

Portal Alipso.com: <http://www.alipso.com/>

[Apuntes y Monografías](#) > [Física](#) >

URL original: <http://www.alipso.com/monografias/colorimetria>

Luz y radiación electromagnética, El color y la fisiología ocular, Curva de visibilidad relativa, Teoría de los 3 colores y mezcla aditiva, Colores de un objeto, Colores complementarios, Parámetros característicos del color, Crominancia, Tricromía y siste

Fecha de inclusión en Alipso.com: 2000-08-29

Enviado por: Anónimo

Contenido

COLORIMETRIA PARA TELEVISION

Imprimir

Recomendar a un amigo

Recordarme el recurso

Descargar como pdf

{ "data_track_clickback": true }; { /literal } Seguinosen en Facebook Luz y radiación electromagnética, El color y la fisiología ocular, Curva de visibilidad relativa, Teoría de los 3 colores y mezcla aditiva, Colores de un objeto, Colores complementarios, Parámetros característicos del color, Crominancia, Tricromía y siste

Agregado: 29 de AGOSTO de 2000 (Por) | Palabras: 4551 | Votar! | 1 voto | Promedio: 10 |

Sin comentarios | Agregar Comentario Categoría: [Apuntes y Monografías](#) > [Física](#) > Material educativo de

Alipso relacionado con COLORIMETRIA PARA TELEVISION La Argentina que quisiéramos.: El objetivo

del presente trabajo es inducir a otros argentinos a que hagan sus Proyectos para la Argentina del

futuro Oficios: al director del registro municipal, oficina cementerios, para inscribir a herederos como titulares

de una sepultura Â .: Simulacion de empresas: ... Enlaces externos relacionados con COLORIMETRIA PARA

TELEVISION { "@context": "http://schema.org", "@type": "NewsArticle", "headline":

"COLORIMETRIA PARA TELEVISION", "alternativeHeadline": "COLORIMETRIA PARA

TELEVISION", "image": [

"http://www.alipso.com/monografias/colorimetria/./index_archivos/image001.gif",

"http://www.alipso.com/monografias/colorimetria/./index_archivos/image003.jpg",

"http://www.alipso.com/monografias/colorimetria/./index_archivos/image004.gif",

"http://www.alipso.com/monografias/colorimetria/./index_archivos/image006.jpg",

"http://www.alipso.com/monografias/colorimetria/./index_archivos/image007.gif",

"http://www.alipso.com/monografias/colorimetria/./index_archivos/image008.gif",

"http://www.alipso.com/monografias/colorimetria/./index_archivos/image009.gif",

"http://www.alipso.com/monografias/colorimetria/./index_archivos/image010.gif",

"http://www.alipso.com/monografias/colorimetria/./index_archivos/image011.gif",

"http://www.alipso.com/monografias/colorimetria/./index_archivos/image012.gif",

"http://www.alipso.com/monografias/colorimetria/./index_archivos/image013.gif",

"http://www.alipso.com/monografias/colorimetria/./index_archivos/image014.gif",

"http://www.alipso.com/monografias/colorimetria/./index_archivos/image016.jpg"], "datePublished":

"2000-08-29T08:00:00+08:00", "description": "Luz y radiación electromagnética, El color y la fisiología

ocular, Curva de visibilidad relativa, Teoría de los 3 colores y mezcla aditiva, Colores de un objeto, Colores

complementarios, Parámetros característicos del color, Crominancia, Tricromía y siste", "articleBody": "

COLORIMETRIA PARA TELEVISION

INDICE

- Introducción
- Luz y radiación electromagnética
- El color y la fisiología ocular
- Curva de visibilidad relativa
- Teoría de los 3 colores y mezcla aditiva
- Colores de un objeto
- Colores complementarios
- Parámetros característicos del color
- Crominancia
- Tricromía y sistema RGB
- Representación cúbica - cubo de Maxwell
- Representación triangular de los colores
- Representación triangular GR
- Sistema XYZ
- Diagrama de colores
- Blanco de referencia
- Reproducción del color en la pantalla del televisor

INTRODUCCION

La colorimetría es la ciencia que trata la medida de los colores. En particular, para televisión, especifica la proporción de 3 colores primarios necesaria para reproducir un color determinado. Para conseguir esto se recurre a un aparato llamado colorímetro, con el cual, mediante medios fotoeléctricos o de apreciación visual se busca reproducir el color bajo estudio. Las fuentes de energía lumínica necesarias son 3 focos correspondientes a sendos colores primarios antes mencionados. Las potencias de estos focos se regulan a la vez que se superponen los 3 haces sobre una pantalla blanca. El objetivo es repetir el color que se toma como referencia.

LUZ Y RADIACION ELECTROMAGNETICA

Las ondas electromagnéticas se propagan por el espacio a la velocidad de la luz, unos 300000Km/s. Parte del espectro electromagnético, la gama que va desde los $3.8 \cdot 10^{14}$ Hz hasta los $7.8 \cdot 10^{14}$ Hz, excitan la retina del ojo produciendo sensaciones de color y brillo.

La luz solar (luz blanca) esta formada por todo el conjunto de radiaciones visibles monocromáticas que estimulan el ojo humano generando una sensación de luminosidad exenta de color. Se entiende por radiación monocromática a cada una de las posibles componentes de la luz, correspondientes a cada frecuencia (o longitud de onda) del espectro electromagnético.

Considérese el siguiente experimento: hacer incidir un rayo de luz blanca que atraviesa un prisma sobre una superficie blanca. Como la luz esta compuesta por diferentes frecuencias, y el ángulo de refracción aumenta con la frecuencia de la onda, el resultado obtenido sobre la pared blanca es la descomposición de la luz blanca en un conjunto de tonalidades. Este experimento fue realizado por Isaac Newton, y cada tonalidad obtenida de esta manera es referida como componente espectral de la luz. De esta manera es común hablar de frecuencia o longitud de onda de un determinado tono (aquí, no es conveniente usar la palabra " color ").

La relación entre longitud de onda (λ) y frecuencia (f) de la radiación monocromática , correspondiente a una componente espectral, viene dada por:

$$\lambda \cdot f = c$$

Donde c es la velocidad de la luz, 300000 Km/s, aproximadamente.

El siguiente grafico muestra las escalas comparativas de frecuencia y longitud de onda del espectro visible. Notar que a medida que aumenta la frecuencia, la longitud de onda disminuye, y viceversa. Esto es así porque la relación entre ambas es inversamente proporcional (la velocidad de la luz no varia en un mismo medio). Por

ejemplo, se puede apreciar que para un tono rojo, el valor de frecuencia es de los más pequeños dentro de la gama visible (aproximadamente 4.1014HZ), pero la longitud de onda de ese mismo rojo, es de las mayores en magnitud (unos 700nm)

En el grafico anterior, se han destacado especialmente las zonas donde se encuentra aquellas tonalidades que consideramos importantes: la zona de rojos hacia la izquierda y la de azules hacia la derecha. En el centro se ubican tonalidades verdes.

