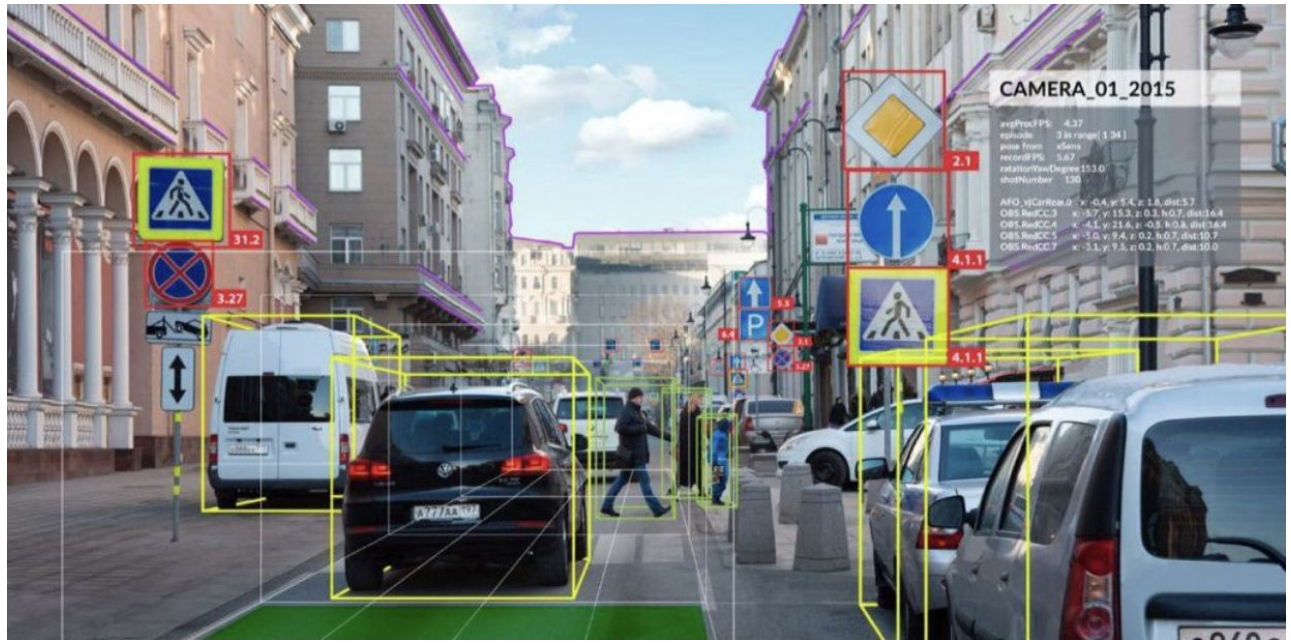
# Visión Computacional
## para imágenes y video

## Módulo 1

## Tema 1.2 Operaciones Basicas




**Gilberto Ochoa Ruiz, PhD**
**Associate Professor**
**Researcher in Computer Vision**

**Computer Science Dept.**
**Advanced AI Research Group**
**gilberto.ochoa@tec.mx**

Tecnológico de Monterrey

## Representación de imágenes

*"It makes all the difference whether one sees darkness through the light or brightness through the shadows"*

David Lindsay

(Scottish Novelist)

# Operaciones básicas en pixeles para PDI

## Operaciones básicas de procesamiento de imágenes

En las próximas clases revisaremos algunas técnicas de mejoramiento de imágenes en lo que se conoce como **“dominio espacial”**

Revisaremos primero: formación de imágenes, **tipos de imágenes digitales** y la cadena de procesamiento de un sistema básico, así como diferentes **técnicas de adquisición** de imágenes

Después, que es el **mejoramiento de imágenes**: diferentes tipos y nos concentraremos en procesamiento a nivel pixel

Mas adelante veremos técnicas espaciales usando **información global** de la imagen (histogramas) o vecindarios (convolución)

# Operaciones básicas en pixeles para PDI

## Operaciones básicas de procesamiento de imágenes

En particular, veremos técnicas básicas de operaciones sobre pixeles

**¿Que es el pixel-wise processing?** Operaciones como

- Brillo/contraste
- Cuantización
- Imágenes negativas
- Thresholding - binarización
- Bit plane slicing
- Procesamiento usando combinaciones de varios de estos métodos

# Operaciones básicas en pixeles para PDI

## Representación de imágenes

**Localizacion del pixel (m,n)**

**Intensidad □ I(m,n)**

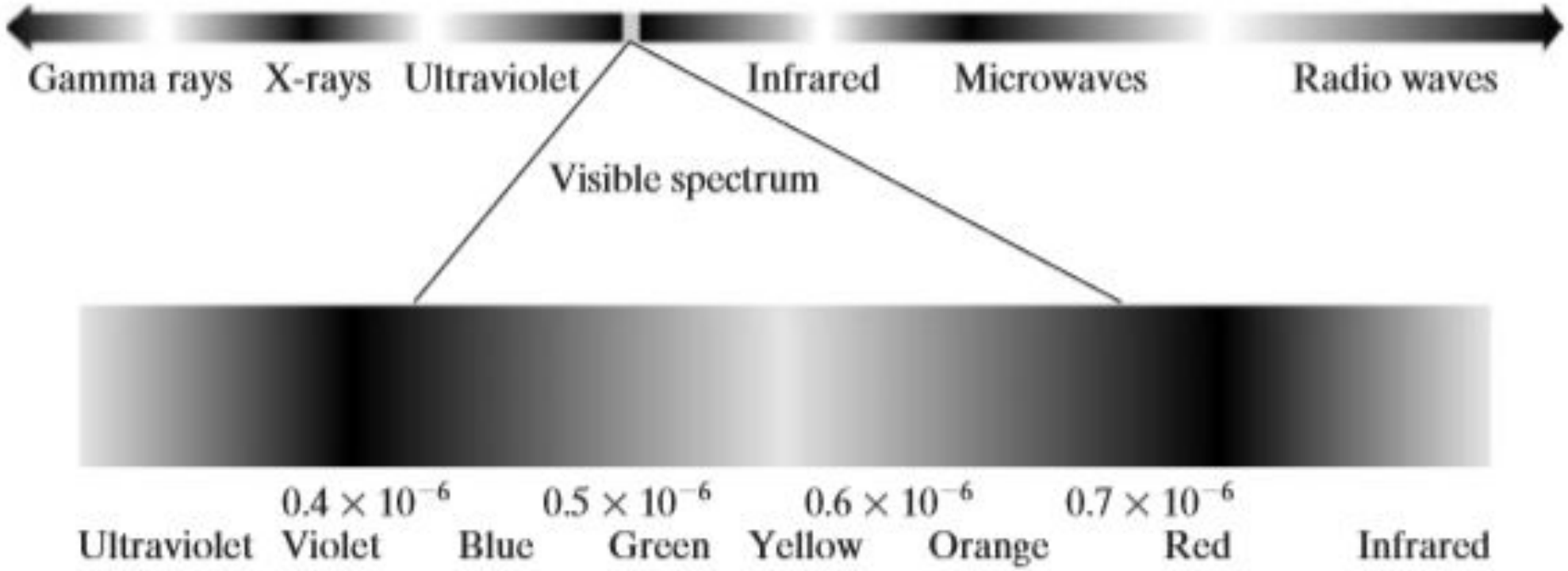
## Formatos de imágenes

| Acronym | Name | Properties |
|---|---|---|
| GIF | Graphics interchange format | Limited to only 256 colours (8-bit); lossless compression |
| JPEG | Joint Photographic Experts Group | In most common use today; lossy compression; lossless variants exist |
| BMP | Bit map picture | Basic image format; limited (generally) lossless compression; lossy variants exist |
| PNG | Portable network graphics | New lossless compression format; designed to replace GIF |
| TIF/TIFF | Tagged image (file) format | Highly flexible, detailed and adaptable format; compressed/uncompressed variants exist |

# Operaciones básicas en pixeles para PDI

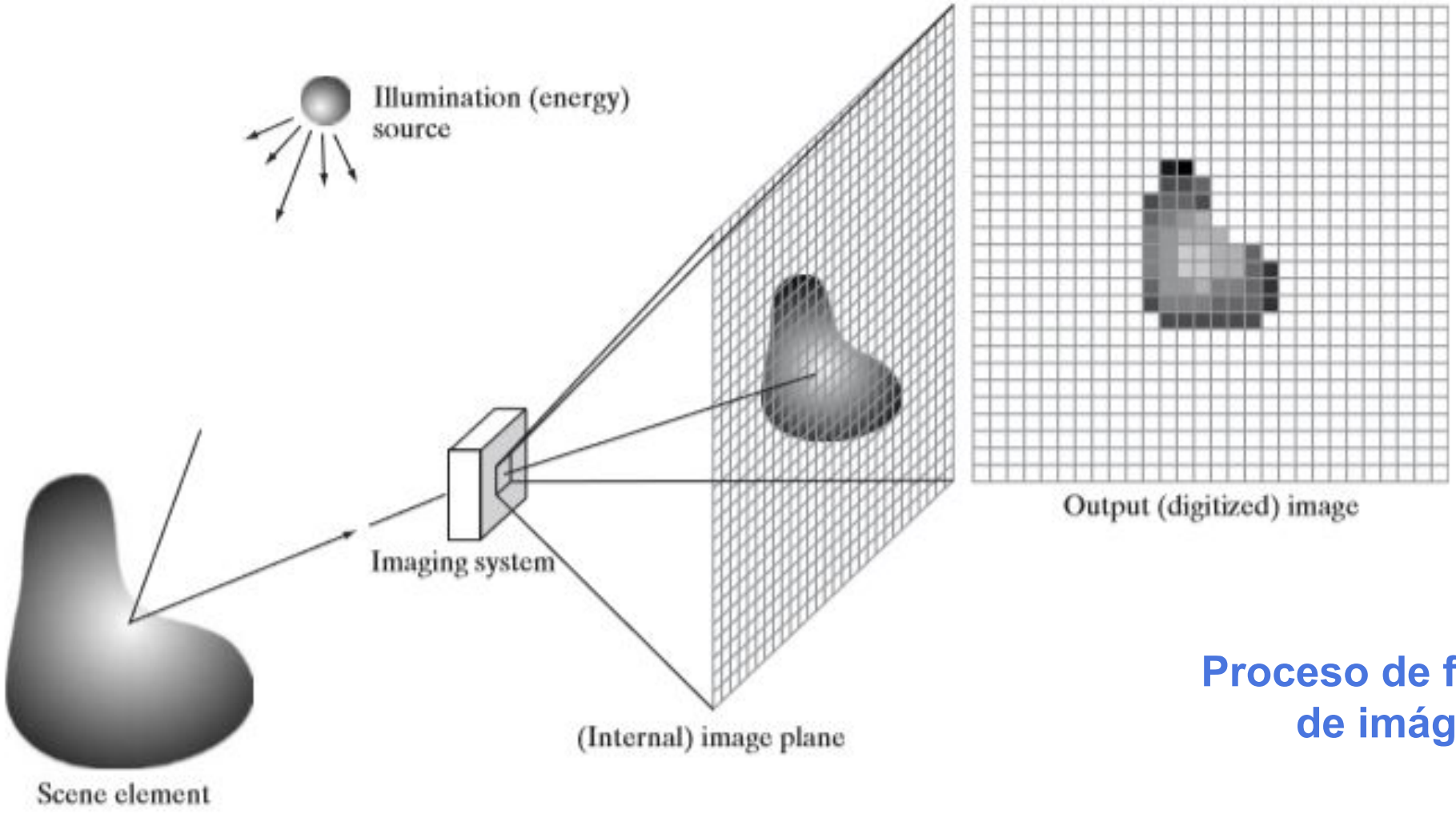
## Representación de imágenes

### Espectro electromagnético usado en PDI



# Operaciones básicas en pixeles para PDI

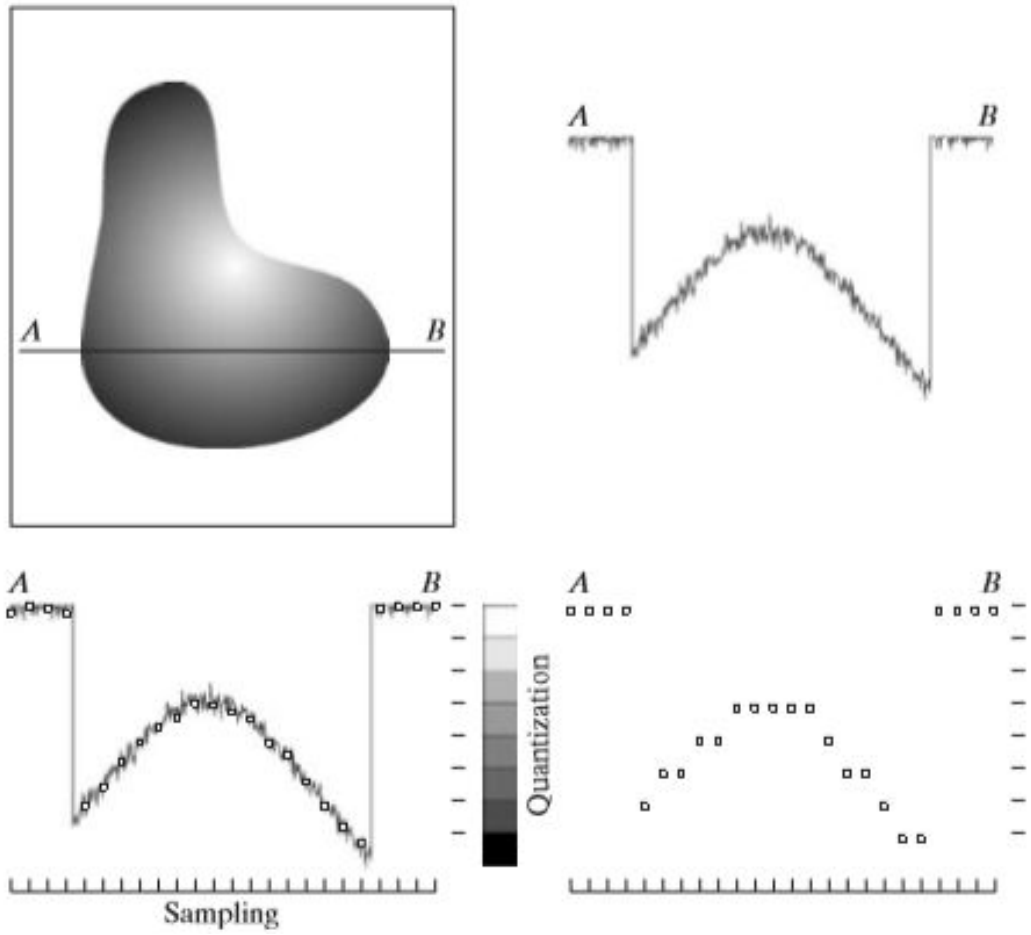
## Representación de imágenes




**Proceso de formación de imágenes**

# Operaciones básicas en pixeles para PDI

## Representación de imágenes




### Proceso de formación de imágenes

(a) Imagen continua

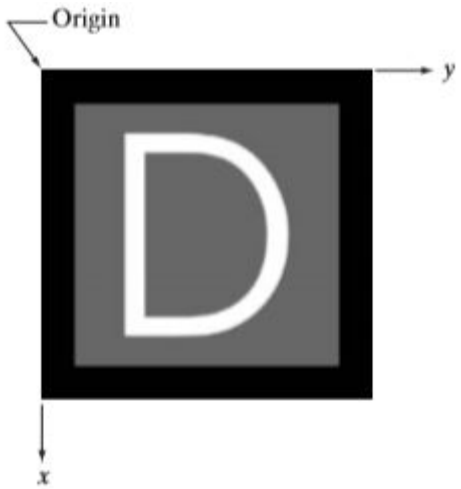
(b) Línea de escaneado A – B

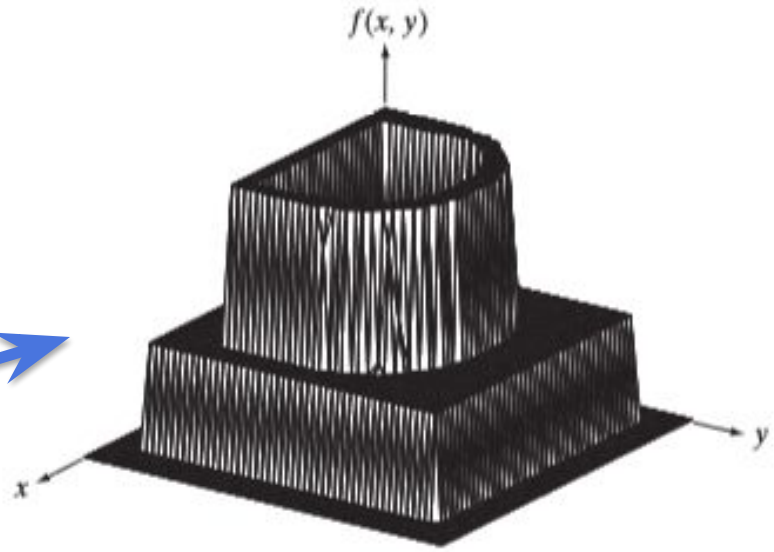
(c) Muestreo y cuantización

(d) Digital scan line.

