



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

T.42

(07/2003)

SERIE T: TERMINALES PARA SERVICIOS DE
TELEMÁTICA

**Método de representación de los colores en
tonos continuos para facsímil**

Recomendación UIT-T T.42

Recomendación UIT-T T.42

Método de representación de los colores en tonos continuos para facsímil

Resumen

La presente Recomendación define un método de representación de los datos de colores para hacer posible el intercambio de datos de imágenes en color de tonos continuos en los servicios de comunicación facsímil, tales como el facsímil del grupo 4 y el facsímil del grupo 3. Como espacio cromático básico se ha seleccionado el espacio CIELAB principalmente para la aplicación de copia impresa. Como iluminante y blanco de referencia básicos, respectivamente, se han seleccionado el iluminante D50 de CIE y su blanco de referencia reflectante perfectamente difuso ($X_0 = 96,422$, $Y_0 = 100,000$, $Z_0 = 82,521$). La gama de colores por defecto elegida es $L^* = [0, 100]$, $a^* = [-85, 85]$, $b^* = [-75, 125]$. La expresión exacta se hace en términos de desplazamiento y gama. También se ha seleccionado como espacio cromático básico el espacio YCC basado en sYCC, principalmente para la aplicación de visualización. El iluminante D65 de CIE y su blanco de referencia reflectante perfectamente difuso ($X_0 = 95,045$; $Y_0 = 100,000$; $Z_0 = 108,892$) son el iluminante y el blanco de referencia respectivamente. La gama de colores elegida por defecto es $Y = [0, 1]$, $C_b = [-0,5, 0,5]$, $C_r = [-0,5, 0,5]$. La expresión exacta se hace en términos de desplazamiento y gama.

La principal diferencia con respecto a la versión anterior es la siguiente:

- Se añade ITU-YCC.

Orígenes

La Recomendación UIT-T T.42 fue aprobada por la Comisión de Estudio 16 (2001-2004) del UIT-T por el procedimiento de la Recomendación UIT-T A.8 el 14 de julio de 2003.

PREFACIO

La UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) es el organismo especializado de las Naciones Unidas en el campo de las telecomunicaciones. El UIT-T (Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT) es un órgano permanente de la UIT. Este órgano estudia los aspectos técnicos, de explotación y tarifarios y publica Recomendaciones sobre los mismos, con miras a la normalización de las telecomunicaciones en el plano mundial.

La Asamblea Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (AMNT), que se celebra cada cuatro años, establece los temas que han de estudiar las Comisiones de Estudio del UIT-T, que a su vez producen Recomendaciones sobre dichos temas.

La aprobación de Recomendaciones por los Miembros del UIT-T es el objeto del procedimiento establecido en la Resolución 1 de la AMNT.

En ciertos sectores de la tecnología de la información que corresponden a la esfera de competencia del UIT-T, se preparan las normas necesarias en colaboración con la ISO y la CEI.

NOTA

En esta Recomendación, la expresión "Administración" se utiliza para designar, en forma abreviada, tanto una administración de telecomunicaciones como una empresa de explotación reconocida de telecomunicaciones.

La observancia de esta Recomendación es voluntaria. Ahora bien, la Recomendación puede contener ciertas disposiciones obligatorias (para asegurar, por ejemplo, la aplicabilidad o la interoperabilidad), por lo que la observancia se consigue con el cumplimiento exacto y puntual de todas las disposiciones obligatorias. La obligatoriedad de un elemento preceptivo o requisito se expresa mediante las frases "tener que, haber de, hay que + infinitivo" o el verbo principal en tiempo futuro simple de mandato, en modo afirmativo o negativo. El hecho de que se utilice esta formulación no entraña que la observancia se imponga a ninguna de las partes.

PROPIEDAD INTELECTUAL

La UIT señala a la atención la posibilidad de que la utilización o aplicación de la presente Recomendación suponga el empleo de un derecho de propiedad intelectual reivindicado. La UIT no adopta ninguna posición en cuanto a la demostración, validez o aplicabilidad de los derechos de propiedad intelectual reivindicados, ya sea por los miembros de la UIT o por terceros ajenos al proceso de elaboración de Recomendaciones.

