

Curso de Iluminación LED – Clase 2, Color y Eficiencia

Convenio I.M.M. - Universidad de la República



2018



Curso Iluminación LED de la I.M.M. - Ing. Michael Varela
Color y Eficiencia

1

¿Por qué son necesario los colores?



El color es una necesidad humana



- En esta clase veremos porque son necesario los colores.
- Ante la ausencia de colores el hombre intenta resaltarlos.



Colores para diferenciar



- Los colores nos permiten a las personas distinguir diferencias.
- Entre cosas como por ej: un taxi, de otro automóvil
- Entre personas, a una persona sospechosa de una persona usual del lugar.



Colores para ubicarnos.



- Los colores permiten a las personas ubicarse.
- Ejemplos típicos de estos son autopistas y parques, que en función de la importancia del camino tienen:
 - Luz más cálida
 - Luz más fría



Colores personalizados



- Los colores permiten personalizar cada cosa a las personas.
- Brindan un sentimiento de lo propio y lo personal.
- Ej: si pensamos en fútbol y naranja, se entiende rápidamente de que grupo de personas hablamos.



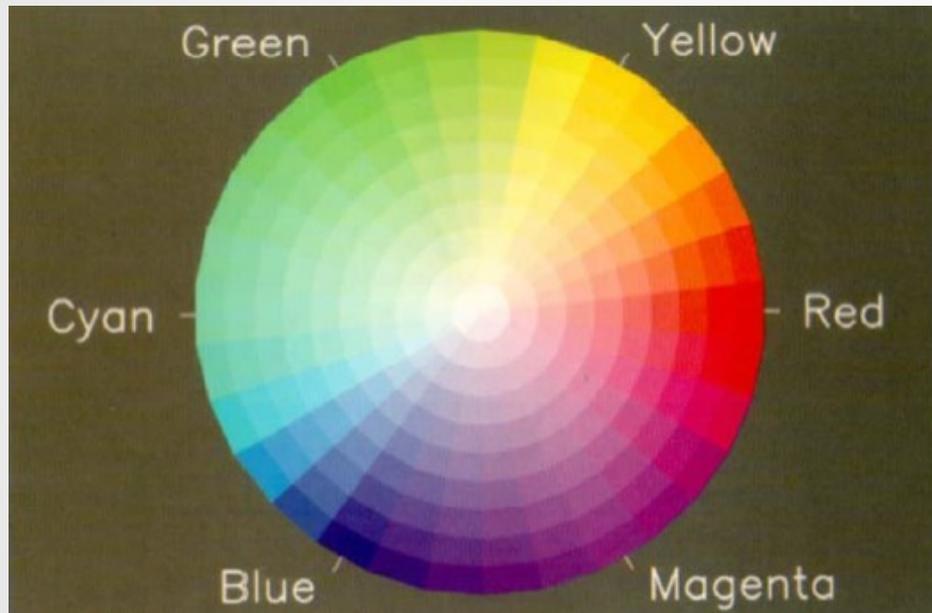
Colores estimulantes



- Los colores inciden en el la estimulación interna de la percepción.
- ¿Qué quiere decir?
- El color incide en como evaluamos situaciones cotidianas.
- No quiere decir que modifique nuestras expectativas.



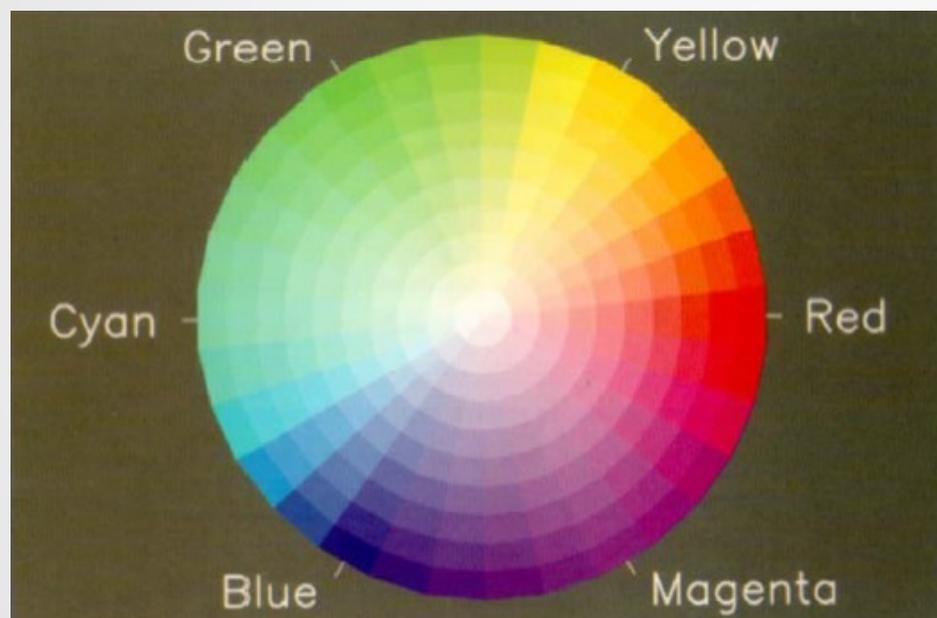
Definición histórica del color (I)



- Históricamente el color se ha definido según 3 parámetros:
 - Tono
 - Saturación
 - Brillo