# Operaciones básicas en pixeles para PDI

## Representación de imágenes



# Operaciones básicas en pixeles para PDI

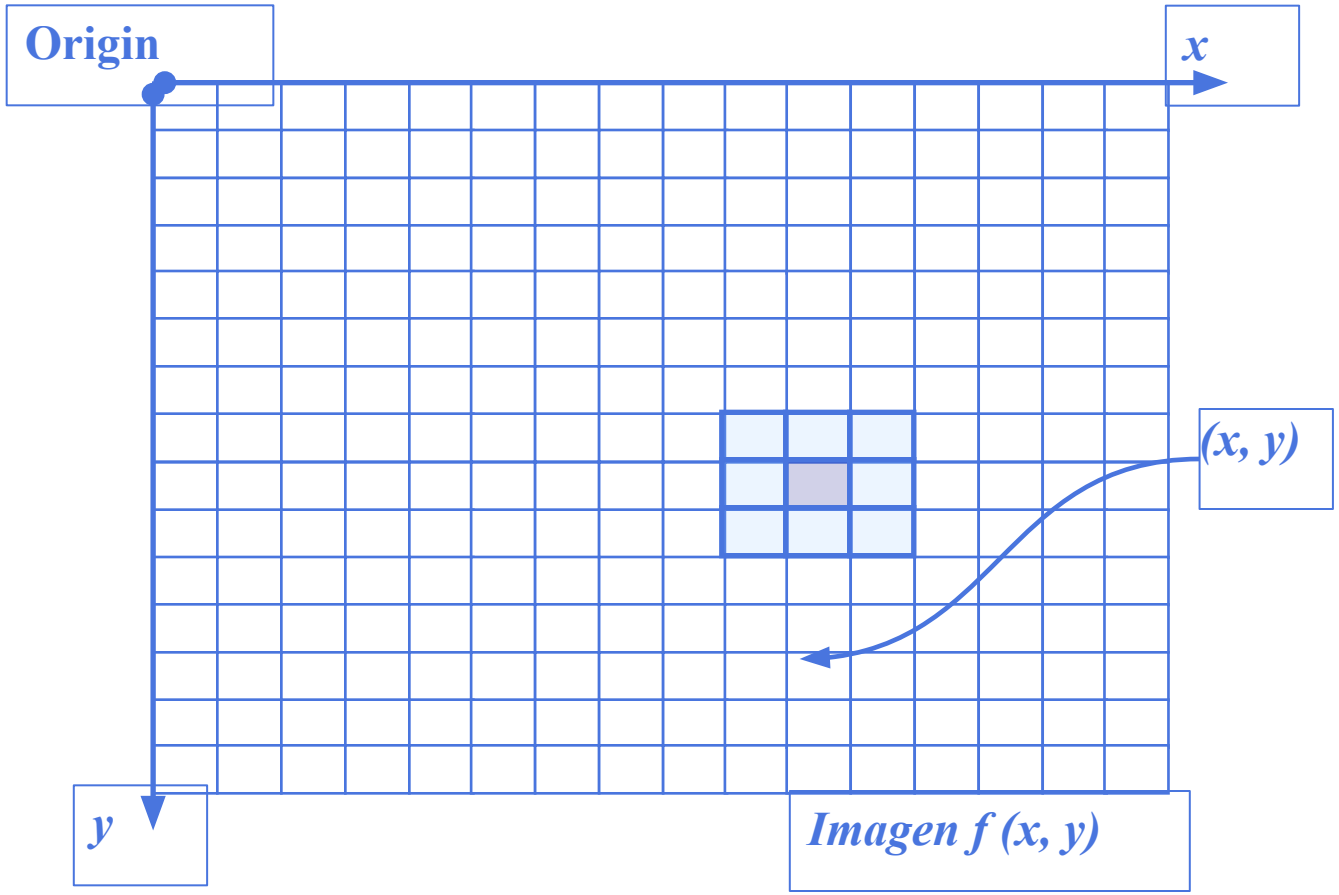
## Representación de imágenes

La mayoría de las operaciones de de mejoramiento de imágenes en el domino especial se puede reducir a la forma

***g (x, y) = T[ f (x, y)]*** *donde*

*f (x, y)* □ imagen de entrada
*g (x, y)* □ imagen de salida
T (x, y) □ operador matemático

Puede ser por punto o una convolución



# Operaciones básicas en pixeles para PDI

## Representación de imágenes

La forma mas simple de operación en el dominio especial ocurren cuando el vecindario del pixel es el pixel mismo  operaciones aritméticas en general

En este caso T se denomina como una función de transformación de escala de grises o una operación de procesamiento de punto

Estas operaciones, denominadas en ingles como pixel-wise processing toman la forma de $s = T(r)$

Donde s se refiere al valor del pixel procesado y r se refiere al valor del pixel en la imagen original, T es simplemente una operación de tipo aritmética, que se aplica sobre todos los pixeles de la imagen