En la fecha de aprobación de la presente Recomendación, la UIT no ha recibido notificación de propiedad intelectual, protegida por patente, que puede ser necesaria para aplicar esta Recomendación. Sin embargo, debe señalarse a los usuarios que puede que esta información no se encuentre totalmente actualizada al respecto, por lo que se les insta encarecidamente a consultar la base de datos sobre patentes de la TSB.

© UIT 2003

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse por ningún procedimiento sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

ÍNDICE

	Página
1 Alcance	1
2 Campo de aplicación.....	1
3 Referencias	1
4 Definiciones.....	1
5 Convenios	2
6 Modelo de representación de los colores.....	2
6.1 Visión de conjunto.....	2
6.2 Recomendación relativa a la representación de los colores	2
7 Información relativa a la reproducción en color.....	5
Apéndice I – Método de cálculo colorimétrico a partir de mediciones espectrales.....	6
Apéndice II – Cálculo de los valores reales de CIELAB a partir de los valores de CIE XYZ.....	10
Apéndice III – Cálculo de los valores reales de ITU-YCC a partir de los valores de CIE XYZ.....	10

Recomendación UIT-T T.42

Método de representación de los colores en tonos continuos para facsímil

1 Alcance

1.1 La presente Recomendación define un método de representación de los datos de colores en tonos continuos para hacer posible el intercambio de datos de imágenes en color de tonos continuos por un servicio de comunicación facsímil, tal como el facsímil del grupo 4 o del grupo 3.

Su finalidad es especificar un espacio cromático, un blanco de referencia, un tipo de iluminante, una extensión de gama de colores y la información relativa a la reproducción en color para el intercambio de datos de colores.

1.2 Esta Recomendación, junto con partes de Recomendaciones tales como las Recomendaciones UIT-T T.4 y T.30, o T.563, T.503 y T.521, definirá un formato de datos de la señal de imagen en color que puede ser utilizado por el servicio facsímil en color y por otros servicios telemáticos.

2 Campo de aplicación

2.1 Esta Recomendación define un método de representación de los datos de colores que permite a un receptor reproducir datos de imágenes en color, según lo especificado por el emisor. Los valores básicos corresponden a los datos de imágenes en color en copia impresa y visualizados.

2.2 Cuando el servicio se realiza conforme a esta Recomendación, se supone que todas las características no básicas son definidas por negociación.

3 Referencias

Las siguientes Recomendaciones del UIT-T y otras referencias contienen disposiciones que, mediante su referencia en este texto, constituyen disposiciones de la presente Recomendación. Al efectuar esta publicación, estaban en vigor las ediciones indicadas. Todas las Recomendaciones y otras referencias son objeto de revisiones por lo que se preconiza que los usuarios de esta Recomendación investiguen la posibilidad de aplicar las ediciones más recientes de las Recomendaciones y otras referencias citadas a continuación. Se publica periódicamente una lista de las Recomendaciones UIT-T actualmente vigentes. En esta Recomendación, la referencia a un documento, en tanto que autónomo, no le otorga el rango de una Recomendación.

- CEI, Publicación N.º 15.2 (1986), *Colorimetry*, 2ª edición.
- ISO 5-1 to 5-4 (1984-2001), *Photography – Density measurements*.
- ISO 13655:1996, *Graphic technology – Spectral measurement and colorimetric computation for graphic arts images*.
- CEI 61966-2-1 (1999) Amd.1 Ed. 1.0 (2003), *Equipos y sistemas multimedia. Medición y gestión del color. Parte 2-1: Gestión del color. Espacio cromático RGB por defecto. sRGB*.

4 Definiciones

Las definiciones de la Rec. UIT-T T.411 son aplicables a esta Recomendación.

Las definiciones de la Publicación CIE N.º 15.2 son aplicables a esta Recomendación.

Las definiciones del anexo F del Documento CEI 61966-2-1, Enmienda 1, Edición 1.0 son aplicables a esta Recomendación.

A efectos de la presente Recomendación, es aplicable la siguiente definición:

4.1 CIELAB: Espacio cromático CIE $L^*a^*b^*$ de 1976.

4.2 ITU-YCC: sYCC en el anexo F del Documento CEI 61966-2-1, Enmienda 1, Edición 1.0.

5 Convenios

Los convenios de la Publicación CIE N.º 15.2 son aplicables a esta Recomendación.