A continuación se puede ver un grafico con las distintas tonalidades o componentes espectrales, que va desde las menores frecuencias (rojos) a mayores frecuencias (violetas) Por debajo y encima de esta franja se encuentran las gamas del infrarrojo y del ultravioleta, respectivamente, las cuales no son visibles al ojo.

En el grafico del espectro se puede notar como entre el rojo y el verde se ubican tonos naranjas y amarillos. Lo propio ocurre entre el verde y el azul, donde se ubican tonalidades verdes-azuladas (ciano es el nombre técnico).

La comisión Internacional del color (CIE, siglas del francés), data desde principios del siglo 20 y es el organismo mundial que estudia todo lo concerniente al color y como el ojo es afectado por este.

EL COLOR Y LA FISIOLÓGÍA OCULAR

Los estudios sobre el sistema visual humano, establecen que en el ojo existen unas células llamadas conos que reaccionan frente al color. Estas células se presentan en 3 tipos diferentes: un tipo de conos reaccionan frente a longitudes de onda de la gama central del espectro (verdes), un segundo grupo de conos reaccionan ante la gama de tonos rojos, y un tercer tipo de conos, son especialmente excitados por la banda de tonos azules.

Esta es la razón principal para que en televisión se hayan elegidos como colores primarios el rojo (R), el verde (G) y el azul (B). Bien se podría haber seleccionado otra terna, pero es muy importante aprovechar esta característica fisiológica del ojo.

CURVA DE VISIBILIDAD RELATIVA

No todos los colores tienen la misma luminosidad, a igualdad de potencia en luces de distintos colores, no presentan estas el mismo brillo. Por ejemplo, un color amarillo generado por una fuente lumínica de 100 watts presenta al ojo una sensación de brillo mucho mayor que un color azul generado por otra fuente lumínica de igual potencia. Es decir, a pesar de que ambas fuentes luminosas tienen igual energía, la luz

amarilla presenta una sensación de brillo considerablemente mayor que la luz azul.

Partiendo de este hecho, la CIE construyó una curva universal que representa la luminancia relativa respecto de cada radiación visible monocromática.

El máximo de esta curva se encuentra en los 555 nm (color verde amarillo) y los mínimos en los límites de la visión humana, por debajo 400nm y arriba de 700nm, o sea en las regiones que tienden al espectro ultravioleta y al infrarrojo (radiaciones no visibles para el ojo humano).

Existen tres longitudes de onda de gran importancia en esta curva, que son las de 470nm, 535nm y 610nm correspondientes a tonalidades azul verde y roja respectivamente.

Para la construcción de esta curva, se calcula la potencia P_l para cada λ , luego se obtiene la inversa $1/P_l$ y finalmente se hace un cambio de ordenadas y se asigna al máximo el valor 1.

En caso de iluminación crepuscular, la curva mantiene su forma pero se corre el máximo hacia los 500 nm.

TEORIA DE LOS 3 COLORES Y MEZCLA ADITIVA

Se llama tricromía al procedimiento por el cual se puede atribuir 3 coeficientes a cada mezcla de 3 colores primarios, y de esta manera obtener cualquiera de los restantes colores.

La teoría en cuestión establece que se pueden reproducir los colores espectrales a partir de 3 de ellos, si estos cumplen la condición de ser primarios. Un color (del conjunto de 3) es primario si no puede ser obtenido por mezcla de los otros 2.

Los colores primarios elegidos son rojo, verde y azul. Se deduce que 2 de ellos se encuentran próximos a los extremos del espectro visible y el restante en el centro del mismo.

Existen 2 métodos de mezcla de colores bien diferenciados:

- Mezcla aditiva (cumple el principio de superposición)
- Mezcla sustractiva (también llamada multiplicativa, a veces)

La mezcla aditiva, como el caso de superposición de luminarias sobre una misma pantalla, es el método utilizado en TV color para la reproducción de las imágenes coloreadas.

La mezcla sustractiva se suele utilizar en la técnica de mezcla de pinturas donde un pigmento actúa como filtro de un determinado color y no vale el principio de superposición.

El grafico anterior muestra el principio de mezcla aditiva de colores, que es el fundamento de la técnica de televisión color. Por ejemplo, para generar un color amarillo en una pantalla de televisión, se prenden simultáneamente los fósforos verde y rojo, mientras que el fósforo azul se mantiene apagado.

En casos de representación de colores con otros dispositivos (oleos en pinturas, tintas en impresoras, etc) dependerá de las características de cada caso, si la mezcla de colores se podrá considerar aditiva o sustractiva.

COLORES DE UN OBJETO

El color de una fuente de luz es el correspondiente a la longitud o longitudes de onda que radia

El color de un objeto (no radiante) dependerá de la radiación visible que este absorbe o refleje hacia el ojo humano. También dependerá de la intensidad de luz con que se ilumine, del fondo de imagen y otros tantos factores.

Entonces se puede hacer la siguiente clasificación:

:

- Objeto incoloro: el que transmite todas las radiaciones que recibe.
- Objeto blanco: el que difunde omnidireccionalmente y sin absorción todas las radiaciones que recibe.
- Objeto negro: el que absorbe todas las radiaciones incidentes.
- Objeto gris: el que difunde o transmite parcialmente y por igual todas las radiaciones incidentes.

•• Objeto coloreado: todo objeto que no es blanco ni negro ni gris. Por ejemplo un objeto es rojo si al ser iluminado con luz blanca difunde el color rojo y absorbe las demás componentes de radiación.

COLORES COMPLEMENTARIOS

Se llaman colores complementarios a las parejas de colores que por mezcla aditiva dan el blanco. También se obtiene blanco con la mezcla de los 3 primarios.

Son colores complementarios:

§ Rojo y verde-azulado (ciano)

§

§ Verde y magenta (púrpura)

§

§ Azul y amarillo

PARAMETROS CARACTERISTICOS DEL COLOR

Un color queda definido por 3 parámetros:

Ø Luminancia: medición luminosa de la intensidad de la radiación. Subjetivamente se habla de luminosidad, y se dice que un color tiene mucho brillo (claro) o poco brillo (oscuro). Se le puede simbolizar con L y su unidad de medida es [Cd/m²].

Ø Longitud de onda predominante: es la longitud de la radiación monocromática correspondiente. Subjetivamente se habla de matiz o tono y se dice que un color es amarillo, verde, azul, etc. Se le puede simbolizar con λ_d y su unidad es [nm] o [mm] o también el Angstrom (un Angstrom \approx 10⁻¹⁰m).

Ø Pureza: magnitud de la dilución de un color en blanco. Se representa por un índice variable entre 0 y 1. Subjetivamente se habla de saturación. Y se dice por ejemplo que un color rosa (mezcla de rojo con blanco) está poco saturado en contraposición de un rojo que sí lo está. Se lo puede simbolizar con r.

CROMINANCIA

Se entiende por cromaticidad o crominancia al conjunto formado por los parámetros l_d y r , o si se quiere, matiz y saturación. Así definida, la cromaticidad pasa a ser una magnitud vectorial.