# Operaciones básicas en pixeles para PDI

## Representación de imágenes

**Binary**

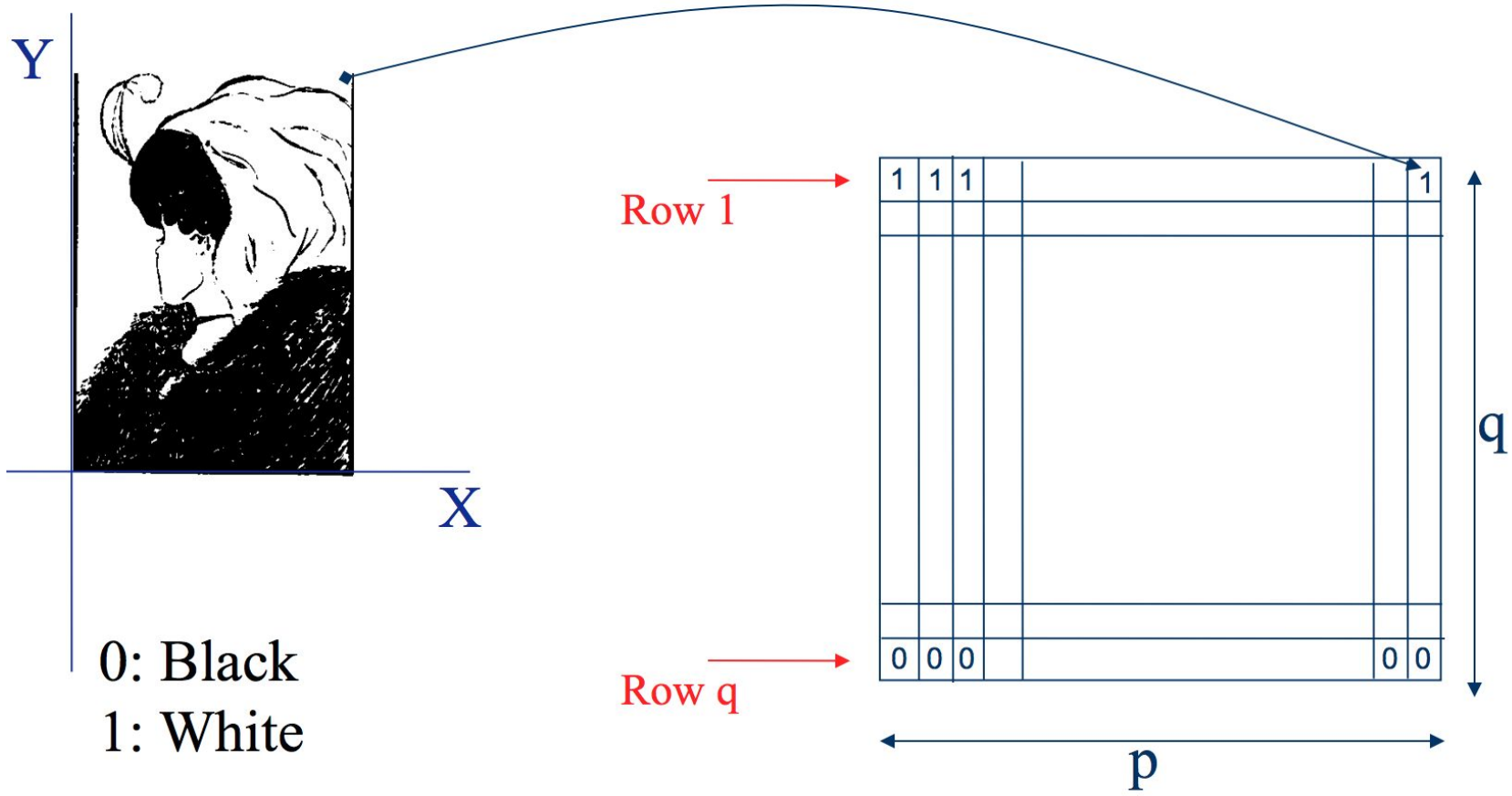
**Gray Scale**

**Color**

# Operaciones básicas en pixeles para PDI

## Representación de imágenes

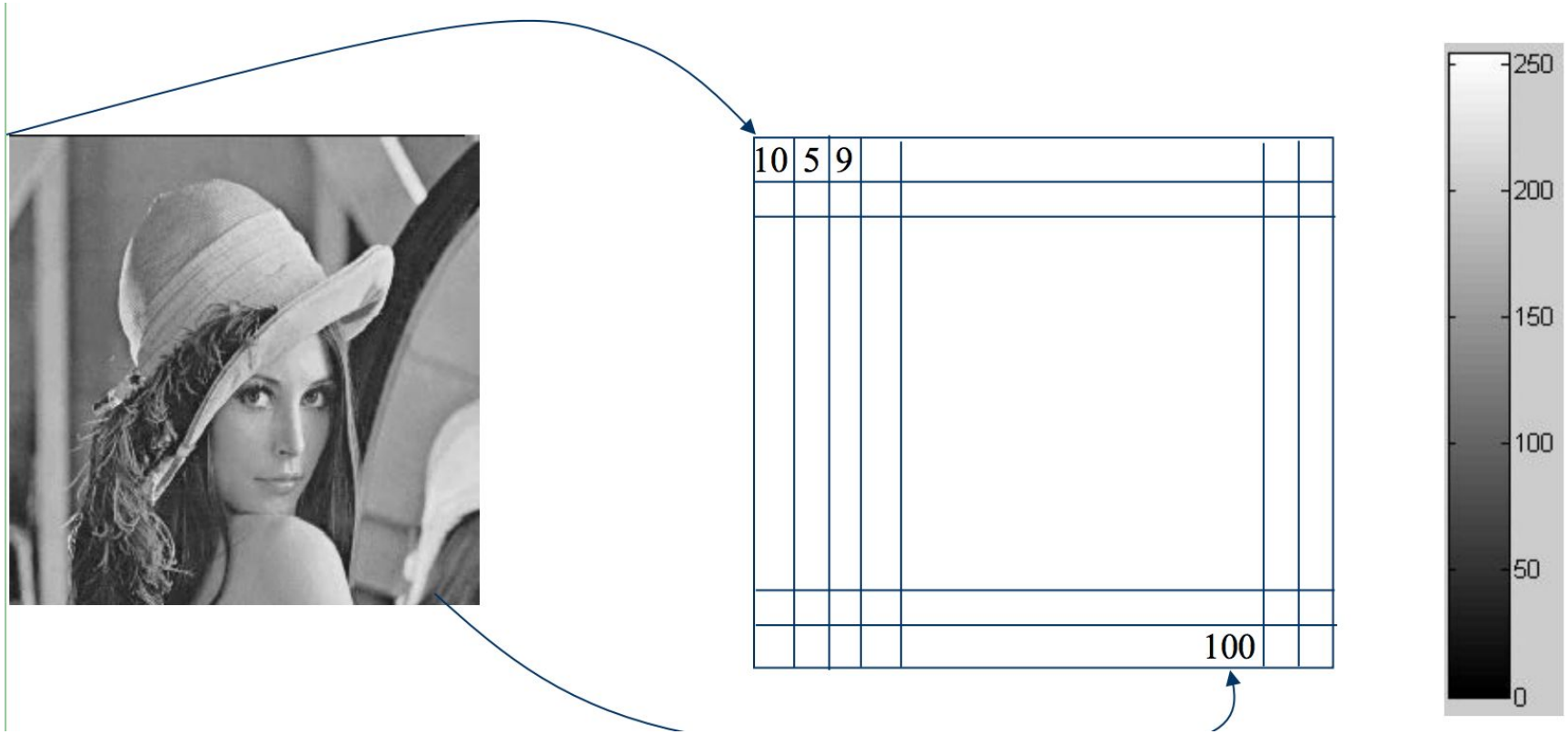
### Representación binaria de imágenes



# Operaciones básicas en pixeles para PDI

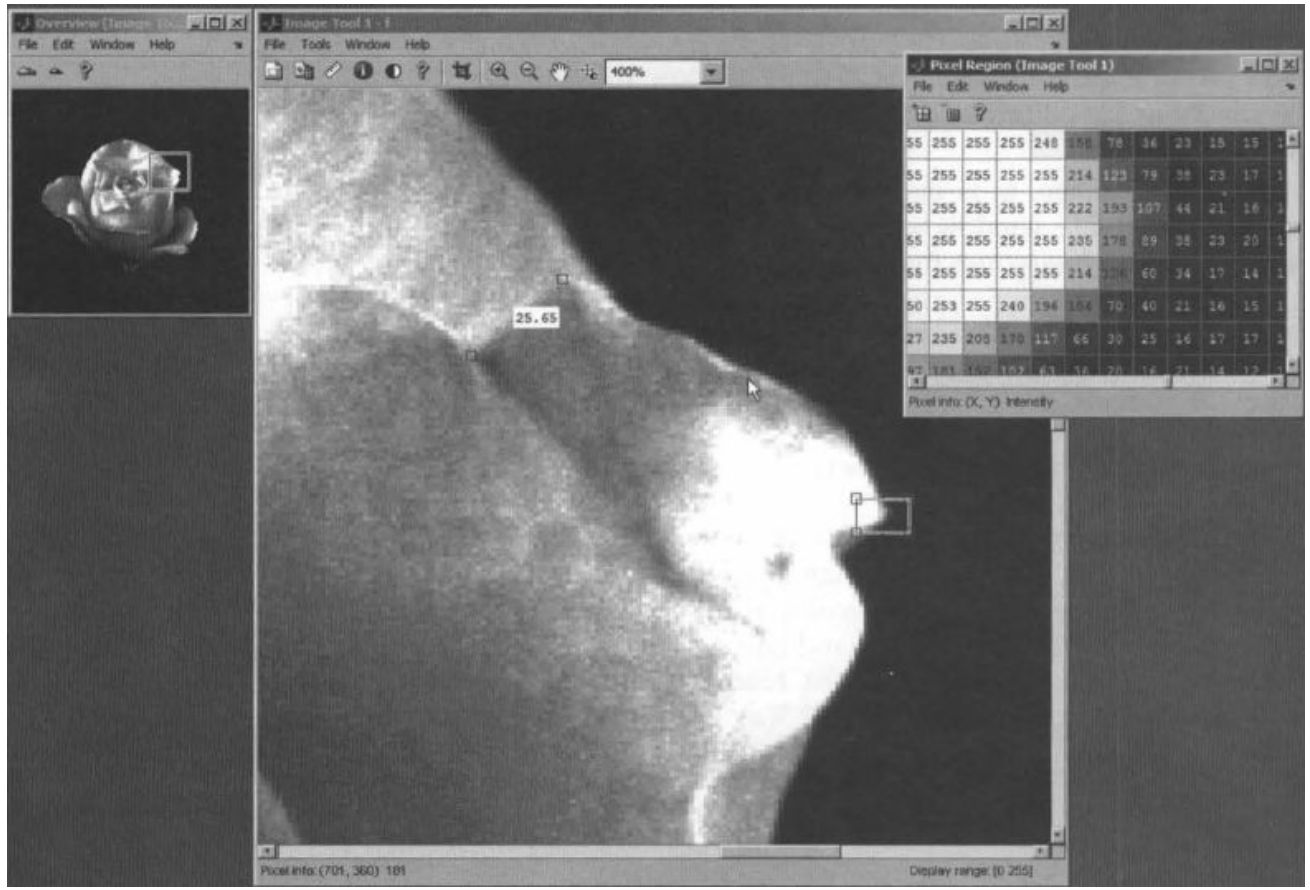
## Representación de imágenes

### Representación en escala de grises de imágenes



# Operaciones básicas en pixeles para PDI

## Representación de imágenes



# Operaciones básicas en pixeles para PDI

## Representación de imágenes

### Representación en color de imágenes

# Operaciones básicas en pixeles para PDI

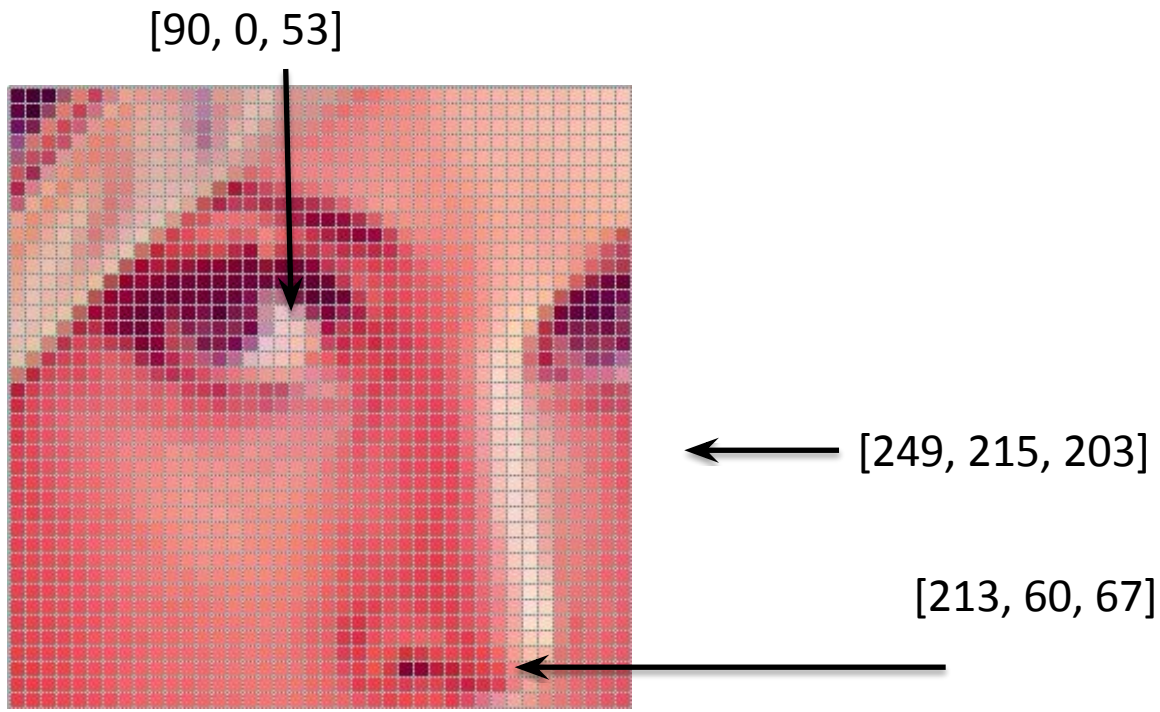
## Representación de imágenes

### Representación en color de imágenes

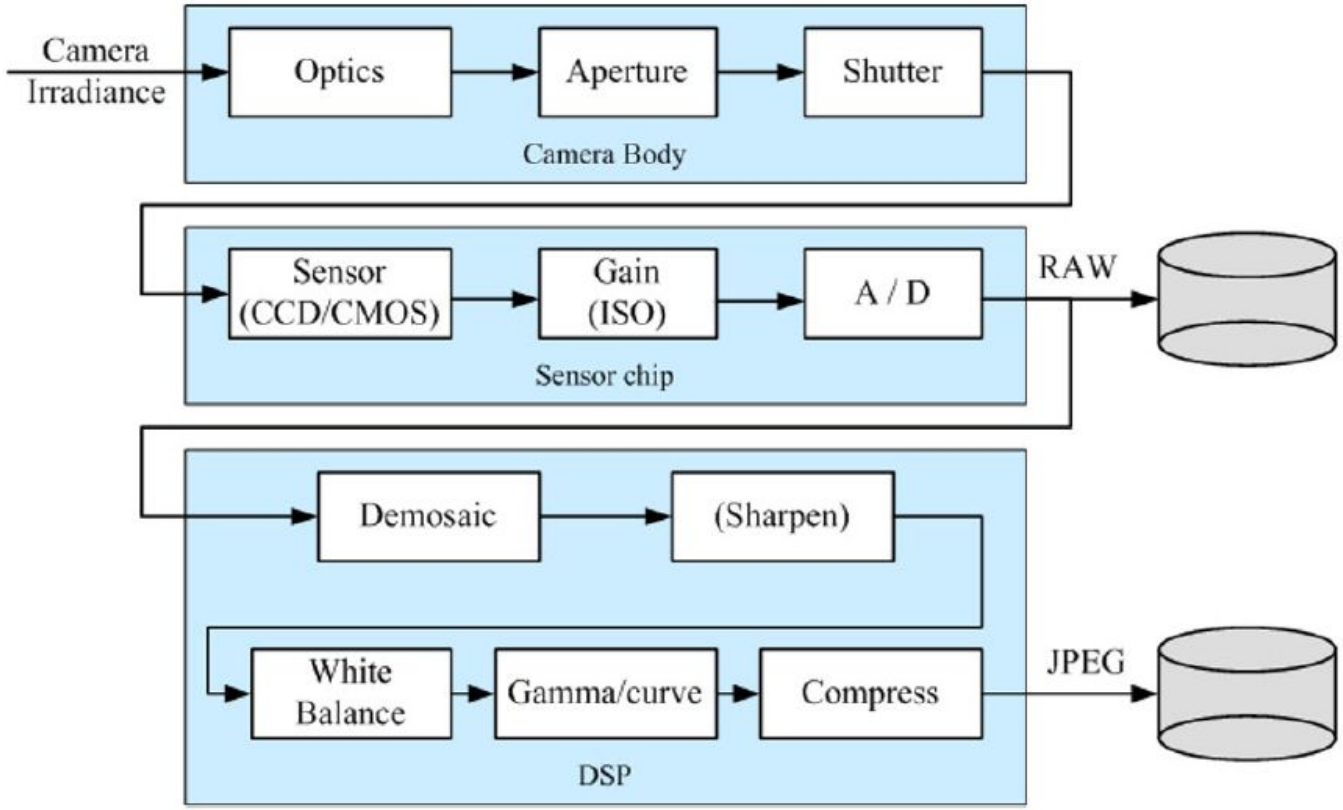
Una imagen contiene un numero discre0 de pixeles

- Ejemplo
- Valor del pixel:
- "grayscale"
  - (o "intensidad"): [0,255]
- "color"
  - RGB: [R, G, B]
  - Lab: [L, a, b]
  - HSV: [H, S, V]

Las imágenes son muestreadas y cuantizadas



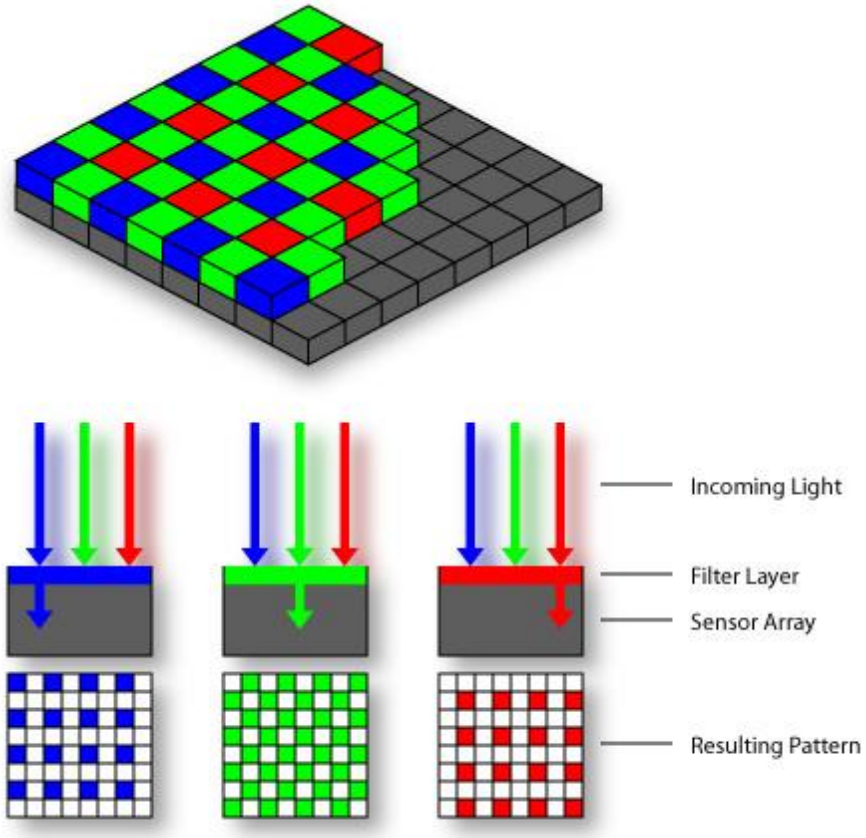
## Representación en color de imágenes



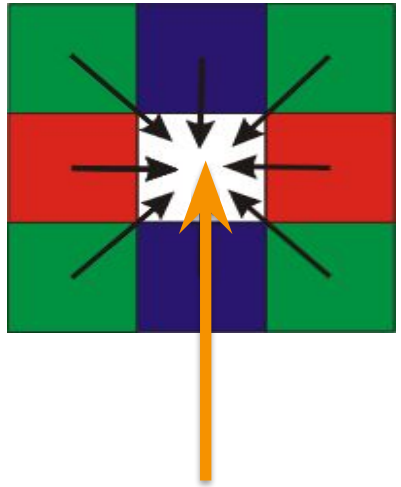
# Operaciones básicas en pixeles para PDI

## Representación de imágenes

### Representación en color de imágenes




### Sensado de colores practico: arreglo de Bayer

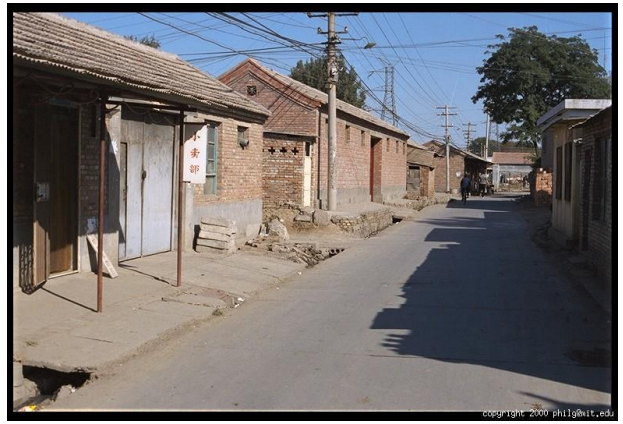


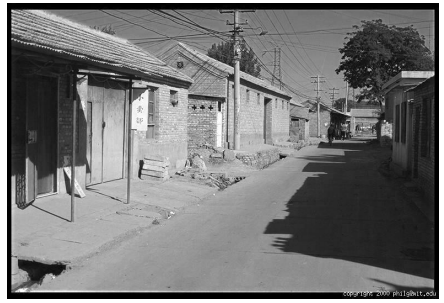
Estimar valores R, G, B en celda
G a parir de pixeles aledaños

# Operaciones básicas en pixeles para PDI

## Representación de imágenes

### Representación en color de imágenes





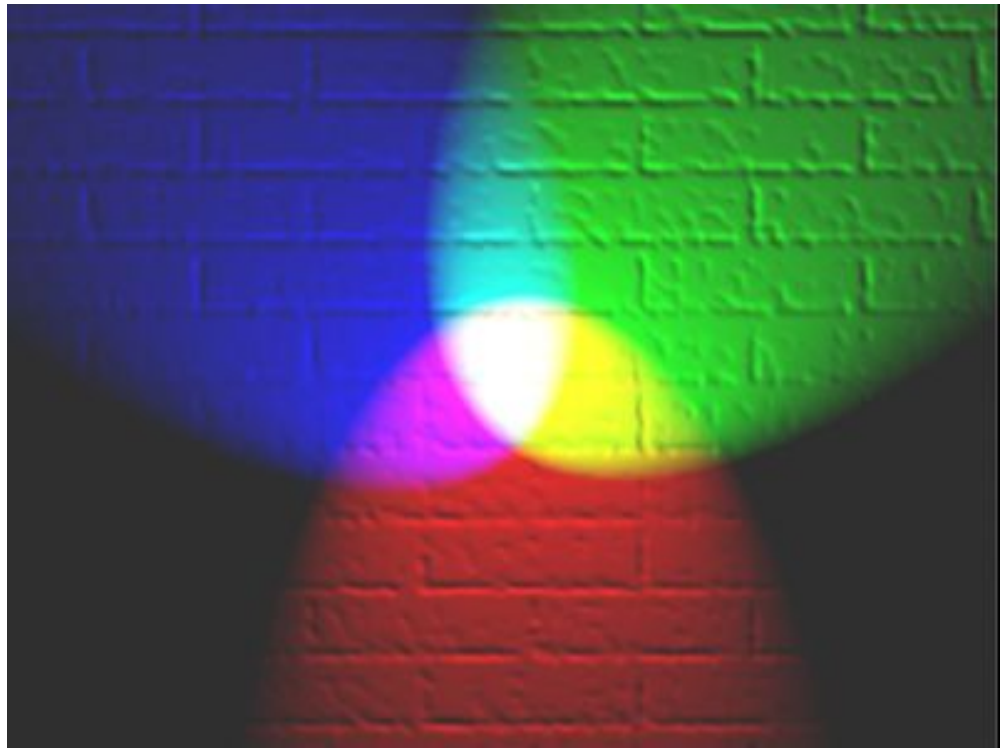
R

G

B

## Representación en color de imágenes

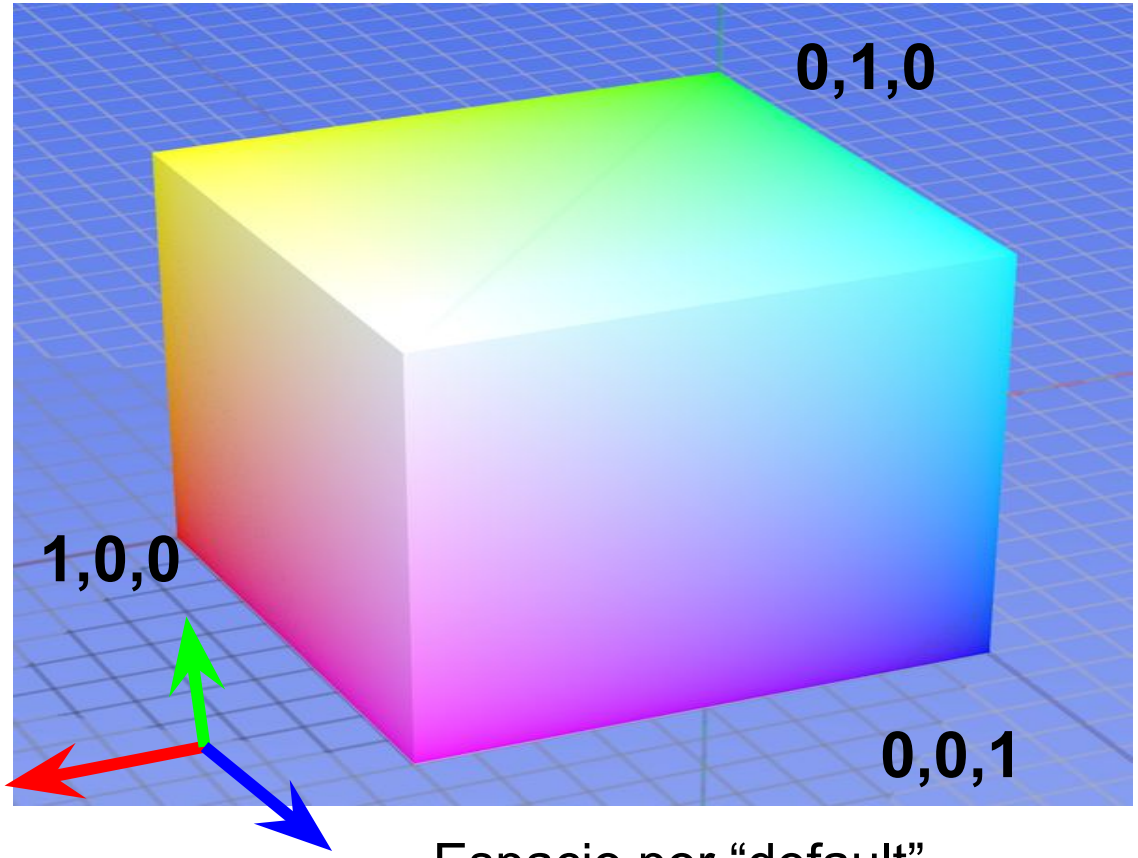
¿Como representamos el color? □ **“Color Spaces”**



