








## Tema 2. Imágenes digitales

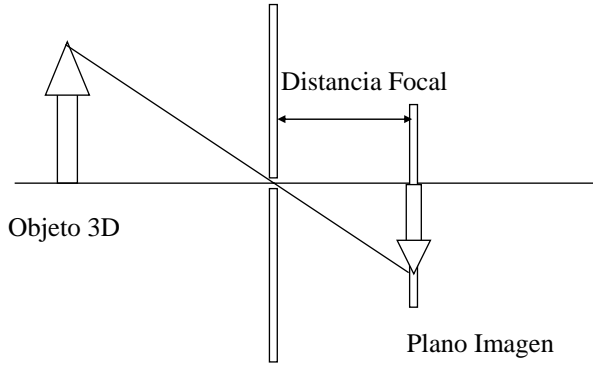
	Tabla de Contenidos	
■	Formación de la imagen	
■	Digitalización y muestreo de una imagen	
■	Características de una imagen	
■	Imágenes en color	

	Tabla de Contenidos	
	Formación de la imagen	
■	Digitalización y muestreo de una imagen	
■	Características de una imagen	
■	Imágenes en color	

	Formación de la imagen	
■	Proceso mediante el cual los objetos del mundo tridimensional se proyectan en un plano imagen	
■	Ópticas:	
□	Captar los rayos luminosos para proyectarlos en el sensor de imagen.	

## Formación de la imagen

- Modelo 'pin-hole'



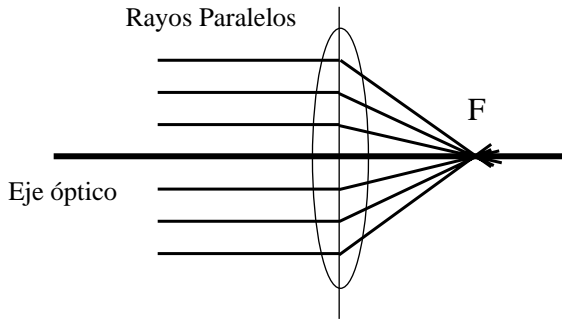
Objeto 3D

Distancia Focal

Plano Imagen

## Formación de la imagen

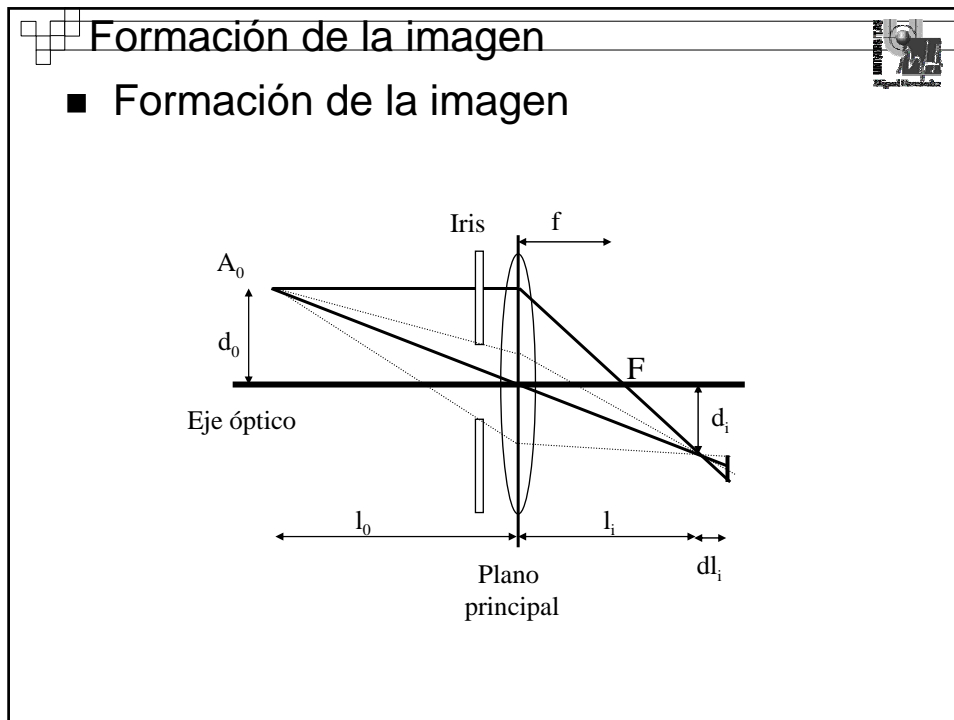
- Modelo de lente delgada:
  - Todos los rayos paralelos al eje óptico convergen al foco F



Rayos Paralelos

Eje óptico

F



## Formación de la imagen

- Distancia focal
  - Es la distancia 'f' del centro de la lente al foco
  - Determina el tamaño de la imagen formada en el sensor

Imagen Base

Más largo

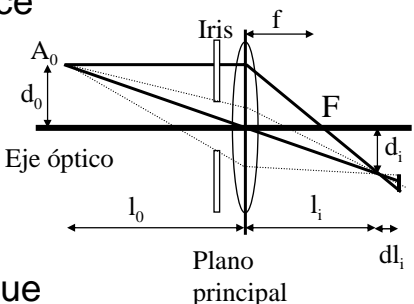
Más corto

## Formación de la imagen

- Distancia de enfoque
  - Distancia entre el plano de la lente y el plano del espacio que permanece enfocado ( $l_0$ )

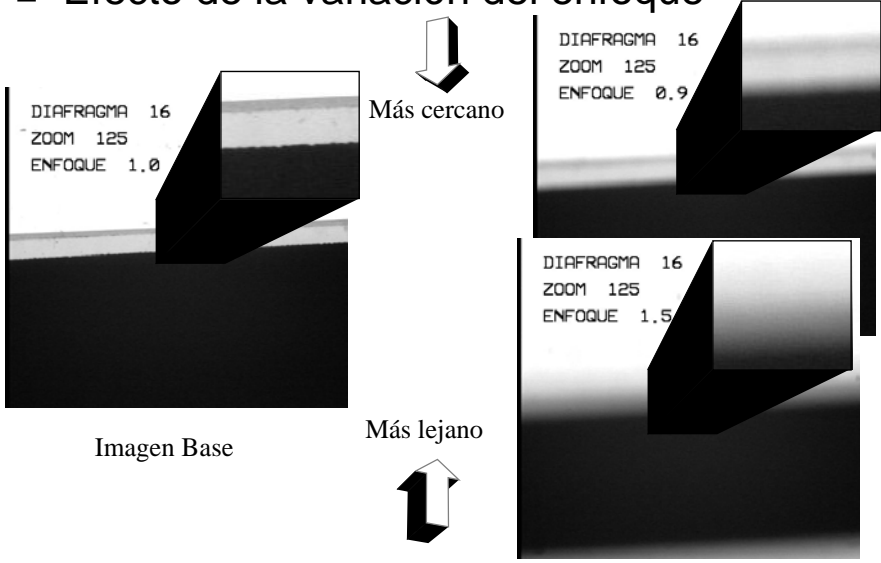
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{l_0} + \frac{1}{l_i}$$

- La distancia de enfoque varía al modificar la distancia entre la lente y el plano imagen



## Formación de la imagen

- Efecto de la variación del enfoque



Más cercano

Más lejano

Imagen Base

## Formación de la imagen

- Profundidad de campo:
  - Determina la anchura de la zona enfocada
  - Depende de la resolución del elemento sensor, de la apertura del diafragma y de la distancia de enfoque

Profundidad de Campo

Eje óptico

F

$A_0$

$A_1$

Tamaño del CCD

## Formación de la imagen

- Apertura del diafragma
  - Se varía la cantidad de luz que incide sobre el sensor
  - Se modifica la profundidad de campo
    - Cuanto mayor es la apertura menor es la profundidad de campo y viceversa

$A_0$   $A_1$

CCD Sensor

$A_0$

$A_1$

CCD Sensor

## Formación de la imagen

### ■ Efecto de la variación del diafragma

The diagram illustrates the effect of aperture variation on image formation. It features three camera viewfinders arranged around a central 'Imagen Base' (Base Image).

- Left Viewfinder:** DIAFRAGMA 16, ZOOM 125, ENFOQUE 1.0. It shows a wide-angle view of a landscape.
- Right Viewfinder:** DIAFRAGMA 8, ZOOM 125, ENFOQUE 1.0. It shows a narrower view of the same landscape.
- Bottom Viewfinder:** DIAFRAGMA 32, ZOOM 125, ENFOQUE 1.0. It shows a very narrow view of the landscape.

Arrows indicate the relationship between the views:

- An upward arrow labeled 'Más abierto' (More open) points from the 'Imagen Base' to the DIAFRAGMA 8 viewfinder.
- A downward arrow labeled 'Más cerrado' (More closed) points from the 'Imagen Base' to the DIAFRAGMA 32 viewfinder.



The 'Imagen Base' is labeled 'Imagen Base'.

## Formación de la imagen

### ■ Distorsión óptica

The diagram illustrates two types of optical distortion:

- Distorsión en cojín (Barrel Distortion):** Shown on the left, it depicts a grid of lines that curve inward toward the center, making the image appear to be bulging out like a barrel.
- Distorsión en barril (Pincushion Distortion):** Shown on the right, it depicts a grid of lines that curve outward toward the corners, making the image appear to be pinched in the center like a pincushion.

	Tabla de Contenidos	
■	Formación de la imagen	
☞	Digitalización y muestreo de una imagen	
■	Características de una imagen	
■	Imágenes en color	

	Digitalización y Muestreo	
■	Definición	
□	Proceso de conversión a digital de la señal analógica transmitida por la cámara. Se realiza un <i>muestreo</i> o digitalización de las coordenadas espaciales y una <i>cuantificación</i> o digitalización en niveles de gris.	



Digitalización y Muestreo

■ Muestreo espacial

Original

2 puntos

4 puntos

8 puntos

Digitalización y Muestreo

■ Cuantificación

256

64

16

8

4

2

# Digitalización y Muestreo



■ Matriz de valores



Imagen digitalizada con 256 niveles de gris



50	38	44	70	110	74	52	66	162	200	206
66	66	70	88	110	74	58	84	178	206	206
86	94	84	86	74	56	68	122	198	210	206
80	88	74	70	50	66	110	176	212	212	210
60	60	62	66	74	108	160	200	212	206	210
64	58	76	92	124	156	194	198	204	196	206
100	98	112	136	164	192	194	200	202	210	208
138	136	150	162	176	192	194	198	196	202	200

# Tabla de Contenidos



■ Formación de la imagen

■ Digitalización y muestreo de una imagen

Características de una imagen

■ Imágenes en color

10



## Características de una imagen



### ■ Histograma

- Distribución de Niveles de Gris en una imagen
  - Función de densidad de probabilidad de niveles de gris
- Coordenadas
  - Abscisas: rango posible de intensidades de gris
  - Ordenadas: número de pixeles para cada nivel de gris



$f[246] = 0$



## Características de una imagen



### ■ Nivel de ruido

- Variación en el nivel de gris que sufre un pixel no debida a la aportación lumínica de la escena
- Tipos
  - Correlados: La variación del nivel de gris depende de la posición espacial del pixel afectado

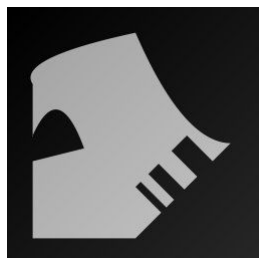


Imagen sin ruido



Imagen con ruido correlado



## Características de una imagen

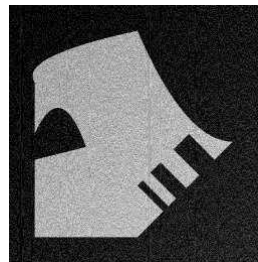


### □ Tipos

- No correlados: La variación del nivel de gris no depende de la posición espacial del pixel afectado
  - Gaussiano: La distribución del ruido se asemeja a una distribución gaussiana de una determinada media y varianza



Imagen sin ruido



Ruido Gaussiano  $M=0$   $\sigma=25$



## Características de una imagen



### □ Tipos

- No correlados: La variación del nivel de gris no depende de la posición espacial del pixel afectado
  - Gaussiano
  - Aleatorio: También llamado de *sal y pimienta*. El número de píxeles afectados y la intensidad del mismo son variables aleatorias independientes

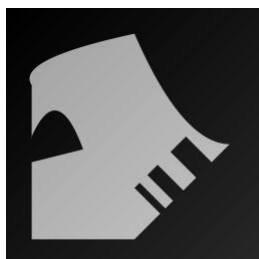


Imagen sin ruido



Ruido Aleatorio



## Características de una imagen



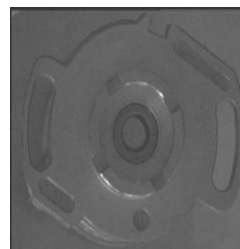
### ■ Brillo

- Nivel de gris medio en una imagen

$$B = \frac{1}{N \cdot M} \sum_{y=0}^{N-1} \sum_{x=0}^{M-1} f(x, y)$$



Brillo 104



Brillo 56



## Características de una imagen



### ■ Contraste

- El contraste de una imagen define la variación del nivel de gris en los pixel de la misma


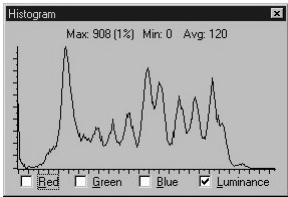
- Estimación:

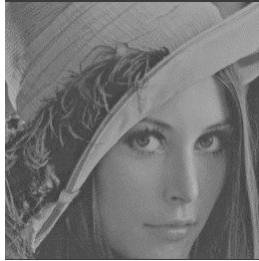
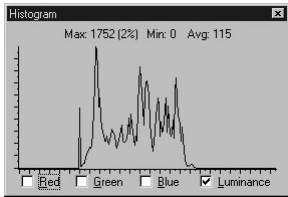
$$C_1 = \frac{\text{máximo} - \text{mínimo}}{\text{máximo} + \text{mínimo}} \cdot 100\%$$

$$C_2 = \sqrt{\frac{1}{N \cdot M} \sum_{y=0}^{N-1} \sum_{x=0}^{M-1} (f(x, y) - B)^2}$$

## Características de una imagen

### ■ Contraste

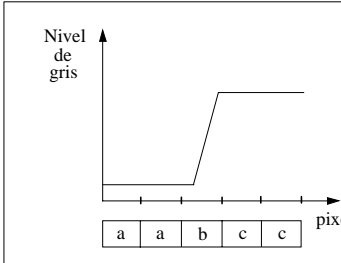



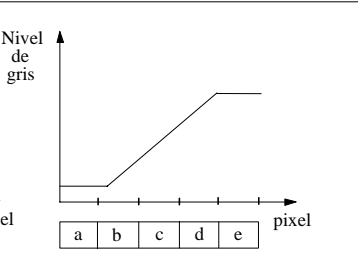



## Características de una imagen

### ■ Nitidez

☐ Respuesta en nivel de gris de la imagen ante cambios bruscos en la iluminación de la escena captada.





Alta nitidez frente a baja nitidez



## Características de una imagen



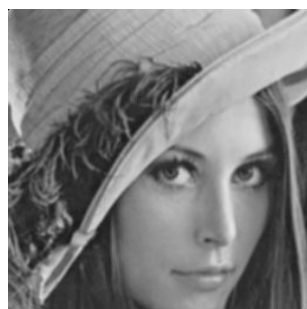
- La baja nitidez puede estar provocada por:
  - Objetos fuera del rango de enfoque de la óptica
  - Deficiencias del elemento sensor
  - Efectos de algoritmos de tratamiento de imágenes
- La medición de la nitidez es una tarea compleja, pues depende de:
  - Los objetos presentes en la imagen
  - La presencia de ruido

$$\text{Nitidez} = \frac{1}{N \cdot M} \sum_{y=0}^{N-1} \sum_{x=0}^{M-1} [D_n f(x,y)]^2 \cdot 100\%$$

$D_n$ : derivada en la dirección de máximo cambio




## Características de una imagen




Nitidez: 11.97%



Nitidez: 18.24%




## Características de una imagen




- Vecindad:**
  - ☐ Vecindad a 4
 

	X	
X	O	X
	X	
  - ☐ Vecindad a 8
 

X	X	X
X	O	X
X	X	X



## Tabla de Contenidos



- Formación de la imagen**
- Digitalización y muestreo de una imagen**
- Características de una imagen**
- ☐ **Imágenes en color**

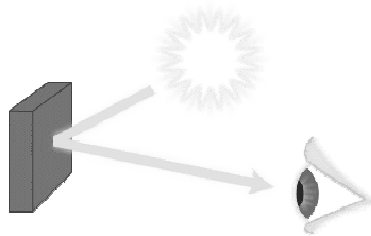




## Color



### ■ Teoría básica del color



Fuente de luz emite radiación con diferentes long. de onda

El objeto refleja otra distribución de longitudes de onda

Los fotorreceptores del ojo son sensibles a determinadas distribuciones

Los estímulos se envían al cerebro y se percibe el color



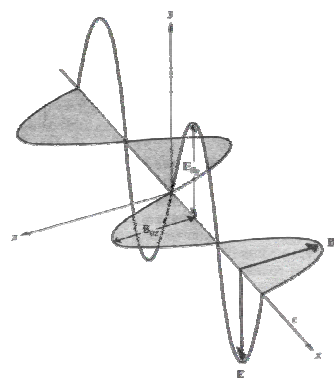
## Color



### ■ Naturaleza de la Luz y Color

□ Luz es una radiación Electromagnética (Dualidad):

- Se comporta como corpúsculo
  - Compuesta por fotones
  - Emiten y absorben energía
- Se comporta como onda en su propagación
  - Campo eléctrico y campo magnético
  - Senoides vibrando en perpendicular

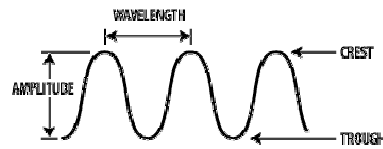




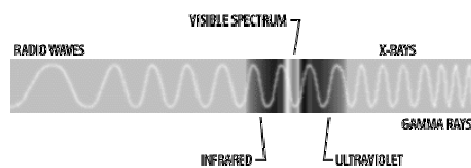
## Color



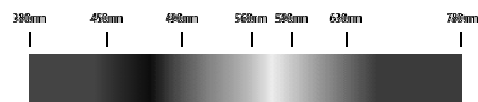
- Luz como onda:



- Espectro Electromagnético



- Espectro visible: Entre 780 nm y 380 nm

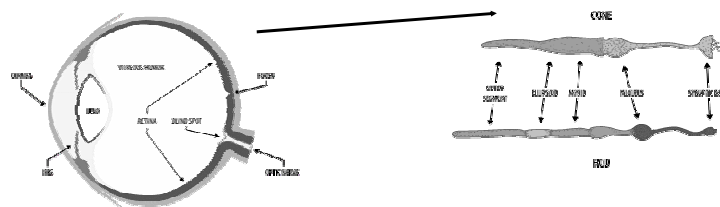


## Color




### ■ Visión Humana


- El color que percibe el ser humano es una combinación de tres estímulos distintos de la retina




- Bastones: No sensibles al color
- Conos: Tres tipos sensibles al color rojo, verde y azul




## Color



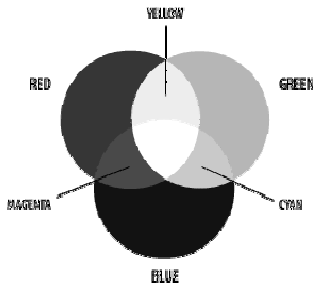
- Radiación
  - Cantidad total de energía que fluye desde una fuente luminosa (vatios)
- Luminancia
  - Cantidad de energía que un observador percibe de una fuente luminosa (lúmenes)
- Brillo
  - Sensación acromática de la intensidad de la luz
- Tinte (Hue)
  - Longitud de onda dominante en el color
- Saturación
  - Pureza relativa entre el blanco y la longitud de onda dominante (tinte). El blanco puro posee una saturación nula



## Color



- Modelos de representación del color
  - Modelo RGB
    - Estímulos principales para la percepción del color en el ser humano
    - Colores aditivos primarios





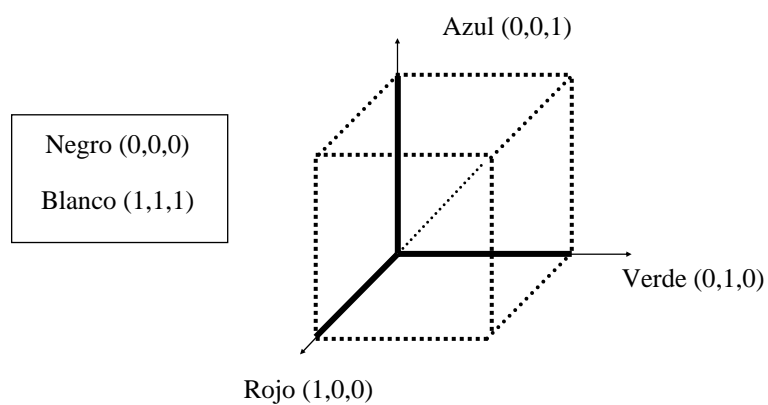
## Color



- Una imagen en RGB está representada por 3 planos distintos, uno por cada color primario
- Cuando llegan al monitor RGB, estas tres imágenes se combinan en la pantalla fosforescente para producir una imagen compuesta en color
- Para un sistema que digitaliza la imagen con 24 bits de resolución, los valores máximos de R, G y B serán igual a 255
- Espacio euclídeo, en el que cada componente primario se corresponde con un eje ortogonal



## Color



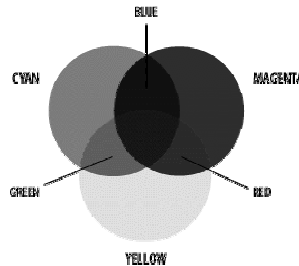


## Color



### □ Modelo CMY (Cian-Magenta-Yellow)

- Es el modelo típico para impresoras de color
- Utiliza los colores *Cian (C)*, *Magenta (M)* y *Yellow (Y)*, que son los colores secundarios de luz o primarios de los pigmentos



$$\begin{bmatrix} C \\ M \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad R, G, B \in [0,1]$$



## Color



### □ Modelo YIQ (Luminancia - Fase - Cuadratura)

- Es una recodificación del RGB más eficaz en la transmisión para TV en color, y que además es compatible con los estándares de TV en blanco y negro
- La información del color (I+Q) y la información de la luminancia están desacopladas
- Conversión RGB - 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



### □ Modelo HSI (Hue (tono)- Saturación - Intensidad)

- La información de intensidad ( $I$ ) está desacoplada de la información del color ( $H, S$ )
- $H$  y  $S$  están íntimamente relacionadas con la forma en que los humanos percibimos el color.
- Transformación RGB - HSI

$$I = \frac{1}{3}(R + G + B)$$

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

$$H = \cos^{-1} \left\{ \frac{1/2[(R - G) + (R - B)]}{[(R - G)^2 + (R - B)(G - B)]^{1/2}} \right\}$$



## Color



### ■ Descomposición 3 canales RGB



Canal Rojo



Canal Verde



Canal Azul