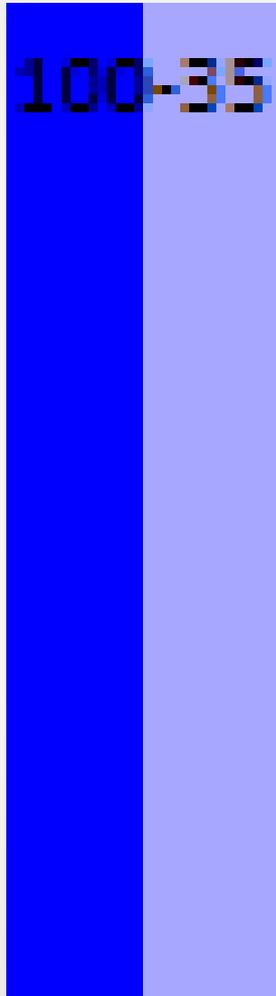
Definición histórica del color (II)



- El **tono** puro ideal, es un color monocromático del arco iris
- Son los que se encuentran más alejados del centro de este esta rueda de color.



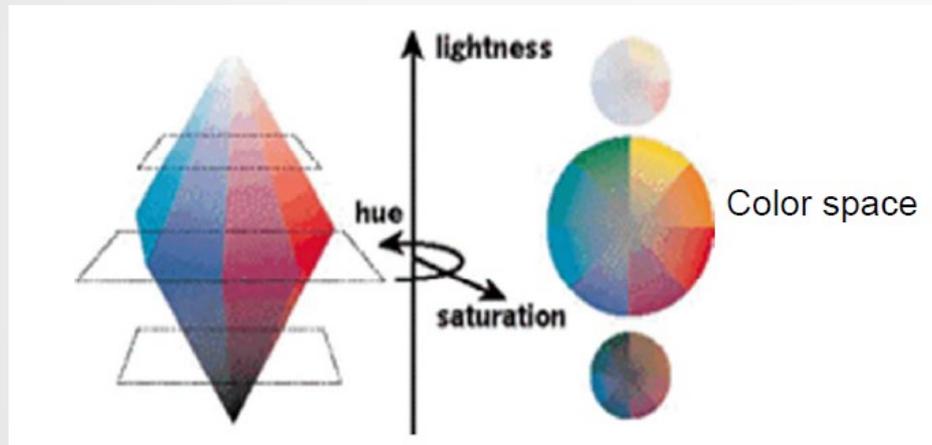
Definición histórica del color (III)



- Luego de seleccionado un tono particular, al irse acercando al centro de la rueda de color, se perciben diferentes colores.
- Estos colores tienen igual tono pero se diferencian en su **saturación**.



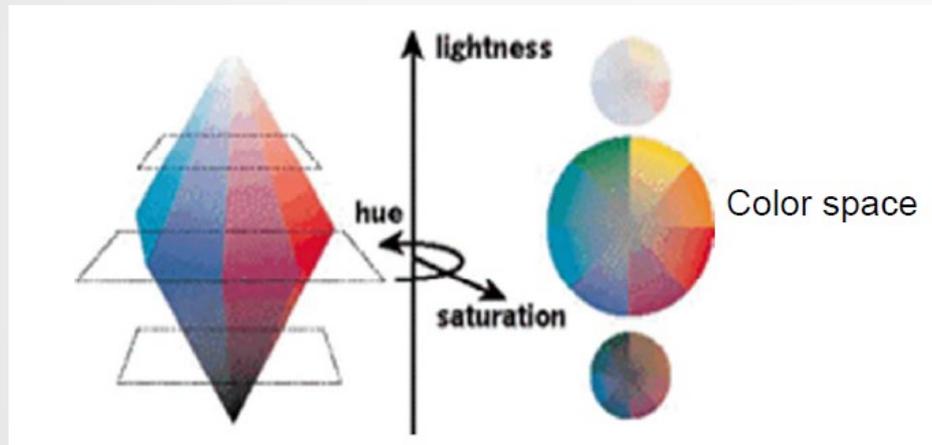
Definición histórica del color (IV)



- Para abarcar los colores visibles, se necesita una tercer variable
- El **brillo** es el responsable de permitirnos ver los colores más hacia el blanco o el negro.
- Ausencia o exceso de luz



Definición histórica del color (V)



- Cuando el brillo es muy alto o muy bajo, la capacidad de ver colores saturados se reduce.
- Como se puede ver a la derecha de la imagen.



Composición de la luz



- La luz blanca está formada por la suma de todos los colores presentes en el arcoiris.
- Cuando un cuerpo opaco es iluminado por luz blanca refleja un color o una suma de colores.
- Si refleja todos, el objeto se ve blanco
- Si los absorbe todos, el objeto se ve negro.



