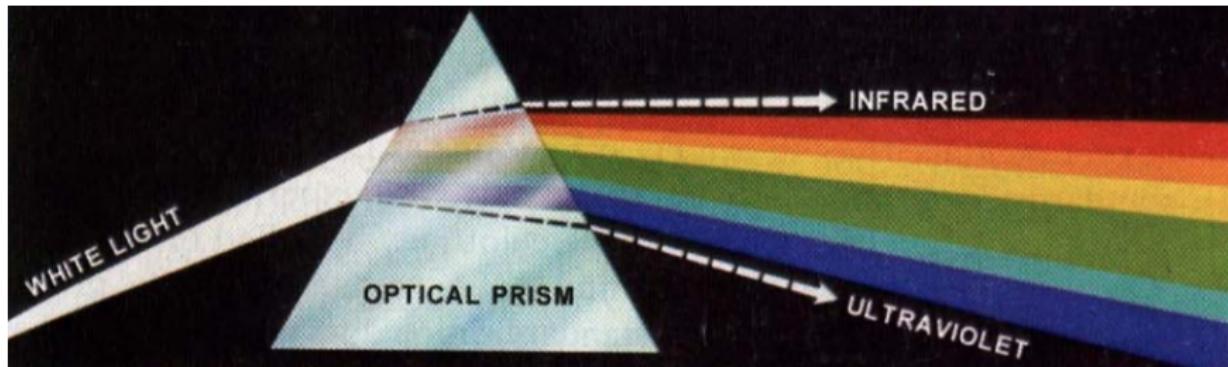
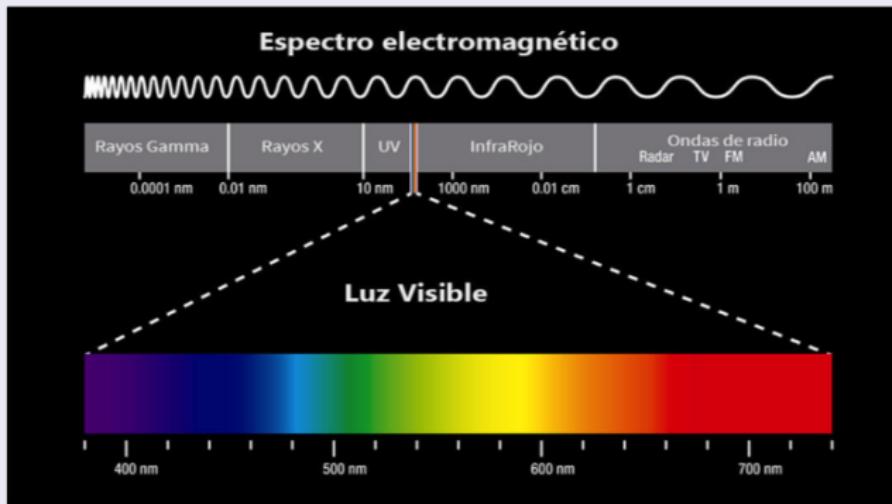