REPRESENTACION CONICA DEL COLOR

Una posible representación gráfica (propuesta por la CIE) del color de un objeto es representarlo dentro de un cono invertido como el de la figura donde la altura del cono es proporcional a la luminancia, y además para un corte dado transversal del cono se obtiene un círculo donde se indica la cromaticidad. La saturación viene dada por la longitud del segmento radial, y el matiz por el ángulo formado respecto de una referencia (también podría ser la longitud de la circunferencia). De esto se concluye que el vector cromaticidad (l_d, r) viene expresado en coordenadas polares.

El corte transversal del cono del cono tiene su importancia, pues permite estudiar la cromaticidad independientemente de la luminancia. Al círculo así obtenido se lo llama círculo cromático.

También se puede hacer la representación con un cono de base hexagonal regular donde 3 de los 6 vértices representan a los 3 colores primarios y los extremos opuestos a estos, los respectivos colores complementarios. Es otra posible presentación.

Se llama Albedo al factor de reflexión difusa de un objeto iluminado.

Suele ocurrir que ciertos pares de colores subjetivamente diferentes se encuentran iguales l_d y r pero distinta L y albedos diferentes. (Ej. : naranja y chocolate; verde-aceituna y amarillo limón).

TRICROMIA Y SISTEMA RGB

La Comisión Internacional de la Iluminación eligió 3 colores primarios con el fin de sentar una normativa universal que permitiera definir todos los colores espectrales. Dichos primarios corresponden a:

q Rojo.....700nm R

q Verde.....546,1nm G

q Azul.....435,8nm B

El rojo es obtenido con lampara incandescente y un filtro rojo normalizado, en cambio el verde y el azul son obtenidos con el arco de mercurio.

Una vez que se tienen definidos los 3 primarios, la tricromia o teoría de los 3 colores establece que es posible definir un color cualquiera C' por las proporciones k1, k2 y k3 de cada uno de los 3 primarios R, G, y B que reconstituyen en un colorímetro un color C'' idéntico a C'. Expresado algebraicamente seria:

$$(C') \llcorner \text{---} \> k1.R + k2.G + k3.B \llcorner \text{---} \> (C'')$$

Donde la relacion entre fechas indica suma aditiva (simbología usada en colorimetría).

REPRESENTACION CUBICA- CUBO DE MAXWELL

Con los 3 primarios se puede representar un color mediante un cubo llamado de Maxwell. En este cubo se define un sistema de ejes coordenados donde cada eje representa cada color primario r, g, b graduados de 0 a 1. Cada valor r, g, y b representa para cada color, la relacion entre el componente tricromatico R, G y B y la suma de todos ellos (normalización), es decir:

$$r=R/(R+G+B) \quad g=G/(R+G+B) \quad b=B/(R+G+B)$$

De estas definiciones se desprende que r+g+b=1 y considerando valores positivos de R, G, y B, entonces r, g, y b están comprendidos entre 0 y 1.

Del cubo se obtienen las siguientes conclusiones:

- La dirección (orientación) espacial del vector OC definida por el punto C (color C) define el matiz del

color.

- La longitud del vector define la luminancia del mismo.
- En la diagonal del plano g-r se tiene el color mezcla entre rojo y verde, o sea amarillo.
- Idéntica situación pasa en los planos b-v donde la diagonal corresponde al ciano y en el plano b-r donde la diagonal indica el púrpura.
- Para la obtención del blanco W se mezclan R, G y B en proporciones iguales (blanco de igual energía), entonces con $R=G=B$ el calculo de los coeficientes tricromaticos lleva a: $r=0.33$, $g=0.33$, $b=0.33$ coordenadas de W.

Esta representación puede venir bien, por ejemplo, para el analizar un dispositivo de hardware, pero la respuesta del ojo no es lineal como lo muestra esta representación. El sistema visual humano responde de manera logarítmica a los estímulos de luz.

De todas formas, para los propósitos de la televisión color, la idea es tratar de generar la mayoría de los colores existentes en la naturaleza, a partir de 3 fósforos correspondientes a los colores primarios antes mencionados. Y esto es logrado de manera satisfactoria. Quedan fuera de los posibles colores visualizados en un tubo de televisión, los colores muy puros (o con saturación cercana a 1), los cuales, se admite, no son muy frecuentes en la naturaleza.

REPRESENTACION TRIANGULAR DE LOS COLORES

Haciendo cortar el plano $r+g+b=1$ con el cubo de Maxwell se obtiene el triángulo equilátero de Maxwell, donde se puede representar la crominancia, manteniéndose constante la luminancia, independisandose de esta.

De este triángulo se obtienen las siguientes conclusiones:

- “ Los vértices del triángulo corresponden a $b=1$ $g=0$ $r=0$; $g=1$ $b=0$ $r=0$ y $r=1$ $b=0$ $g=0$.
- “ El centro del triángulo contiene al punto W o blanco de igual energía.
- “ El lado derecho representa a los colores del plano gr, formados por las diversas proporciones de los primarios R y G, en cuyo centro se encuentra el amarillo de $r=0.5$ y $g=0.5$.

“ El lado izquierdo del triángulo representa a los colores del plano gb formados por las diversas proporciones de los primarios G y B . En su centro esta situado el ciano de $g=0.5$ y $b=0.5$.

“ En la base se tienen los colores del plano br , formado por las diversas proporciones de los primarios B y R , en cuyo centro se sitúa el púrpura de $b=0.5$ y $r=0.5$.

“ Uniendo, mediante una recta 2 puntos de 2 lados cualesquiera, se obtiene el color de su mezcla. Así, al mezclar $C1$ y $C2$ de la figura, se obtiene $C3$ en el interior del triángulo. Aumentando la proporción de $C2$, el punto resultante $C3$ se corre hacia la derecha.

“ Por otra parte, uniendo 2 puntos de 2 lados mediante una recta que pase por W , puede obtenerse un blanco resultante, en consecuencia los colores $C4$ y $C5$ del gráfico son colores complementarios.

“ Los colores correspondientes a puntos en el interior del triángulo, son colores obtenidos a partir de un primario mezclado con algo de blanco, por lo tanto son colores no saturados.

“ El matiz se puede representar por medio de un vector que una el punto W con el punto representativo del color en cuestión y midiendo el ángulo así formado respecto de una referencia de fase.

“ Para incluir el concepto de luminancia es preciso trabajar con planos triangulares paralelos, a distancias distintas del origen.

REPRESENTACION TRIANGULAR GR

Como los coeficientes tricromaticos cumplen la condición $r+g+b=1$, entonces conociendo 2 de ellos, el tercero queda definido inequívocamente. Por lo tanto se representan los colores en un plano gr y se obtiene $b=1-g-r$.

Además, sobre este grafico, se representan las tonalidades correspondientes a cada longitud de onda, resultando lo siguiente:

SISTEMA XYZ

El sistema RGB tiene la complicación de utilizar coeficientes tricromaticos positivos y negativos. Por ejemplo, para un verde de 560nm los coeficientes son $r=0.3164$, $g=0.6881$ y $b=-0.0045$.

