

Tema 1.- Introducción a la Visión Artificial

Visión Artificial Avanzada

Prof. Dr. Nicolás Luis Fernández García

Departamento de Informática y Análisis Numérico
Escuela Politécnica Superior de Córdoba
Universidad de Córdoba

Programa

Tema 1.- Introducción a la Visión Artificial

Tema 2.- Dificultades en los procesos de reconocimiento 2D

Tema 3.- Dificultades y limitaciones asociadas al uso de la Visión 3D

Programa

1 Color

Color

1 Color

Color

Introducción

1 Color

- **Introducción**
- Espacio de color RGB
- Espacios de color normalizados
- Espacios de color XYZ y xyz
- Espacios de color $L^*u^*v^*$ y $L^*a^*b^*$
- Espacios de color YIQ e YUV
- Espacios de color HSI, HSL, HSV y TekHVC
- Espacios de colores contrarios

Color

Introducción

Definición (Luz)

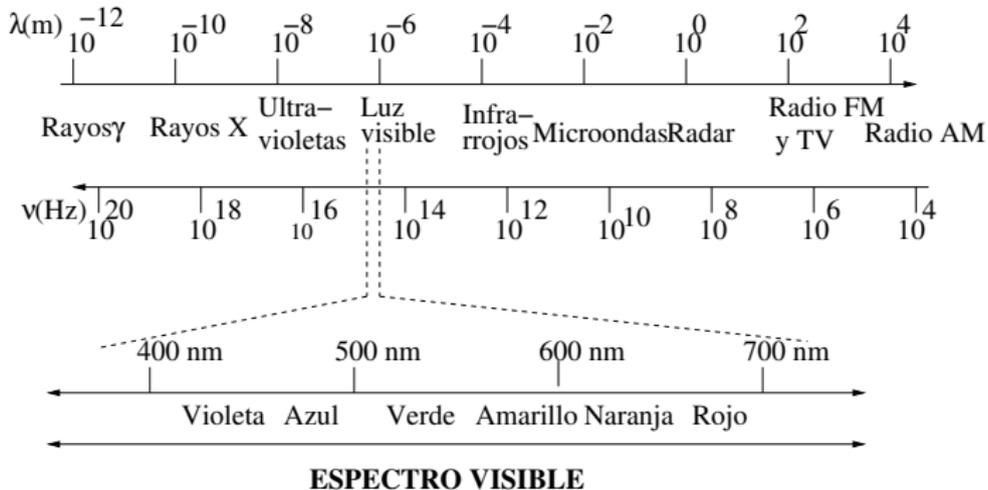
“Energía radiante” *que provoca la sensación de la visión al incidir en la retina y estimular los nervios ópticos.*

Definición (Color)

La percepción humana del “color” está producida por la variación de la luz en el espectro electromagnético.

Color

Introducción



Los colores en el espectro electromagnético

Color

Introducción

Luz acromática

- Luz **acromática** (sin color):
 - Su único atributo es la **intensidad (I)** o cantidad de luz.
- **Nivel de gris**:
 - Medida escalar de la intensidad que va del negro al blanco, pasando por los grises.
- El color permite **diferenciar** objetos con la misma intensidad luminosa

Color

Introducción

Color percibido

- El **color percibido** por una persona es el **color reflejado** por un objeto.
- Se dice que **un objeto es verde** si
 - **Refleja** luz del espectro correspondiente a la banda en la que está situado el color verde.
 - **Absorbe** la luz que está fuera de esa banda.

Color

Introducción

Magnitudes básicas de una fuente cromática

- **Radiancia** (*radiance*): cantidad total de energía que sale de una fuente luminosa.
- **Luminancia** (*luminance, Y*): cantidad de energía que un observador percibe de una fuente luminosa.
- **Brillo** (*brightness*):
 - Sensación visual según la cual un área parece emitir más o menos luz.
 - Descriptor subjetivo de difícil medida que incluye la noción acromática de la intensidad
 - Es uno de los factores fundamentales para describir las sensaciones del color.

Color

Introducción

Diferencia entre radiancia y luminancia

Ejemplo

- *Una fuente luminosa puede **emitir** gran cantidad de energía (radiancia) en forma de **rayos infrarrojos**.*
- *Sin embargo, dicha energía **no puede ser percibida** por un ser humano (luminancia) al estar **fuera** de los límites del **espectro visible**.*

Color

Introducción

Teoría de representación del color de Thomas Young (1802)

- Cualquier color puede ser producido por la mezcla de tres colores primarios C_1 , C_2 y C_3 en sus proporciones adecuadas:

$$C = aC_1 + bC_2 + cC_3$$

Color

Introducción

Reglas esenciales de la colorimetría de Grassman (1853)

- 1.- Cualquier **color** puede ser creado por otros tres colores y esta **combinación** de los tres colores es **única**.
- 2.- Si dos colores son **equivalentes** entonces también serían equivalentes después de multiplicar o dividir por un mismo número las tres componentes que los integran.
- 3.- La **luminancia** de una mezcla de tres colores es igual a la suma de las luminancias de cada color.

Color

Introducción

Conos de la retina del ojo humano

Hay tres tipos de **conos** que se diferencian

- En el tipo de **proteína** que compone el pigmento que capta la luz
- Y en el **rango de longitudes de onda** a las que es sensible dicho pigmento.

Color

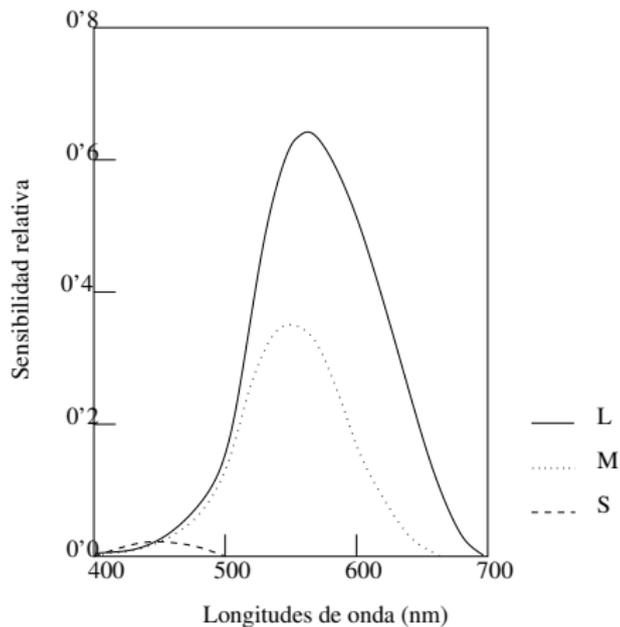
Introducción

Sensibilidades máximas de los tipos de conos de la retina

| Nombre (identificación) | Máxima sensibilidad | Alias |
|----------------------------|------------------------|------------|
| β (azul) | 455 nm (violeta) | S (Short) |
| γ (verde) | 535 nm (verde) | M (Medium) |
| ρ (rojo) | 570 nm (amarillo) | L (Long) |

Color

Introducción



Sensibilidad de los conos de la retina

Color

Introducción

Proporción de cada tipo cono (estimación)

$$\rho : \gamma : \beta \rightarrow 40 : 20 : 1 \quad (1)$$

Color

Introducción

La formación de colores en el ojo humano

- Todos los colores se ven como **combinaciones** de los denominados **tres colores primarios**:
 - rojo
 - verde
 - azul
- **Colores secundarios**:
 - magenta = rojo + azul
 - cian = verde + azul
 - amarillo = rojo + verde
- **Color blanco**: mezcla en las proporciones adecuadas de
 - Los tres colores primarios
 - O de un color secundario y su color primario opuesto

Color

Introducción

Identificación y normalización de los colores primarios

Comisión Internacional de la Iluminación

(*C.I.E.: Commission Internationale de l'Eclairage*)

- Propuesta de 1931 (longitudes de onda)
 - rojo = 700 nm
 - verde = 546'1 nm
 - azul = 435'8 nm
- Propuesta de 1964 (longitudes de onda)
 - rojo = 645'2 nm
 - verde = 526'3 nm
 - azul = 444'4 nm

Color

Introducción

Nota

- *Una longitud de onda específica **no** puede identificar de manera unívoca un color que pueda llamarse rojo, verde o azul*
- *Cada color **abarca** una pequeña franja del espectro visible.*
- *Además, tres componentes de RGB **fijas no** pueden generar por sí solas todos los colores del espectro.*

Color

Introducción

Definición (Espacio o modelo de color)

- **Sistema de coordenadas tridimensional** *y un subespacio de ese sistema en el que cada color queda representado por un único punto.*
- *El modelo de color permite medir y especificar cuantitativamente los colores de una forma normalizada.*

Color

Introducción

Tipos de espacios de color

- **Independientes del dispositivo**
- **Dependientes del dispositivo**
 - Necesitan especificar un color directamente en el espacio de color de dicho dispositivo.
 - Los dispositivos que emiten luz (**monitores**) utilizan un espacio geométrico **aditivo**.
 - Los dispositivos que reflejan la luz (**impresoras**)
 - No pueden crear dicho espacio aditivo
 - Se ha de utilizar un espacio geométrico **sustractivo**, en el cual se restan componentes de la luz blanca

Color

Introducción

Tipos de espacios de color

- **Independientes del dispositivo**

- XYZ y xyz .
- $L^*u^*v^*$ y $L^*a^*b^*$.
- Etc.

- **Dependientes del dispositivo**

- RGB
- rgb , lrg e YT_1T_2 .
- YIQ e YUV
- HSI , HSL , HSV y $TekHVC$
- CMY
- Espacios de colores contrarios.
- Etc.

Color

Introducción

Nota

Los **espacios de color** *más utilizados* en el procesamiento digital de imágenes son los modelos **RGB, YIQ y HSI**.

Color

Introducción

Definición (Espacio de color visualmente uniforme)

*Un espacio de color es **visualmente uniforme** si las distancias numéricas entre colores han de estar relacionadas con la capacidad humana para **percibir diferencias de colores**.*

Nota

- *Es una **característica importante** que deben poseer los espacios de color*
- *Los espacios que poseen esta característica se denominan **espacios de color de escala uniforme (USC, Uniform Scale Chromaticity)**.*

Color

Introducción

Representación gráfica de los espacios de color

- La mayoría de los formatos de color están basados en un grafo de color de tres dimensiones sobre un **cubo**
- *HSI*, *HSL*, *HSV* y *TekHVC* usan un modelo **cilíndrico** o **cónico**.

Color

Espacio de color RGB

1 Color

- Introducción
- Espacio de color RGB
- Espacios de color normalizados
- Espacios de color XYZ y xyz
- Espacios de color $L^*u^*v^*$ y $L^*a^*b^*$
- Espacios de color YIQ e YUV
- Espacios de color HSI, HSL, HSV y TekHVC
- Espacios de colores contrarios

Color

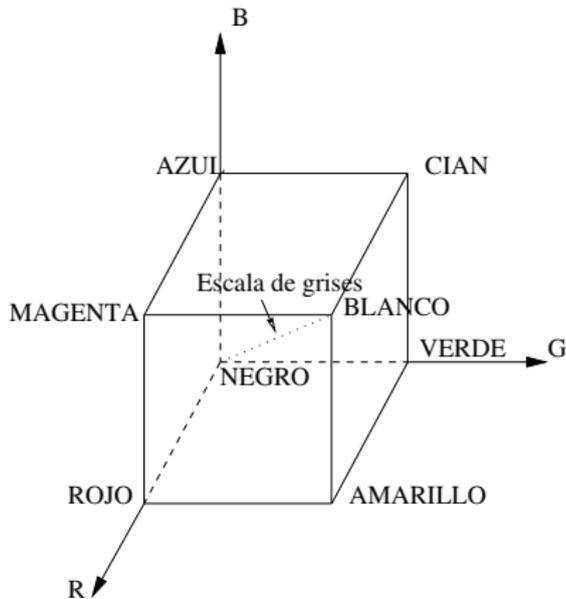
Espacio de color RGB

Espacio de color *RGB*: características principales

- Debe su nombre a las iniciales de los tres colores primarios: **Red** (rojo), **Green** (verde) y **Blue** (azul).
- Sistema tridimensional de **coordenadas cartesianas**
- Cada **color** aparece con sus **componentes** espectrales primarias de **rojo**, **verde** y **azul**.

Color

Espacio de color RGB



Espacio de color *RGB*

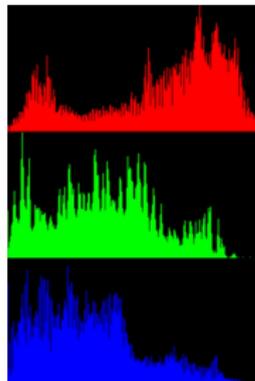
Color

Espacio de color RGB

Imagen en color con formato RGB



Lenna



Histograma

Color

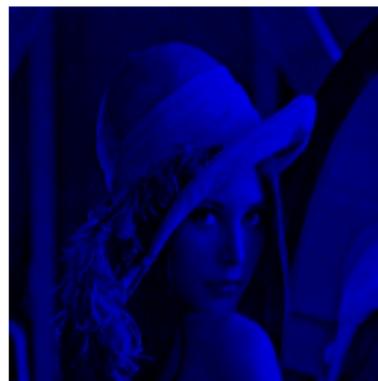
Espacio de color RGB



Plano rojo



Plano verde



Plano azul

Color

Espacio de color RGB

Espacio de color *RGB*: popularidad

- Formato **estándar** de los monitores en color y de la mayoría de las cámaras de vídeo
- Modelo de color más usado en el **procesamiento digital de imágenes**.

Color

Espacio de color RGB

Espacio de color *RGB*: “pros y contras”

- **Ventaja**
 - No requiere ninguna transformación para ser utilizado en el procesamiento digital de imágenes
- **Inconvenientes**
 - Las componentes *R*, *G* y *B* poseen un fuerte factor de intensidad y están altamente correlacionadas.
 - No es visualmente uniforme

Color

Espacios de color normalizados

1 Color

- Introducción
- Espacio de color RGB
- **Espacios de color normalizados**
- Espacios de color XYZ y xyz
- Espacios de color $L^*u^*v^*$ y $L^*a^*b^*$
- Espacios de color YIQ e YUV
- Espacios de color HSI, HSL, HSV y TekHVC
- Espacios de colores contrarios

Color

Espacios de color normalizados

Espacios de color normalizados

- Espacio de color **rgb** o espacio de color *RGB* normalizado
- Espacio de color **lrg**
- Espacio de color **YT₁T₂**

Color

Espacios de color normalizados

Definición (Espacio de color *rgb* o *RGB* normalizado)

$$r = \frac{R}{R + G + B} \quad g = \frac{G}{R + G + B} \quad b = \frac{B}{R + G + B}$$

Espacio de color *rgb*: propiedades

- **Insensible** a cambios de intensidad.
- **Inestable** y poco significativo cuanto la **intensidad es pequeña**
- Una de las componentes es **redundante** porque $r + g + b = 1$

Color

Espacios de color normalizados

Definición (Espacios de color lrg e YT_1T_2)

- lrg

$$l = \frac{R + G + B}{3} \quad r = \frac{R}{R + G + B} \quad g = \frac{G}{R + G + B}$$

- YT_1T_2

$$Y = c_1R + c_2G + c_3B$$

$$T_1 = \frac{R}{R + G + B}$$

$$T_2 = \frac{G}{R + G + B}$$

donde $c_1 + c_2 + c_3 = 1$

Color

Espacios de color normalizados

Espacios de color lrg e YT_1T_2 : significado

- **I** o **Y**: intensidad o luminancia
- **r** y **g** o **T₁** y **T₂**: información cromática.

Color

Espacios de color XYZ y xyz

1 Color

- Introducción
- Espacio de color RGB
- Espacios de color normalizados
- **Espacios de color XYZ y xyz**
- Espacios de color $L^*u^*v^*$ y $L^*a^*b^*$
- Espacios de color YIQ e YUV
- Espacios de color HSI, HSL, HSV y TekHVC
- Espacios de colores contrarios

Color

Espacios de color XYZ y xyz

Espacios de color XYZ y xyz: justificación

- *RGB* y *rgb* están basados en el uso de tres colores primarios.
- **No existe** ningún conjunto de tres colores primarios **reales** que sea capaz de **describir** todos los **colores** que pueden ser **percibidos**.
- *C.I.E.* propuso en 1931 un conjunto estándar de colores primarios que:
 - Son **imaginarios**: no pueden ser vistos por el ojo humano al estar demasiado saturados.
 - Pueden **describir** matemáticamente todos los **colores** que pueden ser **percibidos**.
 - Permiten **definir** los sistemas de color **XYZ** y **xyz**

Color

Espacios de color XYZ y xyz

Definición (Espacio de color XYZ)

- **XYZ**: transformación lineal del sistema RGB.
- La matriz de transformación debe ser determinada empíricamente.
 - Matriz propuesta por C.I.E.

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0'490 & 0'310 & 0'200 \\ 0'177 & 0'813 & 0'011 \\ 0'000 & 0'010 & 0'990 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

- Matriz propuesta por el sistema de televisión NTSC

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0'607 & 0'174 & 0'201 \\ 0'299 & 0'587 & 0'114 \\ 0'000 & 0'066 & 1'116 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

- El color blanco es representado por $X = Y = Z = 1$.

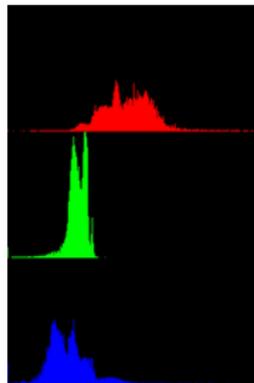
Color

Espacios de color XYZ y xyz

Imagen en color con formato XYZ



Lenna



Histograma

Color

Espacios de color XYZ y xyz

Espacio de color XYZ: “pros y contras”

- **Ventajas**

- Ha sido rigurosamente definido y es un estándar internacional.
- Es el principal espacio para realizar medidas de color.
- La información de la luminancia es determinada sólo por la componente Y.
- A partir de él se deduce “el diagrama cromático xy”.
- Es la base para otros espacios de C.I.E.

- **Desventajas**

- No es fácil especificar de manera intuitiva un nuevo color.

Color

Espacios de color XYZ y xyz

Definición (Espacio de color xyz)

- **Coefficientes tricromáticos**

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

- *resultando que $x + y + z = 1$*
- *Espacio de color **inestable** cuando la intensidad es pequeña.*
- *Los coeficientes **x** e **y** se utilizan para obtener el **diagrama cromático***

Color

Espacios de color XYZ y xyz

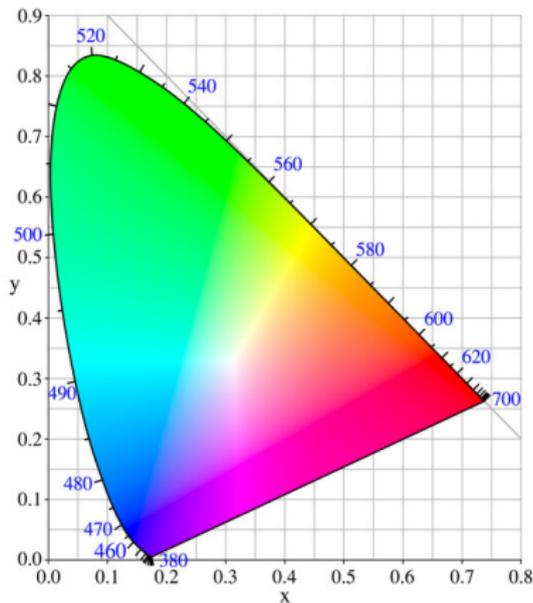


Diagrama cromático del sistema XYZ

Color

Espacios de color XYZ y xyz

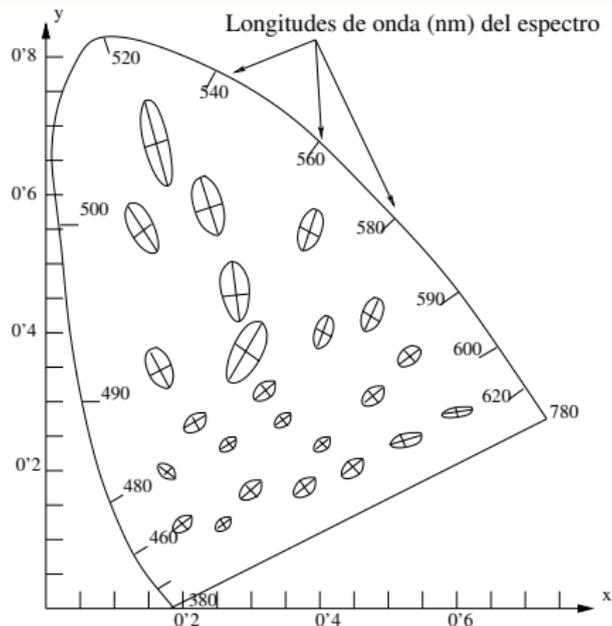


Diagrama cromático: elipses de MacAdam

Color

Espacios de color XYZ y xyz

Espacio de color xyz: diagrama cromático

- **Elipses de MacAdam:**
 - Corresponden a **colores** que, aunque pueden ser **vistos**, **no** pueden ser **distinguidos** por el ojo humano.
 - El tamaño y la orientación de las elipses son **variable**.
- Debido a este problema, las **diferencias de colores** **no** pueden ser definidas de una manera **uniforme** en el plano (x, y) .

Color

Espacios de color $L^*u^*v^*$ y $L^*a^*b^*$

1 Color

- Introducción
- Espacio de color RGB
- Espacios de color normalizados
- Espacios de color XYZ y xyz
- Espacios de color $L^*u^*v^*$ y $L^*a^*b^*$
- Espacios de color YIQ e YUV
- Espacios de color HSI, HSL, HSV y TekHVC
- Espacios de colores contrarios

Color

Espacios de color $L^*u^*v^*$ y $L^*a^*b^*$

Espacios de color $L^*u^*v^*$ y $L^*a^*b^*$

- Definidos por *C.I.E.* a partir del sistema *XYZ*
- Espacios de color de **escala uniforme** (*USC*): pueden medir las diferencias entre los colores de una forma continua
- Inconveniente: son **inestables** cuando la intensidad es pequeña.
- **Conversiones** del modelo *XYZ* a los modelos $L^*a^*b^*$ o $L^*u^*v^*$:
 - Lentas y complejas
 - Operaciones con números reales de punto flotante.
 - Mayores necesidades de memoria para las imágenes

Color

Espacios de color $L^*u^*v^*$ y $L^*a^*b^*$

Definición (Espacio de color $L^*u^*v^*$)

$$L^* = \begin{cases} 116 \left(\frac{Y}{Y_0} \right)^{\frac{1}{3}} - 16 & \text{si } \frac{Y}{Y_0} > 0'008856 \\ 903'3 \frac{Y}{Y_0} & \text{si } \frac{Y}{Y_0} \leq 0'008856 \end{cases}$$

$$u^* = 13L^*(u' - u'_n)$$

$$v^* = 13L^*(v' - v'_n)$$

$$u' = \frac{4X}{X + 15Y + 3Z} \quad v' = \frac{9X}{X + 15Y + 3Z}$$

$$u'_n = \frac{4X_n}{X_n + 15Y_n + 3Z_n} \quad v'_n = \frac{9X_n}{X_n + 15Y_n + 3Z_n}$$

X_n, Y_n y Z_n : estímulos correspondientes al color blanco.

Color

Espacios de color $L^*u^*v^*$ y $L^*a^*b^*$

Espacio de color $L^*u^*v^*$: propiedades

- L^* : la luminosidad
- u^* y v^* : cromaticidad
- Espacio de color visualmente uniforme
- Uso de la distancia euclídea para comparar colores:

$$(\Delta C)^2 = (\Delta L^*)^2 + (\Delta u^*)^2 + (\Delta v^*)^2$$

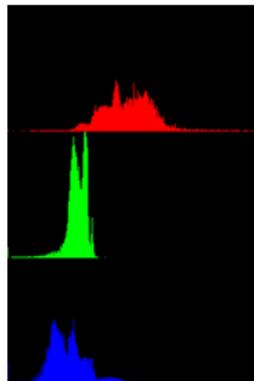
Color

Espacios de color $L^*u^*v^*$ y $L^*a^*b^*$

Imagen en color con formato $L^*u^*v^*$



Lenna



Histograma

Color

Espacios de color $L^*u^*v^*$ y $L^*a^*b^*$

Definición (Espacio de color $L^*a^*b^*$)

$$L^* = \begin{cases} 116 \left(\frac{Y}{Y_0}\right)^{\frac{1}{3}} - 16 & \text{si } \frac{Y}{Y_0} > 0'008856 \\ 903'3 \frac{Y}{Y_0} & \text{si } \frac{Y}{Y_0} \leq 0'008856 \end{cases}$$

$$a^* = 500 \left[\left(\frac{X}{X_n}\right)^{\frac{1}{3}} - \left(\frac{Y}{Y_n}\right)^{\frac{1}{3}} \right]$$

$$b^* = 200 \left[\left(\frac{Y}{Y_n}\right)^{\frac{1}{3}} - \left(\frac{Z}{Z_n}\right)^{\frac{1}{3}} \right]$$

$$\frac{X}{X_n}, \frac{Y}{Y_n}, \frac{Z}{Z_n} > 0,0$$

X_n, Y_n y Z_n : estímulos del color blanco.

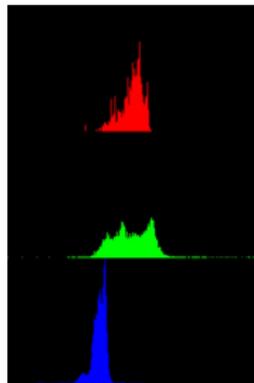
Color

Espacios de color $L^*u^*v^*$ y $L^*a^*b^*$

Imagen en color con formato $L^*a^*b^*$



Lenna



Histograma

Color

Espacios de color $L^*u^*v^*$ y $L^*a^*b^*$

Espacio de color $L^*a^*b^*$: propiedades

- L^* : luminosidad.
- a^* : contenido rojo-verde de la luz.
- b^* : contenido amarillo-azul de la luz.
- Espacio de color visualmente uniforme.
- Uso de la distancia euclídea para comparar colores:

$$(\Delta C)^2 = (\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2$$

Color

Espacios de color YIQ e YUV

1 Color

- Introducción
- Espacio de color RGB
- Espacios de color normalizados
- Espacios de color XYZ y xyz
- Espacios de color $L^*u^*v^*$ y $L^*a^*b^*$
- **Espacios de color YIQ e YUV**
- Espacios de color HSI, HSL, HSV y TekHVC
- Espacios de colores contrarios

Color

Espacios de color YIQ e YUV

Espacio de color YIQ e YUV

- Tienen en cuenta la mayor **sensibilidad** del ojo humano a los cambios de **iluminación** frente a los de tono o saturación.
- **YIQ**
 - Y: luminancia (*luminance*).
 - I: en - fase (*in - phase*).
 - Q: cuadratura (*quadrature*).
- **YUV**
 - Y: luminancia (*luminance*).
 - U: tono (*hue*).
 - V: saturación (*saturation*).

Color

Espacios de color YIQ e YUV

Definición (Espacio de color YIQ)

$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0'299 & 0'587 & 0'114 \\ 0'596 & -0'275 & -0'321 \\ 0'212 & -0'523 & 0'311 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

Color

Espacios de color YIQ e YUV

Definición (Espacio de color *YUV*)

$$\begin{bmatrix} Y \\ U \\ V \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0'299 & 0'587 & 0'114 \\ -0'169 & -0'331 & -0'500 \\ 0'500 & 0'419 & 0'081 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

Color

Espacios de color YIQ e YUV

Espacio de color YIQ e YUV : “pros y contras”

- **Ventajas**

- La luminancia (Y) y la información del color (I y Q o U y V) están desacopladas.
- Se puede procesar la intensidad (Y) sin afectar a los colores relativos de la imagen.
- Usados en televisión:
 - sistema NTSC: YIQ ; sistema PAL: YUV
 - Compatibilidad de TV color y TV blanco y negro (sólo usa Y)

- **Inconveniente**

- Es necesaria una transformación del sistema RGB .

Color

Espacios de color YIQ e YUV

Definición (Espacio de color CMY)

$$\begin{bmatrix} C \\ M \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

previa normalización de $R, G, B \in [0, 1]$

Color

Espacios de color YIQ e YUV

Espacio de color *CMY*: propiedades

- **Colores secundarios de la luz o colores primarios de los pigmentos:**
 - *Cyan* (cian)
 - *Magenta* (magenta)
 - *Yellow* (amarillo)

Nota

- Si una luz **blanca** incide sobre una superficie pigmentada con *cian*, entonces la luz *roja* **no** es reflejada, es decir, *cian* **substrae** la luz *roja* de la luz **blanca**.
- Hay un comportamiento similar con el *magenta* y el *verde* o el *amarillo* y el *azul*.

Color

Espacios de color YIQ e YUV

Espacio de color *CMY*: propiedades

- **Colores secundarios de la luz o colores primarios de los pigmentos:**
 - *Cyan* (cian)
 - *Magenta* (magenta)
 - *Yellow* (amarillo)

Nota

- Si una luz **blanca** incide sobre una superficie pigmentada con *cian*, entonces la luz *roja* **no** es reflejada, es decir, *cian* **substrae** la luz *roja* de la luz **blanca**.
- Hay un comportamiento similar con el *magenta* y el *verde* o el *amarillo* y el *azul*.

Color

Espacios de color YIQ e YUV

Espacio de color *CMY*: popularidad

- Usado por la mayoría de los dispositivos de impresión (impresoras, fotocopiadoras, *plotters*)
 - Requieren que los datos de entrada estén en formato *CMY*
 - O realizan una conversión de *RGB* a *CMY*

Color

Espacios de color HSI, HSL, HSV y TekHVC

1 Color

- Introducción
- Espacio de color RGB
- Espacios de color normalizados
- Espacios de color XYZ y xyz
- Espacios de color $L^*u^*v^*$ y $L^*a^*b^*$
- Espacios de color YIQ e YUV
- Espacios de color HSI, HSL, HSV y TekHVC
- Espacios de colores contrarios

Color

Espacios de color HSI, HSL, HSV y TekHVC

Análisis de los espacios de color ya descritos

- Los modelos de color anteriores están **influenciados** por
 - El dispositivo: RGB , rgb , Irg , YT_1T_2 , YIQ , YUV , CMY
 - Razones de colorimetría: XYZ , $L^*u^*v^*$, $L^*a^*b^*$
- **No** describen la **percepción humana** del color

Color

Espacios de color HSI, HSL, HSV y TekHVC

Espacios de color *HSI, HSL, HSV y TekHVC*

- Sí describen la **percepción humana** del color
- Utilizan los siguientes atributos
 - **Tono**
 - **Saturación**
 - **Brillo o luminosidad**

Color

Espacios de color HSI, HSL, HSV y TekHVC

Espacios de color *HSI*, *HSL*, *HSV* y *TekHVC*

Definición (Tono)

- Relacionado con la **longitud de onda dominante** en una mezcla de ondas luminosas
- Representa el **color dominante** tal como lo percibe el observador.
- Cuando se **dice** que un objeto es **rojo**, **verde** o **amarillo**, se está indicando su **tono**.

Color

Espacios de color HSI, HSL, HSV y TekHVC

Espacios de color *HSI, HSL, HSV y TekHVC*

Definición (Saturación)

- Indica la **pureza** relativa o **cantidad** de luz **blanca** mezclada con un tono.
- Los colores **puros** del espectro están completamente **saturados**
- Colores como el *rosa* (*rojo* y blanco) y el *lavanda* (*violeta* y blanco):
 - **Menos saturados**
 - Su grado de saturación es **inversamente** proporcional a la cantidad de luz **blanca** añadida.

Color

Espacios de color HSI, HSL, HSV y TekHVC

Espacios de color *HSI, HSL, HSV y TekHVC*

Definición (Brillo o luminosidad)

Intensidad *de luz percibida por el observador*

Color

Espacios de color HSI, HSL, HSV y TekHVC

Nota (Espacios de color *HSI*, *HSL*, *HSV* y *TekHVC*)

- La **cromaticidad** está constituida por el **tono** y la **saturación**
- Por tanto, un **color** se puede caracterizar por su **brillo** y su **cromaticidad**.

Color

Espacios de color HSI, HSL, HSV y TekHVC

Espacios de color *HSI*, *HSL*, *HSV* y *TekHVC*

- Los espacios de color que utilizan estos atributos son:
 - **HSI**: tono (*hue*), saturación (*saturation*) e intensidad (*intensity*).
 - **HSL**: tono (*hue*), saturación (*saturation*) y luminosidad (*lightness*).
 - **HSV**: tono (*hue*), saturación (*saturation*) y valor (*value*).
 - **TekHVC**: tono (*hue*), valor (*value*) y croma (*chroma*).

Color

Espacios de color HSI, HSL, HSV y TekHVC

Nota (Espacio de color *HSI*, *HSL*, *HSV* y *TekHVC*)

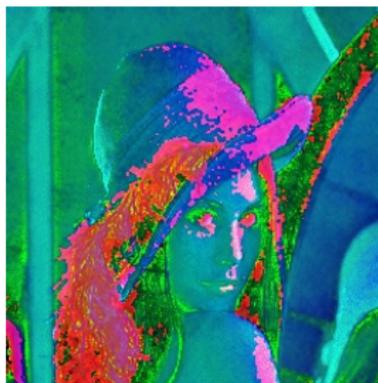
Croma y **saturación** poseen significados muy similares

- **Saturación:** atributo de la sensación visual que permite indicar el grado de diferencia entre un estímulo cromático y un estímulo acromático sin tener en cuenta el brillo.
- **Croma:** es un atributo de la sensación visual que permite indicar la diferencia entre un estímulo cromático y un estímulo acromático del mismo brillo.

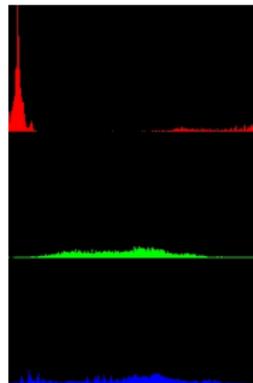
Color

Espacios de color HSI, HSL, HSV y TekHVC

Imagen en color con formato *HSL*



Lenna

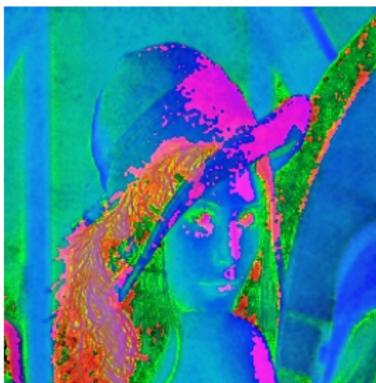


Histograma

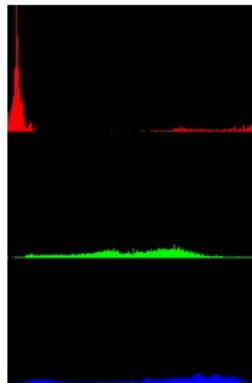
Color

Espacios de color HSI, HSL, HSV y TekHVC

Imagen en color con formato *HSV*



Lenna



Histograma

Color

Espacios de color HSI, HSL, HSV y TekHVC

Definición (Espacio de color *HSI*)

- Sistema de **coordenadas cilíndricas**^a obtenido a partir del sistema *RGB*

$$H = \arctan2(\sqrt{3}(G - B), 2R - G - B)$$

$$S = 1 - \frac{\text{mínimo}(R, G, B)}{I}$$

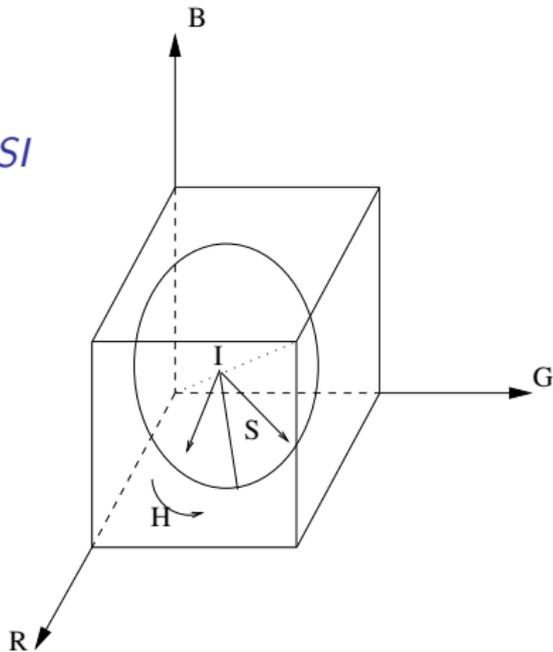
$$I = \frac{R + G + B}{3}$$

^aExisten otras transformaciones similares

Color

Espacios de color HSI, HSL, HSV y TekHVC

Espacio de color *HSI*



Color

Espacios de color HSI, HSL, HSV y TekHVC

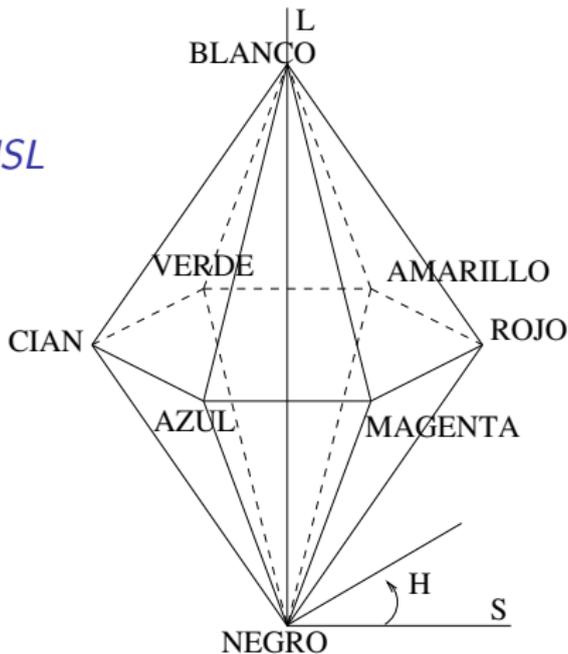
Nota (Espacio de color *HSI*)

- Los **colores visibles** del sistema de coordenadas **cilíndrico** de *HSI* son los que están **incluidos** en el cubo de *RGB*.
- *Rango de valores:*
 - **Tono** (hue) $\in [0^\circ, 360^\circ]$ (rojo = 0°)
 - **Saturación** $\in [0, 1]$
 - **Intensidad** $\in [0, 1]$

Color

Espacios de color HSI, HSL, HSV y TekHVC

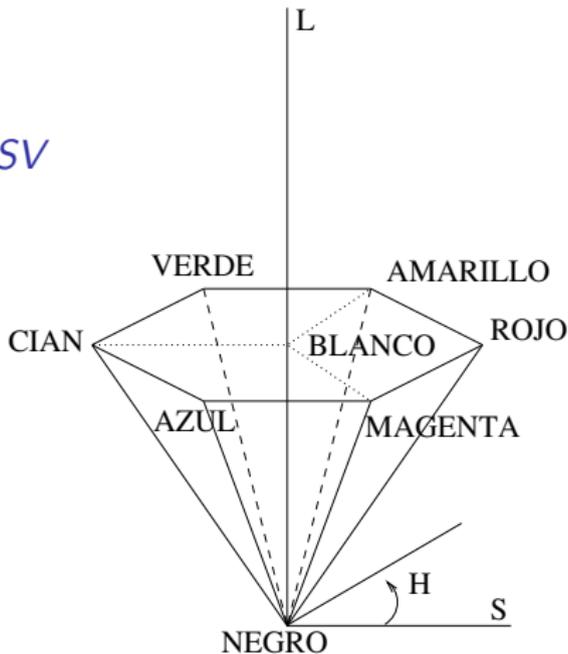
Espacio de color *HSL*



Color

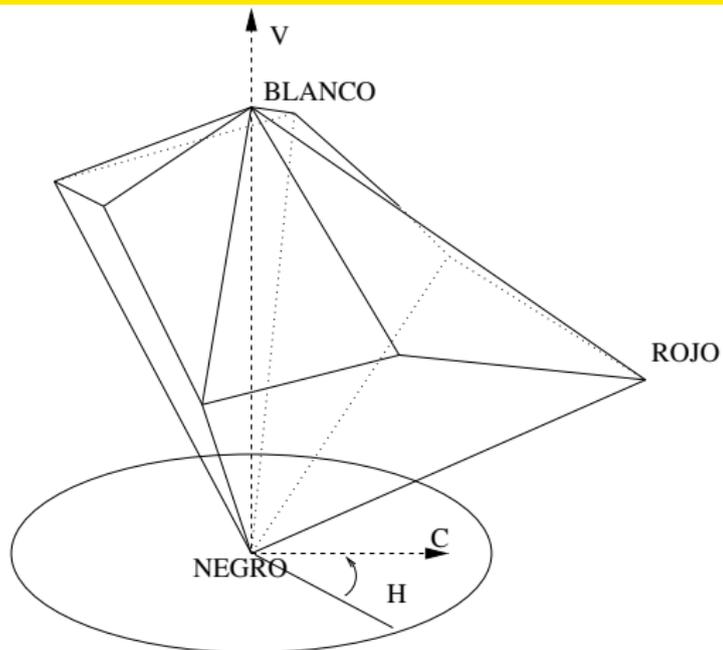
Espacios de color HSI, HSL, HSV y TekHVC

Espacio de color *HSV*



Color

Espacios de color HSI, HSL, HSV y TekHVC



Espacio de color *TekHVC* (basado en *C.I.E. L*u*v**)

Color

Espacios de color HSI, HSL, HSV y TekHVC

Espacios de color *HSI*, *HSL*, *HSV* y *TekHVC*: ventajas

- Son espacios de escala uniforme (*USC*).
- La **intensidad** (*I*, *L* o *V*) está **desacoplada** de la información cromática.
- **Tono y saturación** están íntimamente relacionadas con la forma en que las **personas** perciben el color.
- Son ideales para **mejorar** de imágenes en color real, aplicando técnicas monocromáticas al plano de intensidad

Color

Espacios de color HSI, HSL, HSV y TekHVC

Nota

- *Aplicar directamente técnicas monocromáticas a cada plano de RGB puede generar un color poco natural*
- *Por ejemplo, alteración del color de la piel de las personas.*

Color

Espacios de color HSI, HSL, HSV y TekHVC

Espacios de color *HSI*, *HSL*, *HSV* y *TekHVC*: inconvenientes

- **Singularidad** en el tono H que está indefinido cuando $R = G = B = 0$.
- Gran **sensibilidad** del tono:
 - Una pequeña variación del punto $(0, 0, 0)$ al punto $((1 - \alpha)\epsilon, \alpha\epsilon, 0)$ puede provocar que el tono varía desde 0.0 (para $\alpha = 0$) hasta $2\pi/3$ (para $\alpha = 1$).
- Las imágenes se han de convertir al formato RGB (o CMY) para que puedan ser visualizadas.

Color

Espacios de colores contrarios

1 Color

- Introducción
- Espacio de color RGB
- Espacios de color normalizados
- Espacios de color XYZ y xyz
- Espacios de color $L^*u^*v^*$ y $L^*a^*b^*$
- Espacios de color YIQ e YUV
- Espacios de color HSI, HSL, HSV y TekHVC
- Espacios de colores contrarios

Color

Espacios de colores contrarios

Espacios de colores contrarios (*opponent color space*)

- Inspirados en la fisiología del sistema visual humano:
 - Puede ser expresado en términos de tonos de color contrarios, amarillo y azul por un lado y verde y rojo por otro.
 - Estos tonos se anulan mutuamente cuando se superponen.
- Modelos
 - Modelo I, RG, YB
 - Modelo de Ohta.

Color

Espacios de colores contrarios

Espacios de colores contrarios (*opponent color space*)

- Modelo I, RG, YB

$$I = R + G + B$$

$$RG = R - G$$

$$YB = 2B - R - G$$

Color

Espacios de colores contrarios

Espacios de colores contrarios (*opponent color space*)

- Modelo de Ohta (1980, 1985)

$$I_1 = \frac{R + G + B}{3}$$

$$I'_2 = R - B$$

$$I'_3 = \frac{2G - R - B}{2}$$

- Ohta afirma que la característica I_1 es la más efectiva para la segmentación e I'_3 la menos efectiva.
- Inconveniente: este modelo depende de la geometría de la escena (Healey, 1992).

Tema 1.- Introducción a la Visión Artificial

Visión Artificial Avanzada

Prof. Dr. Nicolás Luis Fernández García

Departamento de Informática y Análisis Numérico
Escuela Politécnica Superior de Córdoba
Universidad de Córdoba