Color

Descomposición de la luz

Sir Isaac Newton 1666



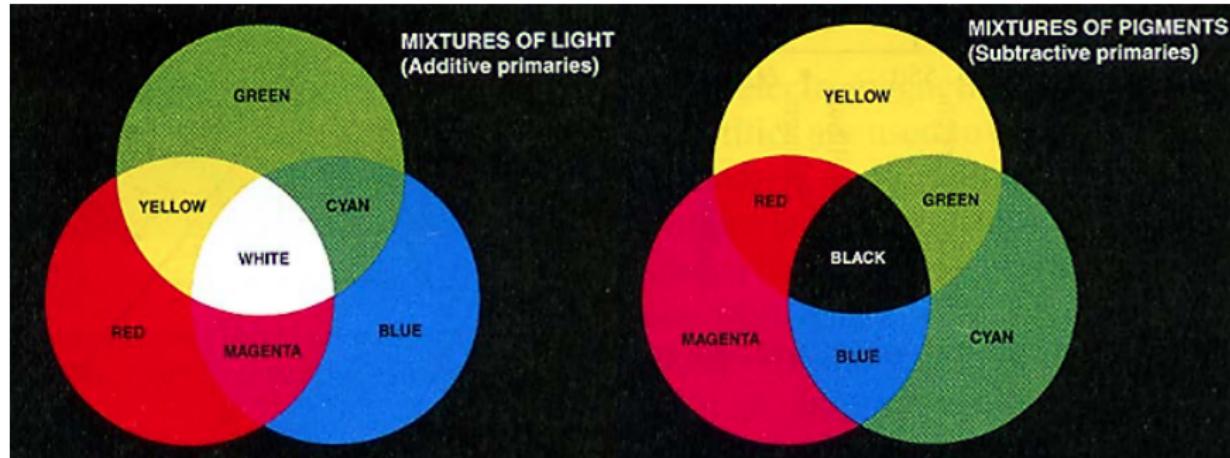


Características de una fuente cromática de luz:

- **radiancia:** cantidad total de energía que sale de la fuente luminosa, medida en watts W
- **luminancia:** cantidad de energía que un observador percibe, medida en lúmenes lm
- **brillo:** descriptor subjetivo relacionado con la intensidad.

Colores primarios y secundarios:

- adición de colores rojo, verde y azul se mezclan para producir cyan, magenta, amarillo y blanco.
- substracción de colores cyan, magenta y amarillo se mezclan y producen rojo, verde, azul y negro.



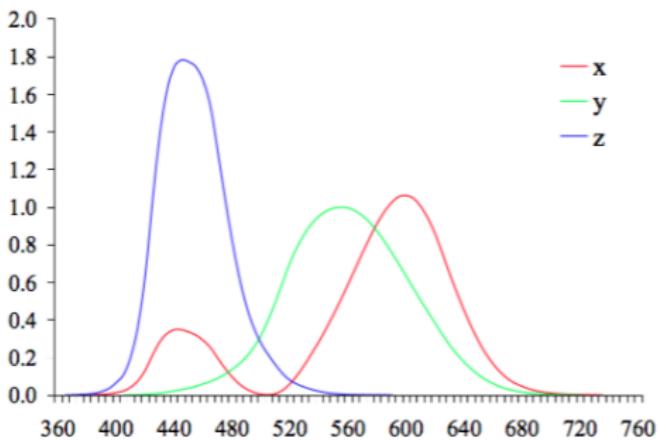
CIE: Comission Internationale d'Eclairage, 1931:

azul = 435.8 nm, verde = 546.1 nm, rojo = 700nm

Características generales para distinguir un color

- **tono:** atributo asociado a la longitud de onda dominante en una mezcla de ondas luminosas y representa el color dominante como lo percibe el observador.
- **saturación:** pureza relativa o cantidad de luz blanca mezclada con el tono. Los colores puros están completamente saturados.
- **brillo:** asociado a la noción cromática de la intensidad.
- **Cromaticidad**= tono + saturación

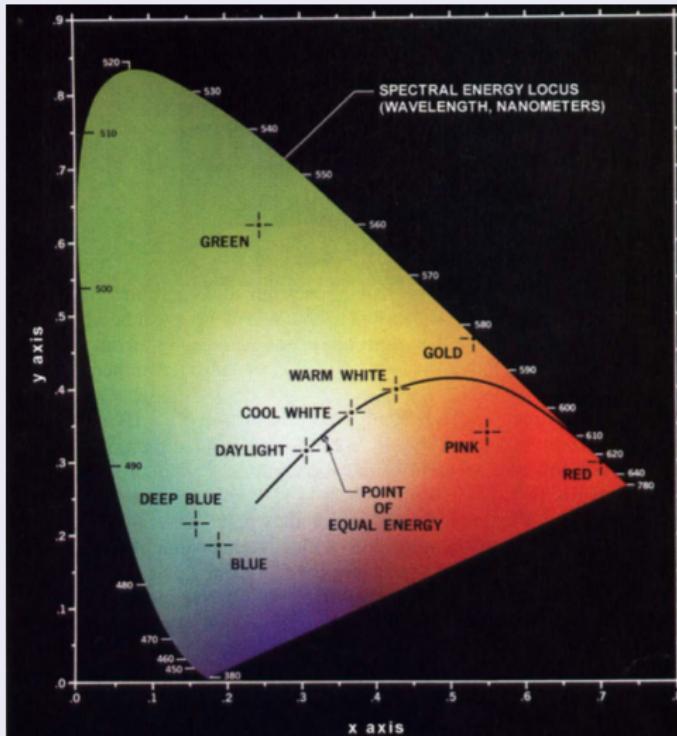
Caracterización del color
Color: brillo + cromaticidad