Los convenios del anexo F del Documento CEI 61966-2-1, Enmienda 1, Edición 1.0 son aplicables a esta Recomendación.

Los convenios de ISO 13655 son aplicables a esta Recomendación.

6 Modelo de representación de los colores

6.1 Visión de conjunto

Para representar de manera precisa y exclusiva los datos de colores en tonos continuos se necesita un espacio en color de intercambio independiente del dispositivo. Este espacio de imágenes en color debe codificar la gama de datos de imágenes en copia impresa y la gama de los datos de imágenes visualizadas.

Lo que sigue es un ejemplo para la utilización de este modelo. Un emisor explora una imagen en color original utilizando un espacio en color dependiente del dispositivo específico, que puede depender del iluminante y/o de los filtros de un determinado sistema explorador. El emisor convierte los datos de colores dependientes del dispositivo a la representación de colores de intercambio. A continuación codifica los datos utilizando un algoritmo de codificación, tal como el de la Rec. UIT-T T.81, Grupo mixto de expertos en fotografía (JPEG, *joint photographic experts group*). El destinatario recibe los datos codificados que son decodificados y convertidos al espacio cromático dependiente del dispositivo.

Para definir la representación de los colores es necesario especificar el blanco de referencia, el iluminante y la extensión de la gama de colores utilizados en la representación de datos de intercambio.

Podría opcionalmente especificarse cierta información adicional para una mejor y/o más conveniente reproducción en color.

6.2 Recomendación relativa a la representación de los colores

6.2.1 Espacio CIELAB

6.2.1.1 Especificación del espacio cromático

En esta Recomendación, el espacio CIELAB es el valor básico principalmente para las imágenes en color en copia impresa.

La conversión de los datos de medición espectral a CIE XYZ se define en ISO 13655. (Véase el apéndice I.)

La conversión del espacio cromático CIE XYZ a valores reales de CIELAB es la misma que se define en la Publicación CIE N.º 15.2. (Véase el apéndice II.)

Los datos relativos al blanco de referencia y al iluminante así como la extensión de la gama de colores se especifican en 6.2.1.2 y 6.2.1.3.

6.2.1.2 Datos relativos al blanco de referencia y al iluminante

Los valores básicos son el iluminante D50 de CIE y su blanco de referencia reflectante perfectamente difuso ($X_0 = 96,422$, $Y_0 = 100,000$, $Z_0 = 82,521$). Otros iluminantes y/o blancos de referencia son opcionales y deben ser objeto de negociación antes de utilizarlos. Los valores opcionales quedan en estudio.

6.2.1.3 Extensión de la gama de colores

La extensión de la gama de colores básica se elige de modo que abarque la unión de gamas de colores de los dispositivos de copia impresa disponibles, observados con el iluminante D50. La extensión de la gama es como sigue, y su definición exacta se indica más adelante:

$$L^* = [0, 100]$$

$$a^* = [-85, 85]$$

$$b^* = [-75, 125]$$

La extensión de la gama de colores se expresa como un DESPLAZAMIENTO (OFFSET) en el espacio de comunicación y una GAMA (RANGE), con excepción de los valores mínimo y máximo, definidos de manera explícita en las definiciones anteriores.

Los cálculos a partir de valores reales $L^*a^*b^*$ a valores enteros de $n_L n_a n_b$ bits, que se expresan por $N_L N_a N_b$, se efectúan como sigue:

$$N_L = [(2^{n_L} - 1) / \text{RANGE}_L] \times L^* + \text{OFFSET}_L$$

$$N_a = [(2^{n_a} - 1) / \text{RANGE}_a] \times a^* + \text{OFFSET}_a$$

$$N_b = [(2^{n_b} - 1) / \text{RANGE}_b] \times b^* + \text{OFFSET}_b$$

Éstos son los pares de RANGE, OFFSET de la gama básica L^* , a^* y b^* en el caso de que $N_L N_a N_b$ sean enteros de $n_L n_a n_b$ bits:

Variable	Gama	Desplazamiento
L^*	100,00	0
a^*	170,00	$2^{n_a} - 1$
b^*	200,00	$2^{n_b} - 2 + 2^{n_b} - 3$

