0.63645	3.440E-02	344.04574
651	0.63744	3.472E-02	347.23509
652	0.63842	3.505E-02	350.45302
653	0.63941	3.537E-02	353.69979
654	0.64039	3.570E-02	356.97566
655	0.64138	3.603E-02	360.28090
656	0.64236	3.636E-02	363.61575
657	0.64335	3.670E-02	366.98049
658	0.64433	3.704E-02	370.37537
659	0.64532	3.738E-02	373.80068
660	0.64631	3.773E-02	377.25668
661	0.64729	3.807E-02	380.74365
662	0.64828	3.843E-02	384.26186
663	0.64926	3.878E-02	387.81159
664	0.65025	3.914E-02	391.39312
665	0.65123	3.950E-02	395.00674
666	0.65222	3.987E-02	398.65273
667	0.65320	4.023E-02	402.33138
668	0.65419	4.060E-02	406.04299
669	0.65517	4.098E-02	409.78784
670	0.65616	4.136E-02	413.56624
671	0.65714	4.174E-02	417.37849
672	0.65813	4.212E-02	421.22488
673	0.65911	4.251E-02	425.10573
674	0.66010	4.290E-02	429.02134
675	0.66108	4.330E-02	432.97202
676	0.66207	4.370E-02	436.95808
677	0.66305	4.410E-02	440.97986
678	0.66404	4.450E-02	445.03765
679	0.66502	4.491E-02	449.13179
680	0.66601	4.533E-02	453.26260
681	0.66700	4.574E-02	457.43041
682	0.66798	4.616E-02	461.63555
683	0.66897	4.659E-02	465.87835
684	0.66995	4.702E-02	470.15916
685	0.67094	4.745E-02	474.47831
686	0.67192	4.788E-02	478.83615
687	0.67291	4.832E-02	483.23302
688	0.67389	4.877E-02	487.66928
689	0.67488	4.921E-02	492.14528
690	0.67586	4.967E-02	496.66137
691	0.67685	5.012E-02	501.21792
692	0.67783	5.058E-02	505.81528
693	0.67882	5.105E-02	510.45383
694	0.67980	5.151E-02	515.13393
695	0.68079	5.199E-02	519.85596
696	0.68177	5.246E-02	524.62029
697	0.68276	5.294E-02	529.42731
698	0.68374	5.343E-02	534.27740
699	0.68473	5.392E-02	539.17094

D	V	Y	L (cd/m <sup>2</sup> )
700	0.68571	5.441E-02	544.10833
701	0.68670	5.491E-02	549.08996
702	0.68768	5.541E-02	554.11624
703	0.68867	5.592E-02	559.18755
704	0.68966	5.643E-02	564.30431
705	0.69064	5.695E-02	569.46692
706	0.69163	5.747E-02	574.67581
707	0.69261	5.799E-02	579.93138
708	0.69360	5.852E-02	585.23405
709	0.69458	5.906E-02	590.58426
710	0.69557	5.960E-02	595.98243
711	0.69655	6.014E-02	601.42899
712	0.69754	6.069E-02	606.92438
713	0.69852	6.125E-02	612.46904
714	0.69951	6.181E-02	618.06341
715	0.70049	6.237E-02	623.70795
716	0.70148	6.294E-02	629.40310
717	0.70246	6.351E-02	635.14933
718	0.70345	6.409E-02	640.94709
719	0.70443	6.468E-02	646.79685
720	0.70542	6.527E-02	652.69908
721	0.70640	6.587E-02	658.65426
722	0.70739	6.647E-02	664.66286
723	0.70837	6.707E-02	670.72537
724	0.70936	6.768E-02	676.84228
725	0.71034	6.830E-02	683.01407
726	0.71133	6.892E-02	689.24124
727	0.71232	6.955E-02	695.52430
728	0.71330	7.019E-02	701.86376
729	0.71429	7.083E-02	708.26011
730	0.71527	7.147E-02	714.71389
731	0.71626	7.212E-02	721.22561
732	0.71724	7.278E-02	727.79579
733	0.71823	7.344E-02	734.42496
734	0.71921	7.411E-02	741.11367
735	0.72020	7.479E-02	747.86245
736	0.72118	7.547E-02	754.67184
737	0.72217	7.615E-02	761.54240
738	0.72315	7.685E-02	768.47469
739	0.72414	7.755E-02	775.46925
740	0.72512	7.825E-02	782.52667
741	0.72611	7.896E-02	789.64751
742	0.72709	7.968E-02	796.83234
743	0.72808	8.041E-02	804.08176
744	0.72906	8.114E-02	811.39634
745	0.73005	8.188E-02	818.77668
746	0.73103	8.262E-02	826.22339
747	0.73202	8.337E-02	833.73706
748	0.73300	8.413E-02	841.31830
749	0.73399	8.490E-02	848.96773

D	V	Y	L (cd/m <sup>2</sup> )
750	0.73498	8.567E-02	856.68597
751	0.73596	8.645E-02	864.47366
752	0.73695	8.723E-02	872.33141
753	0.73793	8.803E-02	880.25988
754	0.73892	8.883E-02	888.25970
755	0.73990	8.963E-02	896.33154
756	0.74089	9.045E-02	904.47604
757	0.74187	9.127E-02	912.69387
758	0.74286	9.210E-02	920.98570
759	0.74384	9.294E-02	929.35220
760	0.74483	9.378E-02	937.79407
761	0.74581	9.463E-02	946.31199
762	0.74680	9.549E-02	954.90665
763	0.74778	9.636E-02	963.57876
764	0.74877	9.723E-02	972.32902
765	0.74975	9.812E-02	981.15816
766	0.75074	9.901E-02	990.06690
767	0.75172	9.991E-02	999.05595
768	0.75271	1.008E-01	1008.12607
769	0.75369	1.017E-01	1017.27800
770	0.75468	1.027E-01	1026.51247
771	0.75567	1.036E-01	1035.83026
772	0.75665	1.045E-01	1045.23213
773	0.75764	1.055E-01	1054.71885
774	0.75862	1.064E-01	1064.29119
775	0.75961	1.074E-01	1073.94996
776	0.76059	1.084E-01	1083.69593
777	0.76158	1.094E-01	1093.52991
778	0.76256	1.103E-01	1103.45271
779	0.76355	1.113E-01	1113.46516
780	0.76453	1.124E-01	1123.56806
781	0.76552	1.134E-01	1133.76227
782	0.76650	1.144E-01	1144.04861
783	0.76749	1.154E-01	1154.42793
784	0.76847	1.165E-01	1164.90110
785	0.76946	1.175E-01	1175.46898
786	0.77044	1.186E-01	1186.13245
787	0.77143	1.197E-01	1196.89237
788	0.77241	1.208E-01	1207.74965
789	0.77340	1.219E-01	1218.70519
790	0.77438	1.230E-01	1229.75989
791	0.77537	1.241E-01	1240.91466
792	0.77635	1.252E-01	1252.17044
793	0.77734	1.264E-01	1263.52815
794	0.77833	1.275E-01	1274.98874
795	0.77931	1.287E-01	1286.55317
796	0.78030	1.298E-01	1298.22238
797	0.78128	1.310E-01	1309.99736
798	0.78227	1.322E-01	1321.87908
799	0.78325	1.334E-01	1333.86853