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

- Las cantidades de rojo, verde y azul necesarias para formar un color particular se llama **triestímulo** o **tricromática** del sistema visual humano, ya que tenemos tres tipos diferentes de conos, bajos, medios y altos, cada uno de los cuales responde selectivamente a una porción diferente del espectro de color.

Diagrama de cromaticidad C.I.E



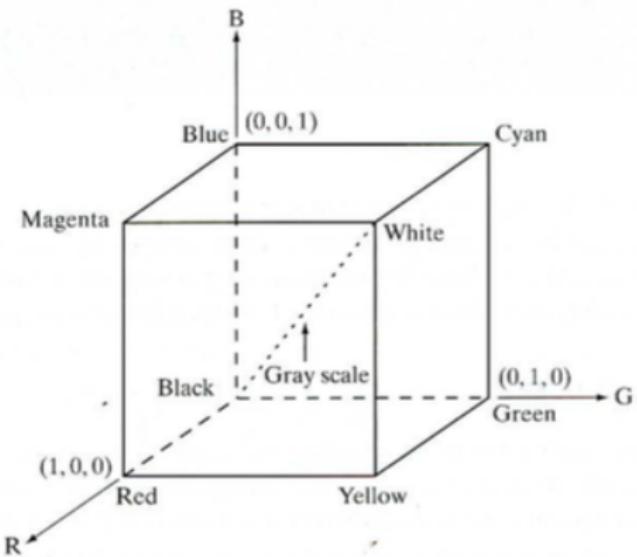
Para cada $(x, y) = (\text{rojo}, \text{verde})$, se obtiene $z = 1 - (x + y)$: azul



Modelos de color

La elección del modelo de color depende de la aplicación:

- *RGB*: es el que más se ajusta al modo de captura y generación en imágenes digitales.
- *CMYK*: se relaciona con la generación de color en impresoras.
- *YIQ*, *YCbCr*: separa la luminancia (brillo) de los canales de crominancia.
- *XYZ*, *HSI*: están relacionados con la sensación humana del color.



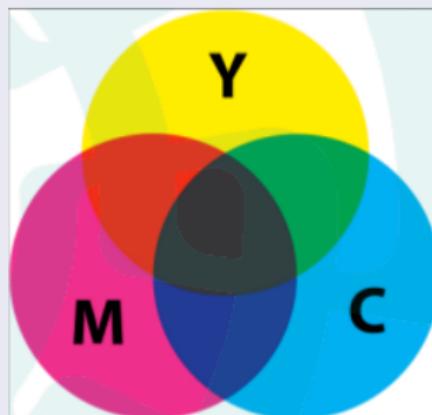
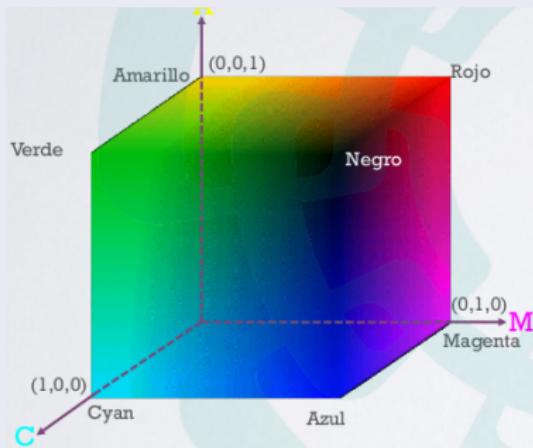
- se basa en la estructura del ojo humano, donde todos los colores se ven como combinaciones de rojo, verde y azul.
- $\text{Rojo} = 700\text{nm}$, $\text{Verde} = 546.1\text{nm}$ y $\text{Azul} = 435.8\text{nm}$.
- es un modelo aditivo, ya que la mezcla de colores produce el color blanco.