En el caso de valores de 8 bits, el cálculo se hace como sigue para la gama básica:

$$N_L = [(255./100.) \times L^*] \text{ redondeado}$$

$$N_a = [(255./170.) \times a^* + 128.] \text{ redondeado}$$

$$N_b = [(255./200.) \times b^* + 96.] \text{ redondeado}$$

En el caso de valores de 12 bits, el cálculo se efectúa como sigue para la gama básica:

$$N_L = [(4095./100.) \times L^*] \text{ redondeado}$$

$$N_a = [(4095./170.) \times a^* + 2048.] \text{ redondeado}$$

$$N_b = [(4095./200.) \times b^* + 1536.] \text{ redondeado}$$

Otros valores de extensión de la gama de colores son opcionales y deben negociarse antes de su utilización.

Por ejemplo, la siguiente gama opcional:

$$L^* = [0, 100]$$

$$a^* = [-128, 127]$$

$$b^* = [-128, 127]$$

se expresaría así utilizando la gama y el desplazamiento, en el caso de valores de 8 bits:

$$N_L = [(255./100.) \times L^*] \text{ redondeado}$$

$$N_a = [(255./255.) \times a^* + 128.] \text{ redondeado}$$

$$N_b = [(255./255.) \times b^* + 128.] \text{ redondeado}$$

Se señala que no se excluyen los valores de L^* superiores a 100 pero, por lo general, no son reproducibles, ya que corresponden a colores que pueden ser producidos por fluorescencia o reflexión especular en el caso de copia impresa. En el caso de presentación por visualización, las componentes tricromáticas X, Y, Z de los datos de imagen se escalarán con la condición de que la máxima Y no sea superior a 100. Ordinariamente puede utilizarse para el escalamiento al máximo de un monitor o de una imagen. Los valores de L^* inferiores a cero no tienen significado físico.

Además, los valores de a^* fuera de la gama $[-500, 500]$ y los valores de b^* fuera de la gama $[-200, 200]$ no son representables mediante las componentes tricromáticas X, Y, Z y no tienen significado.

6.2.2 Espacio ITU-YCC

6.2.2.1 Especificación del espacio cromático

En esta Recomendación, el espacio ITU-YCC es el valor básico principalmente para los datos de imágenes en color visualizados.

La conversión de los datos de medición espectral a CIE XYZ se define en ISO 13655. (Véase el apéndice I.)

La conversión del espacio cromático CIE XYZ a valores reales de ITU-YCC es la misma que se definió en el anexo F del Documento CEI 61966-2-1, Enmienda 1, Edición 1.0. (Véase el apéndice III.)

Los datos del blanco de referencia y del iluminante, y la gama de colores se especifican en 6.2.2.2 y 6.2.2.3.

6.2.2.2 Datos del blanco de referencia y del iluminante

El iluminante CIE D65 y su blanco de referencia reflectante perfectamente difuso ($X_0 = 95,045$; $Y_0 = 100,000$; $Z_0 = 108,892$) son los valores básicos. El espacio ITU-YCC no permite otros iluminantes y/o blancos de referencia.

6.2.2.3 Gama de colores

A continuación se indica la gama de colores básica, y la definición exacta se expresa más adelante:

$$Y = [0, 1]$$

$$Cb = [-0,5, 0,5]$$

$$Cr = [-0,5, 0,5]$$

La gama de colores se expresa como un DESPLAZAMIENTO (OFFSET) en el espacio de comunicación y como una GAMA (RANGE), excepto los valores mínimo y máximo, definidos explícitamente en las descripciones anteriores.

Los cálculos para convertir valores reales YCbCr en valores enteros de $n_Y n_{Cb} n_{Cr}$ bits, que se expresan mediante las denominaciones $N_Y N_{Cb} N_{Cr}$, se efectúan como sigue:

$$N_Y = [(2^{n_Y} - 1)/RANGE_Y] \times Y + OFFSET_Y$$

$$N_{Cb} = [(2^{n_{Cb}} - 1)/RANGE_{Cb}] \times Cb + OFFSET_{Cb}$$

$$N_{Cr} = [(2^{n_{Cr}} - 1)/RANGE_{Cr}] \times Cr + OFFSET_{Cr}$$

Éstos son los pares de RANGE, OFFSET de la gama básica Y, Cb y Cr, cuando $N_Y N_{Cb} N_{Cr}$ son valores enteros de $n_Y n_{Cb} n_{Cr}$ bits:

Variable	Gama	Desplazamiento
Y	1,00	0
Cb	1,00	$2^{**}(n_{Cb} - 1)$
Cr	1,00	$2^{**}(n_{Cr} - 1)$

En el caso de valores de 8 bits, los cálculos de la gama básica son:

$$N_Y = [(255./1.) \times Y] \text{ redondeado}$$

$$N_{Cb} = [(255./1.) \times Cb + 128.] \text{ redondeado}$$

$$N_{Cr} = [(255./1.) \times Cr + 128.] \text{ redondeado}$$

Otros valores de la gama de colores son facultativos y deben ser objeto de negociación antes de utilizarlos.

Por ejemplo, la siguiente gama facultativa:

$$Y = [0, 1.0]$$

$$Cb = [-1.0, 1.0]$$

$$Cr = [-1.0, 1.0]$$

se expresarían así utilizando la gama y el desplazamiento, en el caso de valores de 10 bits:

$$N_Y = [(1023./1.) \times Y] \text{ redondeado}$$

$$N_{Cb} = [(1023./2.) \times Cb + 512.] \text{ redondeado}$$

$$N_{Cr} = [(1023./2.) \times Cr + 512.] \text{ redondeado}$$

7 Información relativa a la reproducción en color

Opcionalmente, se podría proporcionar información de reproducción en color, además de los valores absolutos (valores CIELAB o valores ITU-YCC) de los datos de imagen en color. Esta información puede utilizarse para una reproducción mejor y/o más conveniente. Esta información se describe en el cuadro 1. La información de reproducción en color no es una característica básica.

Cuadro 1/T.42 – Lista de información de reproducción en color

N.º	Del receptor al emisor	Del emisor al receptor	Tipo de datos
1	Blanco dispositivo (Blanco papel para copia impresa, blanco de presentación para visualización)	Blanco original (nota)	CIELAB o ITU-YCC
2	Negro dispositivo (Cian + magenta + amarillo o negro colorante para copia impresa, negro presentación para visualización)	Negro original (nota)	CIELAB o ITU-YCC
3	Cian dispositivo (Colorante cian para copia impresa, luminóforo verde + azul para visualización)	Cian original (nota)	CIELAB o ITU-YCC
4	Magenta dispositivo (Colorante magenta para copia impresa, luminóforo azul + rojo para visualización)	Magenta original (nota)	CIELAB o ITU-YCC

Cuadro 1/T.42 – Lista de información de reproducción en color

N.º	Del receptor al emisor	Del emisor al receptor	Tipo de datos
5	Amarillo dispositivo (Colorante amarillo para copia impresa, luminóforo rojo + verde para visualización)	Amarillo original (nota)	CIELAB o ITU-YCC
6	Rojo dispositivo (Colorante magenta + amarillo para copia impresa, luminóforo rojo para visualización)	Rojo original (nota)	CIELAB o ITU-YCC
7	Verde dispositivo (Colorante amarillo + cian para copia impresa, luminóforo verde para visualización)	Verde original (nota)	CIELAB o ITU-YCC
8	Azul dispositivo (Colorante cian + magenta para copia impresa, luminóforo azul para visualización)	Azul original (nota)	CIELAB o ITU-YCC
NOTA – Original significa no limitado sólo a la extensión de la gama de entrada, sino que a veces corresponde a la extensión de la gama de los datos de imagen original.			

Apéndice I

Método de cálculo colorimétrico a partir de mediciones espectrales

Lo que sigue es una breve sinopsis del material presentado en ISO 13655, *Graphic technology, Spectral measurement and colorimetric computation for graphic arts images (Tecnología gráfica, medición espectral y cálculo colorimétrico para imágenes de artes gráficas)*.

Los datos deberán medirse desde por lo menos 400 nm a por lo menos 700 nm, inclusive, a intervalos no superiores a 20 nm. La referencia para los datos espectrales deberá basarse en datos calculados a intervalos de 10 nm, siendo la función espectral una función triangular con una anchura de banda de 10 nm en el punto de potencia mitad. Las mediciones se efectuarán con una muestra montada sobre fondo negro, tal como se define en la subcláusula 4.7 de ISO 5, parte 4. La geometría de la medición de reflectancia será 45/0 ó 0/45, según se define en ISO 5, parte 4. La resolución de la medición estará al 0,01% más próximo con respecto a un reflector perfectamente difuso.