D	V	Y	L (cd/m²)
800	0.78424	1.346E-01	1345.96672
801	0.78522	1.358E-01	1358.17464
802	0.78621	1.370E-01	1370.49332
803	0.78719	1.383E-01	1382.92378
804	0.78818	1.395E-01	1395.46706
805	0.78916	1.408E-01	1408.12422
806	0.79015	1.421E-01	1420.89630
807	0.79113	1.434E-01	1433.78438
808	0.79212	1.447E-01	1446.78954
809	0.79310	1.460E-01	1459.91285
810	0.79409	1.473E-01	1473.15543
811	0.79507	1.487E-01	1486.51839
812	0.79606	1.500E-01	1500.00283
813	0.79704	1.514E-01	1513.60991
814	0.79803	1.527E-01	1527.34075
815	0.79901	1.541E-01	1541.19651
816	0.80000	1.555E-01	1555.17836
817	0.80099	1.569E-01	1569.28748
818	0.80197	1.584E-01	1583.52505
819	0.80296	1.598E-01	1597.89226
820	0.80394	1.612E-01	1612.39034
821	0.80493	1.627E-01	1627.02051
822	0.80591	1.642E-01	1641.78399
823	0.80690	1.657E-01	1656.68205
824	0.80788	1.672E-01	1671.71592
825	0.80887	1.687E-01	1686.88689
826	0.80985	1.702E-01	1702.19625
827	0.81084	1.718E-01	1717.64528
828	0.81182	1.733E-01	1733.23529
829	0.81281	1.749E-01	1748.96761
830	0.81379	1.765E-01	1764.84357
831	0.81478	1.781E-01	1780.86453
832	0.81576	1.797E-01	1797.03183
833	0.81675	1.813E-01	1813.34685
834	0.81773	1.830E-01	1829.81099
835	0.81872	1.846E-01	1846.42564
836	0.81970	1.863E-01	1863.19222
837	0.82069	1.880E-01	1880.11216
838	0.82167	1.897E-01	1897.18689
839	0.82266	1.914E-01	1914.41788
840	0.82365	1.932E-01	1931.80660
841	0.82463	1.949E-01	1949.35454
842	0.82562	1.967E-01	1967.06319
843	0.82660	1.985E-01	1984.93407
844	0.82759	2.003E-01	2002.96871
845	0.82857	2.021E-01	2021.16866
846	0.82956	2.040E-01	2039.53547
847	0.83054	2.058E-01	2058.07072
848	0.83153	2.077E-01	2076.77601
849	0.83251	2.096E-01	2095.65294

D	V	Y	L (cd/m²)
850	0.83350	2.115E-01	2114.70314
851	0.83448	2.134E-01	2133.92824
852	0.83547	2.153E-01	2153.32990
853	0.83645	2.173E-01	2172.90979
854	0.83744	2.193E-01	2192.66960
855	0.83842	2.213E-01	2212.61104
856	0.83941	2.233E-01	2232.73582
857	0.84039	2.253E-01	2253.04569
858	0.84138	2.274E-01	2273.54240
859	0.84236	2.294E-01	2294.22773
860	0.84335	2.315E-01	2315.10346
861	0.84433	2.336E-01	2336.17142
862	0.84532	2.357E-01	2357.43342
863	0.84631	2.379E-01	2378.89131
864	0.84729	2.401E-01	2400.54696
865	0.84828	2.422E-01	2422.40224
866	0.84926	2.444E-01	2444.45906
867	0.85025	2.467E-01	2466.71934
868	0.85123	2.489E-01	2489.18502
869	0.85222	2.512E-01	2511.85806
870	0.85320	2.535E-01	2534.74043
871	0.85419	2.558E-01	2557.83414
872	0.85517	2.581E-01	2581.14120
873	0.85616	2.605E-01	2604.66365
874	0.85714	2.628E-01	2628.40356
875	0.85813	2.652E-01	2652.36299
876	0.85911	2.677E-01	2676.54405
877	0.86010	2.701E-01	2700.94886
878	0.86108	2.726E-01	2725.57957
879	0.86207	2.750E-01	2750.43834
880	0.86305	2.776E-01	2775.52735
881	0.86404	2.801E-01	2800.84881
882	0.86502	2.826E-01	2826.40496
883	0.86601	2.852E-01	2852.19805
884	0.86700	2.878E-01	2878.23034
885	0.86798	2.905E-01	2904.50415
886	0.86897	2.931E-01	2931.02179
887	0.86995	2.958E-01	2957.78560
888	0.87094	2.985E-01	2984.79796
889	0.87192	3.012E-01	3012.06126
890	0.87291	3.040E-01	3039.57792
891	0.87389	3.067E-01	3067.35037
892	0.87488	3.095E-01	3095.38108
893	0.87586	3.124E-01	3123.67255
894	0.87685	3.152E-01	3152.22729
895	0.87783	3.181E-01	3181.04784
896	0.87882	3.210E-01	3210.13677
897	0.87980	3.239E-01	3239.49668
898	0.88079	3.269E-01	3269.13018
899	0.88177	3.299E-01	3299.03992

D	V	Y	L (cd/m²)
900	0.88276	3.329E-01	3329.22857
901	0.88374	3.360E-01	3359.69884
902	0.88473	3.390E-01	3390.45346
903	0.88571	3.421E-01	3421.49517
904	0.88670	3.453E-01	3452.82676
905	0.88768	3.484E-01	3484.45106
906	0.88867	3.516E-01	3516.37089
907	0.88966	3.549E-01	3548.58913
908	0.89064	3.581E-01	3581.10868
909	0.89163	3.614E-01	3613.93247
910	0.89261	3.647E-01	3647.06346
911	0.89360	3.681E-01	3680.50463
912	0.89458	3.714E-01	3714.25901
913	0.89557	3.748E-01	3748.32965
914	0.89655	3.783E-01	3782.71964
915	0.89754	3.817E-01	3817.43208
916	0.89852	3.852E-01	3852.47012
917	0.89951	3.888E-01	3887.83695
918	0.90049	3.924E-01	3923.53576
919	0.90148	3.960E-01	3959.56982
920	0.90246	3.996E-01	3995.94239
921	0.90345	4.033E-01	4032.65679
922	0.90443	4.070E-01	4069.71636
923	0.90542	4.107E-01	4107.12448
924	0.90640	4.145E-01	4144.88457
925	0.90739	4.183E-01	4183.00009
926	0.90837	4.221E-01	4221.47450
927	0.90936	4.260E-01	4260.31135
928	0.91034	4.300E-01	4299.51418
929	0.91133	4.339E-01	4339.08659
930	0.91232	4.379E-01	4379.03221
931	0.91330	4.419E-01	4419.35473
932	0.91429	4.460E-01	4460.05783
933	0.91527	4.501E-01	4501.14528
934	0.91626	4.543E-01	4542.62085
935	0.91724	4.584E-01	4584.48837
936	0.91823	4.627E-01	4626.75172
937	0.91921	4.669E-01	4669.41478
938	0.92020	4.712E-01	4712.48152
939	0.92118	4.756E-01	4755.95591
940	0.92217	4.800E-01	4799.84198
941	0.92315	4.844E-01	4844.14381
942	0.92414	4.889E-01	4888.96551
943	0.92512	4.934E-01	4934.01124
944	0.92611	4.980E-01	4979.58519
945	0.92709	5.026E-01	5025.59161
946	0.92808	5.072E-01	5072.03478
947	0.92906	5.119E-01	5118.91905
948	0.93005	5.166E-01	5166.24879
949	0.93103	5.214E-01	5214.02842

D	V	Y	L (cd/m²)
950	0.93202	5.262E-01	5262.26241
951	0.93300	5.311E-01	5310.95529
952	0.93399	5.360E-01	5360.11161
953	0.93498	5.410E-01	5409.73600
954	0.93596	5.460E-01	5459.83311
955	0.93695	5.510E-01	5510.40765
956	0.93793	5.561E-01	5561.46439
957	0.93892	5.613E-01	5613.00814
958	0.93990	5.665E-01	5665.04375
959	0.94089	5.718E-01	5717.57614
960	0.94187	5.771E-01	5770.61028
961	0.94286	5.824E-01	5824.15118
962	0.94384	5.878E-01	5878.20392
963	0.94483	5.933E-01	5932.77361
964	0.94581	5.988E-01	5987.86545
965	0.94680	6.043E-01	6043.48465
966	0.94778	6.100E-01	6099.63651
967	0.94877	6.156E-01	6156.32637
968	0.94975	6.214E-01	6213.55964
969	0.95074	6.271E-01	6271.34178
970	0.95172	6.330E-01	6329.67830
971	0.95271	6.389E-01	6388.57478
972	0.95369	6.448E-01	6448.03685
973	0.95468	6.508E-01	6508.07022
974	0.95567	6.569E-01	6568.68063
975	0.95665	6.630E-01	6629.87391
976	0.95764	6.692E-01	6691.65593
977	0.95862	6.754E-01	6754.03264
978	0.95961	6.817E-01	6817.01005
979	0.96059	6.881E-01	6880.59422
980	0.96158	6.945E-01	6944.79129
981	0.96256	7.010E-01	7009.60746
982	0.96355	7.075E-01	7075.04901
983	0.96453	7.141E-01	7141.12226
984	0.96552	7.208E-01	7207.83362
985	0.96650	7.275E-01	7275.18956
986	0.96749	7.343E-01	7343.19663
987	0.96847	7.412E-01	7411.86143
988	0.96946	7.481E-01	7481.19065
989	0.97044	7.551E-01	7551.19105
990	0.97143	7.622E-01	7621.86945
991	0.97241	7.693E-01	7693.23276
992	0.97340	7.765E-01	7765.28795
993	0.97438	7.838E-01	7838.04207
994	0.97537	7.912E-01	7911.50226
995	0.97635	7.986E-01	7985.67571
996	0.97734	8.061E-01	8060.56972
997	0.97833	8.136E-01	8136.19165
998	0.97931	8.213E-01	8212.54893
999	0.98030	8.290E-01	8289.64909