RGB



CMYK

CMYK, Cyan, Magenta, Yellow, black: modelo de colores sustractivo, mezcla colores genera el negro.



Conversión de *RGB* a *CMY*

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

Conversión de *CMY* a *RGB*

$$C' = C - K$$

$$M' = M - K$$

$$Y' = Y - K$$

$$K = \min(C, M, Y)$$

YCbCr

- Y : luminancia
- Cb : azul referencia
- Cr : rojo referencia

Sistema de color utilizado en video digital

Conversión de RGB a $YCbCr$

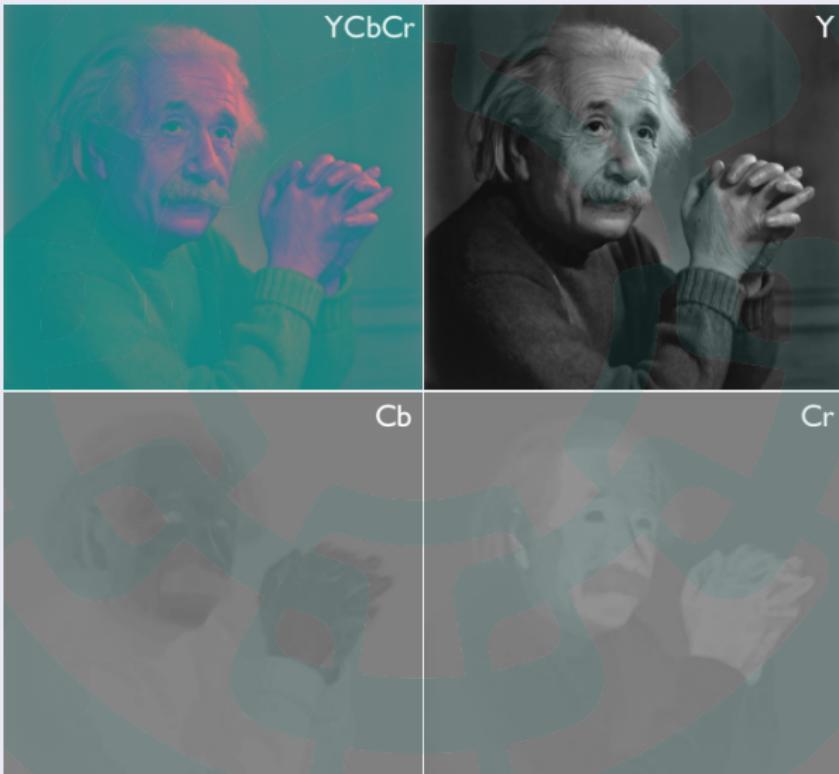
$$\begin{bmatrix} Y \\ Cb \\ Cr \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ -0.169 & -0.331 & 0.500 \\ 0.500 & -0.418 & -0.082 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R' \\ G' \\ B' \end{bmatrix}$$

con:

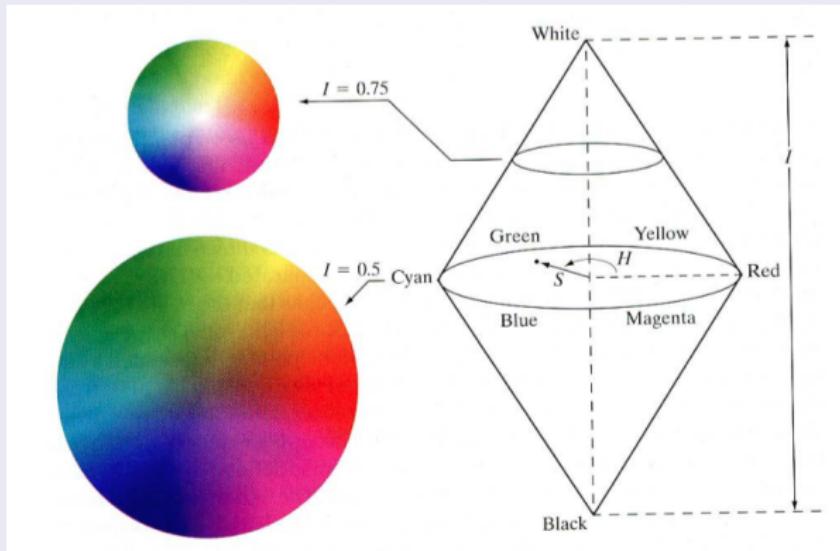
$$R' = \frac{R}{k}, \quad G' = \frac{G}{k}, \quad B' = \frac{B}{k}$$

$$k = R + G + B$$

$YCbCr$

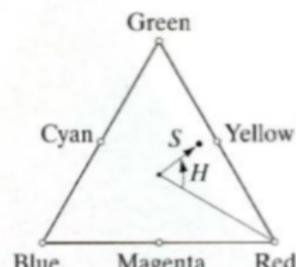
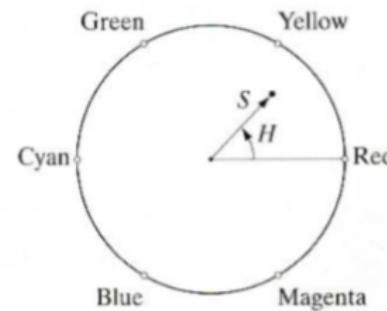
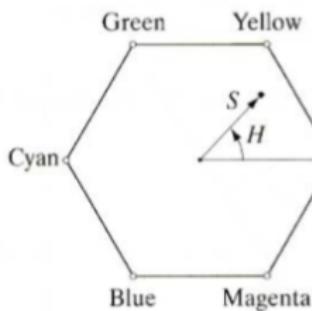
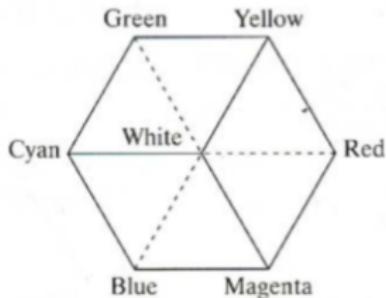


HSI



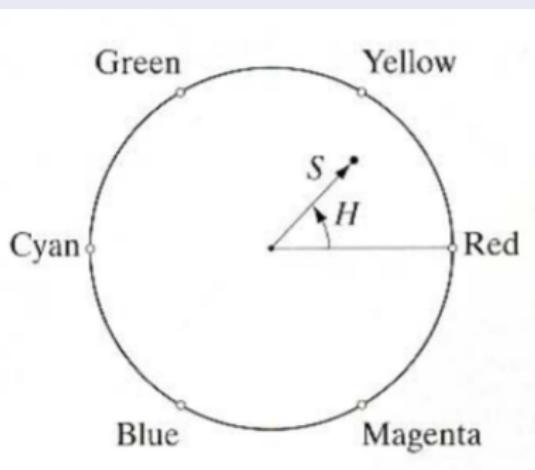
- H : Hue - tono, relacionado a un color puro.
- S : Saturación, grado de dilución del color hacia el blanco.
- I : Intensidad, brillo.

Representaciones de HS



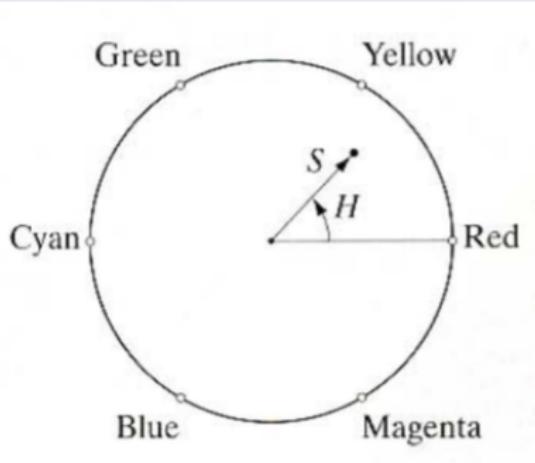
H y *S* contienen información de color.

Círculo de color

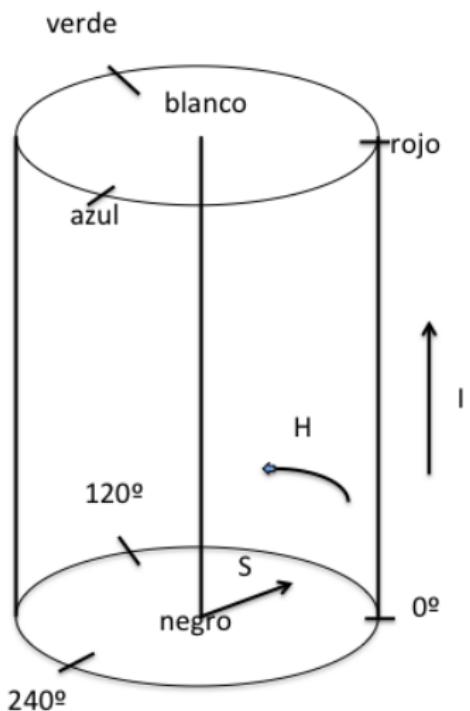


- H se expresa en ángulos:
Rojo: 0° **Verde:** 120° **Azul:** 240°
- I es la transformación promedio de R , G y B en gris.
- H de un color se refiere a la longitud de onda más cercana en el arco iris.

Círculo de color



- S es el radio desde el origen del círculo de color al punto.
- En el borde están los colores puros o saturados.
- S varía entre 0 y 1
- En el centro están los grises, los que tienen cero saturación.



- La diagonal del cubo del espacio RGB da la información sobre los grises
- El eje vertical que pasa por el centro del cilindro HSI da la información sobre los grises.
- Rotar el sistema de coordenadas para que la diagonal del cubo sea el eje vertical.
- Convertir en coordenadas cilíndricas definiendo las coordenadas polares en el plano xy
- (ϕ, ρ, z) corresponden a (H, S, I)
- Normalizar ρ

Conversión de RGB a HSI

$$H = \begin{cases} \cos^{-1} \left\{ \frac{\frac{1}{2}[(R-G)+(R-B)]}{[(R-G)^2+(R-B)(G-B)]^{\frac{1}{2}}} \right\} & \text{si } B \leq G, \quad H \in [0, \pi] \\ 2\pi - \cos^{-1} \left\{ \frac{\frac{1}{2}[(R-G)+(R-B)]}{[(R-G)^2+(R-B)(G-B)]^{\frac{1}{2}}} \right\} & \text{si } B > G, \quad H \in [\pi, 2\pi] \end{cases}$$

$$S = 1 - \frac{3}{(R+G+B)} \min(R, G, B), \quad S \in [0, 1]$$

$$I = \frac{1}{3}(R+G+B), \quad I \in [0, 1]$$

Conversión de HSI a RGB

Si $0 \leq H < \frac{2\pi}{3}$

$$R = I \left[1 + \frac{S \cos H}{\cos(\frac{\pi}{3} - H)} \right]$$

$$B = I(1 - S)$$

$$G = 3I - (R + B)$$

Si $\frac{2\pi}{3} \leq H < \frac{4\pi}{3}$

$$G = I \left[1 + \frac{S \cos(H - \frac{2\pi}{3})}{\cos(\frac{\pi}{3} - H)} \right]$$

