

Fundamentos de colorimetría

- Naturaleza de la luz
- Respuesta visual al color
- Generación del color
- Representación del color

Naturaleza electromagnética de la luz

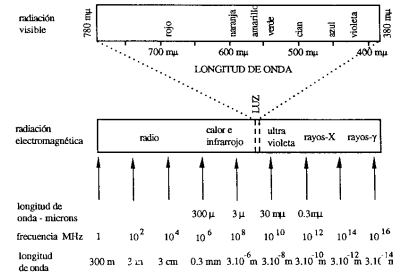
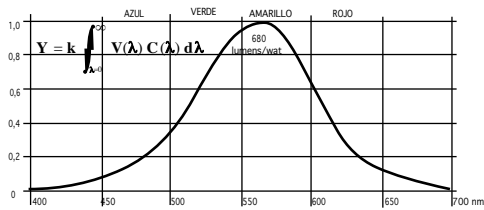


Figura 1.1.1 a Espectro de la radiación electromagnética

Respuesta visual al brillo



Función de eficiencia luminosa relativa V(λ)

Luminancia de una luz

- La luminancia de una luz en función del espectro C(λ) de esta viene dada por (1):

$$(1) Y = Y(C) = \int C(\lambda) V(\lambda) d\lambda$$
- Si hay varias luces, sus luminancias se suman (2)

$$(2) Y = \int \left(\sum_i C_i(\lambda) \right) V(\lambda) d\lambda$$

Para poder sumar luces, estas han de excitar en la misma célula de la retina
- Si las luces a sumar son luces primarias P_k (3)

$$(3) Y_k = T_k \int w_k P_k(\lambda) V(\lambda) d\lambda = T_k d_k$$
- T_k (triestímulo) es la cantidad del primario k y
- d_k (coeficiente de luminosidad) es el aporte de luminancia de ese primario

Blanco de referencia

- Luminancia de una luz formada por primarios (4)
- Para el caso de los primarios del sistema PAL (5)

$$(4) Y = d_1 T_1 + d_2 T_2 + d_3 T_3$$

La luminancia Y es un valor escalar (no es una luz)

$$(5) Y = 0.30 R + 0.59 G + 0.11 B$$
- Blanco de referencia es la luz creada al combinar una unidad triestímulo T de cada primario (6)

$$(6) W_{ref} = 1 \text{ unidad T de Rojo} + 1 \text{ unidad T de Verde} + 1 \text{ unidad T de Azul}$$

Wref, R, G y B son luces

Respuesta visual al color

- Respuesta espectral de los conos
 Indica el aporte de 'sensación' que los diferentes conos envían al cerebro
- Visión del color por el ojo
 El ojo interpreta tres informaciones de color que envía al cerebro. Diferentes luces C(λ) que provoquen los mismos estímulos α₁, α₂ y α₃ serán vistas como iguales por el ojo.

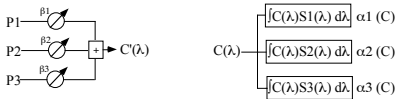
$$\int C(\lambda) S_1(\lambda) d\lambda \quad \alpha_1(C)$$

$$\int C(\lambda) S_2(\lambda) d\lambda \quad \alpha_2(C)$$

$$\int C(\lambda) S_3(\lambda) d\lambda \quad \alpha_3(C)$$

Generación del color 1

- Luces primarias P1, P2 y P3

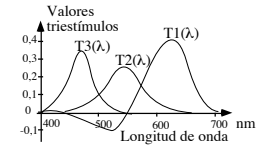


- $C'(\lambda) = \beta_1 P_1(\lambda) + \beta_2 P_2(\lambda) + \beta_3 P_3(\lambda)$
A partir de tres luces primarias 'espectralmente puras' se crea una nueva luz $C'(\lambda)$ diferente de $C(\lambda)$ pero que el ojo ve exactamente igual que $C(\lambda)$.

Generación del color 2

- Curvas de adaptación espectral

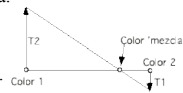
Estos valores indican las cantidades de P1, P2 y P3 que se han de mezclar para conseguir una luz espectralmente pura de long.de onda λ .



- Valores triestímulos
Los valores T1, T2 y T3 se conocen como valores triestímulos.
Cada triada (T1, T2, T3) define unívocamente una luz.