D	V	Y	L (cd/m²)
1000	0.98128	8.367E-01	8367.49974
1001	0.98227	8.446E-01	8446.10856
1002	0.98325	8.525E-01	8525.48333
1003	0.98424	8.606E-01	8605.63189
1004	0.98522	8.687E-01	8686.56220
1005	0.98621	8.768E-01	8768.28228
1006	0.98719	8.851E-01	8850.80025
1007	0.98818	8.934E-01	8934.12431
1008	0.98916	9.018E-01	9018.26275
1009	0.99015	9.103E-01	9103.22396
1010	0.99113	9.189E-01	9189.01642
1011	0.99212	9.276E-01	9275.64869
1012	0.99310	9.363E-01	9363.12944
1013	0.99409	9.451E-01	9451.46742
1014	0.99507	9.541E-01	9540.67150
1015	0.99606	9.631E-01	9630.75061
1016	0.99704	9.722E-01	9721.71382
1017	0.99803	9.814E-01	9813.57027
1018	0.99901	9.906E-01	9906.32922
1019	1.00000	1.000E+00	10000.00000
1020	Reservados		
1021	Reservados		
1022	Reservados		
1023	Reservados		

## REIVINDICACIONES

1. Un método que comprende:

- 5 - recibir, mediante un codificador de datos, datos de imagen con valores de luminancia que representan valores de luminancia absolutos  $L$  a codificar;
- codificar, mediante el codificador de datos, los datos de imagen recibidos en datos de imagen codificados de referencia; y
- 10 - emitir, mediante el codificador de datos, los datos de imagen codificados de referencia,

en el que dicha codificación comprende mapear valores de luminancia absolutos en valores de código digital, siendo representados los valores de luminancia de los datos de imagen recibidos por los valores de código digital en los datos de imagen codificados de referencia;

en donde dicho mapeo se basa al menos en parte en una inversa de un modelo funcional de:

$$Y = \left( \frac{\max \left[ \left( V^{1/m} - c_1 \right), 0 \right]}{c_2 - c_3 V^{1/m}} \right)^{1/n},$$

en donde:

$Y$  es un valor normalizado de uno correspondiente de los valores de luminancia absolutos  $L$ , en donde  $0 \leq Y \leq 1$ , e  $Y = L / 10000$ , con  $0 \leq L \leq 10000 \text{ cd/m}^2$ ,

$V$  es un valor normalizado de uno correspondiente de los valores de código digital  $D$  que se emiten como datos de imagen codificados de referencia, en donde  $0 \leq V \leq 1$ , y

$n$ ,  $m$ ,  $c_1$ ,  $c_2$  y  $c_3$  son valores predeterminados, con:

$$n = \frac{2610}{4096} \times \frac{1}{4} \approx 0,1593017578125;$$

$$m = \frac{2523}{4096} \times 128 \approx 78,84375;$$

$$c_1 = c_3 - c_2 + 1 = \frac{3424}{4096} \approx 0,8359375;$$

$$c_2 = \frac{2413}{4096} \times 32 \approx 18,8515625; \text{ y}$$

$$c_3 = \frac{2392}{4096} \times 32 \approx 18,6875.$$

2. El método de la reivindicación 1, en el que los valores de código digital  $D$  son valores de código de 10 bits o valores de código de 12 bits.

3. El método de la reivindicación 1, en el que el valor de código digital  $D$  representa un valor muestreado de un componente de los datos de imagen en una señal de interfaz digital en serie (SDI).

4. El método de la reivindicación 1, en el que dicha emisión, por parte del codificador de datos, de dichos datos de imagen codificados de referencia comprende emitir un tren de bits que comprende dichos datos de imagen codificados de referencia y metadatos.

5. El método de la reivindicación 4, en el que dichos metadatos incluyen uno o más de: parámetros de modelo, un valor de luminancia mínimo, un valor de luminancia máximo, un valor de código digital mínimo y un valor de código digital máximo, un campo de identificación que identifica una función de sensibilidad al contraste entre una pluralidad de CSF y una distancia de visionado de referencia.

6. Un método que comprende:

- recibir, mediante un decodificador de datos, datos de imagen codificados; y

- decodificar, mediante el decodificador de datos, los datos de imagen codificados, caracterizado por que dicha decodificación comprende mapear valores de código digital en los datos de imagen codificados a valores de luminancia normalizados basándose al menos en parte en un modelo funcional de:

5

$$Y = \left( \frac{\max \left[ \left( V^{1/m} - c_1 \right), 0 \right]}{c_2 - c_3 V^{1/m}} \right)^{1/n},$$

en donde:

10 Y es un valor de luminancia normalizado, en donde  $0 \leq Y \leq 1$ , que corresponde a valores de luminancia absolutos L de acuerdo con  $Y = L / 10000$ , con  $0 \leq L \leq 10000 \text{ cd/m}^2$ ,

V es un valor normalizado de uno correspondiente de los valores de código digital D de los datos de imagen codificados, en donde  $0 \leq V \leq 1$ , y

15

n, m,  $c_1$ ,  $c_2$  y  $c_3$  son valores predeterminados, con:

$$n = \frac{2610}{4096} \times \frac{1}{4} \approx 0,1593017578125;$$

$$m = \frac{2523}{4096} \times 128 \approx 78,84375;$$

$$c_1 = c_3 - c_2 + 1 = \frac{3424}{4096} \approx 0,8359375;$$

$$c_2 = \frac{2413}{4096} \times 32 \approx 18,8515625; \text{ y}$$

$$c_3 = \frac{2392}{4096} \times 32 \approx 18,6875.$$

20 7. Un tren de bits que comprende datos de imagen, caracterizado por que los datos de imagen están codificados con valores de código digital D que representan luminancia normalizada Y basándose al menos en parte en una inversa de un modelo funcional de

$$Y = \left( \frac{\max \left[ \left( V^{1/m} - c_1 \right), 0 \right]}{c_2 - c_3 V^{1/m}} \right)^{1/n},$$

25

en donde V es un valor normalizado del valor de código digital D, con  $0 \leq Y \leq 1$  y  $0 \leq V \leq 1$ , e Y corresponde a valores de luminancia absolutos L de acuerdo con  $Y = L / 10000$ , con  $0 \leq L \leq 10000 \text{ cd/m}^2$ ;

en donde n, m,  $c_1$ ,  $c_2$  y  $c_3$  son valores predeterminados, con:

30

$$n = \frac{2610}{4096} \times \frac{1}{4} \approx 0,1593017578125;$$

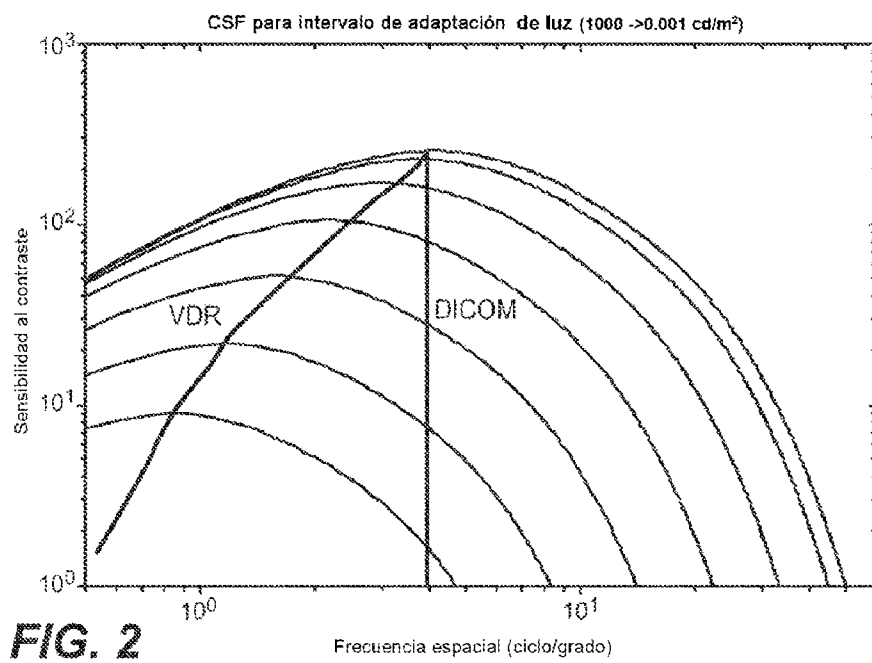
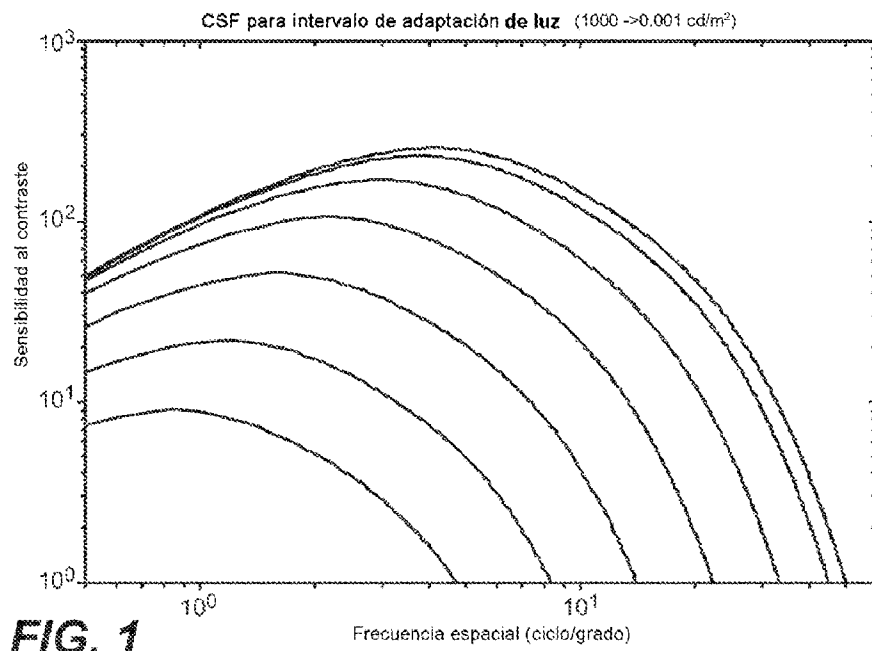
$$m = \frac{2523}{4096} \times 128 \approx 78,84375;$$

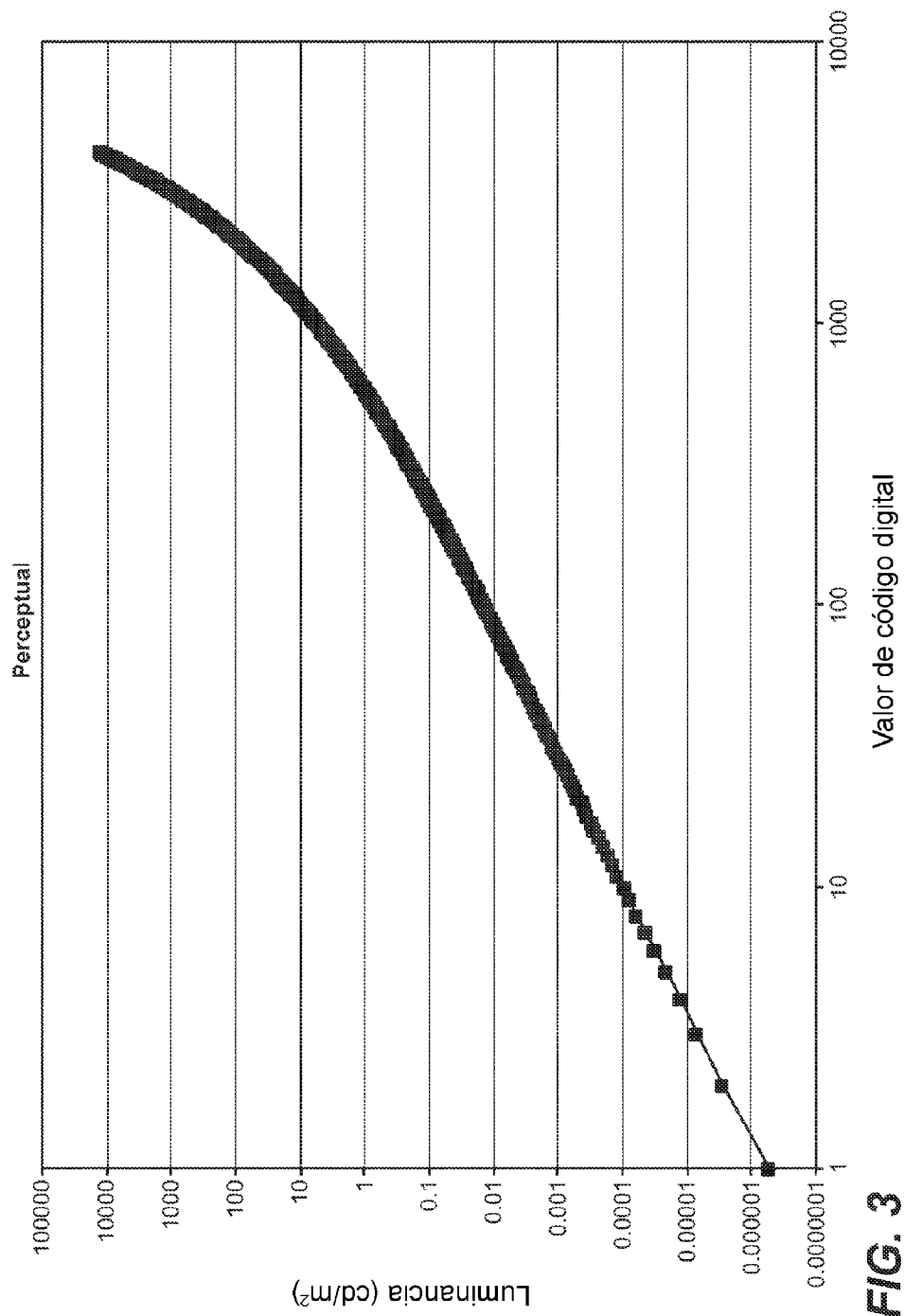
$$c_1 = c_3 - c_2 + 1 = \frac{3424}{4096} \approx 0,8359375;$$

$$c_2 = \frac{2413}{4096} \times 32 \approx 18,8515625; \text{ y}$$

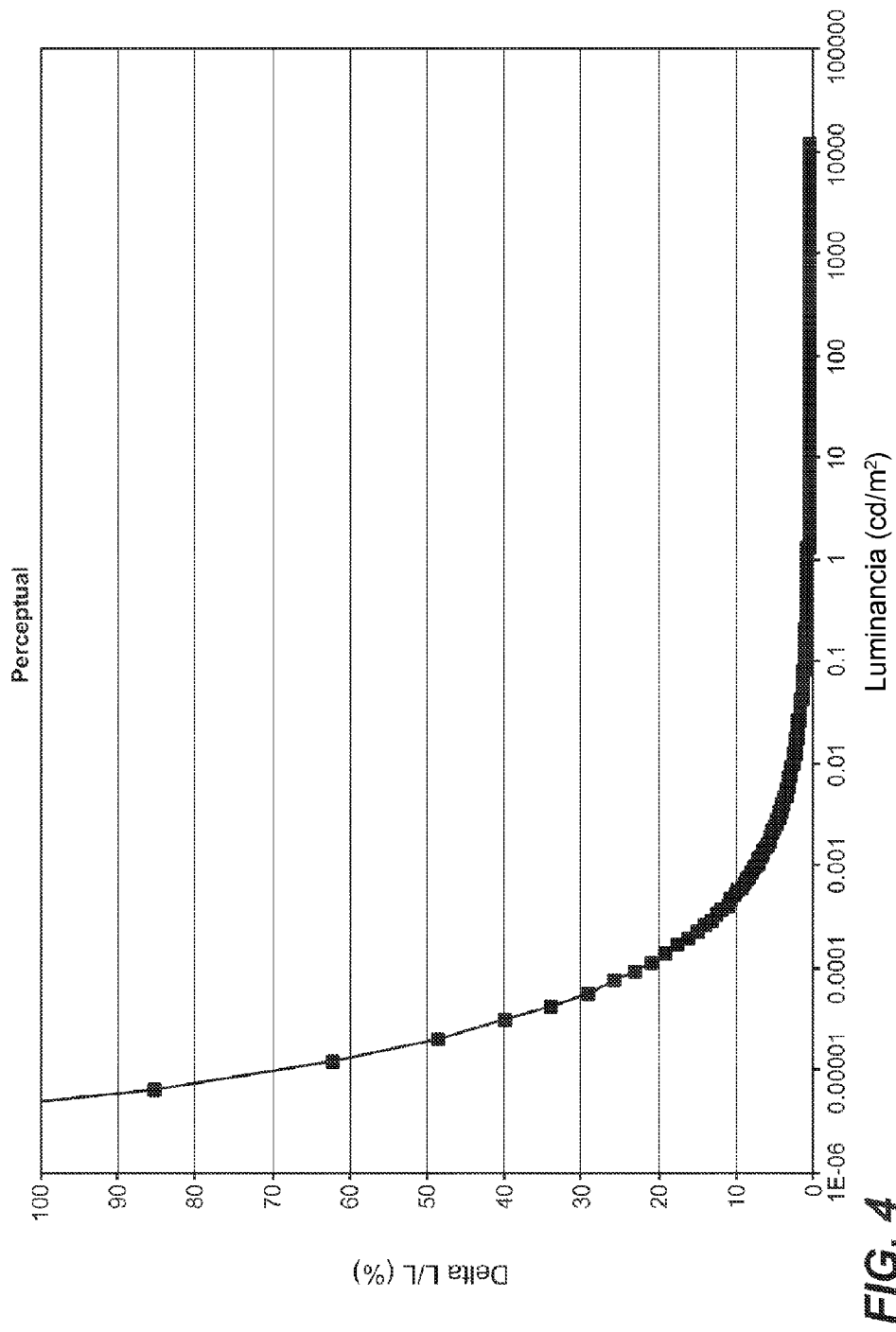
$$c_3 = \frac{2392}{4096} \times 32 \approx 18,6875.$$