# Operaciones básicas en pixeles para PDI

## Representación de imágenes

### Espacios de color: RGB



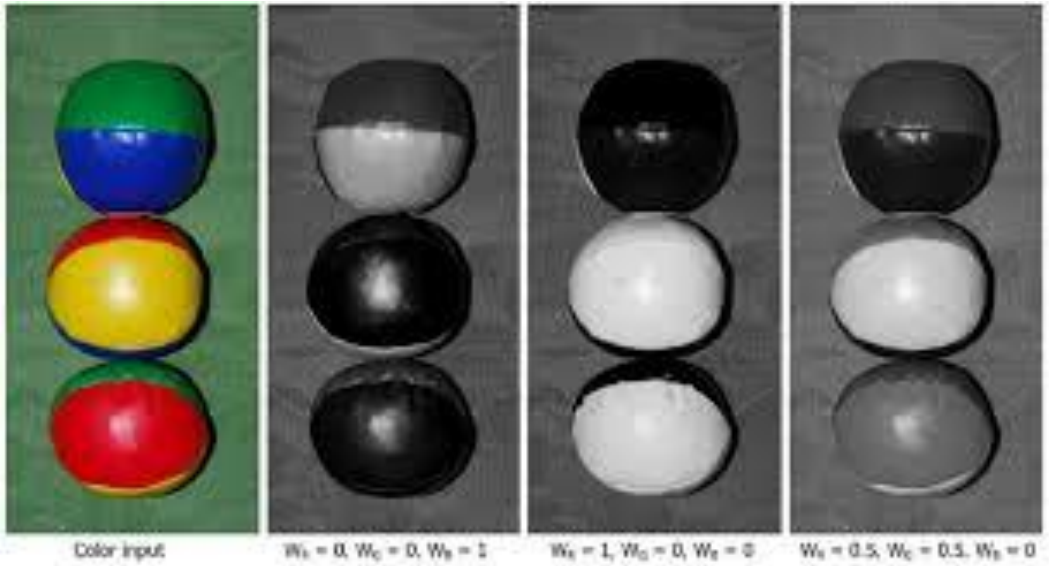

Espacio por “default”

**R**
(G=0,B=0)

**G**
(R=0,B=0)

**B**
(R=0,G=0)

## Conversion de RGB  escala de grises




$$I_{\text{grey-scale}}(n,m) = \alpha I_{\text{colour}}(n,m,r) + \beta I_{\text{colour}}(n,m,g) + \gamma I_{\text{colour}}(n,m,b)$$

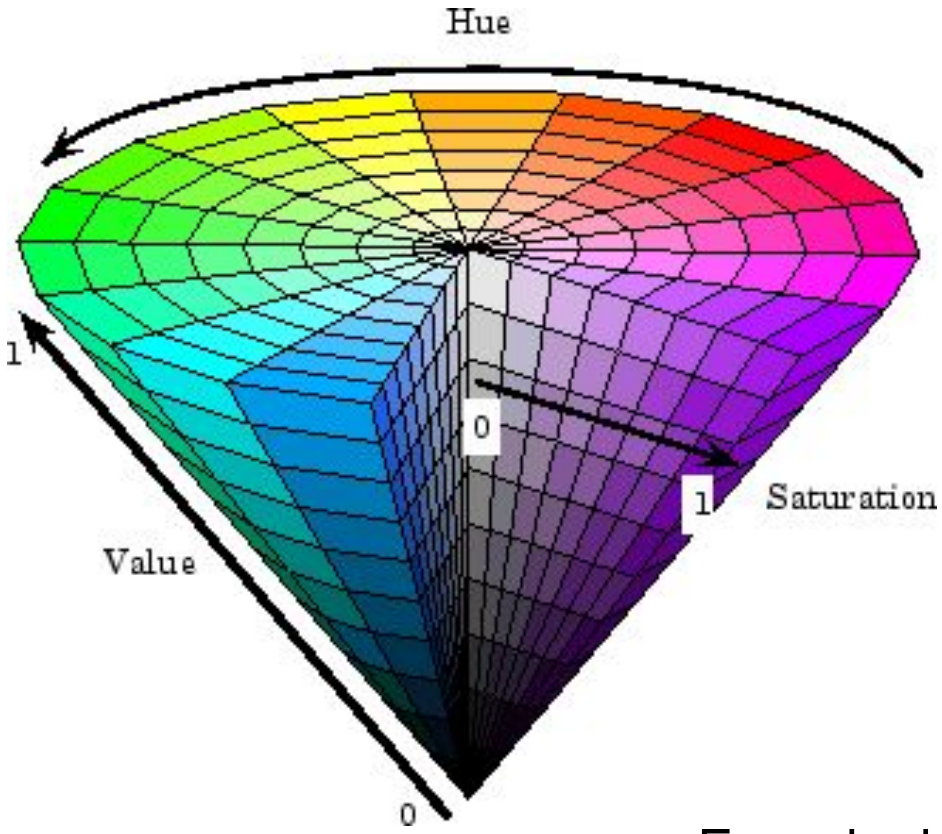
$$\alpha = 0.2989, \beta = 0.5870 \text{ and } \gamma = 0.1140$$

**Pesos usados para el Sistema visual humano**

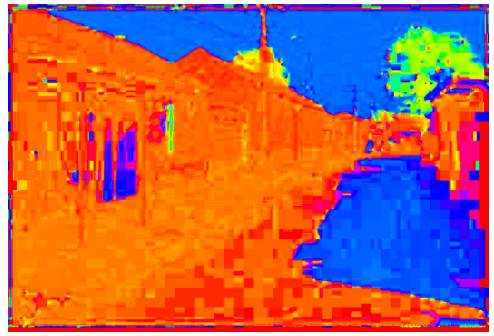
# Operaciones básicas en pixeles para PDI

## Representación de imágenes

### Espacios de color: HSV




Espacio de color “intuitivo”



**H**
(S=1,V=1)

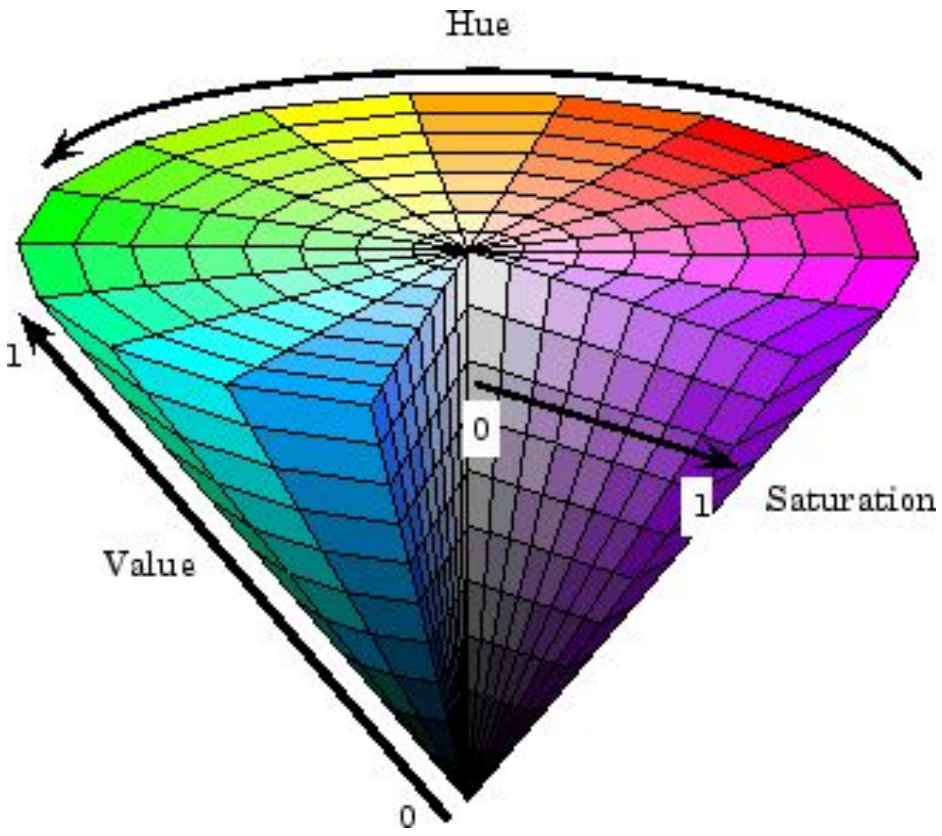
**S**
(H=1,V=1)

**V**
(H=1,S=0)

# Operaciones básicas en pixeles para PDI

## Representación de imágenes

### Espacios de color: HSV




Espacio de color “intuitivo”

Cambios de intensidad siguen un cambio de gradiente de color perceptualmente mas aceptable

Desde la perspectiva del análisis de imágenes, permite una mejor separación del color y la iluminación

**H (hue)** longitud de onda dominante
i.e. red, blue Green

**S (saturation)** “pureza” del color
i.e. % de blanco w.r.t el color

**V (value)** “ brillo” o intensidad del color
i.e. o conocido como luminancia

# Operaciones básicas en pixeles para PDI

## Espacios de color: HSV

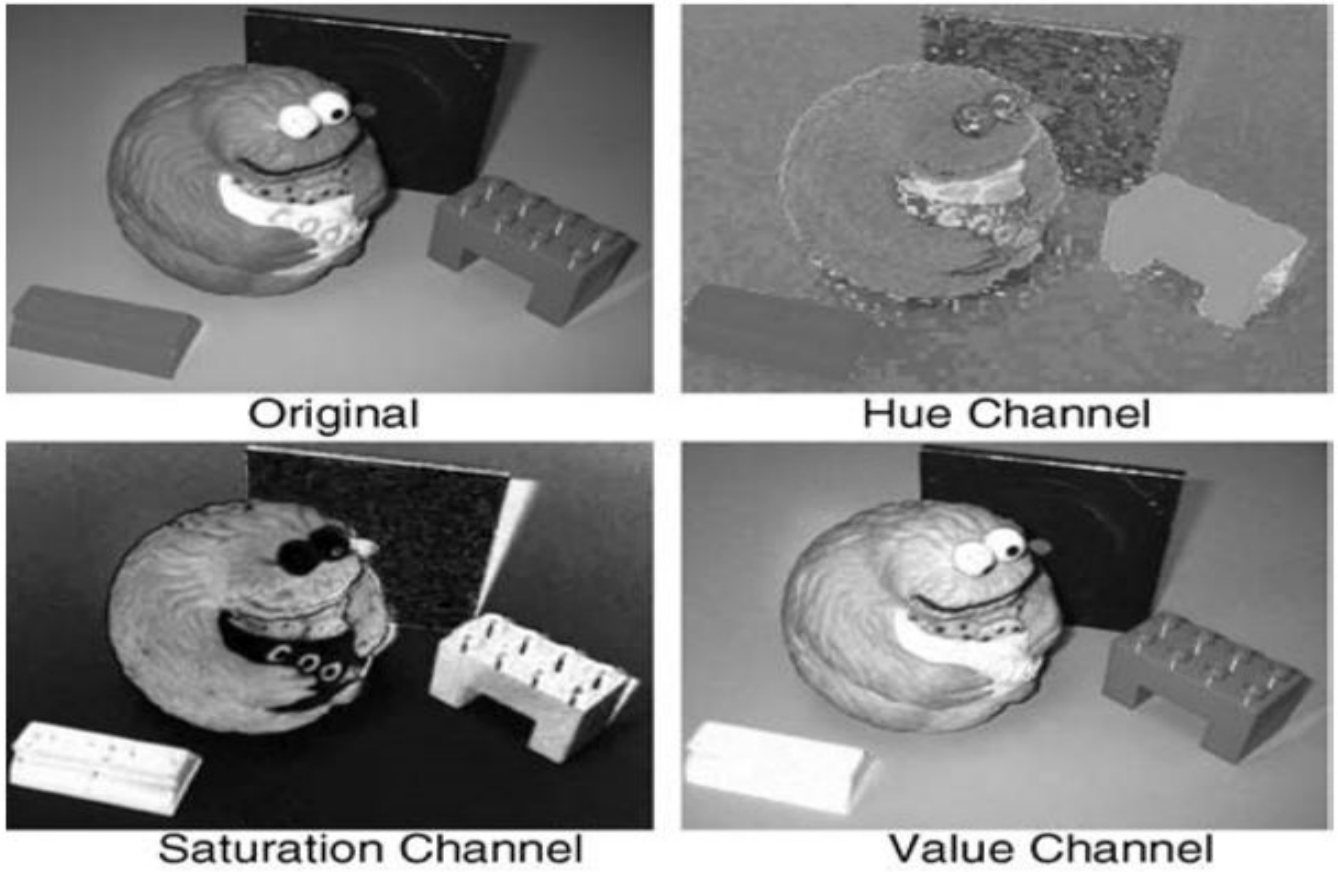
Representación de imágenes

Examinando los canales de una **Imagen HSV** podemos ver que

Los **colores están contenidos de forma mas concisa** en el campo de Hue que en la representación RGB

A pesar de **cambios de iluminación** sobre la escena o imagen

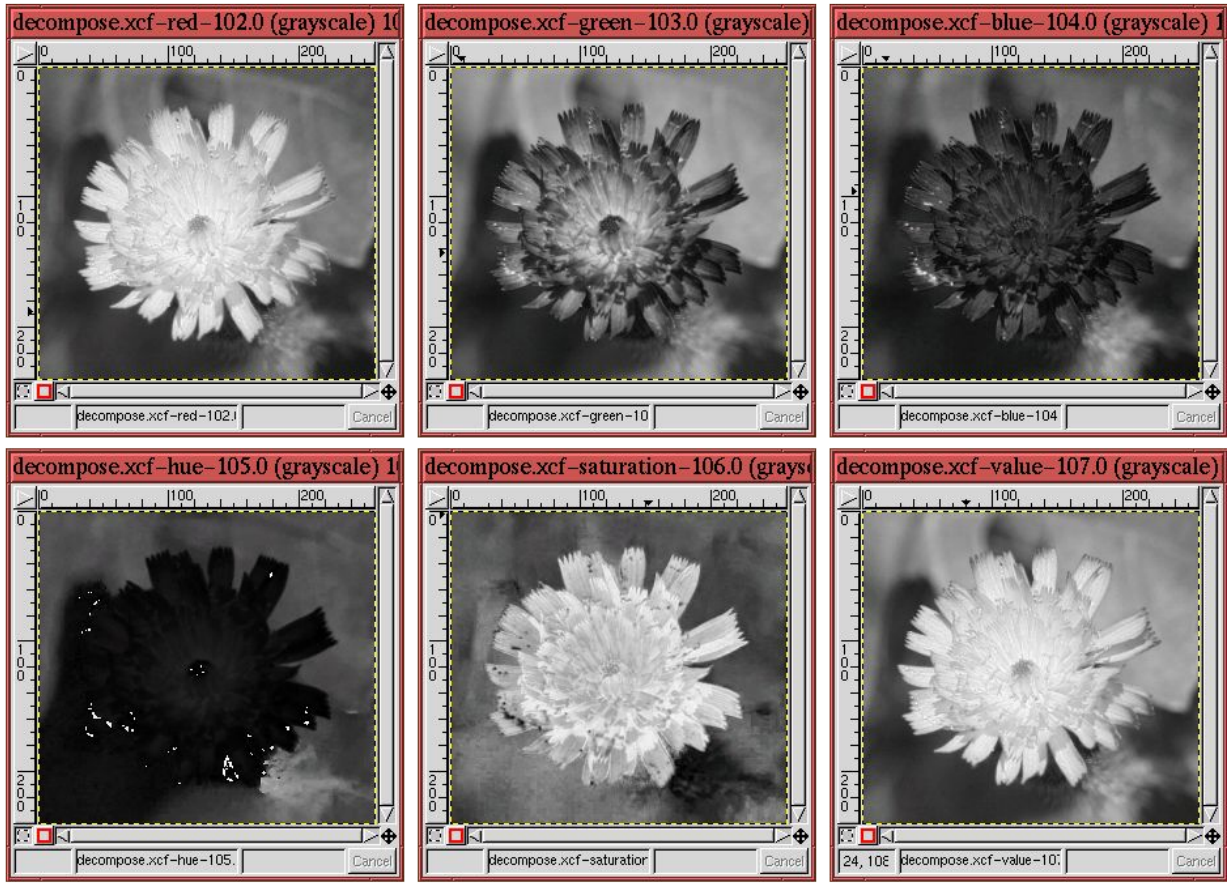
El espacio es **comúnmente usado en procesamiento de imágenes** en color en lugar del espacio RGB