Las componentes tricromáticas del blanco de referencia con iluminación D50 serán las siguientes: $X_0 = 96,422$, $Y_0 = 100,000$ y $Z_0 = 82,521$. Las ponderaciones espectrales con iluminante D50 y un segundo observador figuran en el cuadro I.1.

Las componentes tricromáticas del blanco de referencia con iluminación D65 son las siguientes: $X_0 = 95,045$; $Y_0 = 100,000$; y $Z_0 = 108,892$. Las ponderaciones espectrales con iluminante D65 y un segundo observador figuran en el cuadro I.2.

Dichas ponderaciones, W_x , W_y y W_z , se utilizarán de la siguiente manera para obtener las componentes tricromáticas:

$$X = \sum_{\lambda} (R(\lambda)W_x(\lambda))$$

sumatorio en el que λ varía de 360 a 780 nm. R es el valor de reflectancia en función de la longitud de onda (λ).

**Cuadro I.1/T.42 – Ponderaciones espectrales (W) con iluminante D50
y segundo observador para el cálculo de las componentes
tricromáticas a intervalos de 10 nm**

Longitud de onda (nm)	W(X)	W(Y)	W(Z)
360	0,000	0,000	0,001
370	0,001	0,000	0,005
380	0,003	0,000	0,013
390	0,012	0,000	0,057
400	0,060	0,002	0,285
410	0,234	0,006	1,113
420	0,775	0,023	3,723
430	1,610	0,066	7,862
440	2,453	0,162	12,309
450	2,777	0,313	14,647
460	2,500	0,514	14,346
470	1,717	0,798	11,299
480	0,861	1,239	7,309
490	0,283	1,839	4,128
500	0,040	2,948	2,466
510	0,088	4,632	1,447
520	0,593	6,587	0,736
530	1,590	8,308	0,401
540	2,799	9,197	0,196
550	4,207	9,650	0,085
560	5,657	9,471	0,037
570	7,132	8,902	0,020
580	8,540	8,112	0,015
590	9,255	6,829	0,010
600	9,835	5,838	0,007
610	9,469	4,753	0,004
620	8,009	3,573	0,002
630	5,926	2,443	0,001
640	4,171	1,629	0,000
650	2,609	0,984	0,000
660	1,541	0,570	0,000
670	0,855	0,313	0,000
680	0,434	0,158	0,000
690	0,194	0,070	0,000
700	0,097	0,035	0,000

**Cuadro I.1/T.42 – Ponderaciones espectrales (W) con iluminante D50
y segundo observador para el cálculo de las componentes
tricromáticas a intervalos de 10 nm**

Longitud de onda (nm)	W(X)	W(Y)	W(Z)
710	0,050	0,018	0,000
720	0,022	0,008	0,000
730	0,012	0,004	0,000
740	0,006	0,002	0,000
750	0,002	0,001	0,000
760	0,001	0,000	0,000
770	0,001	0,000	0,000
780	0,000	0,000	0,000
Total	X = 96,421	Y = 99,997	Z = 82,524

NOTA – Este cuadro procede de ASTM E308 – 1985. Las sumas se consideran como sumas de control para las ponderaciones espectrales, y no son normativas para las componentes tricromáticas del blanco de referencia.

**Cuadro I.2/T.42 – Ponderaciones espectrales (W) con iluminante D65
y segundo observador para el cálculo de las componentes
tricromáticas a intervalos de 10 nm**

Longitud de onda (nm)	W(X)	W(Y)	W(Z)
360	0,000	0,000	0,000
370	0,000	0,000	0,001
380	0,001	0,000	0,003
390	0,002	0,000	0,010
400	0,011	0,000	0,053
410	0,038	0,001	0,180
420	0,119	0,004	0,571
430	0,233	0,010	1,136
440	0,346	0,023	1,733
450	0,372	0,042	1,962
460	0,324	0,067	1,861
470	0,212	0,099	1,399
480	0,105	0,152	0,892
490	0,033	0,214	0,479
500	0,005	0,334	0,281
510	0,009	0,513	0,161
520	0,063	0,704	0,078
530	0,169	0,878	0,043