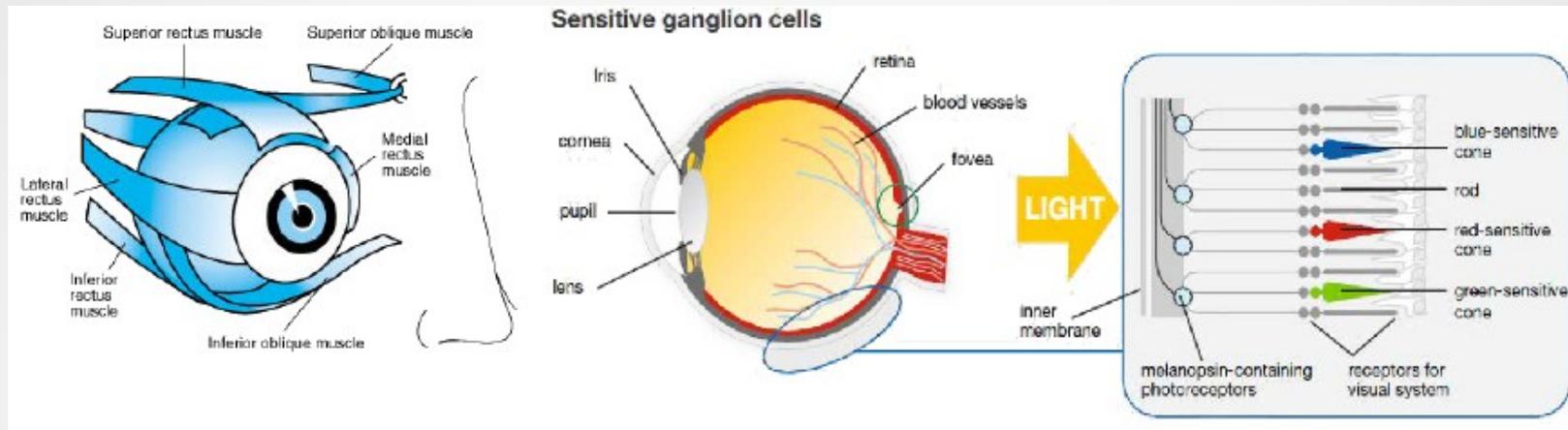
Composición de la luz



- Si refleja un solo color, y absorbe los demás lo vemos de este color.
- Ejemplo: las plantas reflejan la luz verde, por lo cual si quisiéramos hacerla crecer, iluminar con luz verde sería poco eficiente.



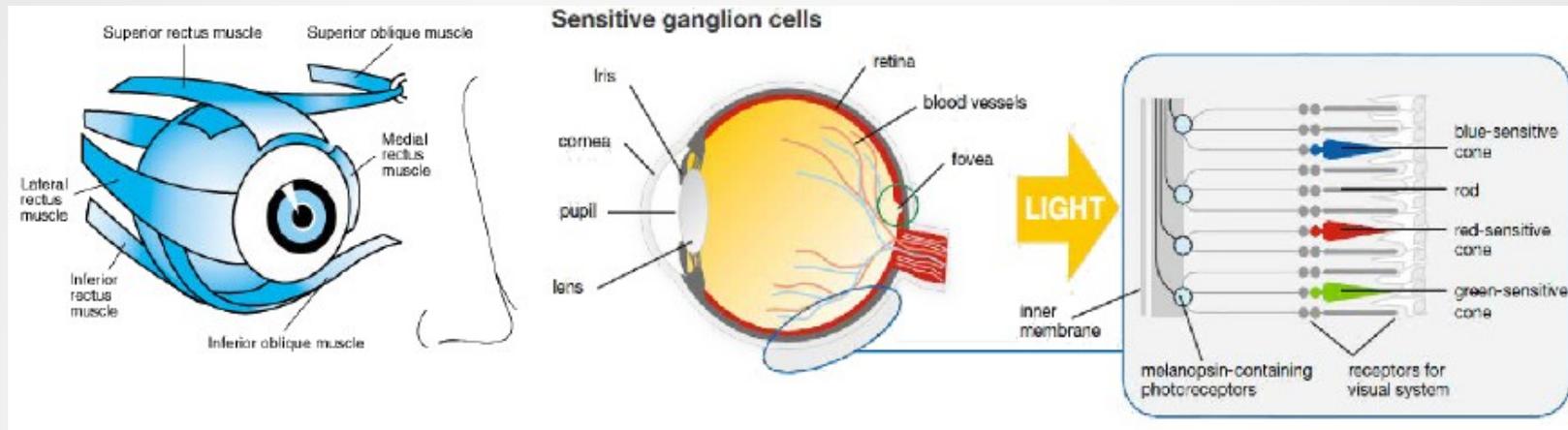
La visión humana (I)



- El ojo humano cuenta con 2 tipos de células sensibles a la luz.
 - Bastones: son los más antiguos, predominantes con poca luz
 - Conos, son los más recientes, predominantes con buena luz y los que nos permiten ver colores.



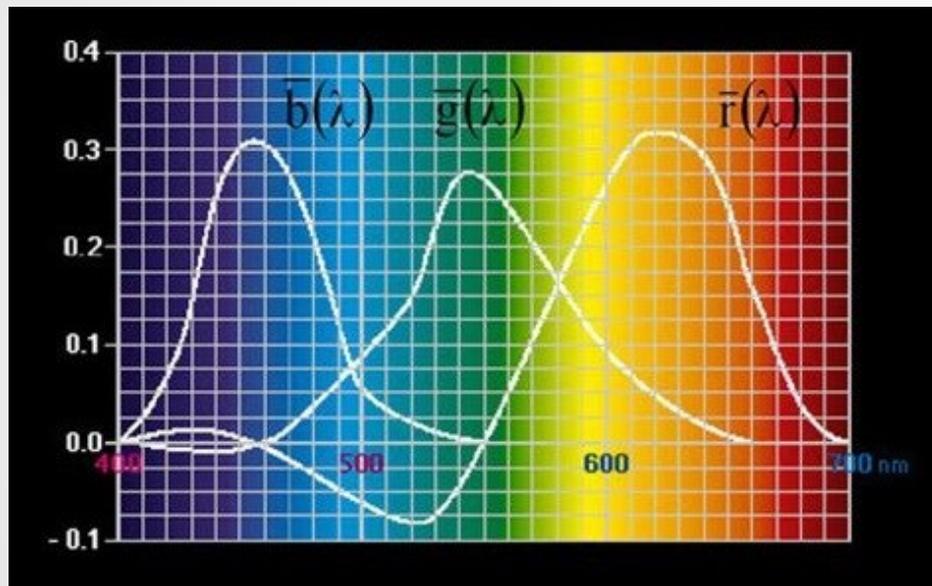
La visión humana (II)