# Operaciones básicas en pixeles para PDI

## Representación de imágenes

### Espacios de color: HSV



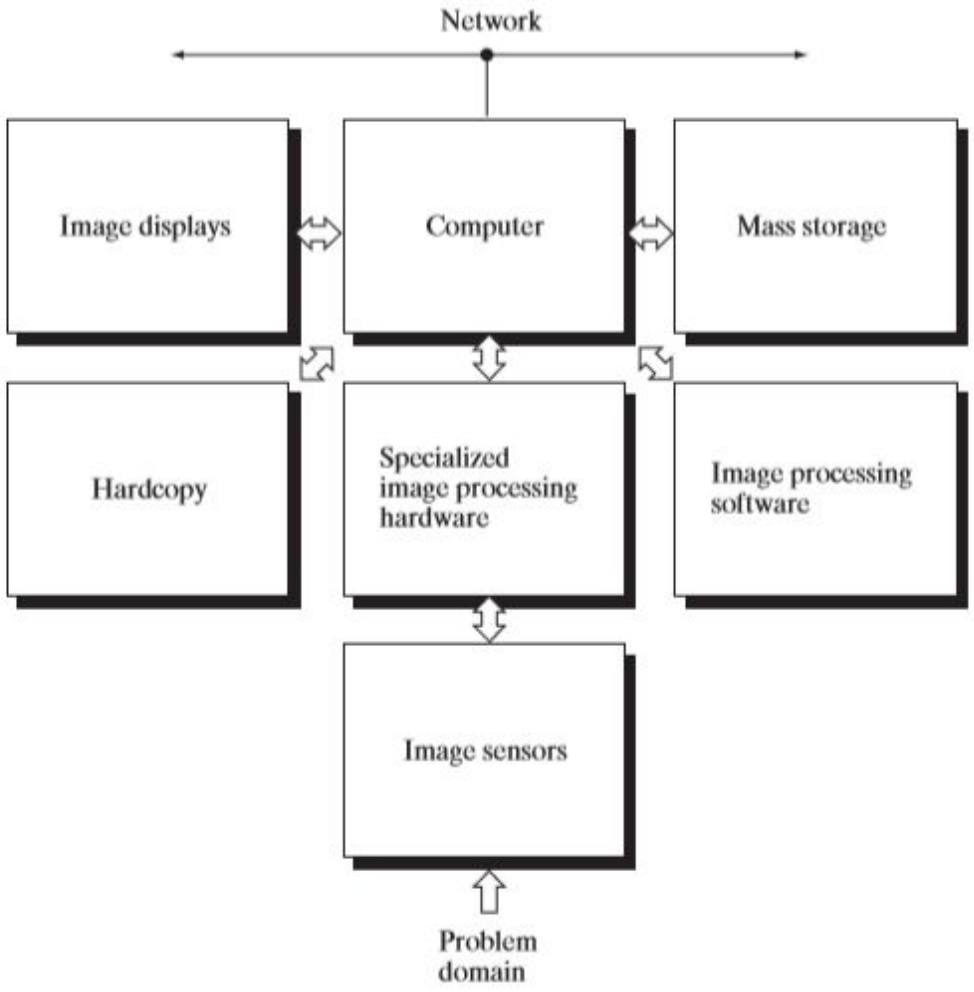
# Operaciones básicas en pixeles para PDI

## Representación de imágenes

**Componentes de un sistema**

**Procesamiento digital de imágenes**

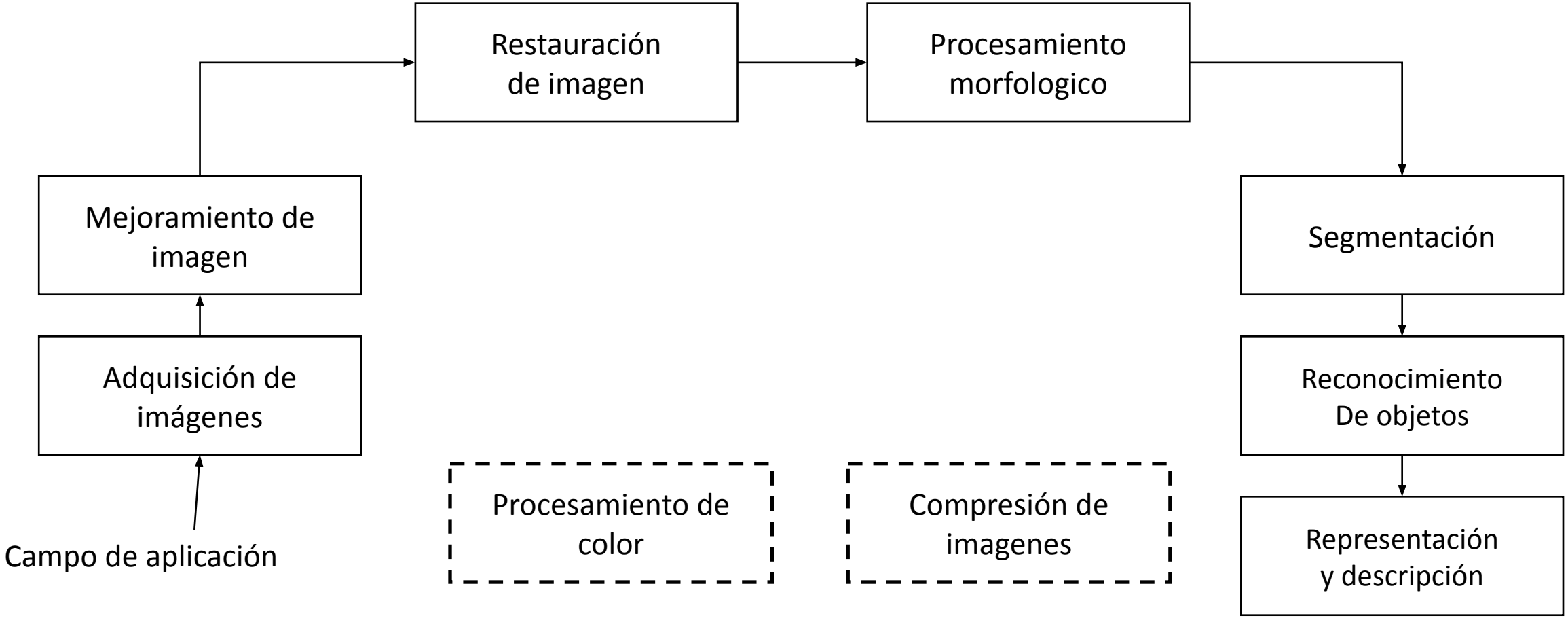
**Técnicas no Convencionales**



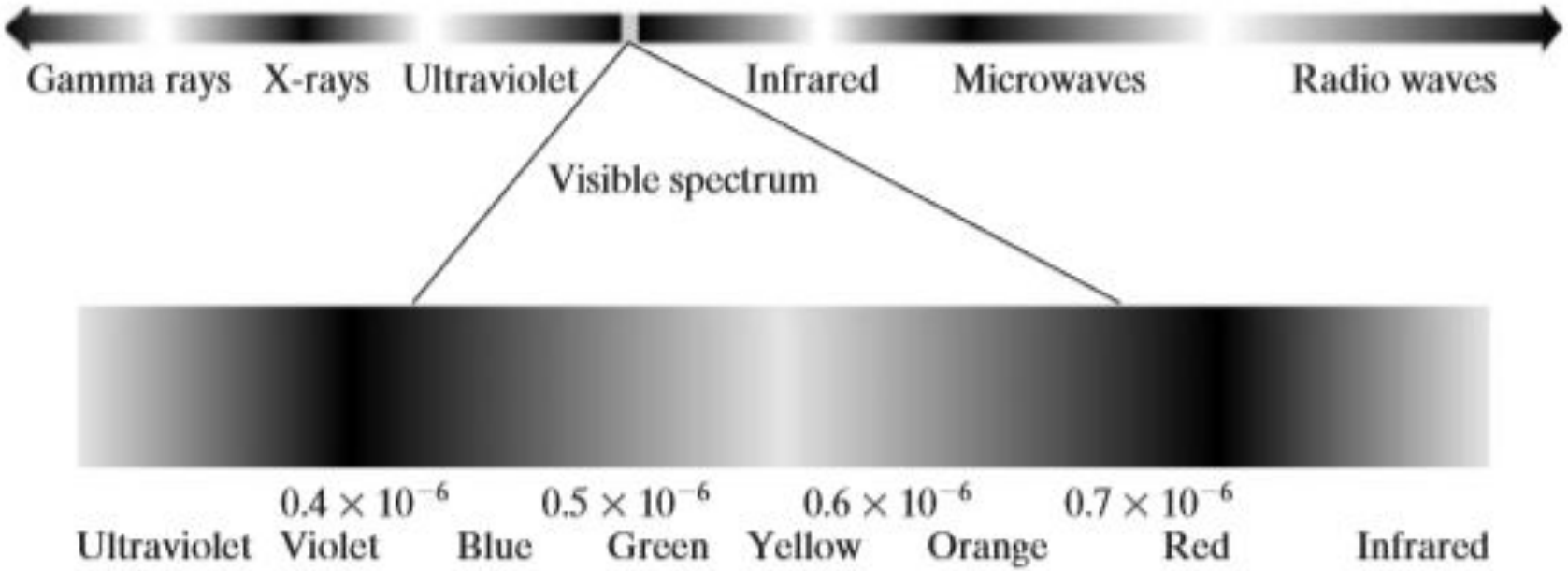
# Operaciones básicas en pixeles para PDI

## Representación de imágenes

### Etapas de un sistema procesamiento digital de imágenes



## Espectro electromagnético usado en PDI

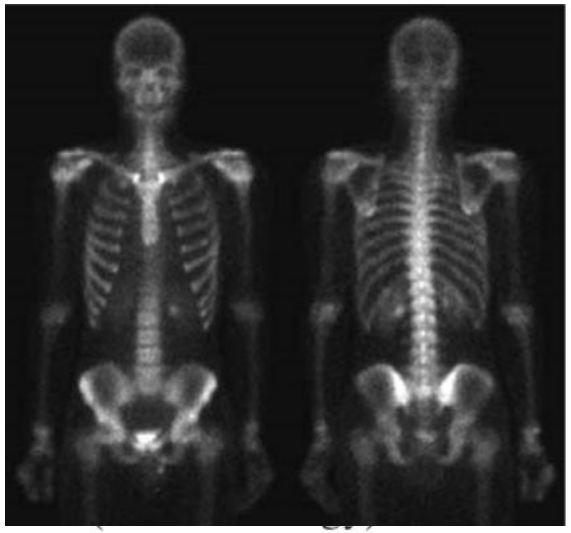


# Operaciones básicas en pixeles para PDI

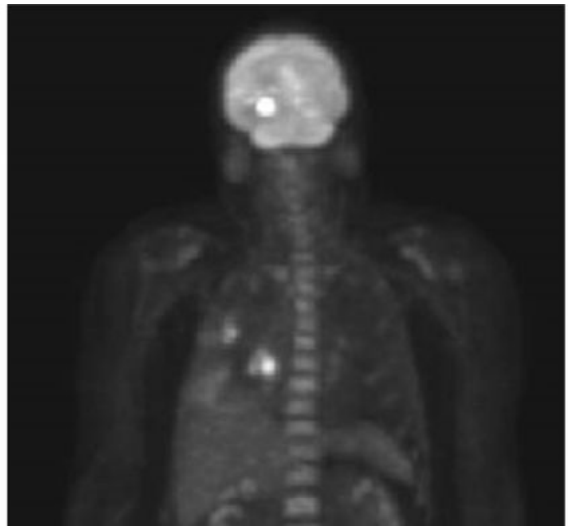
## Adquisición de imágenes

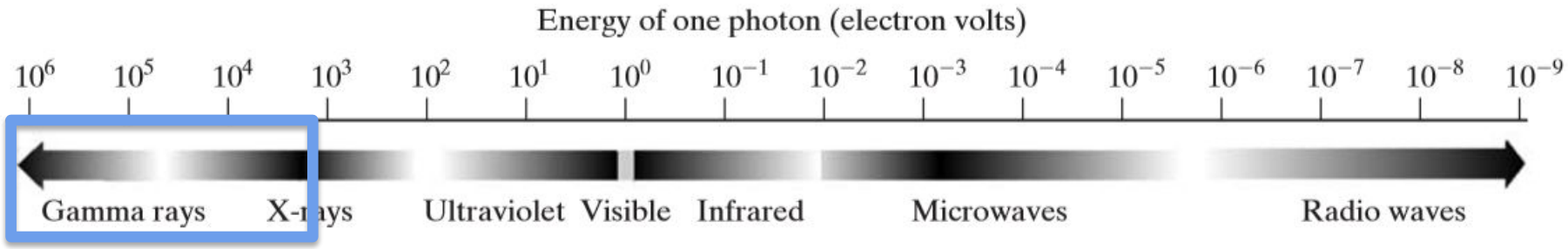
### Gamma ray imaging

Bone scan



PT scan

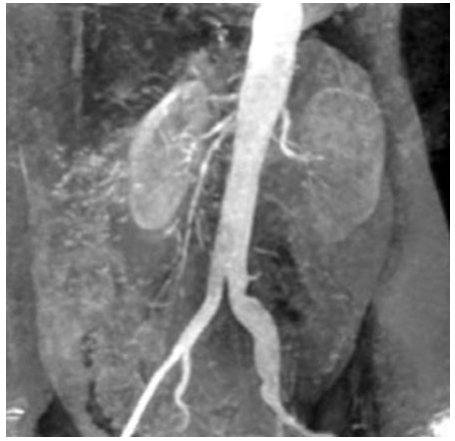


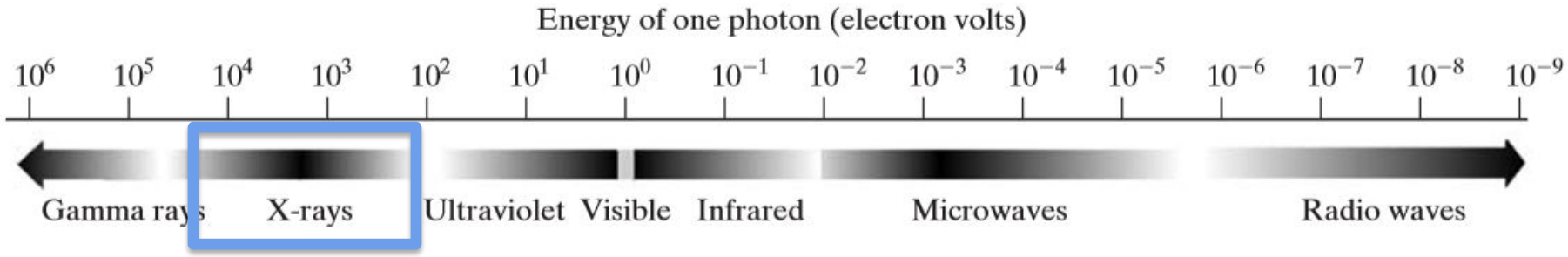


# Operaciones básicas en pixeles para PDI

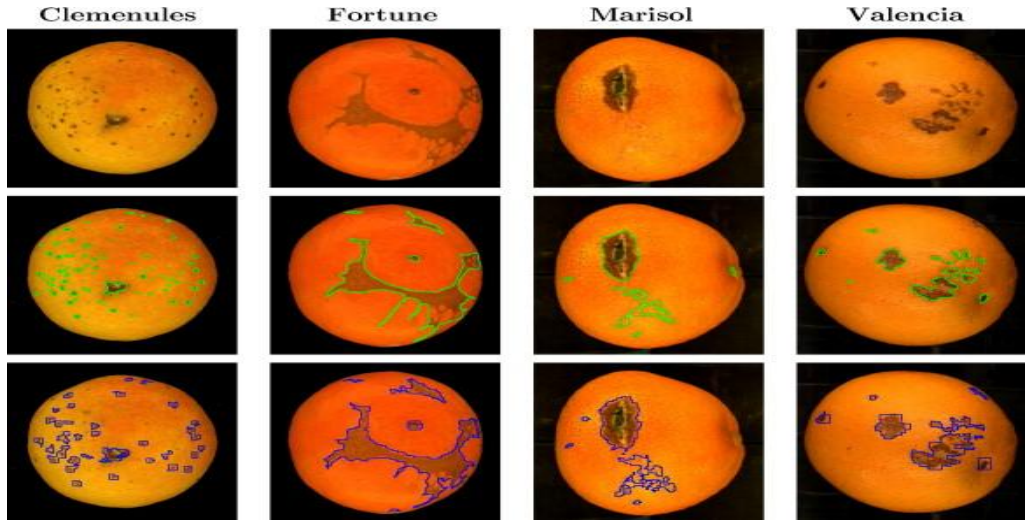
## Adquisición de imágenes

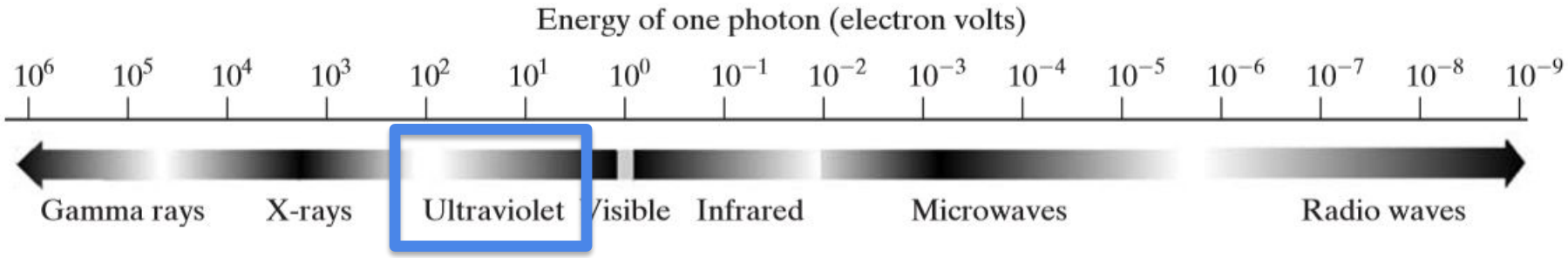
### X- ray imaging





## Ultraviolet Imaging



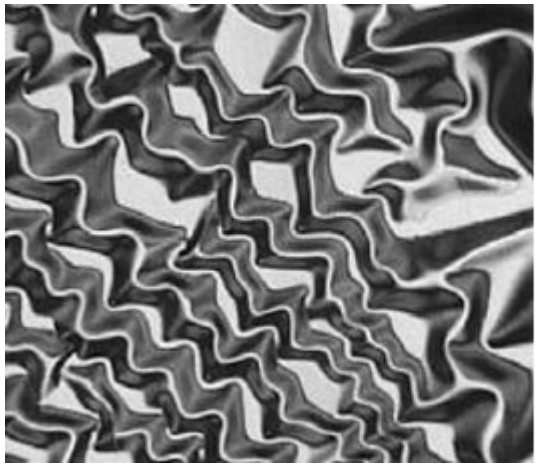



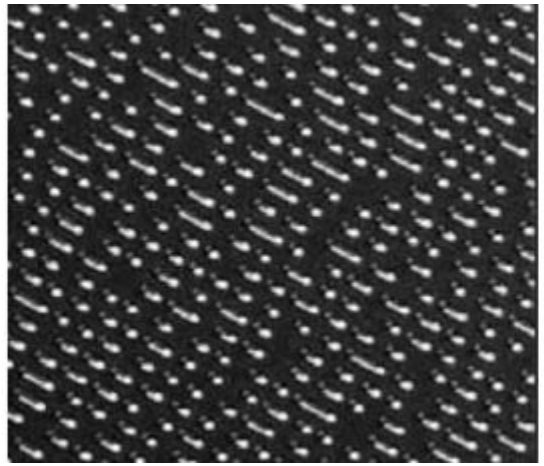
# Operaciones básicas en pixeles para PDI