$$R = I(1 - S)$$

$$B = 3I - (R + G)$$

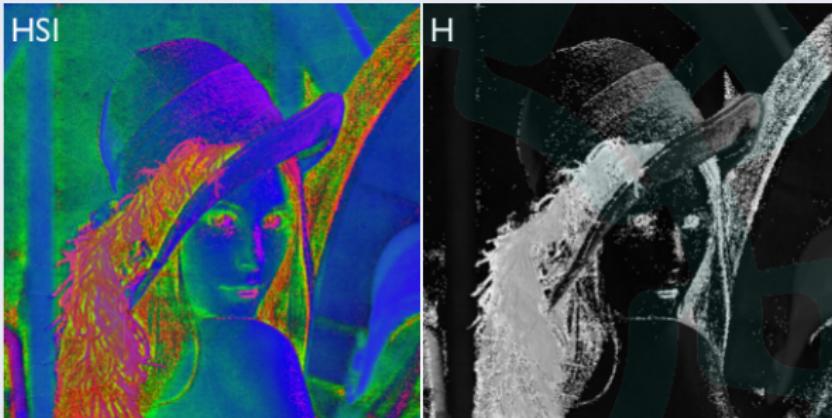
Si $\frac{4\pi}{3} \leq H < 2\pi$

$$B = I \left[1 + \frac{S \cos(H - \frac{4\pi}{3})}{\cos(\frac{\pi}{3} - H)} \right]$$

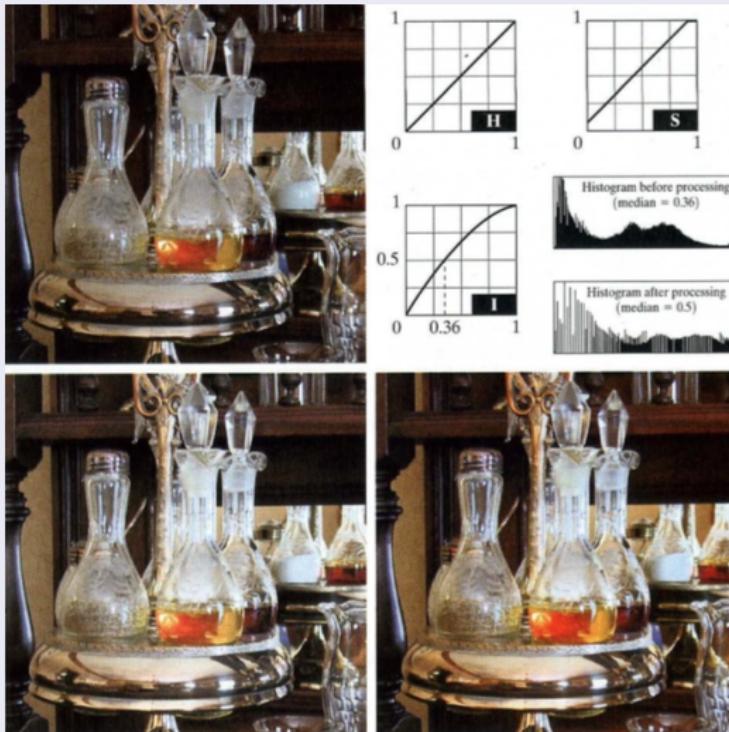
$$G = I(1 - S)$$

$$R = 3I - (G + B)$$

HSI



Color



Esta imagen contiene pixels de colores muy oscuros. Hacer una ecualización sin alterar el tono ni la saturación.

Realce de la saturación

- Multiplicar por una constante $c > 1$ cada pixel en el plano de la saturación. Ver que esto aumenta la intensidad aparente. Si $c < 1$ ver que reduce la intensidad del color.
- Realizar diferentes transformaciones lineales y no lineales al canal de saturación y ver el balance de colores.

Alteración del Hue

- Sumar la constante c a los valores del canal H y ver el efecto en los colores cuando c es muy chico y qué sucede cuando c es muy grande.
- tratar los valores de gris como periódicos ya que Hue es angular. Si tenemos 8 bits entonces $255 + 1 = 0$ y $0 - 1 + 255$.
- Ver en cuál de los canales son más visibles los detalles y en cuáles es más distinguible un granulado en una imagen.
- Ver a cuál de los canales afectan más los bordes difuminados.