- Los conos a su vez se diferencian en 3 tipos
 - Sensibles al rojo
 - Sensibles al verde
 - Sensibles al azul



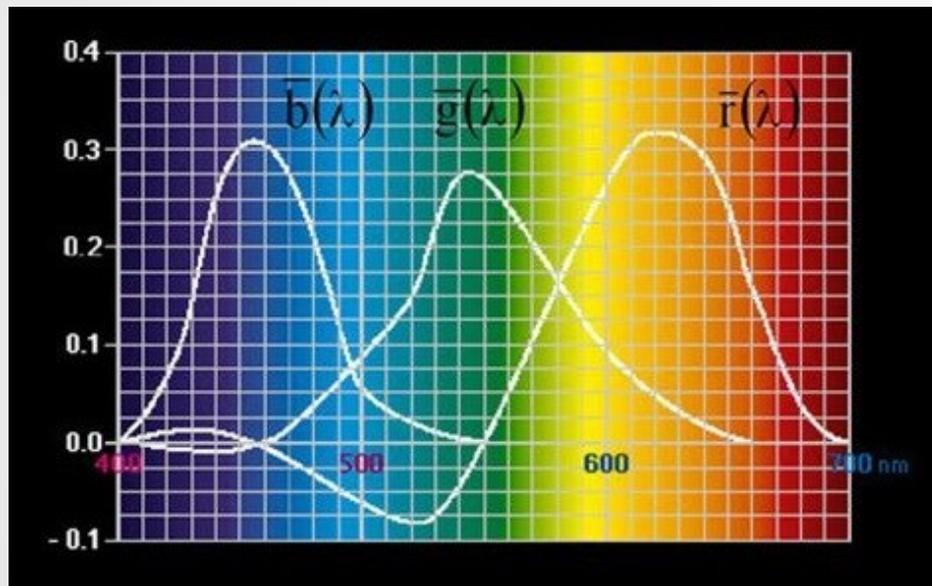
La visión humana (III)



- Los conos sensibles al verde son mucho más sensibles a la luz que los otros 2 tipos
- Por esto, la curva de sensibilidad del ojo, es mucho más sensible en los verdes que en los demás colores



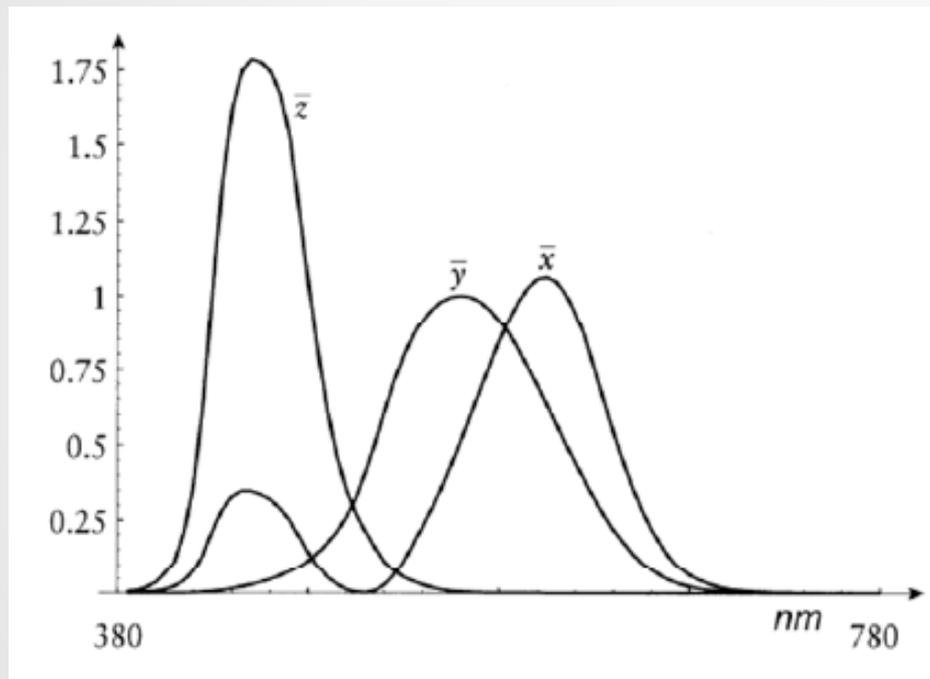
La visión humana (III)



- Aunque las 3 células actúen por separado, todo el sistema visual, que finaliza su proceso en el cerebro, será el encargado de sumar los estímulos
- Produciendo en la visión final simplemente la suma de los estímulos y no cada uno por separado.