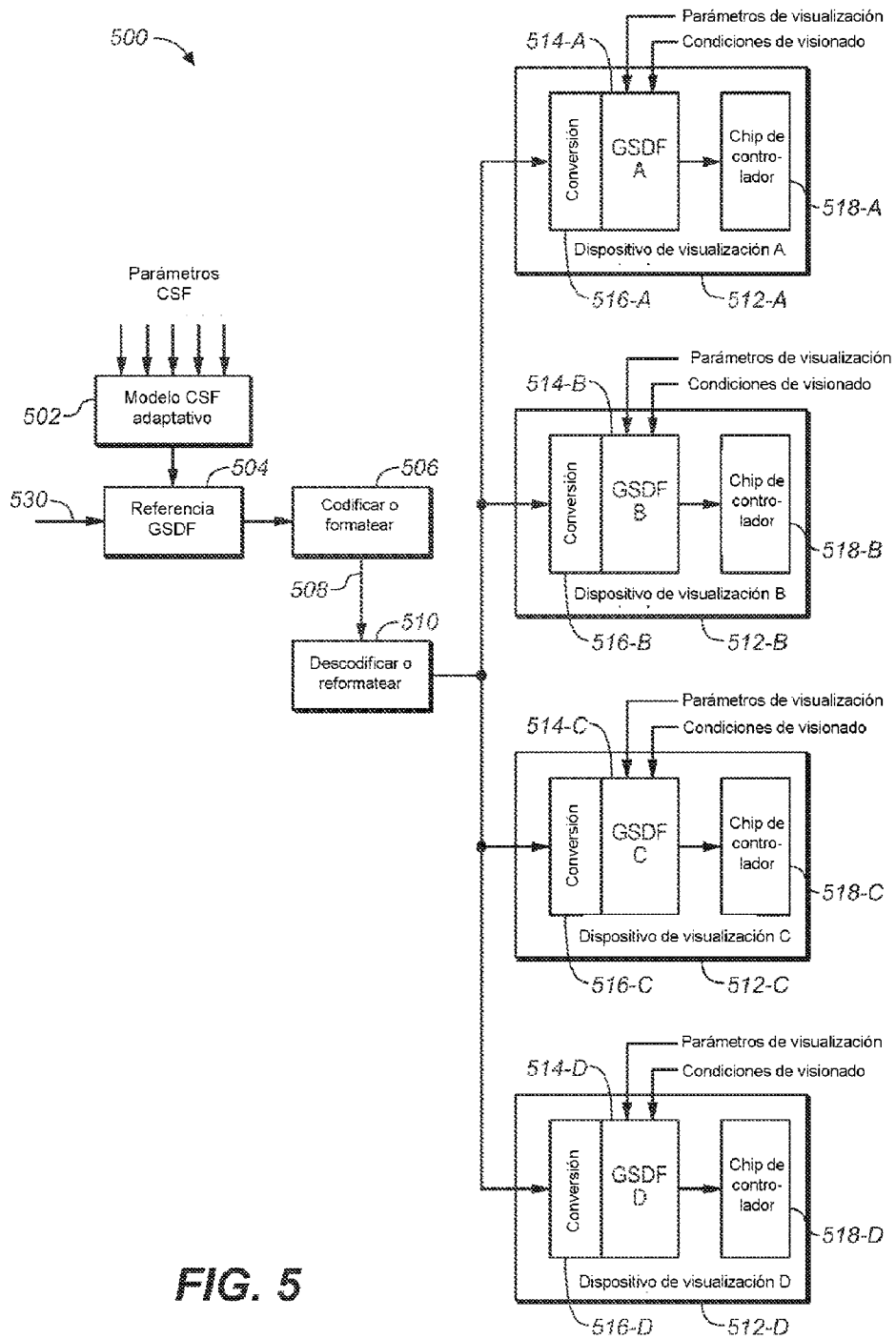


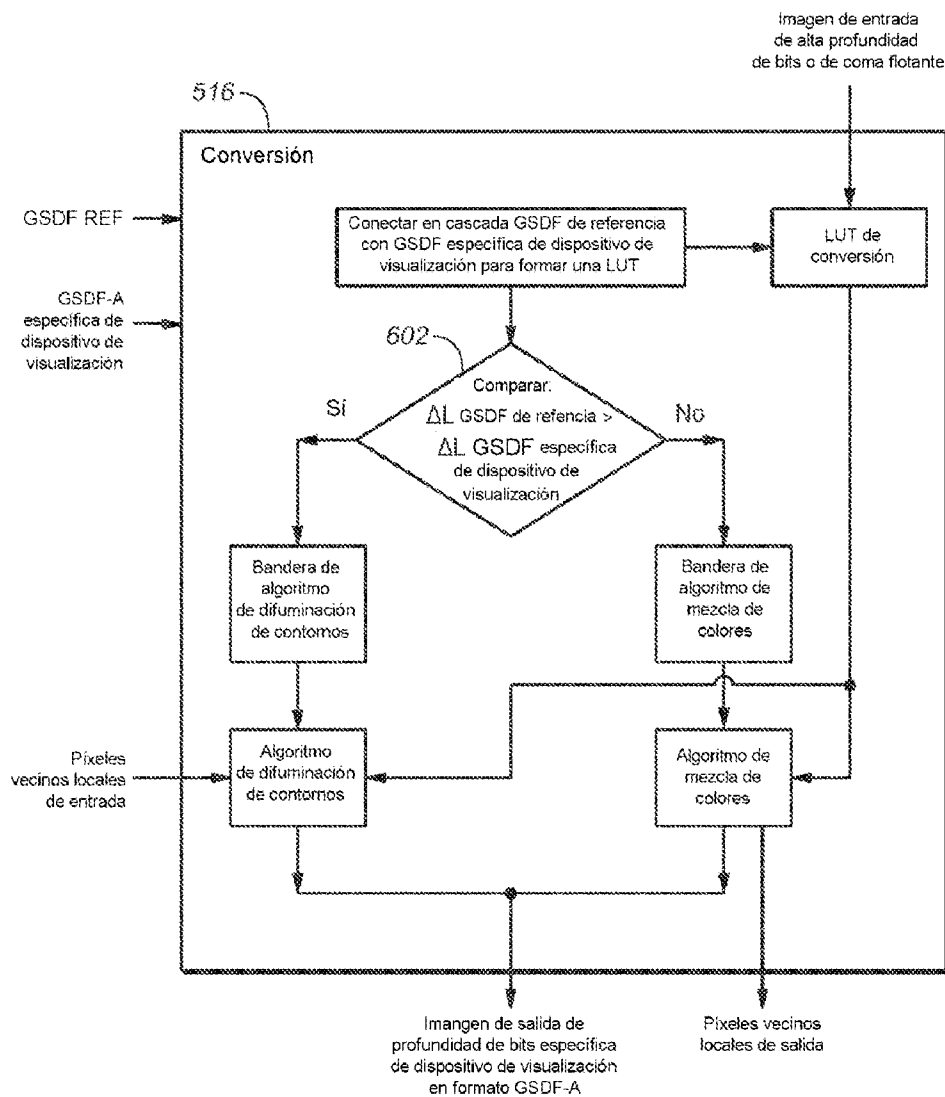


**FIG. 3**

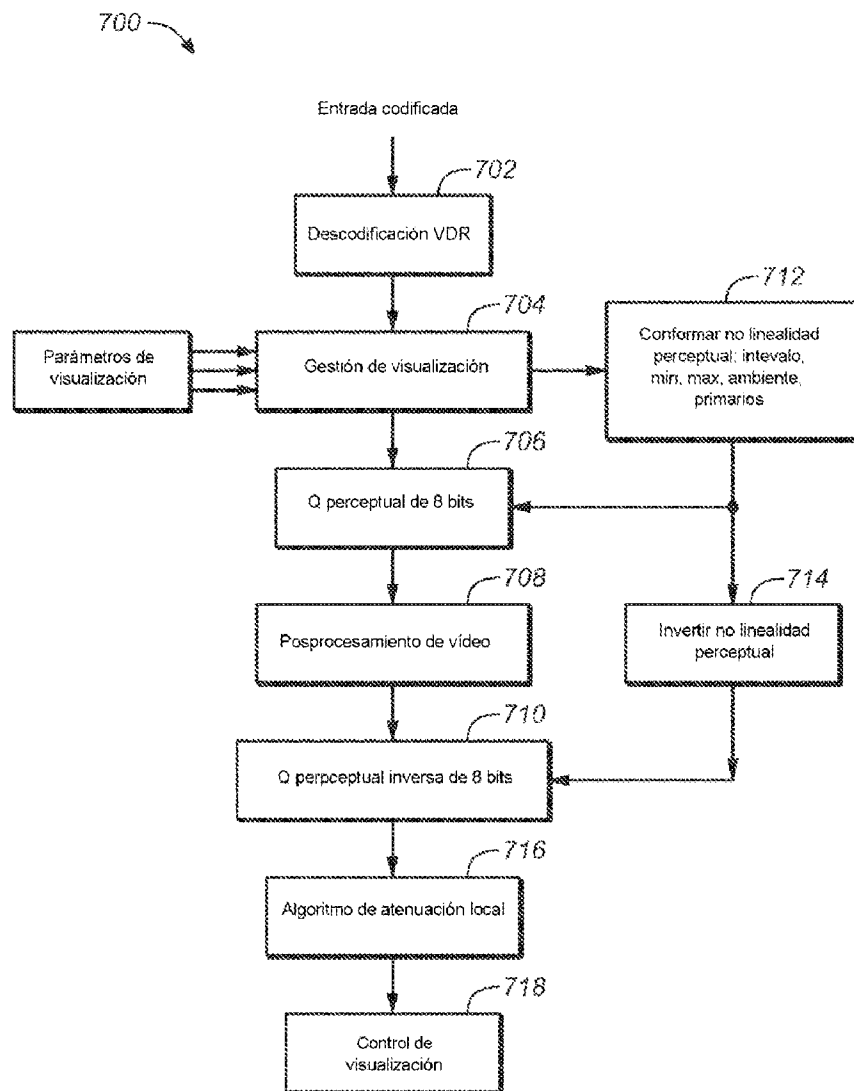


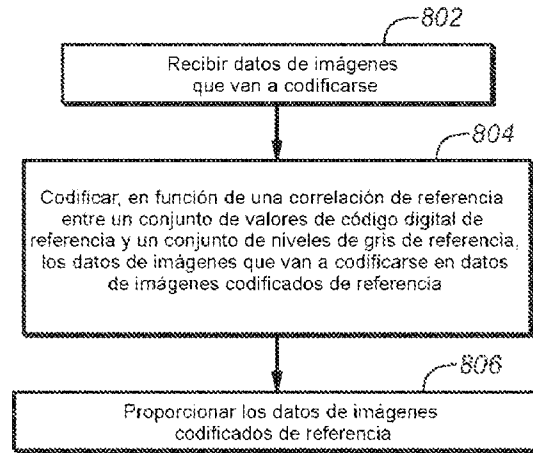
**FIG. 4**



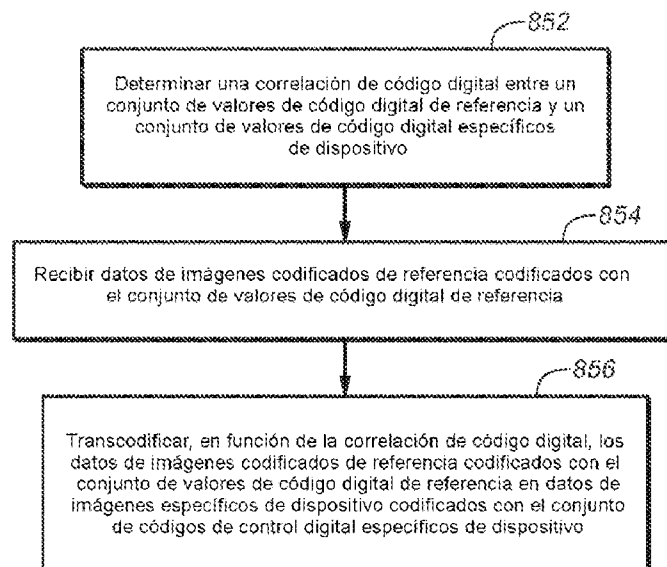