Para evitar el empleo de coeficientes tricromaticos negativos, se definieron 3 nuevos primarios ideales llamados XYZ que corresponden a las siguientes coordenadas del sistema RGB:

§ x..... $r=1.2750$; $g=-0.2778$; $b=0.0028$

§ y..... $r=-1.7394$; $g=2.7674$; $b=-0.0280$

§ z..... $r=-0.7429$; $g=0.1409$; $b=1.6020$

Con este sistema se definen en forma análoga los coeficientes tricromaticos de manera de cumplir $x+y+z=1$.

El problema de esta representación es que no es intuitiva como la representación rgb, donde cada eje corresponde a un color primario que es familiar para todos.

DIAGRAMA DE COLORES

Con los ejes xy se pasa a construir una curva representativa de los colores espectrales (1 desde 380nm hasta 780nm), obteniéndose el gráfico de la figura.

Así, se tiene que los colores espectrales yacen bajo el triángulo xy, formando una curva con forma de herradura. La curva se cierra con una recta que une el rojo de 780nm con el azul de 380nm. Esta recta corresponde a los colores púrpuras que no son espectrales, sino se obtienen por mezcla aditiva de rojo y azul. Esto significa que el color púrpura es una sensación que se puede generar a partir de la mezcla aditiva de rojo y azul, pero no existe una radiación monocromática espectral cuya excitación en el sistema visual humano resulte en un tono púrpura.

Las coordenadas del blanco W son $x=y=z=0.3333$.

Cualquier punto situado dentro de la herradura representa un color mezcla de radiaciones con una longitud de onda predominante y una dada saturación.

Al igual que en el triángulo de Maxwell, se puede trazar una recta desde 2 puntos del borde de la herradura,

pasando por C, indicando esto que C es color mezcla de A y B(ver figura). También, si se aumenta la proporción de B, el punto C se corre hacia el punto B.

De igual manera si la recta pasa por W, se tratara de colores espectrales complementarios. (ver figura).

No se debe olvidar que el diagrama de cromaticidad es derivado del triángulo a luminancia constante, por lo que aquí también no cambia el contenido de brillo de los colores, sino solo su matiz y saturación.

La siguiente figura muestra dentro del diagrama de cromaticidad la ubicación de los primarios elegidos para televisión color. Para obtener sus respectivas longitudes de onda se prolonga la recta que pasa por W y el color en cuestión hasta el borde la herradura obteniéndose:

§ R1: $x=0.67$ $y=0.33$ 610nm

§ G1: $x=0.21$ $y=0.71$ 535nm

§ B1: $x=0.14$ $y=0.08$ 470nm

Con los 3 puntos correspondientes a los primarios se puede definir un triángulo dentro de la herradura. Todos los colores obtenibles por mezcla aditiva se encuentran dentro de dicho triángulo. Se aprecia que el único color susceptible de reproducción puro, o sea con saturación próxima a 1, es el rojo primario.

Pero estos R1, G1 y B1 son teóricos. En la practica se recurrió a luminóforos como elementos radiantes en las pantallas de los televisores, que corresponden a primarios físicos que se acercan bastante a los teóricos y denotados en el gráfico como:

· R2: $x=0.65$ $y=0.32$

· G2: $x=0.27$ $y=0.59$

· B2: $x=0.15$ $y=0.07$

Estos primarios forman un triángulo más pequeño que el anterior, por lo cual los colores que se pueden generar estarán mas contenidos, especialmente serán menos saturados respecto del caso teórico.

Estos primarios, correspondientes a sulfuros usados en los tubos de televisión fueron adoptados por el sistema NTSC, luego de lo cual fueron mejorados tecnológicamente obteniéndose nuevos luminoforos de mayor brillo aunque algo mas alejados de los teóricos, así pues en el sistema PAL-N se utilizaron los siguientes luminoforos:

$$\text{R: } x=0.64 \ y=0.33$$

$$\text{G: } x=0.29 \ y=0.60$$

$$\text{B: } x=0.15 \ y=0.06$$

Volviendo un poco sobre la figura de la herradura. Se puede deducir, una vez determinado el blanco (W), que los colores sobre la herradura, que se obtienen prolongando el segmento que pasa por W, son colores complementarios del espectro. Por ejemplo, el color con longitud de onda de 600nm (tono rojizo) es complementario, como lo muestra el grafico, del color con longitud de onda de aproximadamente 490nm (es una tonalidad entre azul y verde, obviamente).

Notar también, por ejemplo, que a la longitud de onda de 520nm (un verde mediano), le corresponde como complementario un color sobre el segmento de los púrpuras, que físicamente no tienen longitud de onda (a veces, se lo suele denotar con una longitud do onda negativa, pero esto no tiene sentido físico). Este segmento de los púrpuras, se obtiene cerrando los extremos del rojo y el azul, pero no se obtienen por mediciones del espectro como si ocurre con el resto de la herradura.

Existen mas modelos de representaciones de color propuestos por la CIE, pero para televisión, importa el triangulo determinado a partir de los 3 luminóforos adoptados por cada sistema, que son, en definitiva, los colores encerrados por el triangulo los obtenibles en la practica.

BLANCO DE REFERENCIA

Así como los primarios en la practica no coinciden exactamente con los primarios teóricos, lo mismo pasa con el blanco, que en la practica difiere un poco del valor 0.3333 para cada coordenada.

En Luminotecnia suele referirse a varios blancos, entre los que se destacan:

- 1) Blanco A: corresponde a las lamparas incandescentes de baja potencia, tiene coordenadas $x=0.447$ $y=0.407$ y temperatura de color de 2800K.
- 2) Blanco 3000: corresponde a lamparas incandescentes de gran potencia con temperatura de color de 3000 K.
- 3) Blanco B: el espectro corresponde a la luz directa del sol del mediodía, aproximándose a un cuerpo radiante perfecto a 4800K. Se puede simular con un iluminaste A y un filtro.
- 4) Blanco C: tiene la característica de luz difusa de cielo nublado. El radiante perfecto que se le aproxima tiene una temperatura de color de 6770 K. Se utilizo inicialmente como blanco de referencia en NTSC con coordenadas $x=0.31$ $y=0.316$.
- 5) Blanco D: la temperatura de color es de 9300 K y se usa en algunos países como referencia de los aparatos de control de estudio.
- 6) Blanco D65 (D 6500): el espectro de este blanco se aproxima a lo que se obtendría con una combinación de luz diurna directa y luz difusa de cielo nublado.
- 7) Blanco E: es el blanco hipotético ($x=0.33$ $y=0.33$) cuyo espectro se caracteriza por tener igual energía para todas las longitudes de onda. Se lo utiliza para estudio simplificado teórico de colorimetría.

Como el blanco D65 se obtiene mezclando convenientemente la luz de los 3 fósforos de un tubo de imagen para color. Se ha adoptado este blanco como referencia en los sistemas modernos de TV. Así, en PAL-N se especifica que las coordenadas de cromaticidad correspondientes a la igualdad de las señales eléctricas primarias RGB deben ser las del iluminante D65 ($x=0.3132$ $y=0.329$).