Sistema de coordenadas X Y Z (I)

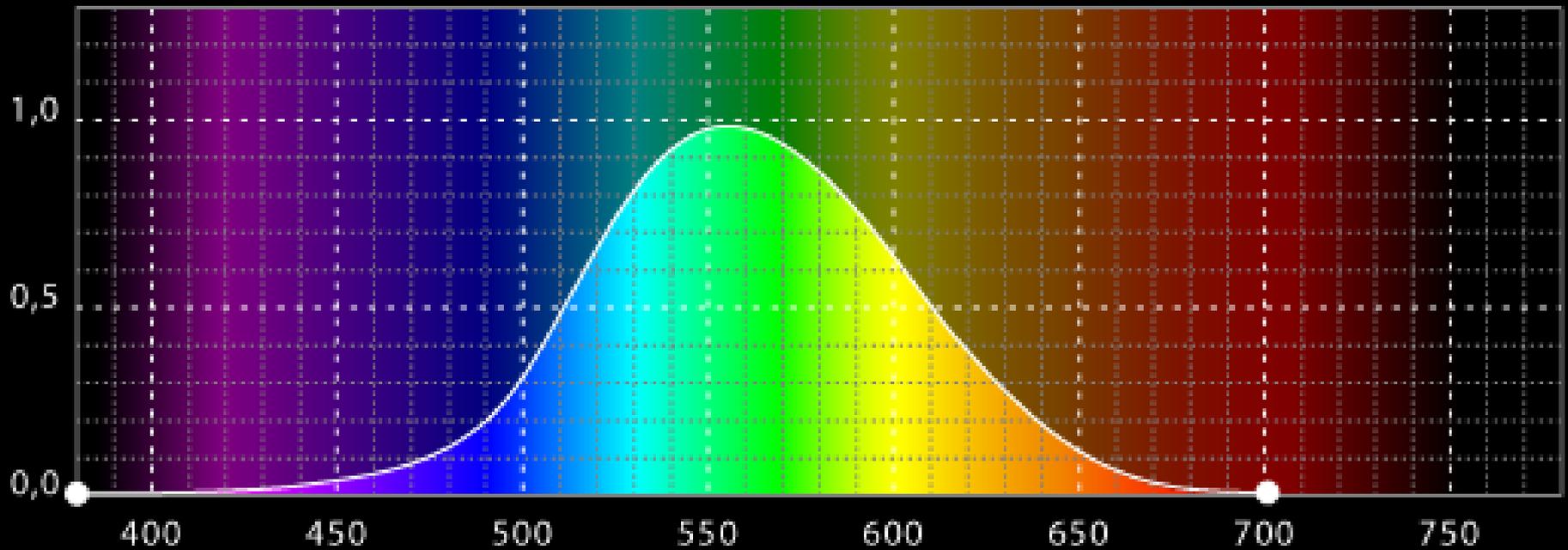


- Cada uno de los receptores de luz del ojo tiene una respuesta como se muestra.
- Es importante observar que los 3 están superpuestos para todas las frecuencias visibles
- Por lo tanto cada “color” excita al menos 2 células al mismo tiempo.



Sistema de coordenadas X Y Z (II)

Curva espectral de eficiencia luminosa para la visión fotópica $V(\lambda)$



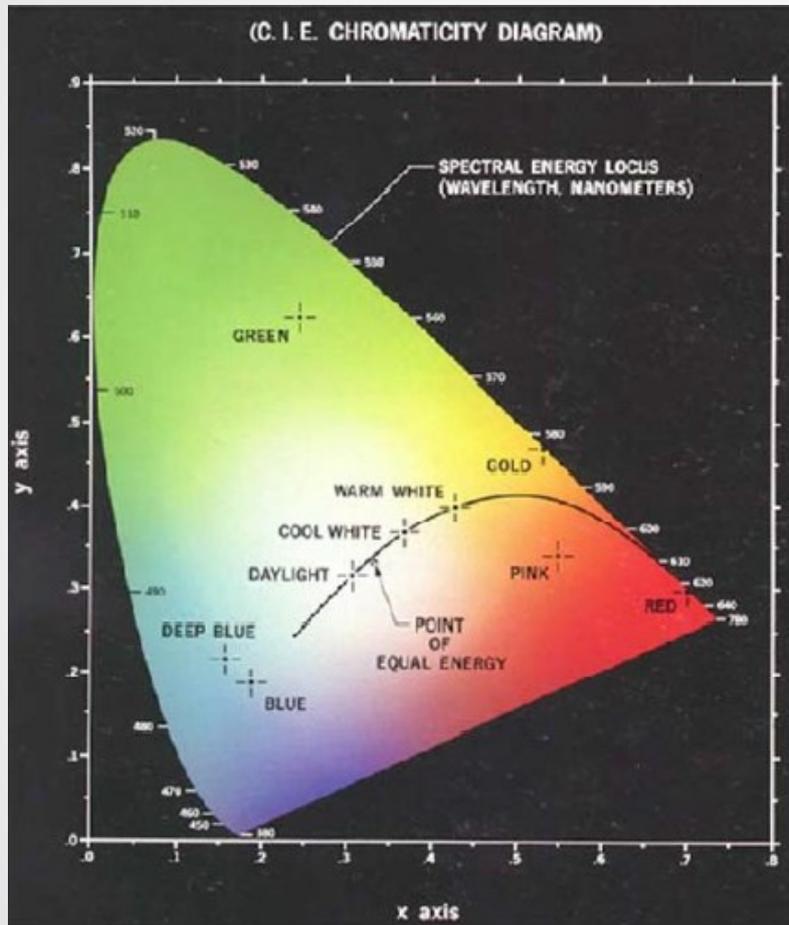
Sistema de coordenadas X Y Z (III)

$$x = \frac{X}{X + Y + Z}$$
$$y = \frac{Y}{X + Y + Z}$$
$$z = \frac{Z}{X + Y + Z} = 1 - x - y$$

- A partir del estímulo para cada célula X, Y, Z o rojo, verde, azul
- Se calculan los valores uniformados x y z
- Estos valores son independientes de la potencia.