**FIG. 6**

**FIG. 7**



**FIG. 8A**



**FIG. 8B**

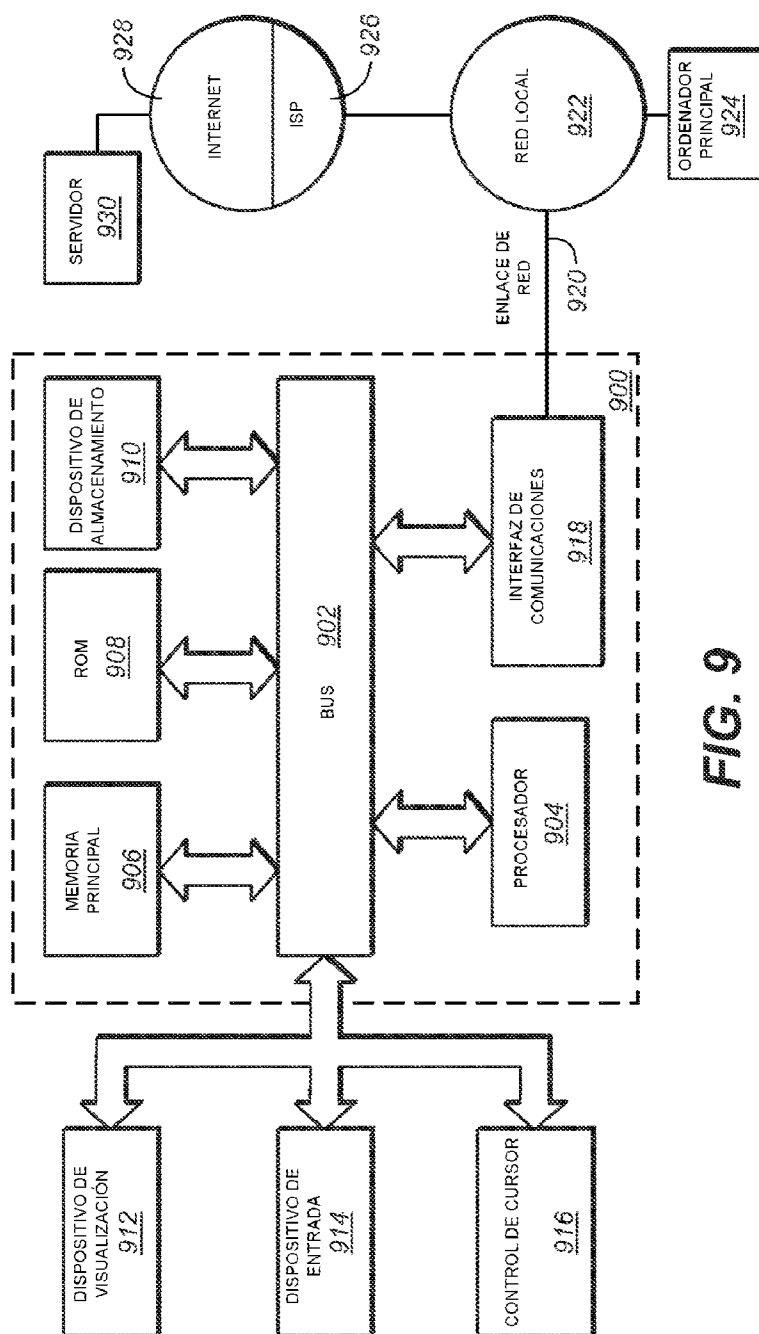


FIG. 9

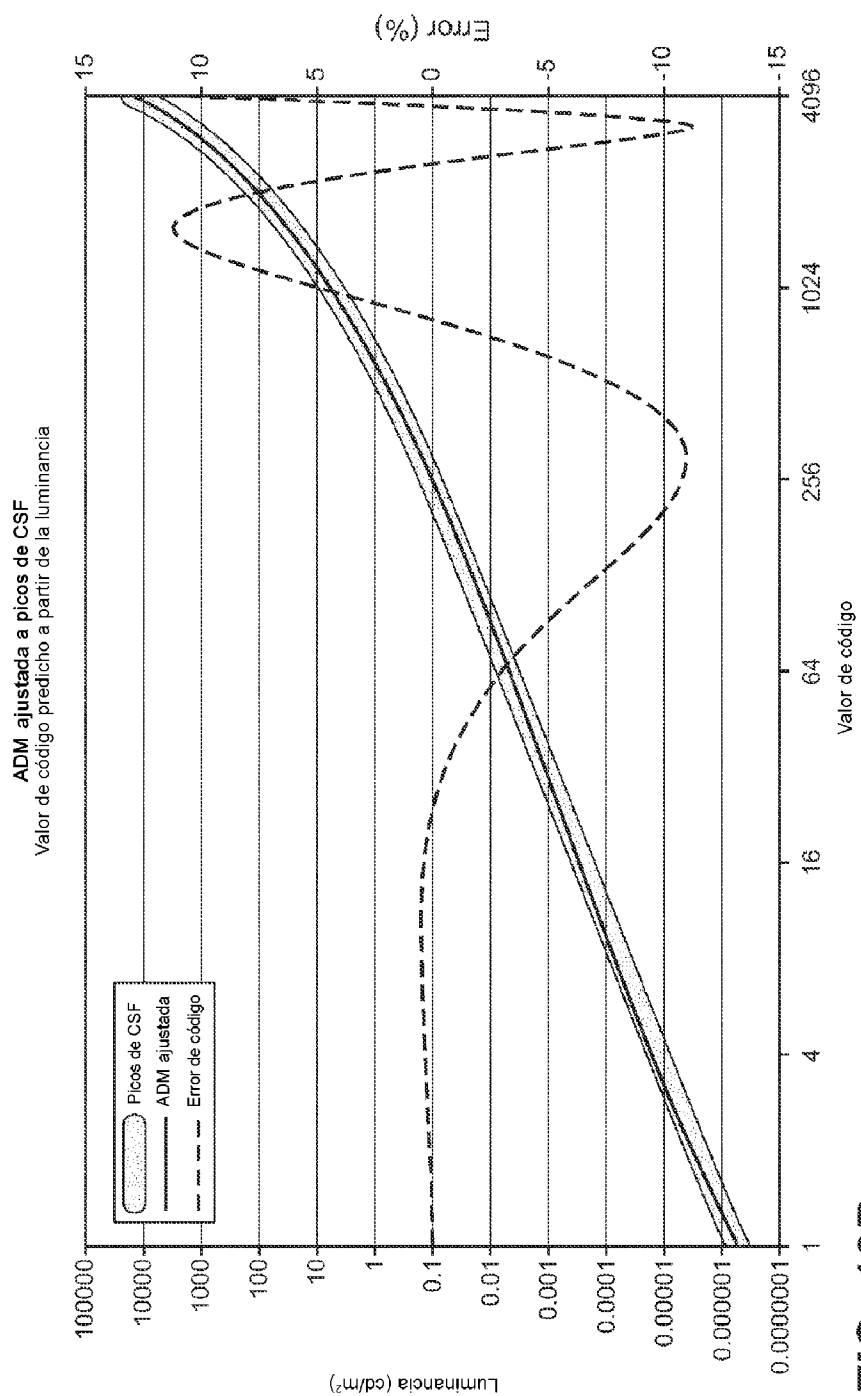


Cuantificación	Error de código máximo (de picos de CSF)
inf	11.252
4096	11.298
2048	11.373