**Cuadro I.2/T.42 – Ponderaciones espectrales (W) con iluminante D65
y segundo observador para el cálculo de las componentes
tricromáticas a intervalos de 10 nm**

Longitud de onda (nm)	W(X)	W(Y)	W(Z)
540	0,287	0,943	0,020
550	0,427	0,980	0,009
560	0,563	0,942	0,004
570	0,695	0,868	0,002
580	0,831	0,789	0,001
590	0,861	0,635	0,001
600	0,905	0,537	0,001
610	0,850	0,426	0,000
620	0,709	0,316	0,000
630	0,506	0,209	0,000
640	0,355	0,139	0,000
650	0,215	0,081	0,000
660	0,125	0,046	0,000
670	0,068	0,025	0,000
680	0,035	0,013	0,000
690	0,015	0,005	0,000
700	0,008	0,003	0,000
710	0,004	0,001	0,000
720	0,002	0,001	0,000
730	0,001	0,000	0,000
740	0,000	0,000	0,000
750	0,000	0,000	0,000
760	0,000	0,000	0,000
770	0,000	0,000	0,000
780	0,000	0,000	0,000
Total	95,020	100,000	108,822

NOTA – Este cuadro procede de ASTM E308 – 1985. Las sumas se consideran como sumas de control para las ponderaciones espectrales, y no son normativas para las componentes tricromáticas del blanco de referencia.

Apéndice II

Cálculo de los valores reales de CIELAB a partir de los valores de CIE XYZ

Los valores reales de CIELAB se calculan a partir de las componentes tricromáticas X, Y, Z (las componentes tricromáticas medidas utilizando el procedimiento del apéndice I). X_n , Y_n y Z_n son componentes tricromáticas a partir del blanco de referencia.

Utilizando estos valores:

$$L^* = 116 (Y/Y_n)^{1/3} - 16 \quad \text{para } Y/Y_n > 0,008856$$

$$L^* = 903.3 Y/Y_n \quad \text{para } Y/Y_n \leq 0,008856$$

$$a^* = 500 [(X/X_n)^{1/3} - (Y/Y_n)^{1/3}]$$

$$b^* = 200 [(Y/Y_n)^{1/3} - (Z/Z_n)^{1/3}]$$

Además, si cualquiera de las relaciones X/X_n , Y/Y_n o Z/Z_n es igual o inferior a 0,008856, se sustituye en la fórmula anterior por $7,7867F + 16/116$, donde F es X/X_n , Y/Y_n o Z/Z_n , según sea el caso.

Apéndice III

Cálculo de los valores reales de ITU-YCC a partir de los valores de CIE XYZ

Los valores reales de ITU-YCC se calculan a partir de las componentes tricromáticas X, Y, Z, que son las componentes tricromáticas medidas utilizando el procedimiento del apéndice I.

Los valores de XYZ conforme a CEI 1931 pueden transformarse a valores sR'G'B' no lineales como se indica a continuación:

$$\begin{bmatrix} R_{sRGB} \\ G_{sRGB} \\ B_{sRGB} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3,240 6 & -1,537 2 & -0,498 6 \\ -0,968 9 & 1,875 8 & 0,041 5 \\ 0,055 7 & -0,204 0 & 1,057 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} \quad \text{(III-1)}$$

Para el caso de codificación de N-bits/canal, se recomienda sustituir los coeficientes de la matriz de la ecuación III-1 con los coeficientes de matriz inversa de la matriz de la ecuación III-2 con suficiente precisión en los decimales.

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,412 4 & 0,357 6 & 0,180 5 \\ 0,212 6 & 0,715 2 & 0,072 2 \\ 0,019 3 & 0,119 2 & 0,950 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R_{sRGB} \\ G_{sRGB} \\ B_{sRGB} \end{bmatrix} \quad \text{(III-2)}$$

Por ejemplo, la siguiente matriz con 6 decimales tiene suficiente precisión en el caso de 16 bit/canal.

$$\begin{bmatrix} R_{sRGB} \\ G_{sRGB} \\ B_{sRGB} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3,240 6255 & -1,537 2080 & -0,498 6286 \\ -0,968 9307 & 1,875 7561 & 0,041 5175 \\ 0,055 7101 & -0,204 0211 & 1,056 9559 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} \quad \text{(III-3)}$$

En el proceso de codificación de YCC se mantienen las componentes tricromáticas sRGB negativas, y las componentes tricromáticas sRGB mayores que 1,0.