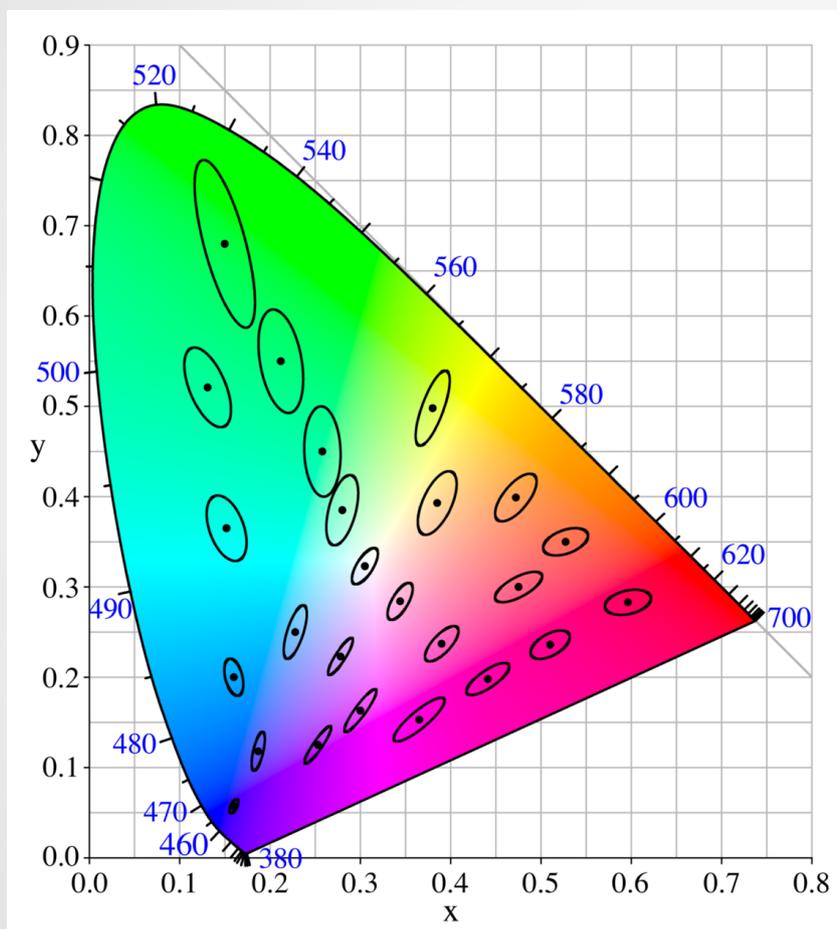
Sistema de coordenadas X Y Z (IV)



- Con estas coordenadas, se construyó el diagrama CIE (x,y,Y)
- A partir de las coordenadas x, y es posible calcular tono y saturación.



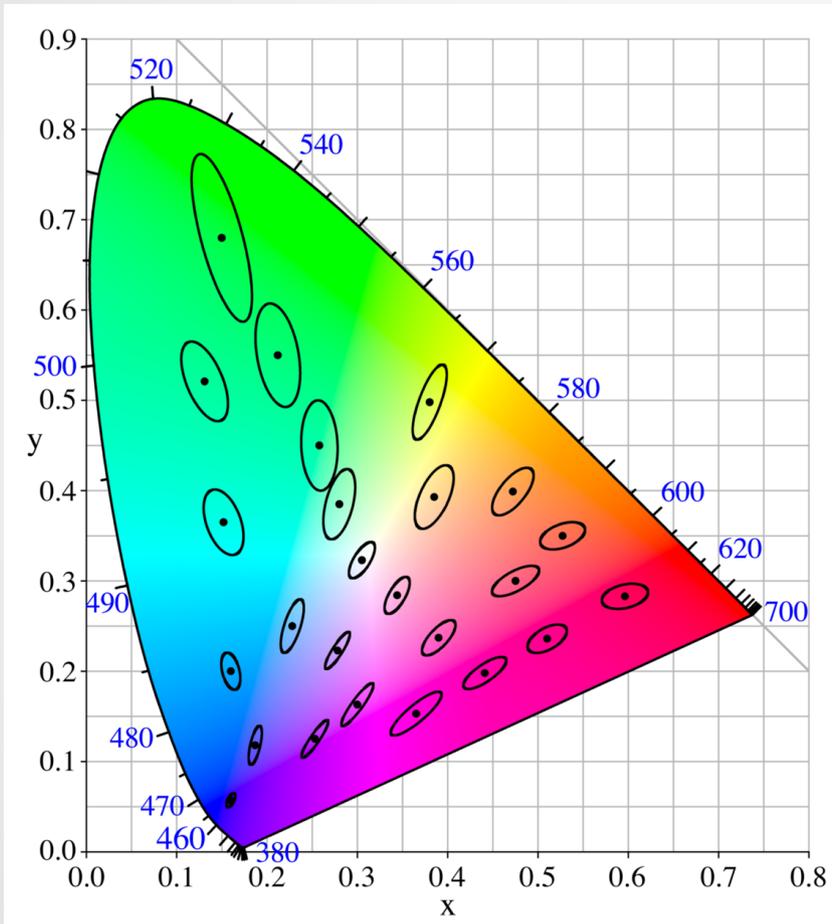
Elipses de Mac Adam (I)



- Una elipse de Mac Adam en el espacio de color CIE XY es una región elíptica en el diagrama CIE
- Que contiene todos los colores que no son distinguibles a la vista humana, del color del centro de la elipse
- Las elipses adyacentes son apenas distinguibles en cuanto al color.