1024	12.089
512	12.451
256	13.288

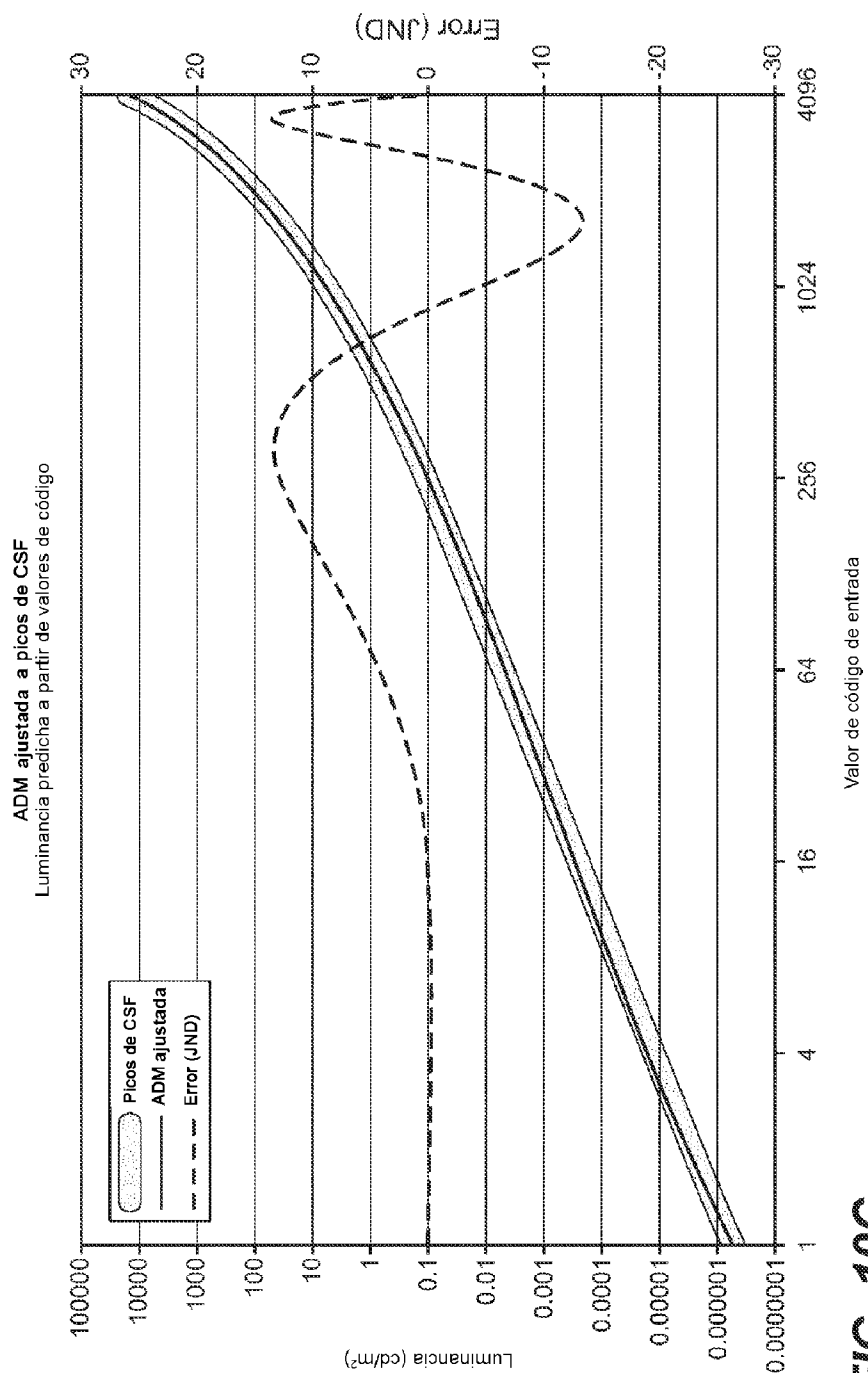
**FIG. 10A**

Parámetros		Fórmula
n	0.16956	$(2778/4096)/4$
		$(2495/4096)*128$
m	77.968	
c1	0.96484	$(3952/4096)$
c2	3.7627	$(3853/4096)*4$
c3	2.5166	$(3436/4096)*4$