En todo caso, estos valores y los correspondientes a los luminóforos, son valores normativos, susceptibles de variación según el avance de la tecnología y la actualización de las normas. En los reproductores de televisión, según el tubo (y mas precisamente los fósforos) que incluyan, se cumplirán los valores estandarizados, en mayor o menor medida.

REPRODUCCIÓN DEL COLOR EN LA PANTALLA DEL TELEVISOR

Si bien lo que recibe el televisor, no consiste en el equivalente eléctrico de las respectivas componentes de rojo, verde y azul del objeto a reproducir, estas señales de colores primarios son obtenidas dentro del propio receptor, a partir la señal que recibe el equipo, técnicamente llamada señal de video color compuesta.

Una vez obtenidas estas tres señales, el objetivo es excitar los respectivos fósforos presentes en la pantalla del tubo del televisor.

La pantalla contiene un arreglo de fósforos (en línea o en forma de delta, según el tipo y antigüedad del televisor), formados por triadas de R, G y B. Estos fósforos no se superponen en un solo punto, pero si están lo suficientemente juntos, para que, a la distancia de observación, el ojo reciba la luz emitida por cada triada como si se tratase de un solo punto en la pantalla. Es decir, el sistema visual humano, realiza la mezcla aditiva, dando la sensación de color.

Es común, que en cada triada en línea, el fósforo del centro sea el verde, a la izquierda este el rojo y a la derecha el azul. (Ver figura)

Así, por ejemplo, para reproducir colores básicos, se enciende unos u otros fósforos, como se ve a continuación.

En el ejemplo anterior, la primera triada tiene encendido el fósforo rojo y se vería como un punto del mismo color.

La segunda triada, tiene encendido los tres fósforos, en igual intensidad, por lo cual, se visualizaría el punto blanco.

Por ultimo, la tercer triada, solo enciende los fósforos rojo y verde, en consecuencia, resultaría un punto amarillo.

Para representar un color pastel (impuro o muy poco saturado) se necesitaría encender los tres fósforos pero en distintas intensidades. Por ejemplo, para generar un rosa (rojo + blanco) se podría encender al máximo de intensidad el rojo y a un tercio de intensidad, tanto el verde como el azul.

De idéntica forma, se encienden todos los puntos (triadas) que forman la pantalla del receptor, de manera sincronizada, para proporcionar color, brillo y definición a la imagen reproducida.

Trabajo de investigación realizado por :

R. G. Bosco,

Ingeniero Electrónico, Universidad de Buenos Aires

Buenos Aires, Argentina.

rgbosco@hotmail.com

" }

COLORIMETRIA PARA TELEVISION

INDICE

- Introducción
- Luz y radiación electromagnética
- El color y la fisiología ocular
- Curva de visibilidad relativa
- Teoría de los 3 colores y mezcla aditiva
- Colores de un objeto
- Colores complementarios

- Parámetros característicos del color
- Crominancia
- Tricromía y sistema RGB
- Representación cúbica - cubo de Maxwell
- Representación triangular de los colores
- Representación triangular GR
- Sistema XYZ
- Diagrama de colores
- Blanco de referencia
- Reproducción del color en la pantalla del televisor

INTRODUCCION

La colorimetría es la ciencia que trata la medida de los colores. En particular, para televisión, especifica la proporción de 3 colores primarios necesaria para reproducir un color determinado. Para conseguir esto se recurre a un aparato llamado colorímetro, con el cual, mediante medios fotoeléctricos o de apreciación visual se busca reproducir el color bajo estudio. Las fuentes de energía lumínica necesarias son 3 focos correspondientes a sendos colores primarios antes mencionados. Las potencias de estos focos se regulan a la vez que se superponen los 3 haces sobre una pantalla blanca. El objetivo es repetir el color que se toma como referencia.

LUZ Y RADIACION ELECTROMAGNETICA

Las ondas electromagnéticas se propagan por el espacio a la velocidad de la luz, unos 300000Km/s. Parte del espectro electromagnético, la gama que va desde los $3.8 \cdot 10^{14}$ Hz hasta los $7.8 \cdot 10^{14}$ Hz, excitan la retina del ojo produciendo sensaciones de color y brillo.

La luz solar (luz blanca) esta formada por todo el conjunto de radiaciones visibles monocromáticas que estimulan el ojo humano generando una sensación de luminosidad exenta de color. Se entiende por radiación monocromática a cada una de las posibles componentes de la luz, correspondientes a cada frecuencia (o longitud de onda) del espectro electromagnético.

Considérese el siguiente experimento: hacer incidir un rayo de luz blanca que atraviesa un prisma sobre una superficie blanca. Como la luz esta compuesta por diferentes frecuencias, y el ángulo de refracción aumenta con la frecuencia de la onda, el resultado obtenido sobre la pared blanca es la descomposición de la luz blanca en un conjunto de tonalidades. Este experimento fue realizado por Isaac Newton, y cada tonalidad obtenida de esta manera es referida como componente espectral de la luz. De esta manera es común hablar de frecuencia o longitud de onda de un determinado tono (aquí, no es conveniente usar la palabra "color").

La relación entre longitud de onda (λ) y frecuencia (f) de la radiación monocromática, correspondiente a una componente espectral, viene dada por:

$$\lambda \cdot f = c$$

Donde c es la velocidad de la luz, 300000 Km/s, aproximadamente.

El siguiente grafico muestra las escalas comparativas de frecuencia y longitud de onda del espectro visible. Notar que a medida que aumenta la frecuencia, la longitud de onda disminuye, y viceversa. Esto es así porque la relación entre ambas es inversamente proporcional (la velocidad de la luz no varia en un mismo medio). Por ejemplo, se puede apreciar que para un tono rojo, el valor de frecuencia es de los más pequeños dentro de la gama visible (aproximadamente 4.1014HZ), pero la longitud de onda de ese mismo rojo, es de las mayores en magnitud (unos 700nm)

En el grafico anterior, se han destacado especialmente las zonas donde se encuentra aquellas tonalidades que consideramos importantes: la zona de rojos hacia la izquierda y la de azules hacia la derecha. En el centro se ubican tonalidades verdes.

A continuación se puede ver un grafico con las distintas tonalidades o componentes espectrales, que va desde las menores frecuencias (rojos) a mayores frecuencias (violetas) Por debajo y encima de esta franja se encuentran las gamas del infrarrojo y del ultravioleta, respectivamente, las cuales no son visibles al ojo.

En el grafico del espectro se puede notar como entre el rojo y el verde se ubican tonos naranjas y amarillos. Lo propio ocurre entre el verde y el azul, donde se ubican tonalidades verdes-azuladas (ciano es el nombre técnico).

La comisión Internacional del color (CIE, siglas del francés), data desde principios del siglo 20 y es el organismo mundial que estudia todo lo concerniente al color y como el ojo es afectado por este.