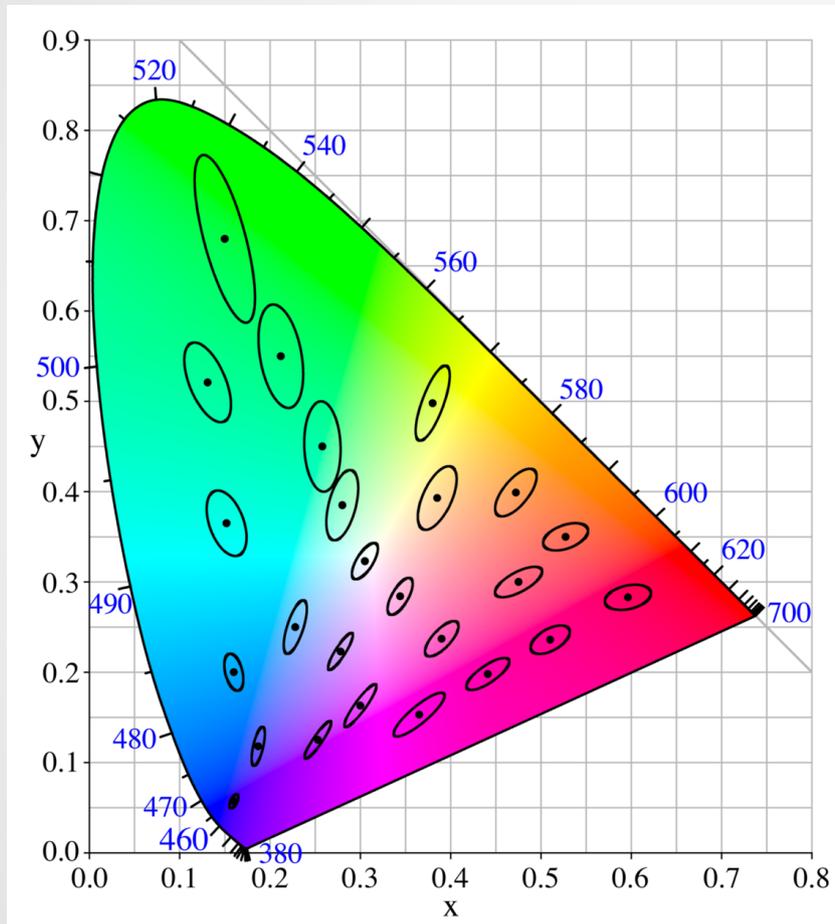
Elipses de Mac Adam (II)



- Como se muestra en el gráfico, la tolerancia humana a las variaciones dependerá del color que la persona intente emparar.
- Por ejemplo, es más difícil distinguir los cambios en el color verde
- Por lo que la elipse es más grande que, digamos, las variaciones en azul.



Elipses de Mac Adam (II)



- Esto es de gran utilidad para proyectos lumínicos, para lograr la uniformidad de color en el ambiente.
- Cada equipo instalados se debe encuentra dentro de una misma elipse de MC ADAM.
- Si esto no es así percibiríamos la diferencia de color produciendo una sensación de mala iluminación.



Temperatura del color CCT (I)



Temperatura del color CCT (II)



- Al calentar lo suficiente un objeto, como por ejemplo un hilo de metal
- Este comienza a emitir luz, en principio roja pero si la temperatura es suficiente será blanca.
- A modo de ejemplo:
 - Vela 1800°
 - L. Clásica 3000°



Temperatura del color CCT (III)



- Debido a este fenómeno, es posible asociar el tipo de blanco a
- La luz más parecida que emitiría un metal calentado.
- El metal al calentarse emite luz blanca desde lo rojizo
- Volviéndose más azulada al aumentar la temperatura.



Sensaciones del blanco (I)

- En función de las sensaciones, se les llama también
- Luz fría a las más azuladas
- Luz cálida a las más anaranjadas



Sensaciones del blanco (II)

- La luz fría con tonos más azulados, está asociada a fresco, tristeza
- La luz cálida, con tono más amarillentos, está asociada al calor, protección

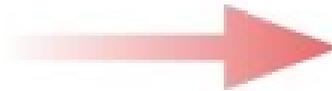


Indice de Reproducción Cromática

Buena calidad



CRI 90



Mala calidad



CRI 50



Indice de Reproducción Cromática



- Indica la capacidad de una fuente de luz en reproducir los colores de un objeto en comparación a la luz solar
- Toma valores entre 0 y 100
- Para lámparas incandescentes toma valor de 100.
- Valores superiores de CRI a 80, se consideran buenos



Indice de Reproducción Cromática



- Los LED han logrado buenos valores de CRI con altas eficiencias o también buenos valores de eficiencia con altos valores de CRI.
- Por Ej: CREE anunció en 2014 un LED con una eficiencia de 300 lm/W
- En 2016 uno de 134 lm/W con calidad incandescente



Eficiencia en iluminación



- No toda la energía consumida por la luminaria se transforma en luz.
- Parte de esta se pierde en forma de calor.
- Además, dentro de la que se transforma en luz no toda genera la misma sensación de brillo.