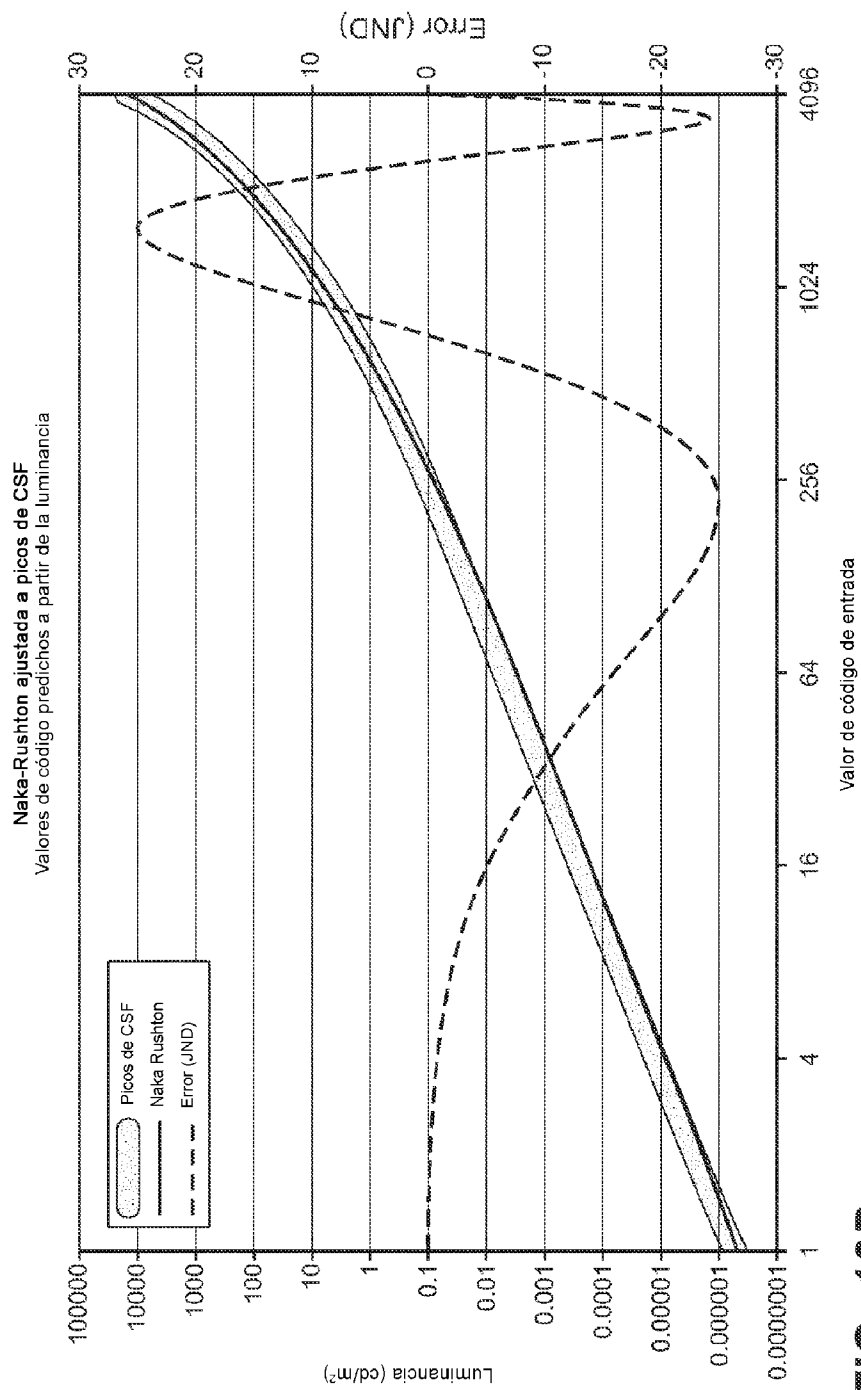
**FIG. 11**



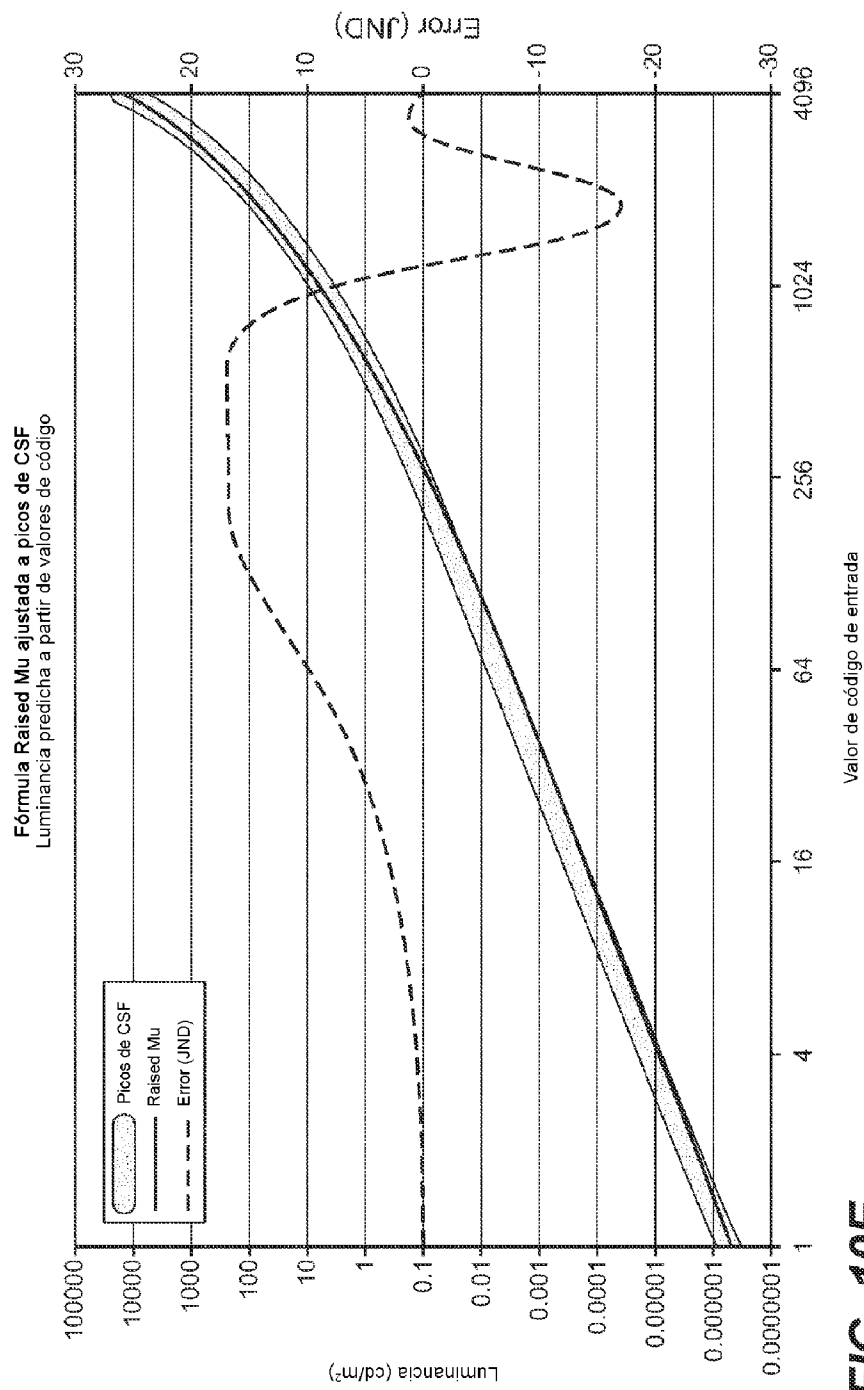
**FIG. 10B**



**FIG. 10C**



**FIG. 10D**



**FIG. 10E**