EL COLOR Y LA FISIOLÓGÍA OCULAR

Los estudios sobre el sistema visual humano, establecen que en el ojo existen unas células llamadas conos que reaccionan frente al color. Estas células se presentan en 3 tipos diferentes: un tipo de conos reaccionan frente a longitudes de onda de la gama central del espectro (verdes), un segundo grupo de conos reaccionan ante la gama de tonos rojos, y un tercer tipo de conos, son especialmente excitados por la banda de tonos azules.

Esta es la razón principal para que en televisión se hayan elegidos como colores primarios el rojo (R), el verde (G) y el azul (B). Bien se podría haber seleccionado otra terna, pero es muy importante aprovechar esta característica fisiológica del ojo.

CURVA DE VISIBILIDAD RELATIVA

No todos los colores tienen la misma luminosidad, a igualdad de potencia en luces de distintos colores, no presentan estas el mismo brillo. Por ejemplo, un color amarillo generado por una fuente lumínica de 100 watts presenta al ojo una sensación de brillo mucho mayor que un color azul generado por otra fuente lumínica de igual potencia. Es decir, a pesar de que ambas fuentes luminosas tienen igual energía, la luz amarilla presenta una sensación de brillo considerablemente mayor que la luz azul.

Partiendo de este hecho, la CIE construyó una curva universal que representa la luminancia relativa respecto de cada radiación visible monocromática.

El máximo de esta curva se encuentra en los 555 nm (color verde amarillo) y los mínimos en los límites de la visión humana, por debajo 400nm y arriba de 700nm, o sea en las regiones que tienden al espectro ultravioleta y al infrarrojo (radiaciones no visibles para el ojo humano).

Existen tres longitudes de onda de gran importancia en esta curva, que son las de 470nm, 535nm y 610nm correspondientes a tonalidades azul verde y roja respectivamente.

Para la construcción de esta curva, se calcula la potencia P_l para cada λ , luego se obtiene la inversa $1/P_l$ y finalmente se hace un cambio de ordenadas y se asigna al máximo el valor 1.

En caso de iluminación crepuscular, la curva mantiene su forma pero se corre el máximo hacia los 500 nm.

TEORIA DE LOS 3 COLORES Y MEZCLA ADITIVA

Se llama tricromía al procedimiento por el cual se puede atribuir 3 coeficientes a cada mezcla de 3 colores primarios, y de esta manera obtener cualquiera de los restantes colores.

La teoría en cuestión establece que se pueden reproducir los colores espectrales a partir de 3 de ellos, si estos cumplen la condición de ser primarios. Un color (del conjunto de 3) es primario si no puede ser obtenido por mezcla de los otros 2.

Los colores primarios elegidos son rojo, verde y azul. Se deduce que 2 de ellos se encuentran próximos a los extremos del espectro visible y el restante en el centro del mismo.

Existen 2 métodos de mezcla de colores bien diferenciados:

- Mezcla aditiva (cumple el principio de superposición)
- Mezcla sustractiva (también llamada multiplicativa, a veces)

La mezcla aditiva, como el caso de superposición de luminarias sobre una misma pantalla, es el método utilizado en TV color para la reproducción de las imágenes coloreadas.

La mezcla sustractiva se suele utilizar en la técnica de mezcla de pinturas donde un pigmento actúa como filtro de un determinado color y no vale el principio de superposición.

El gráfico anterior muestra el principio de mezcla aditiva de colores, que es el fundamento de la técnica de televisión color. Por ejemplo, para generar un color amarillo en una pantalla de televisión, se prenden simultáneamente los fósforos verde y rojo, mientras que el fósforo azul se mantiene apagado.

En casos de representación de colores con otros dispositivos (oleos en pinturas, tintas en impresoras, etc) dependerá de las características de cada caso, si la mezcla de colores se podrá considerar aditiva o sustractiva.

COLORES DE UN OBJETO

El color de una fuente de luz es el correspondiente a la longitud o longitudes de onda que radia

El color de un objeto (no radiante) dependerá de la radiación visible que este absorbe o refleje hacia el ojo humano. También dependerá de la intensidad de luz con que se ilumine, del fondo de imagen y otros tantos factores.

Entonces se puede hacer la siguiente clasificación:

:

- Objeto incoloro: el que transmite todas las radiaciones que recibe.
- Objeto blanco: el que difunde omnidireccionalmente y sin absorción todas las radiaciones que recibe.
- Objeto negro: el que absorbe todas las radiaciones incidentes.
- Objeto gris: el que difunde o transmite parcialmente y por igual todas las radiaciones incidentes.
- Objeto coloreado: todo objeto que no es blanco ni negro ni gris. Por ejemplo un objeto es rojo si al ser iluminado con luz blanca difunde el color rojo y absorbe las demás componentes de radiación.

COLORES COMPLEMENTARIOS

Se llaman colores complementarios a las parejas de colores que por mezcla aditiva dan el blanco. También se obtiene blanco con la mezcla de los 3 primarios.

Son colores complementarios:

§ Rojo y verde-azulado (ciano)

§

§ Verde y magenta (púrpura)

§

§ Azul y amarillo

PARAMETROS CARACTERISTICOS DEL COLOR

Un color queda definido por 3 parámetros:

Ø Luminancia: medición luminosa de la intensidad de la radiación. Subjetivamente se habla de luminosidad, y se dice que un color tiene mucho brillo (claro) o poco brillo (oscuro). Se le puede simbolizar con L y su unidad de medida es $[Cd/m^2]$.

Ø Longitud de onda predominante: es la longitud de la radiación monocromática correspondiente. Subjetivamente se habla de matiz o tono y se dice que un color es amarillo, verde, azul, etc. Se le puede simbolizar con ld y su unidad es $[nm]$ o $[mm]$ o también el Angstrom (un Angstrom $\gg 10^{-10}m$).

Ø Pureza: magnitud de la dilución de un color en blanco. Se representa por un índice variable entre 0 y 1. Subjetivamente se habla de saturación. Y se dice por ejemplo que un color rosa (mezcla de rojo con blanco) esta poco saturado en contraposición de un rojo que sí lo esta. Se lo puede simbolizar con r .

CROMINANCIA

Se entiende por crominancia o cromaticidad al conjunto formado por los parámetros ld y r , o si se quiere, matiz y saturación. Así definida, la crominancia pasa a ser una magnitud vectorial.

REPRESENTACION CONICA DEL COLOR

Una posible representación gráfica (propuesta por la CIE) del color de un objeto es representarlo dentro de un cono invertido como el de la figura donde la altura del cono es proporcional a la luminancia, y además para un corte dado transversal del cono se obtiene un círculo donde se indica la crominancia. La saturación viene dada por la longitud del segmento radial, y el matiz por el ángulo formado respecto de una referencia (también podría ser la longitud de la circunferencia). De esto se concluye que el vector crominancia (ld, r) viene expresado en coordenadas polares.

El corte transverso del cono del cono tiene su importancia, pues permite estudiar la crominancia independientemente de la luminancia. Al círculo así obtenido se lo llama círculo cromático.

Con los 3 primarios se puede representar un color mediante un cubo llamado de Maxwell. En este cubo se define un sistema de ejes coordenados donde cada eje representa cada color primario r, g, b graduados de 0 a 1. Cada valor r, g, y b representa para cada color, la relacion entre el componente tricromatico R, G y B y la suma de todos ellos (normalización), es decir:

$$r=R/(R+G+B) \quad g=G/(R+G+B) \quad b=B/(R+G+B)$$

De estas definiciones se desprende que $r+g+b=1$ y considerando valores positivos de R, G, y B, entonces r, g, y b están comprendidos entre 0 y 1.

Del cubo se obtienen las siguientes conclusiones:

- La dirección (orientación) espacial del vector OC definida por el punto C (color C) define el matiz del color.
- La longitud del vector define la luminancia del mismo.
- En la diagonal del plano g-r se tiene el color mezcla entre rojo y verde, o sea amarillo.
- Idéntica situación pasa en los planos b-v donde la diagonal corresponde al ciano y en el plano b-r donde la diagonal indica el púrpura.
- Para la obtención del blanco W se mezclan R, G y B en proporciones iguales (blanco de igual energía), entonces con $R=G=B$ el calculo de los coeficientes tricromaticos lleva a: $r=0.33$, $g=0.33$, $b=0.33$ coordenadas de W.

Esta representación puede venir bien, por ejemplo, para el analizar un dispositivo de hardware, pero la respuesta del ojo no es lineal como lo muestra esta representación. El sistema visual humano responde de manera logarítmica a los estímulos de luz.

De todas formas, para los propósitos de la televisión color, la idea es tratar de generar la mayoría de los colores existentes en la naturaleza, a partir de 3 fósforos correspondientes a los colores primarios antes mencionados. Y esto es logrado de manera satisfactoria. Quedan fuera de los posibles colores visualizados en un tubo de televisión, los colores muy puros (o con saturación cercana a 1), los cuales, se admite, no son muy frecuentes en la naturaleza.

REPRESENTACION TRIANGULAR DE LOS COLORES

Haciendo cortar el plano $r+g+b=1$ con el cubo de Maxwell se obtiene el triángulo equilátero de Maxwell, donde se puede representar la crominancia, manteniéndose constante la luminancia, independisandose de esta.

De este triángulo se obtienen las siguientes conclusiones:

- “ Los vértices del triángulo corresponden a $b=1\ g=0\ r=0$; $g=1\ b=0\ r=0$ y $r=1\ b=0\ g=0$.
- “ El centro del triángulo contiene al punto W o blanco de igual energía.
- “ El lado derecho representa a los colores del plano gr , formados por las diversas proporciones de los primarios R y G, en cuyo centro se encuentra el amarillo de $r=0.5$ y $g=0.5$.
- “ El lado izquierdo del triángulo representa a los colores del plano gb formados por las diversas proporciones de los primarios G y B. En su centro esta situado el ciano de $g=0.5$ y $b=0.5$.
- “ En la base se tienen los colores del plano br , formado por las diversas proporciones de los primarios B y R, en cuyo centro se sitúa el púrpura de $b=0.5$ y $r=0.5$.
- “ Uniendo, mediante una recta 2 puntos de 2 lados cualesquiera, se obtiene el color de su mezcla. Así, al mezclar C1 y C2 de la figura, se obtiene C3 en el interior del triángulo. Aumentando la proporción de C2, el punto resultante C3 se corre hacia la derecha.
- “ Por otra parte, uniendo 2 puntos de 2 lados mediante una recta que pase por W, puede obtenerse un blanco resultante, en consecuencia los colores C4 y C5 del gráfico son colores complementarios.
- “ Los colores correspondientes a puntos en el interior del triángulo, son colores obtenidos a partir de un primario mezclado con algo de blanco, por lo tanto son colores no saturados.
- “ El matiz se puede representar por medio de un vector que una el punto W con el punto representativo del color en cuestión y midiendo el ángulo así formado respecto de una referencia de fase.
- “ Para incluir el concepto de luminancia es preciso trabajar con planos triangulares paralelos, a distancias distintas del origen.

REPRESENTACION TRIANGULAR GR

Como los coeficientes tricromaticos cumplen la condición $r+g+b=1$, entonces conociendo 2 de ellos, el tercero queda definido inequívocamente. Por lo tanto se representan los colores en un plano gr y se obtiene $b=1-g-r$.

Además, sobre este grafico, se representan las tonalidades correspondientes a cada longitud de onda, resultando lo siguiente:

SISTEMA XYZ

El sistema RGB tiene la complicación de utilizar coeficientes tricromaticos positivos y negativos. Por ejemplo, para un verde de 560nm los coeficientes son $r=0.3164$, $g=0.6881$ y $b=-0.0045$.

Para evitar el empleo de coeficientes tricromaticos negativos, se definieron 3 nuevos primarios ideales llamados XYZ que corresponden a las siguientes coordenadas del sistema RGB:

§ x..... $r=1.2750$; $g=-0.2778$; $b=0.0028$

§ y..... $r=-1.7394$; $g=2.7674$; $b=-0.0280$

§ z..... $r=-0.7429$; $g=0.1409$; $b=1.6020$

Con este sistema se definen en forma análoga los coeficientes tricromaticos de manera de cumplir $x+y+z=1$.

El problema de esta representación es que no es intuitiva como la representación rgb, donde cada eje

corresponde a un color primario que es familiar para todos.

DIAGRAMA DE COLORES

Con los ejes xy se pasa a construir una curva representativa de los colores espectrales (λ desde 380nm hasta 780nm), obteniéndose el gráfico de la figura.

Así, se tiene que los colores espectrales yacen bajo el triángulo xy , formando una curva con forma de herradura. La curva se cierra con una recta que une el rojo de 780nm con el azul de 380nm. Esta recta corresponde a los colores púrpuras que no son espectrales, sino se obtienen por mezcla aditiva de rojo y azul. Esto significa que el color púrpura es una sensación que se puede generar a partir de la mezcla aditiva de rojo y azul, pero no existe una radiación monocromática espectral cuya excitación en el sistema visual humano resulte en un tono púrpura.

Las coordenadas del blanco W son $x=y=z=0.3333$.

Cualquier punto situado dentro de la herradura representa un color mezcla de radiaciones con una longitud de onda predominante y una dada saturación.

Al igual que en el triángulo de Maxwell, se puede trazar una recta desde 2 puntos del borde de la herradura, pasando por C , indicando esto que C es color mezcla de A y B (ver figura). También, si se aumenta la proporción de B , el punto C se corre hacia el punto B .

De igual manera si la recta pasa por W , se tratara de colores espectrales complementarios. (ver figura).

No se debe olvidar que el diagrama de cromaticidad es derivado del triángulo a luminancia constante, por lo que aquí también no cambia el contenido de brillo de los colores, sino solo su matiz y saturación.

La siguiente figura muestra dentro del diagrama de cromaticidad la ubicación de los primarios elegidos para televisión color. Para obtener sus respectivas longitudes de onda se prolonga la recta que pasa por W y el color en cuestión hasta el borde la herradura obteniéndose:

§ R1: $x=0.67$ $y=0.33$ 610nm

§ G1: $x=0.21$ $y=0.71$ 535nm

§ B1: $x=0.14$ $y=0.08$ 470nm

Con los 3 puntos correspondientes a los primarios se puede definir un triángulo dentro de la herradura.