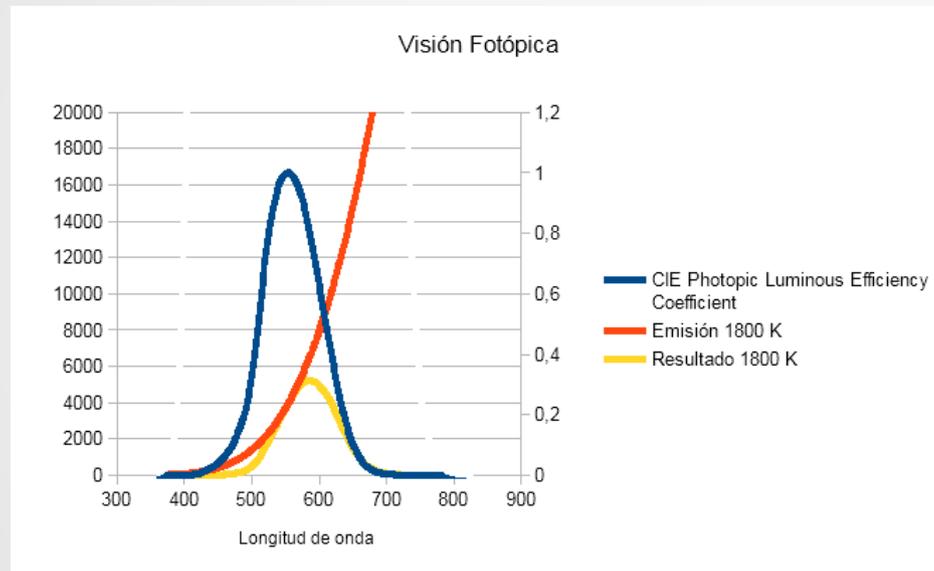
Eficiencia en iluminación



- La cantidad de flujo luminoso emitido por la lámpara se emite en lúmenes lm
- El valor en lúmenes ya refleja la sensibilidad del ojo a los distintos colores
- Y el costo energético se refleja en watts W



CRI vs Eficiencia

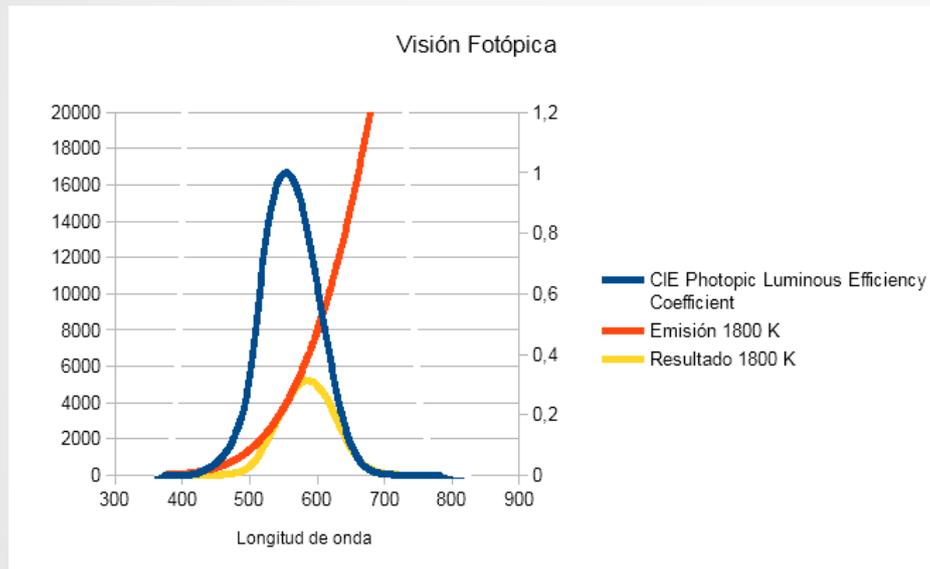


- Como el flujo de la lámpara utilizado en la medida de eficiencia depende de la curva del ojo.
- Como para producir sensaciones de brillo los colores rojos y violeta necesitan mayor potencia

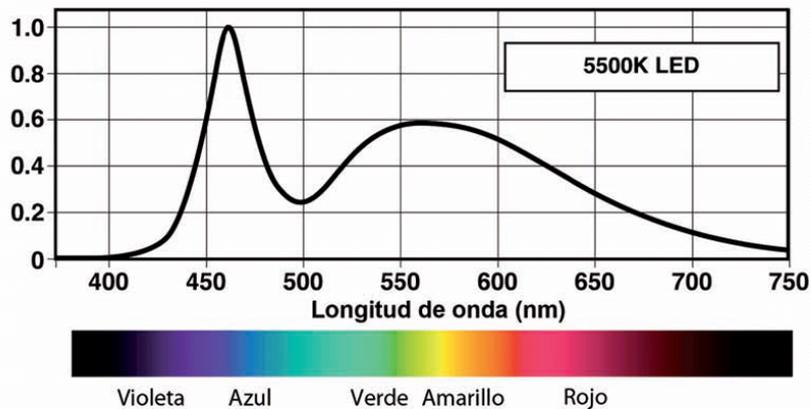


CRI vs Eficiencia

Por ejemplo nuestra luz blanca con CRI=100 tiene muy baja eficiencia porque toda la potencia en el rojo casi no tiene efecto en el brillo percibido



En cuanto a los LED



- Los LED emiten toda su radiación dentro del espectro visible
- Generan calor por su trabajo normal, lo cual es razón de sus pérdidas energéticas.
- Luego existe el compromiso de emitir luz en todos los colores o solo donde se es mas sensible.