Mezcla de colores

- Suma de luminancias
La luminancia de una luz obtenida como suma de luces es la suma de las luminancias de las luces componentes.
- Mezcla de colores
El color resultante de una mezcla de luces es más parecido al color de la luz con mayor luminancia en una relación como la indicada en la figura.
- Primarios visibles
Las luces primarias han de ser visibles (dentro del spectrum locus).
- Aporte de brillo de los primarios
Depende de su posición en la curva de respuesta al brillo $V(\lambda)$



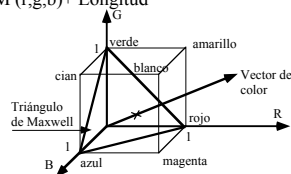
Leyes de Grassman

- Cualquier color se puede adaptar mezclando como máximo tres luces coloreadas.
- La luminancia de una mezcla de colores viene dada como la suma de las luminancias de las componentes.
- El ojo humano no puede distinguir un color puro de una mezcla
- Una adaptación de colores es válida en un gran margen de luminancias

Espacio de color

- Los valores triestímulos T1, T2 y T3, se puede considerar que forman los tres ejes de un espacio de color.
- Luz (R,G,B) = Pto. en TM (r,g,b)+ Longitud
- Parámetros tricromáticos
 $r = R/(R+G+B)$

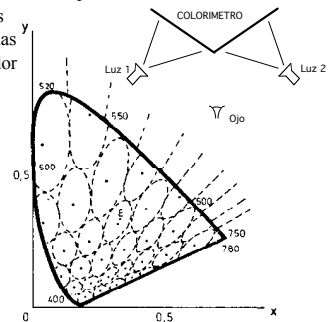
Sobre el Triángulo de Maxwell se cumple que $R+G+B=1$



- En este espacio se representan todos los colores.
- En el semiespacio positivo están los colores representables por los triestímulos T1, T2 y T3.

Elipses de Mac Adam

- Miden la sensibilidad del ojo al cambio de color
Partiendo de luces concretas y variándolas hasta que el observador siente que el color ha cambiado.



- Colorímetro
Dispositivo que permite ver dos luces en dos partes de una pantalla (para que el ojo pueda comparar)

Diagrama de cromaticidad

- Para un conjunto de primarios, todos los colores se pueden representar en un plano.
- **Espectrum locus:** El lugar geométrico de los colores espectrales puros contiene todos los colores visibles.
- El **semiplano positivo** contiene las luces reproducibles por el sistema de primarios.
- **Línea de los púrpuras:** Es la línea que une el azul y el rojo. (Estos colores tienen dos componentes frecuenciales)

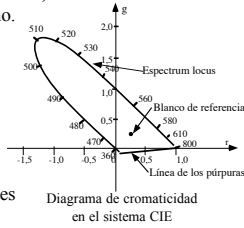
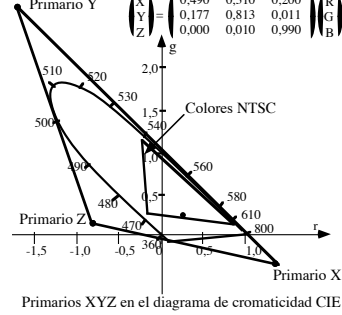


Diagrama de cromaticidad en el sistema CIE

Primarios del sistema XYZ

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.490 & 0.310 & 0.200 \\ 0.177 & 0.813 & 0.011 \\ 0.000 & 0.010 & 0.990 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix}$$



Primarios XYZ en el diagrama de cromaticidad CIE

Sistema XYZ

- Todo el espectrum locus está en el semiplano positivo.
- No existen luces reales como primarios XYZ. (X, Y y Z están fuera del espectrum locus)
- El sistema XYZ sirve como sistema común independiente de los primarios utilizados.

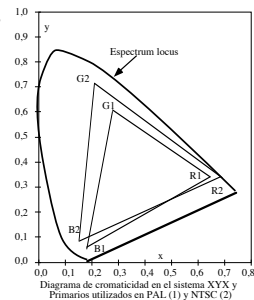
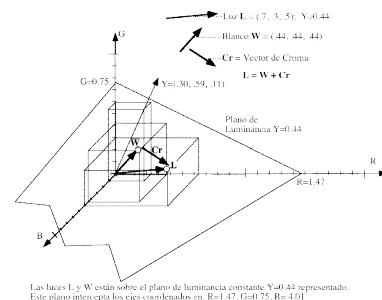


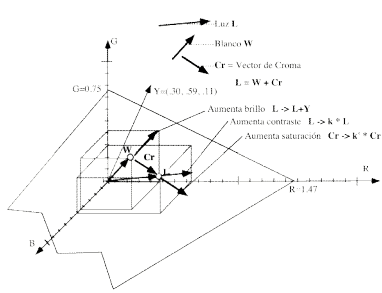
Diagrama de cromaticidad en el sistema XYZ. Primarios utilizados en PAL (1) y NTSC (2)

Plano de luminancia constante



Las luces L y W están sobre el plano de luminancia constante Y=0.44 representado. Este plano intercepta los ejes coordenados en: R=1.47, G=0.75, B=1.01

Brillo, contraste y saturación



Parámetros del color