Todos los colores obtenibles por mezcla aditiva se encuentran dentro de dicho triángulo. Se aprecia que el único color susceptible de reproducción puro, o sea con saturación próxima a 1, es el rojo primario.

Pero estos R1, G1 y B1 son teóricos. En la práctica se recurrió a luminóforos como elementos radiantes en las pantallas de los televisores, que corresponden a primarios físicos que se acercan bastante a los teóricos y denotados en el gráfico como:

· R2: $x=0.65$ $y=0.32$

· G2: $x=0.27$ $y=0.59$

· B2: $x=0.15$ $y=0.07$

Estos primarios forman un triángulo más pequeño que el anterior, por lo cual los colores que se pueden generar estarán más contenidos, especialmente serán menos saturados respecto del caso teórico.

Estos primarios, correspondientes a sulfuros usados en los tubos de televisión fueron adoptados por el sistema NTSC, luego de lo cual fueron mejorados tecnológicamente obteniéndose nuevos luminóforos de mayor brillo aunque algo más alejados de los teóricos, así pues en el sistema PAL-N se utilizaron los siguientes luminóforos:

· R: $x=0.64$ $y=0.33$

· G: $x=0.29$ $y=0.60$

· B: $x=0.15$ $y=0.06$

Volviendo un poco sobre la figura de la herradura. Se puede deducir, una vez determinado el blanco (W), que los colores sobre la herradura, que se obtienen prolongando el segmento que pasa por W, son colores complementarios del espectro. Por ejemplo, el color con longitud de onda de 600nm (tono rojizo) es complementario, como lo muestra el grafico, del color con longitud de onda de aproximadamente 490nm (es una tonalidad entre azul y verde, obviamente).

Notar también, por ejemplo, que a la longitud de onda de 520nm (un verde mediano), le corresponde como complementario un color sobre el segmento de los púrpuras, que físicamente no tienen longitud de onda (a veces, se lo suele denotar con una longitud de onda negativa, pero esto no tiene sentido físico). Este segmento de los púrpuras, se obtiene cerrando los extremos del rojo y el azul, pero no se obtienen por mediciones del espectro como si ocurre con el resto de la herradura.

Existen mas modelos de representaciones de color propuestos por la CIE, pero para televisión, importa el triangulo determinado a partir de los 3 luminóforos adoptados por cada sistema, que son, en definitiva, los colores encerrados por el triangulo los obtenibles en la practica.

BLANCO DE REFERENCIA

Así como los primarios en la practica no coinciden exactamente con los primarios teóricos, lo mismo pasa con el blanco, que en la practica difiere un poco del valor 0.3333 para cada coordenada.

En Luminotecnia suele referirse a varios blancos, entre los que se destacan:

1) Blanco A: corresponde a las lamparas incandescentes de baja potencia, tiene coordenadas $x=0.447$ $y=0.407$ y temperatura de color de 2800K.

2) Blanco 3000: corresponde a lamparas incandescentes de gran potencia con temperatura de color de 3000 K.

3) Blanco B: el espectro corresponde a la luz directa del sol del mediodía, aproximándose a un cuerpo radiante perfecto a 4800K. Se puede simular con un iluminaste A y un filtro.

4) Blanco C: tiene la característica de luz difusa de cielo nublado. El radiante perfecto que se le aproxima tiene una temperatura de color de 6770 K. Se utilizo inicialmente como blanco de referencia en NTSC con coordenadas $x=0.31$ $y=0.316$.

5) Blanco D: la temperatura de color es de 9300 K y se usa en algunos países como referencia de los aparatos de control de estudio.

6) Blanco D65 (D 6500): el espectro de este blanco se aproxima a lo que se obtendría con una combinación de luz diurna directa y luz difusa de cielo nublado.

7) Blanco E: es el blanco hipotético ($x=0.33$ $y=0.33$) cuyo espectro se caracteriza por tener igual energía para todas las longitudes de onda. Se lo utiliza para estudio simplificado teórico de colorimetría.

Como el blanco D65 se obtiene mezclando convenientemente la luz de los 3 fósforos de un tubo de imagen para color. Se ha adoptado este blanco como referencia en los sistemas modernos de TV. Así, en PAL-N se especifica que las coordenadas de cromaticidad correspondientes a la igualdad de las señales eléctricas primarias RGB deben ser las del iluminante D65 ($x=0.3132$ $y=0.329$).

En todo caso, estos valores y los correspondientes a los luminóforos, son valores normativos, susceptibles de variación según el avance de la tecnología y la actualización de las normas. En los reproductores de televisión, según el tubo (y mas precisamente los fósforos) que incluyan, se cumplirán los valores estandarizados, en mayor o menor medida.

REPRODUCCIÓN DEL COLOR EN LA PANTALLA DEL TELEVISOR

Si bien lo que recibe el televisor, no consiste en el equivalente eléctrico de las respectivas componentes de rojo, verde y azul del objeto a reproducir, estas señales de colores primarios son obtenidas dentro del propio receptor, a partir la señal que recibe el equipo, técnicamente llamada señal de video color compuesta.

Una vez obtenidas estas tres señales, el objetivo es excitar los respectivos fósforos presentes en la pantalla del tubo del televisor.

La pantalla contiene un arreglo de fósforos (en línea o en forma de delta, según el tipo y antigüedad del televisor), formados por triadas de R , G y B. Estos fósforos no se superponen en un solo punto, pero si están lo suficientemente juntos, para que, a la distancia de observación, el ojo reciba la luz emitida por cada triada como si se tratase de un solo punto en la pantalla. Es decir, el sistema visual humano, realiza la mezcla aditiva, dando la sensación de color.

Es común, que en cada triada en línea, el fósforo del centro sea el verde, a la izquierda este el rojo y a la derecha el azul. (Ver figura)

Así, por ejemplo, para reproducir colores básicos, se encienda unos u otros fósforos, como se ve a continuación.

En el ejemplo anterior, la primera triada tiene encendido el fósforo rojo y se vería como un punto del mismo color.

La segunda triada, tiene encendido los tres fósforos, en igual intensidad, por lo cual, se visualizaría el punto blanco.

Por ultimo, la tercer triada, solo enciende los fósforos rojo y verde, en consecuencia, resultaría un punto amarillo.

Para representar un color pastel (impuro o muy poco saturado) se necesitaría encender los tres fósforos pero en distintas intensidades. Por ejemplo, para generar un rosa (rojo + blanco) se podría encender al máximo de intensidad el rojo y a un tercio de intensidad, tanto el verde como el azul.

De idéntica forma, se encienden todos los puntos (triadas) que forman la pantalla del receptor, de manera sincronizada, para proporcionar color, brillo y definición a la imagen reproducida.

Trabajo de investigación realizado por :

R. G. Bosco,

Ingeniero Electrónico, Universidad de Buenos Aires

Buenos Aires, Argentina.

rgbosco@hotmail.com