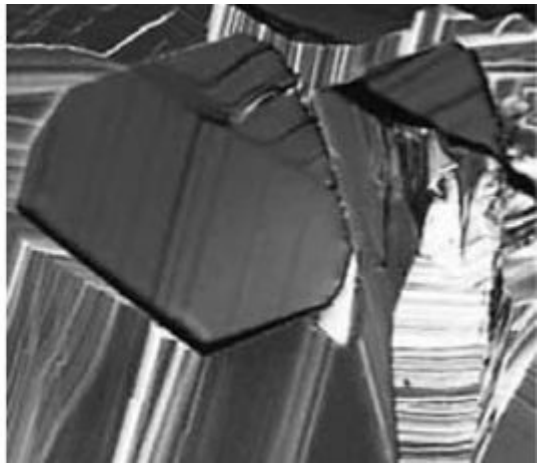
## Adquisición de imágenes

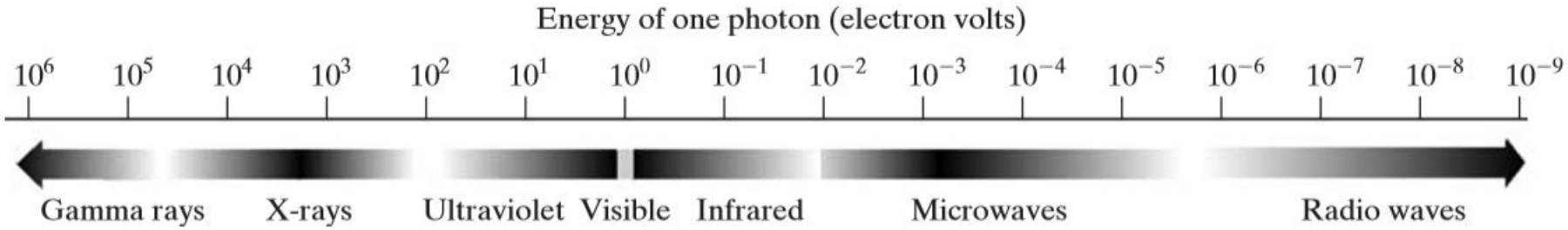
### Microscopy imaging

**Nickel Oxide thin film** **Superficie de CD** **Superconductor**





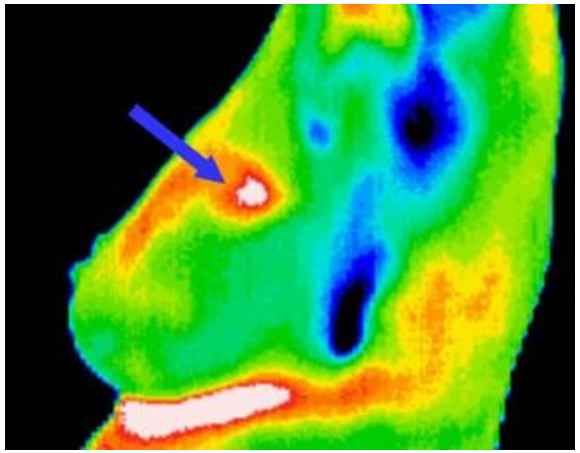


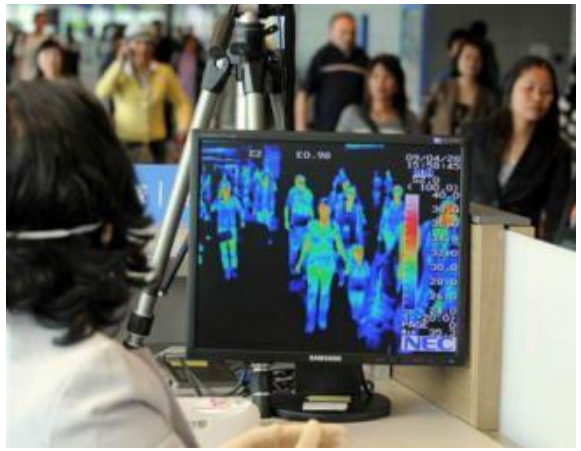


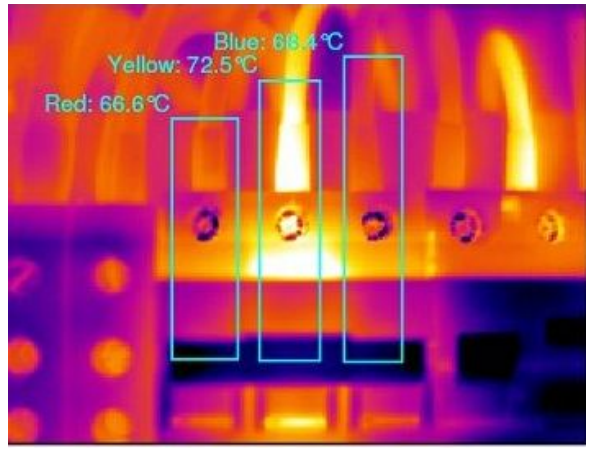
# Operaciones básicas en pixeles para PDI

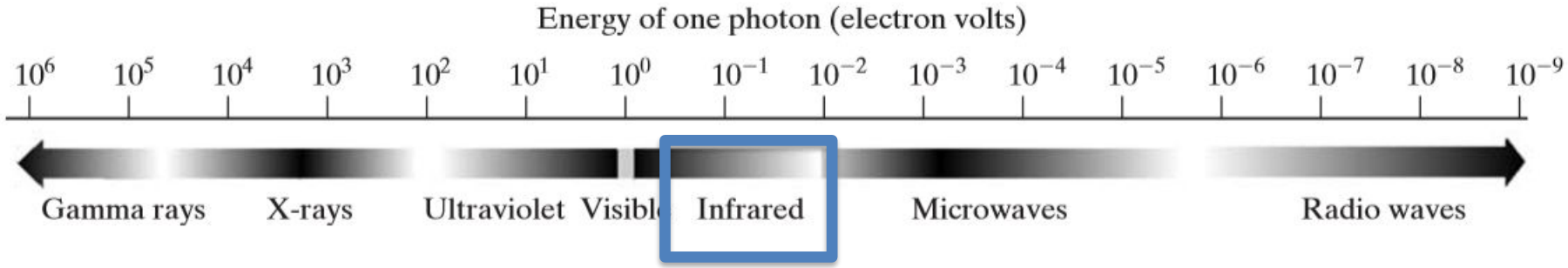
## Adquisición de imágenes

### Infrared Imaging

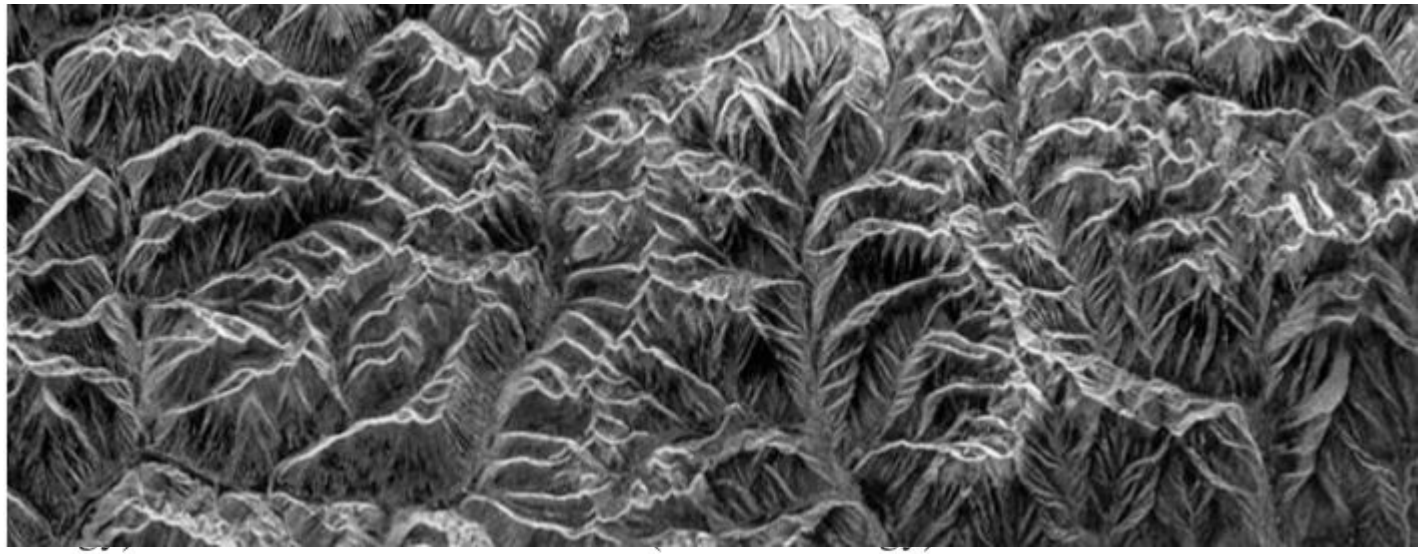


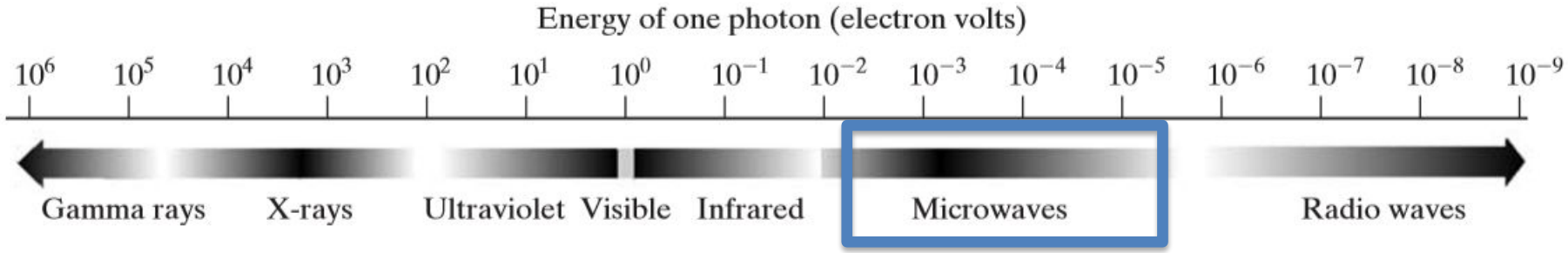




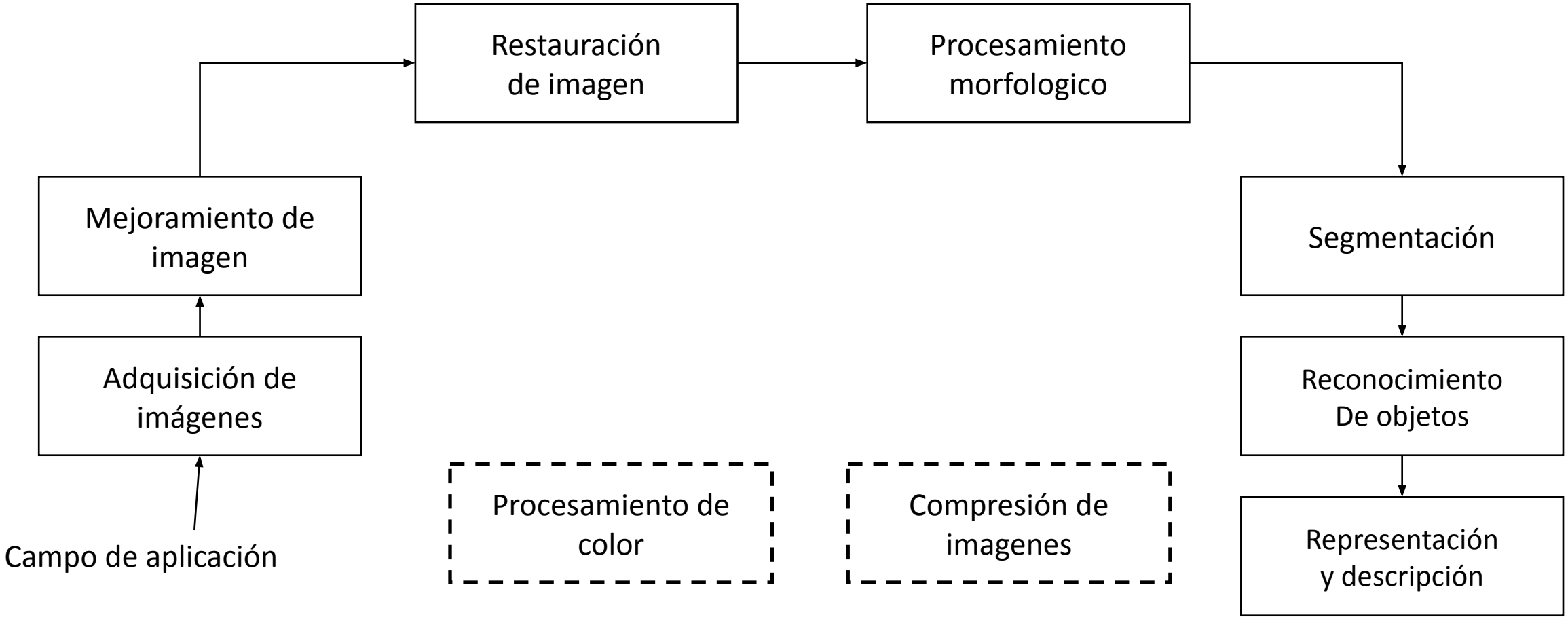
## Microwave imaging radar





# Operaciones básicas en pixeles para PDI

## Operaciones Pixel a Pixel



# Operaciones básicas en pixeles para PDI

## Operaciones Pixel a Pixel

### pixel-wise image enhancement

- Procesar péxeles de forma independiente de los otros
- Operadores generalmente de tipo aritmético sobre pixeles
- P.E., usando para corregir brillo y contraste de forma remota