Si $R_{sRGB}, G_{sRGB}, B_{sRGB} \leq 0,003\ 130\ 8$

$$\begin{aligned} R'_{sRGB} &= -1,055 \times (-R_{sRGB})^{(1,0/2,4)} + 0,055 \\ G'_{sRGB} &= -1,055 \times (-G_{sRGB})^{(1,0/2,4)} + 0,055 \\ B'_{sRGB} &= -1,055 \times (-B_{sRGB})^{(1,0/2,4)} + 0,055 \end{aligned} \quad \text{(III-4)}$$

Si $-0,003\ 130\ 8 \leq R_{sRGB}, G_{sRGB}, B_{sRGB} \leq 0,003\ 130\ 8$,

$$\begin{aligned} R'_{sRGB} &= 12,92 \times R_{sRGB} \\ G'_{sRGB} &= 12,92 \times G_{sRGB} \\ B'_{sRGB} &= 12,92 \times B_{sRGB} \end{aligned} \quad \text{(III-5)}$$

Si $R_{sRGB}, G_{sRGB}, B_{sRGB} > 0,003\ 130\ 8$,

$$\begin{aligned} R'_{sRGB} &= 1,055 \times (-R_{sRGB})^{(1,0/2,4)} - 0,055 \\ G'_{sRGB} &= 1,055 \times (-G_{sRGB})^{(1,0/2,4)} - 0,055 \\ B'_{sRGB} &= 1,055 \times (-B_{sRGB})^{(1,0/2,4)} - 0,055 \end{aligned} \quad \text{(III-6)}$$

Ésta es la relación entre los valores de sR'G'B' no lineales y los valores YCC:

$$\begin{bmatrix} Y \\ Cb \\ Cr \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,299\ 0 & 0,587\ 0 & 0,114\ 0 \\ -0,168\ 7 & -0,331\ 3 & 0,500\ 0 \\ 0,500\ 0 & -0,418\ 7 & -0,081\ 3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R'_{sRGB} \\ G'_{sRGB} \\ B'_{sRGB} \end{bmatrix} \quad \text{(III-7)}$$

NOTA – Los coeficientes de la ecuación III-7 están dados en la Rec. UIT-R BT.601-5. En esta última se define Y de YCC con una precisión de tres decimales.

SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

Serie A	Organización del trabajo del UIT-T
Serie B	Medios de expresión: definiciones, símbolos, clasificación
Serie C	Estadísticas generales de telecomunicaciones
Serie D	Principios generales de tarificación
Serie E	Explotación general de la red, servicio telefónico, explotación del servicio y factores humanos
Serie F	Servicios de telecomunicación no telefónicos
Serie G	Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales
Serie H	Sistemas audiovisuales y multimedios
Serie I	Red digital de servicios integrados
Serie J	Redes de cable y transmisión de programas radiofónicos y televisivos, y de otras señales multimedios
Serie K	Protección contra las interferencias
Serie L	Construcción, instalación y protección de los cables y otros elementos de planta exterior
Serie M	RGT y mantenimiento de redes: sistemas de transmisión, circuitos telefónicos, telegrafía, facsímil y circuitos arrendados internacionales
Serie N	Mantenimiento: circuitos internacionales para transmisiones radiofónicas y de televisión
Serie O	Especificaciones de los aparatos de medida
Serie P	Calidad de transmisión telefónica, instalaciones telefónicas y redes locales
Serie Q	Conmutación y señalización
Serie R	Transmisión telegráfica
Serie S	Equipos terminales para servicios de telegrafía
Serie T	Terminales para servicios de telemática
Serie U	Conmutación telegráfica
Serie V	Comunicación de datos por la red telefónica
Serie X	Redes de datos y comunicación entre sistemas abiertos
Serie Y	Infraestructura mundial de la información y aspectos del protocolo Internet
Serie Z	Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación