

## Color

- 1 Visión artificial
- 2 Imagen digital
- 3 Color**
- 4 Ruido
- 5 Realce de la imagen
- 6 Segmentación
- 7 Aplicaciones \*
- 8 Desarrollo del software \*
- 9 Divulgación \*
- 10 Historia \*

## Color

### Introducción

#### 3 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
- Espacio de color CMY
- Espacios de color HSI, HSL, HSV y TekHVC
- Espacios de colores contrarios

## Color

### Introducción

#### Definición (Luz)

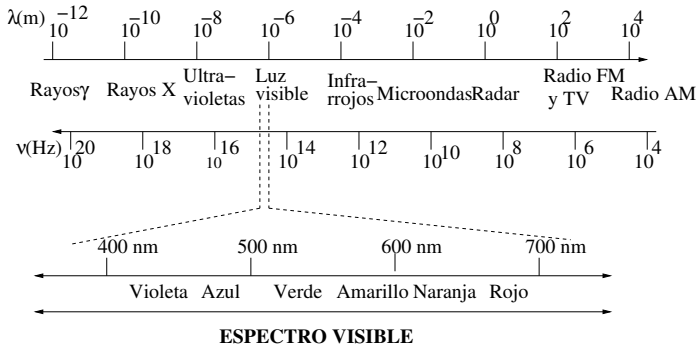
**“Energía radiante”** *que provoca la sensación de la visión al incidir en la retina y estimular los nervios ópticos.*

#### 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

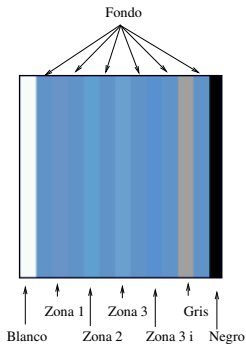
### Introducción

#### 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



Zona 1: cambio en el plano rojo

### Zona 2: cambio en el plano verde

### Zona 3: cambio en el plano azul

Zona 3 i: cambio en los tres planos, pero con la misma intensidad que el fondo

## Imagen con diferentes tipos de bordes

## Color

### Introducción

#### Nota

*Un detector monocromático no es capaz de detectar el borde situado entre el fondo y la Zona 3 i.*

## 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

#### Ejemplo (Diferencia entre radiancia y luminancia)

- 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

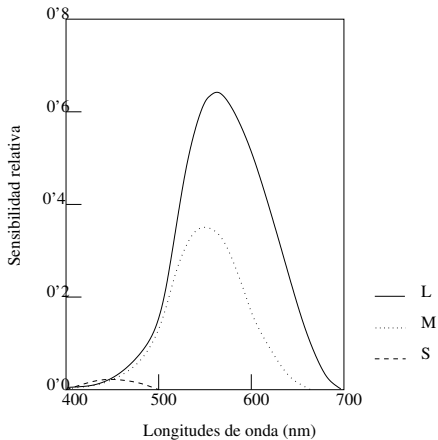
### Introducción

#### Sensibilidades máximas de los tipos de conos de la retina

Nombre (identificación)	Máxima sensibilidad	Alias
$\beta$ (azul)	455 nm (violeta)	S (Short)
$\gamma$ (verde)	535 nm (verde)	M (Medium)
$\rho$ (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

#### 3 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
- Espacio de color CMY
- Espacios de color HSI, HSL, HSV y TekHVC
- Espacios de colores contrarios

## Color

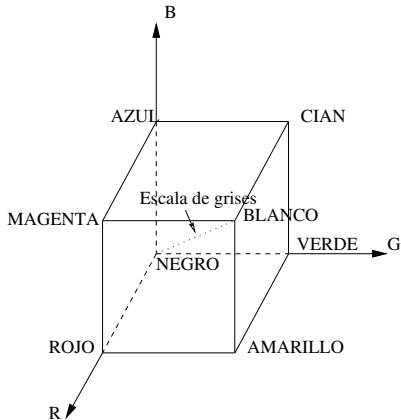
### Espacio de color RGB

#### 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 $RGB$

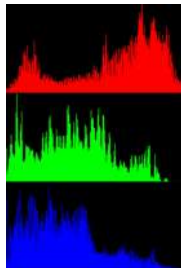
## Color

Espacio de color RGB

Imagen en color con formato RGB



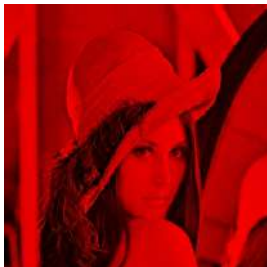
Lenna



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

#### 3 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
- Espacio de color CMY
- 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 **YT<sub>1</sub>T<sub>2</sub>**

## 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 $YT_1T_2$ )

- $lrg$

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

- $YT_1T_2$

$$Y = c_1 R + c_2 G + c_3 B$$

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

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

donde  $c_1 + c_2 + c_3 = 1$

## Color

Espacios de color normalizados

Espacios de color  $lrg$  e  $YT_1T_2$ : significado

- $l$  o  $Y$ : intensidad o luminancia
- $r$  y  $g$  o  $T_1$  y  $T_2$ : información cromática.

## Color

Espacios de color XYZ y xyz

### 3 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
- Espacio de color CMY
- 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

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

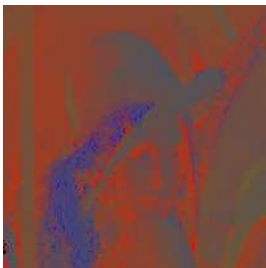
- El color *blanco* es representado por  $X = Y = Z = 1$ .



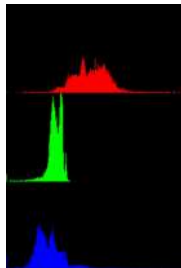
## Color

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)

- **Coeficientes tricromáticos**

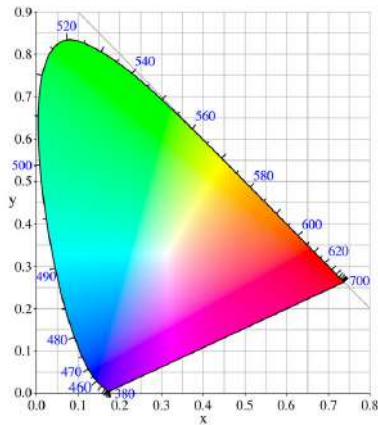
$$x = \frac{X}{X + Y + Z} \quad y = \frac{Y}{X + Y + Z} \quad z = \frac{Z}{X + Y + Z}$$

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

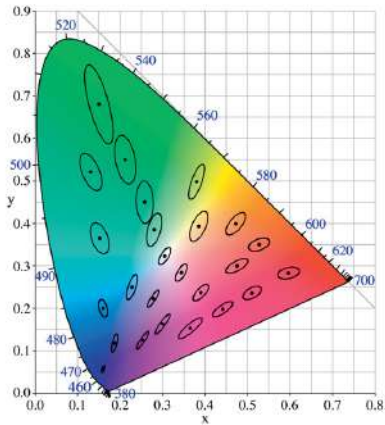
## Espacios de color XYZ y xyz



## 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 variables.
- 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  $L^*a^*b^*$

### 3 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
- Espacio de color CMY
- 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:

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

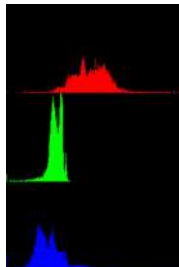
## Color

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.

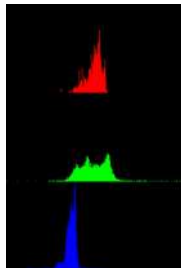
## Color

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

### 3 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
- Espacio de color CMY
- 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

### Espacio de color CMY

#### 3 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
- Espacio de color CMY
- Espacios de color HSI, HSL, HSV y TekHVC
- Espacios de colores contrarios

## Color

### Espacio de color CMY

#### 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

Espacio de color CMY

### 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** **subtrae** la luz **roja** de la luz **blanca**.
- Hay un comportamiento similar con el **magenta** y el **verde** o el **amarillo** y el **azul**.

## Color

Espacio de color CMY

### 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** **subtrae** la luz **roja** de la luz **blanca**.
- Hay un comportamiento similar con el **magenta** y el **verde** o el **amarillo** y el **azul**.

## Color

### Espacio de color CMY

#### Espacio de color *CMY*: popularidad

- Usado por la mayoría de los dispositivos de **impresión**: impresoras, fotocopadoras, *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

### 3 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
- Espacio de color CMY
- 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

### 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

### 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

**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.*

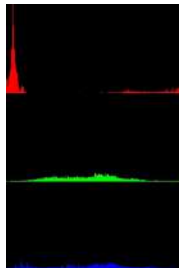
## Color

Espacios de color HSI, HSL, HSV y TekHVC

Imagen en color con formato *HSL*



Lenna

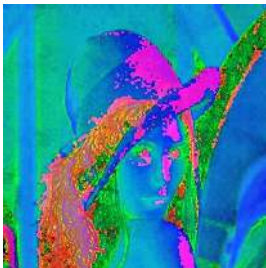


Histograma

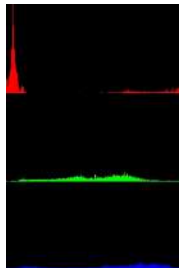
## Color

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**<sup>a</sup> obtenido a partir del sistema *RGB*

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

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

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

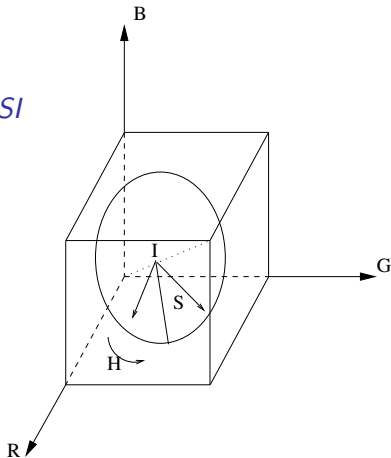
---

<sup>a</sup>Existen 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

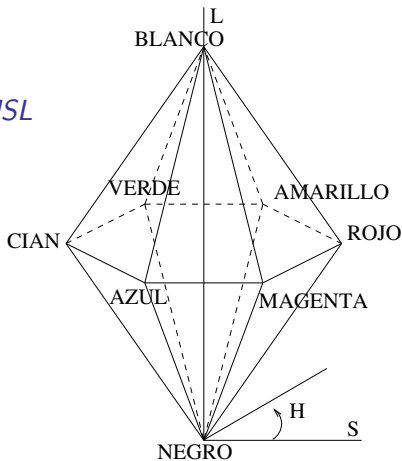
### Nota (Espacio de color *HSI*)

- 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 =  $0^\circ$ )
  - **Saturación**  $\in [0, 1]$
  - **Intensidad**  $\in [0, 1]$

## Color

Espacios de color HSI, HSL, HSV y TekHVC

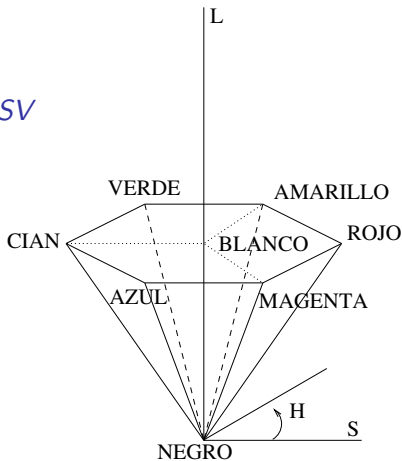
Espacio de color *HSL*



## Color

Espacios de color HSI, HSL, HSV y TekHVC

Espacio de color *HSV*





◀ ◻ ▶ ◀ ◻ ▶ ◀ ≡ ▶ ◀ ≡ ▶ ≡ ↺ 🔍 ↻

## Color

Espacios de color HSI, HSL, HSV y TekHVC

### 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** 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.