Correcto Sobrexpuesto Subexpuesto Muy alto Muy bajo

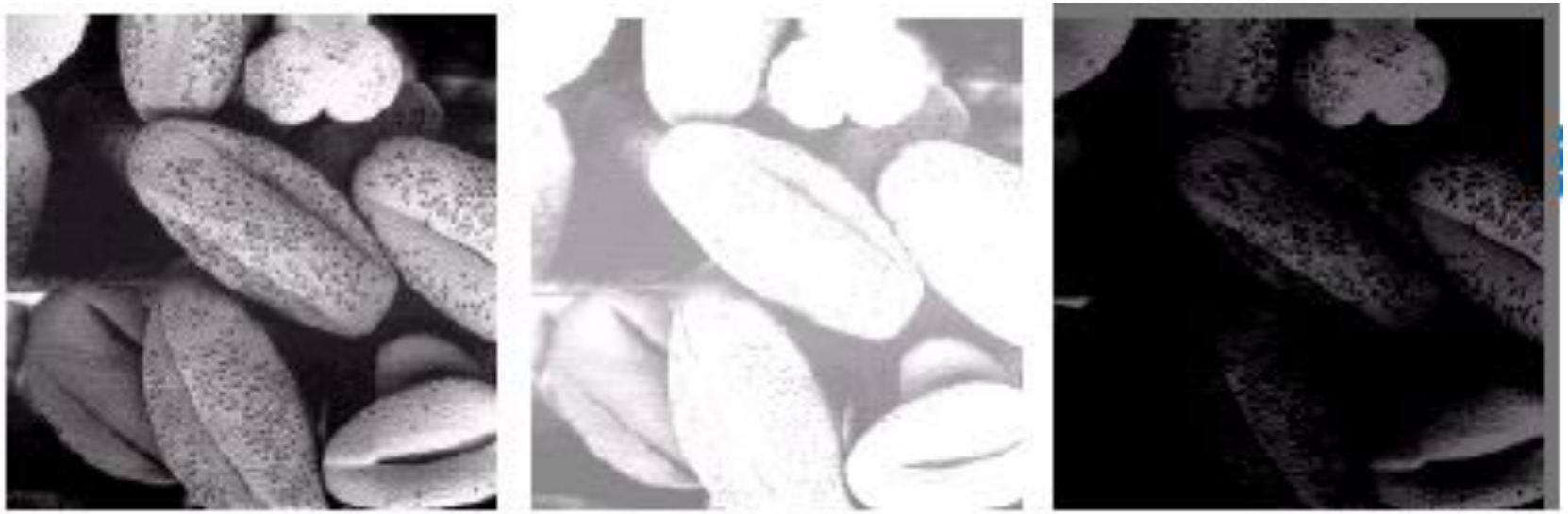
**Corrección de brillo** **Corrección de contraste**

# Operaciones básicas en pixeles para PDI

## Operaciones Pixel a Pixel

### Corrección de brillo

- El brillo es a intensidad de un pixel, para cambiarlo + b
- Para cada pixel en **f (x,y), g(x,y) = f (x, y) + b**
- Si b > 0 □ imagen mas brillosa, si b < 0, imagen más oscura



# Operaciones básicas en pixeles para PDI

## Operaciones Pixel a Pixel

### Corrección de contraste

- Contraste □ nivel de detalle en escena, para cambiarlo * b
- Para cada pixel en **f (x,y), g(x,y) = a* f (x, y)**
- Si b > 0 □ mas contraste , si b < 0, menos contraste y detalles

# Operaciones básicas en pixeles para PDI

## Operaciones Pixel a Pixel

### Corrección de brillo y contraste

- Efectos no deseados pueden ocurrir  ***overflow/underflow***
- Valores fuera de rango por operaciones en los limites

Correcto | Sobrexpuesto | Subexpuesto | Muy alto | Muy bajo

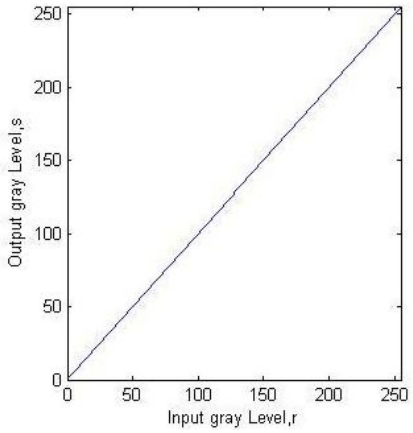
**Corrección de brillo** **Corrección de contraste**

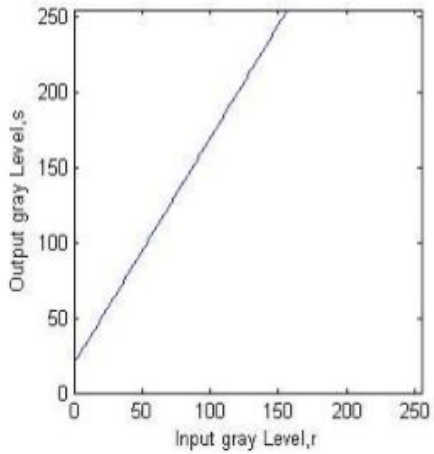
# Operaciones básicas en pixeles para PDI

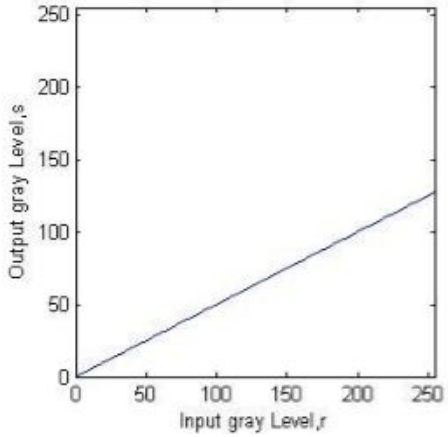
## Operaciones Pixel a Pixel

### Corrección de brillo y contraste

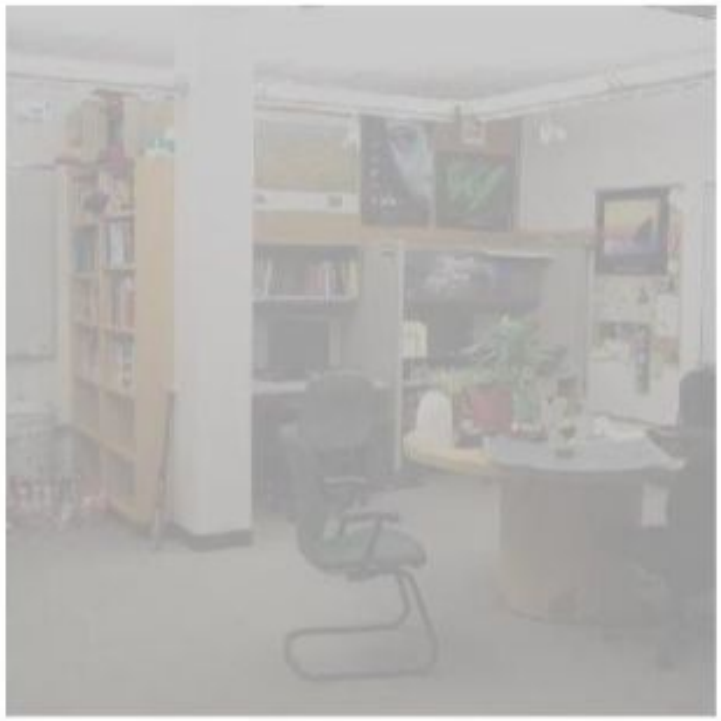
$$a * f(x,y) + b$$



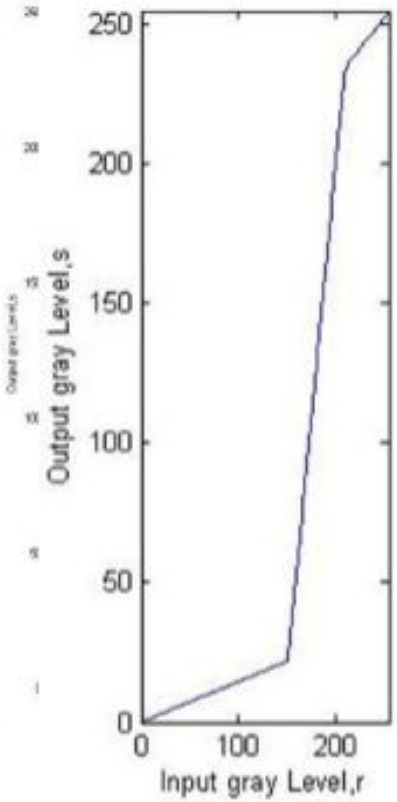



## Corrección de brillo y contraste



Original Image



Enhanced Image

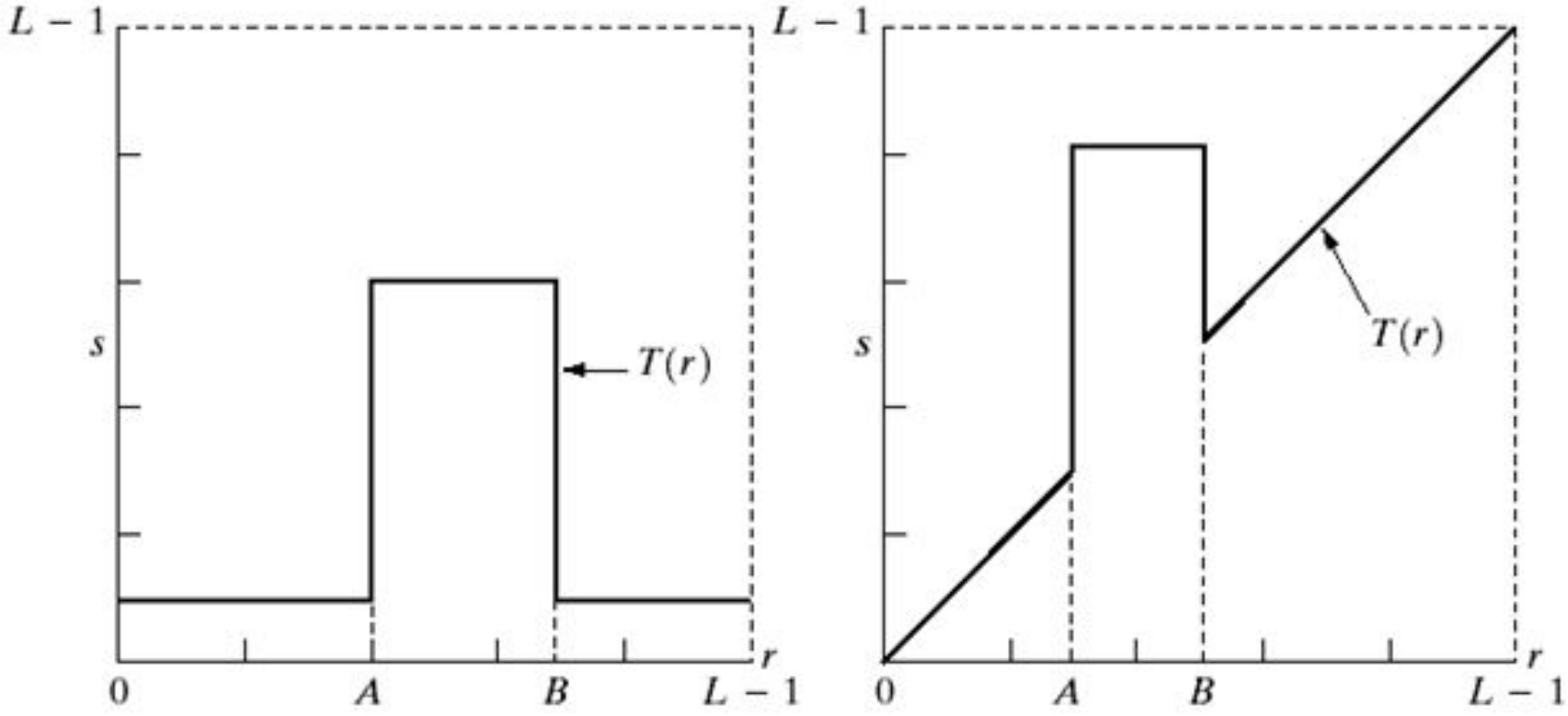
# Operaciones básicas en pixeles para PDI

## Operaciones Pixel a Pixel

### Contrast stretching

**Propósito:** Resaltar un rango especifico de **escala de grises**

Útil para **supresión de background** o para **resaltar zonas de interés**



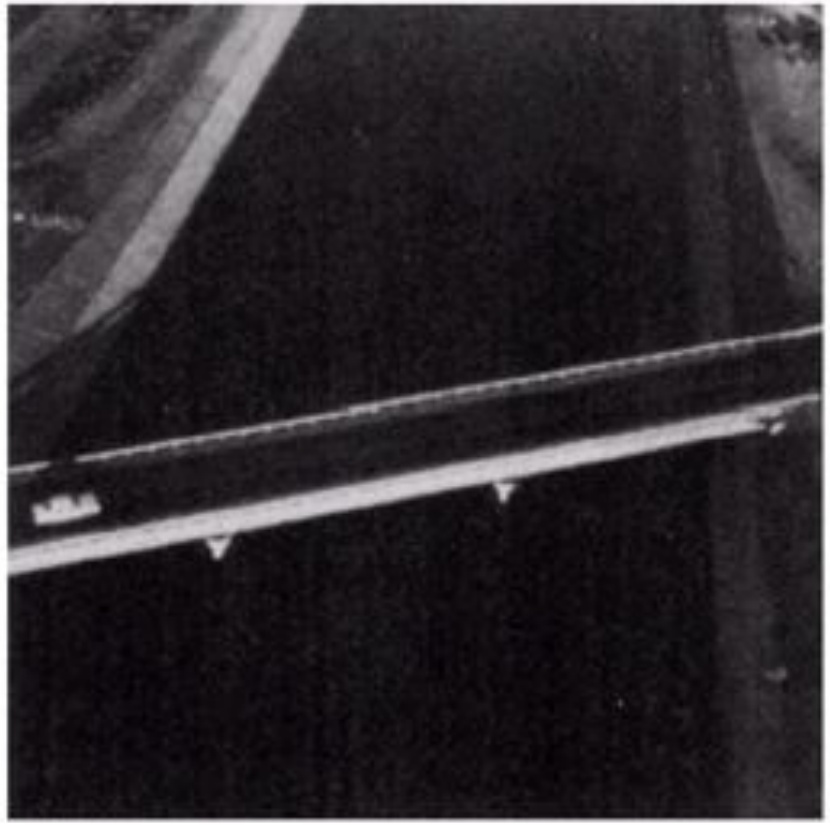
# Operaciones básicas en pixeles para PDI

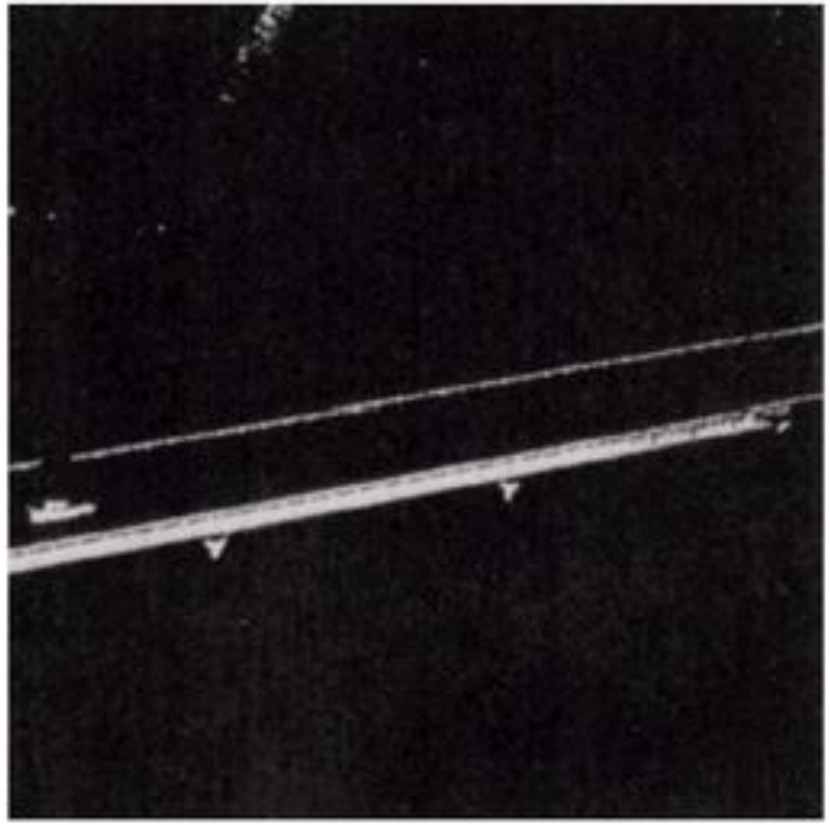
## Operaciones Pixel a Pixel

### Contrast stretching

**Propósito:** Resaltar un rango especifico de **escala de grises**

Útil para **supresión de background** o para **resaltar zonas de interés**

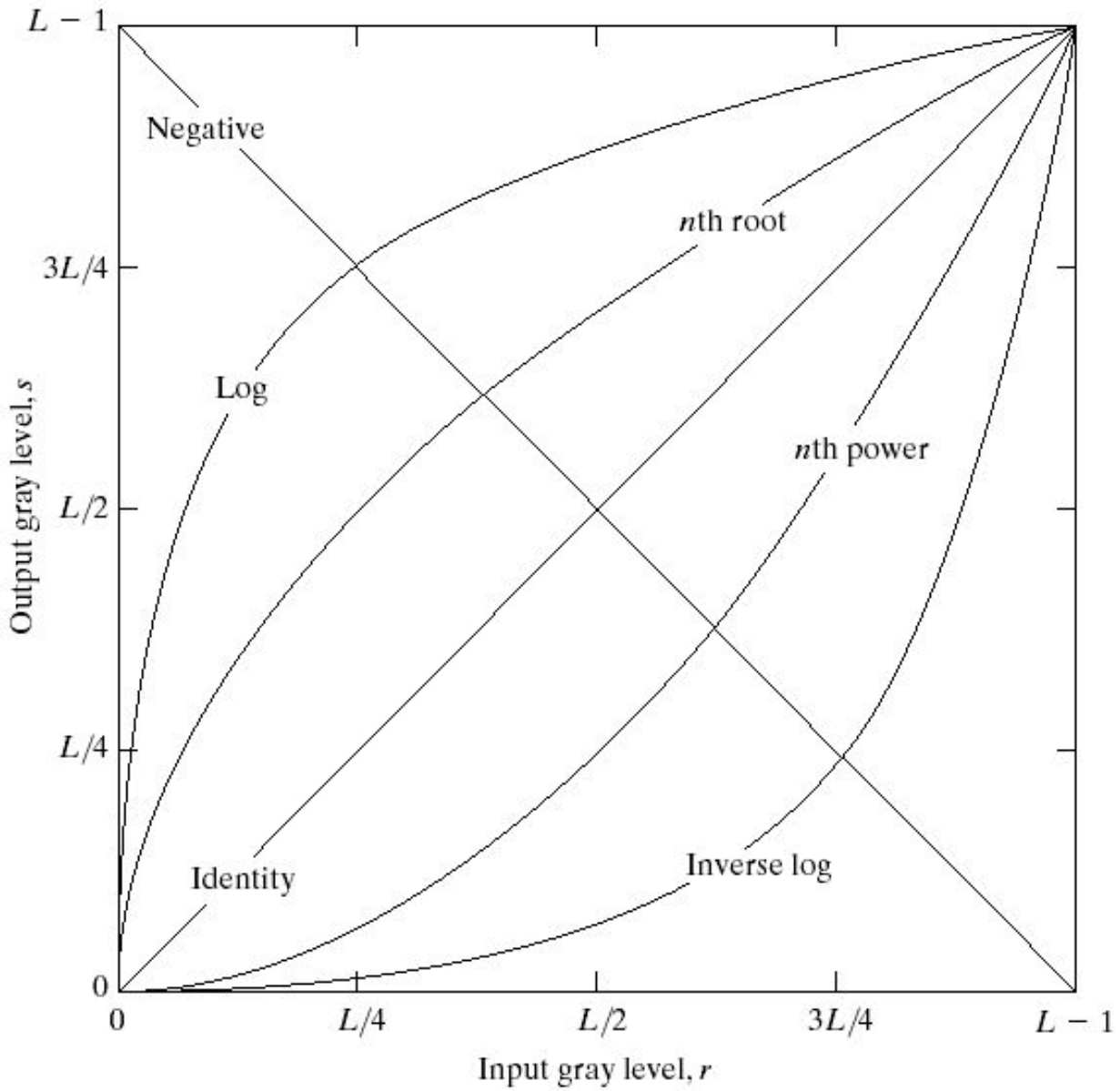




# Operaciones básicas en pixeles para PDI

## Operaciones Pixel a Pixel

**FIGURE 3.3** Some basic gray-level transformation functions used for image enhancement.

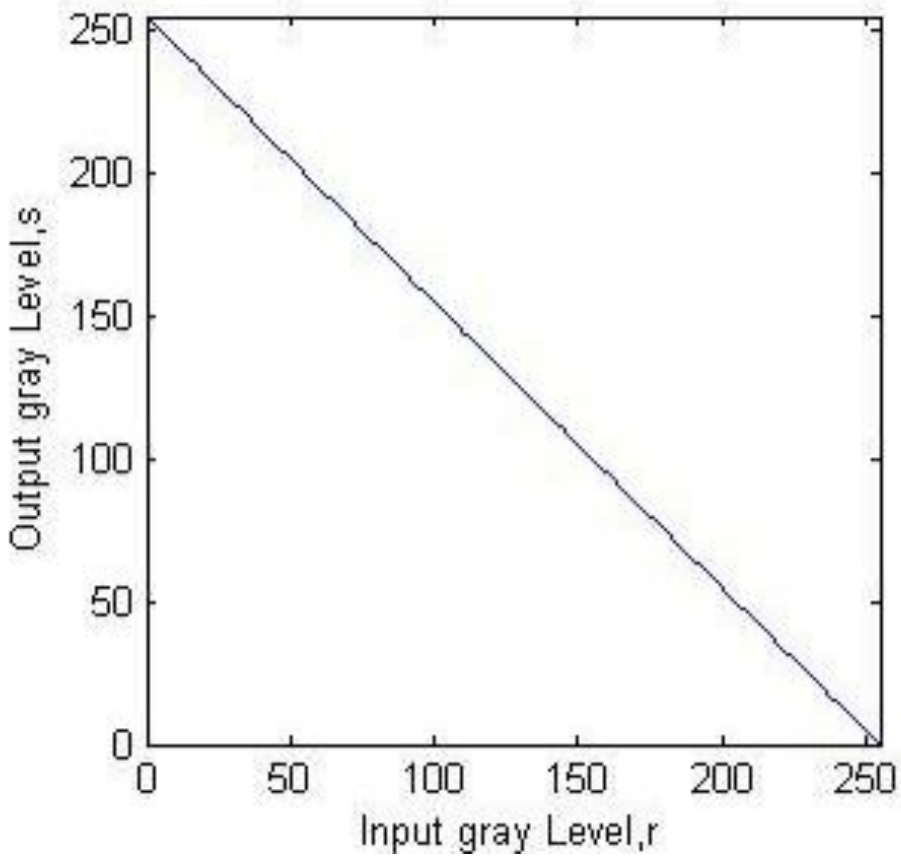


# Operaciones básicas en pixeles para PDI

## Operaciones Pixel a Pixel

### Negativo de una imagen

**Image Negative:** $s = L - 1 - r$



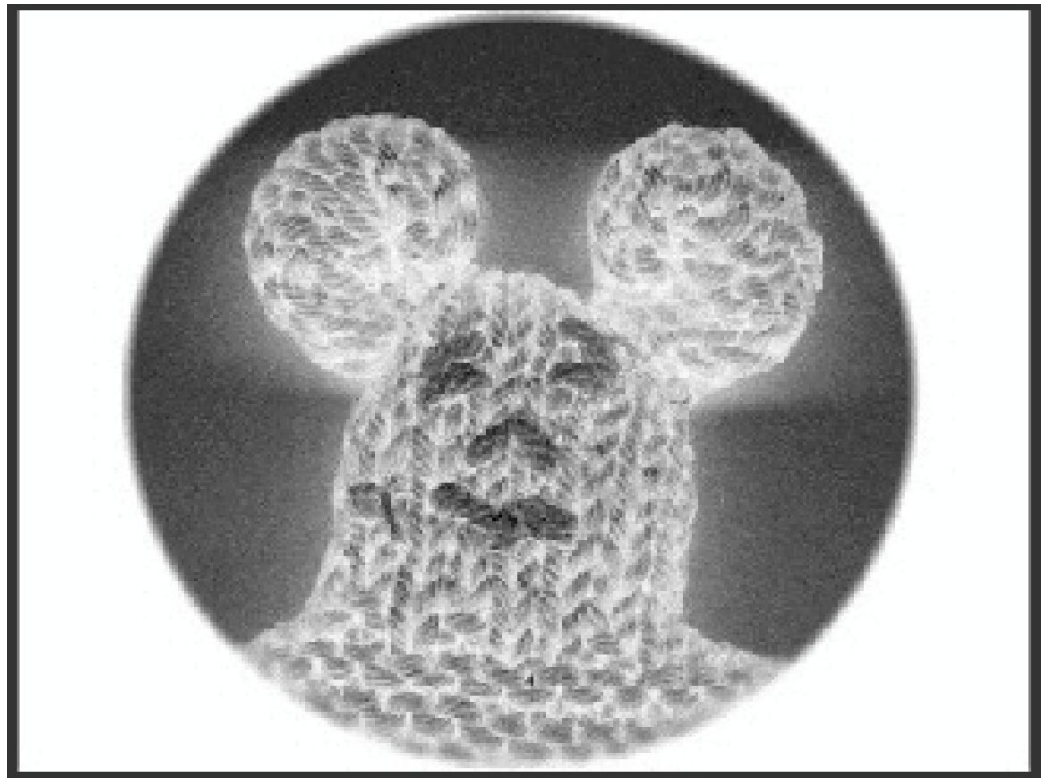
Output Image

# Operaciones básicas en pixeles para PDI

## Operaciones Pixel a Pixel

### Negativo de una imagen

**Image Negative:** $s = L - 1 - r$

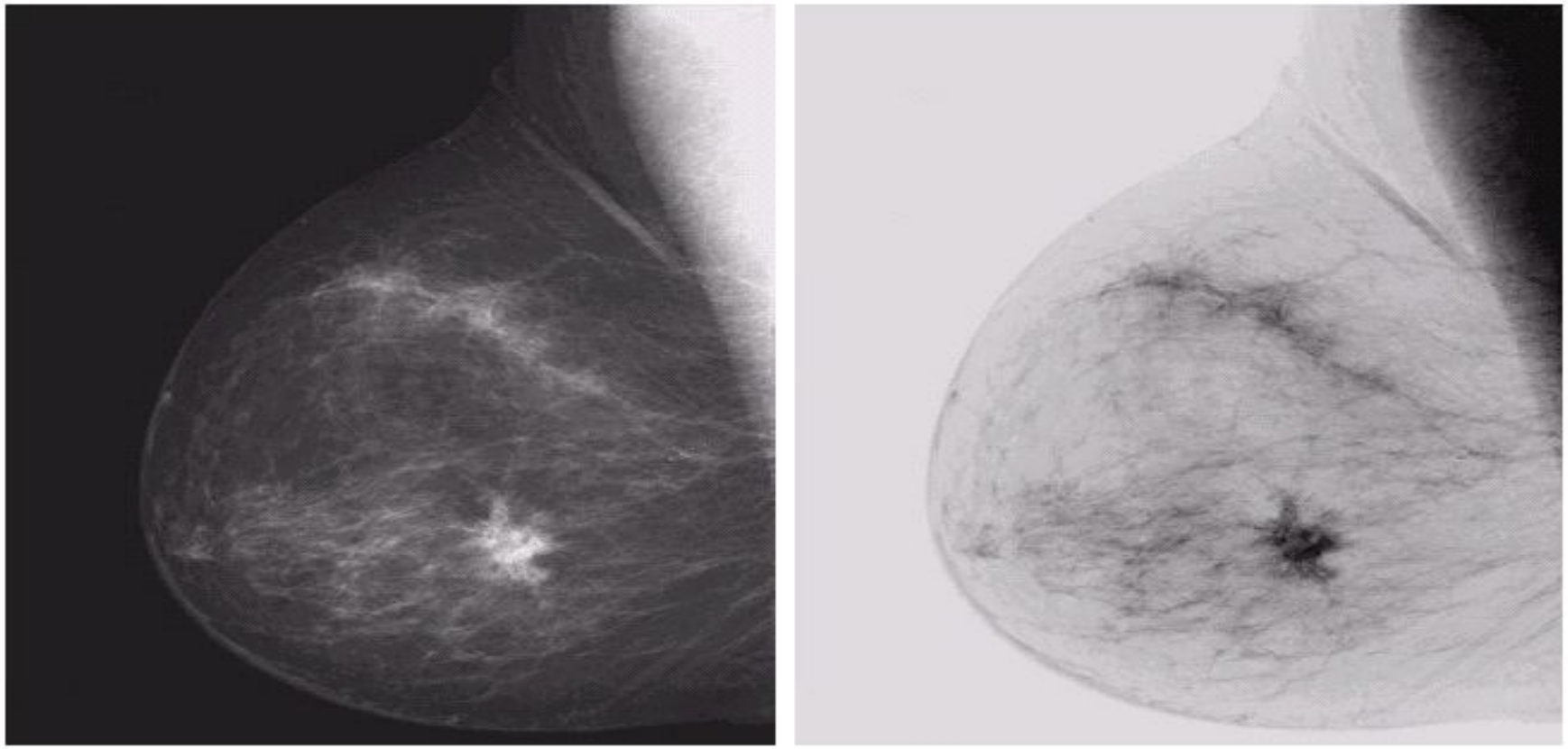


# Operaciones básicas en pixeles para PDI

## Operaciones Pixel a Pixel

### Negativo de una imagen

**Image Negative:** $s = L - 1 - r$



a b

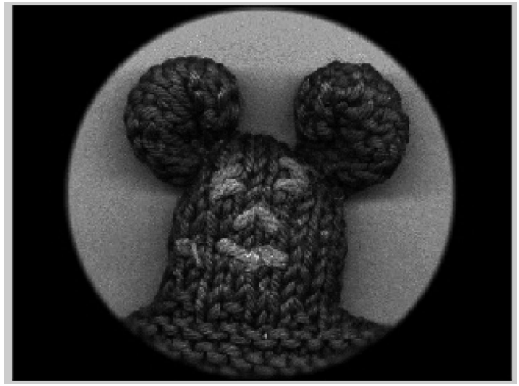
**FIGURE 3.4** (a) Original digital mammogram. (b) Negative image obtained using the negative transformation in Eq. (3.2-1). (Courtesy of G.E. Medical Systems.)

# Operaciones básicas en pixeles para PDI

## Operaciones Pixel a Pixel

### Log Transformation

InvLog



Log

# Operaciones básicas en pixeles para PDI

## Operaciones Pixel a Pixel

### Cuantización

8 bits

5 bits

4 bits



3 bits

2 bits

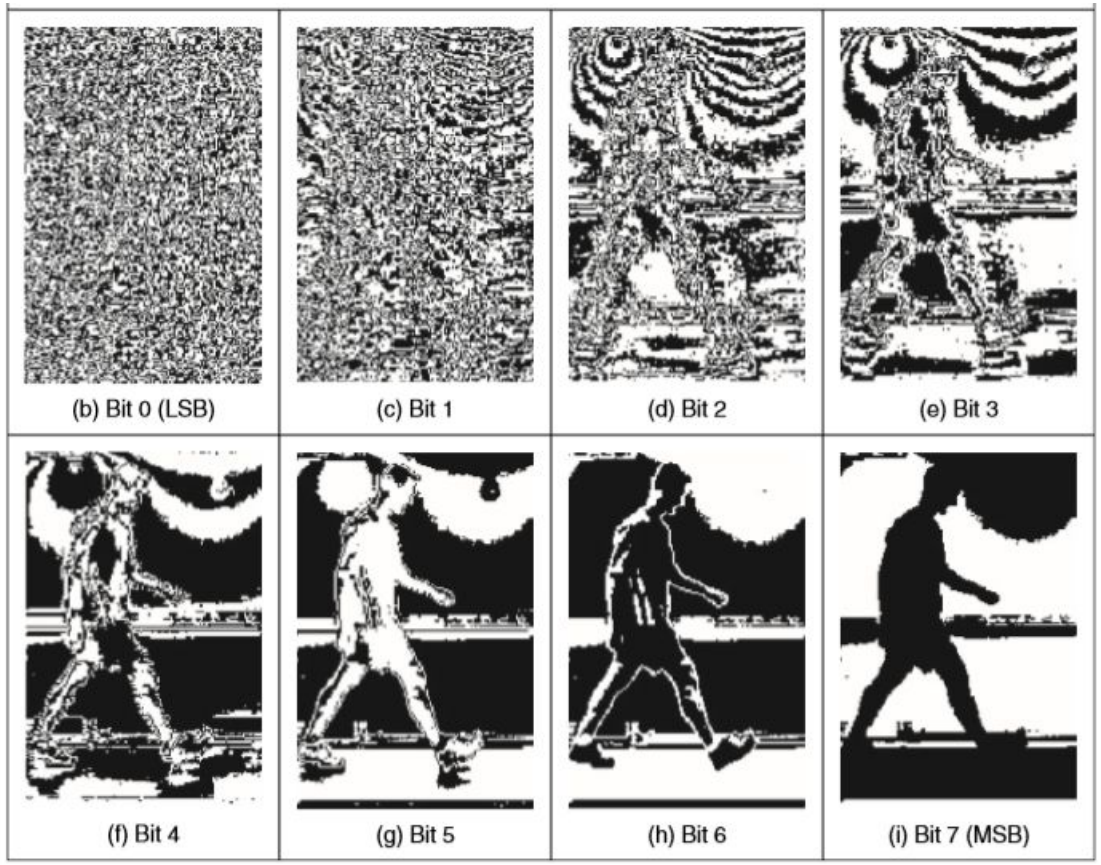
1 bit

# Operaciones básicas en pixeles para PDI

## Operaciones Pixel a Pixel

### Cuantización

(a) Original image



(b) Bit 0 (LSB) (c) Bit 1 (d) Bit 2 (e) Bit 3

(f) Bit 4 (g) Bit 5 (h) Bit 6 (i) Bit 7 (MSB)

# Operaciones básicas en pixeles para PDI

## Operaciones Pixel a Pixel

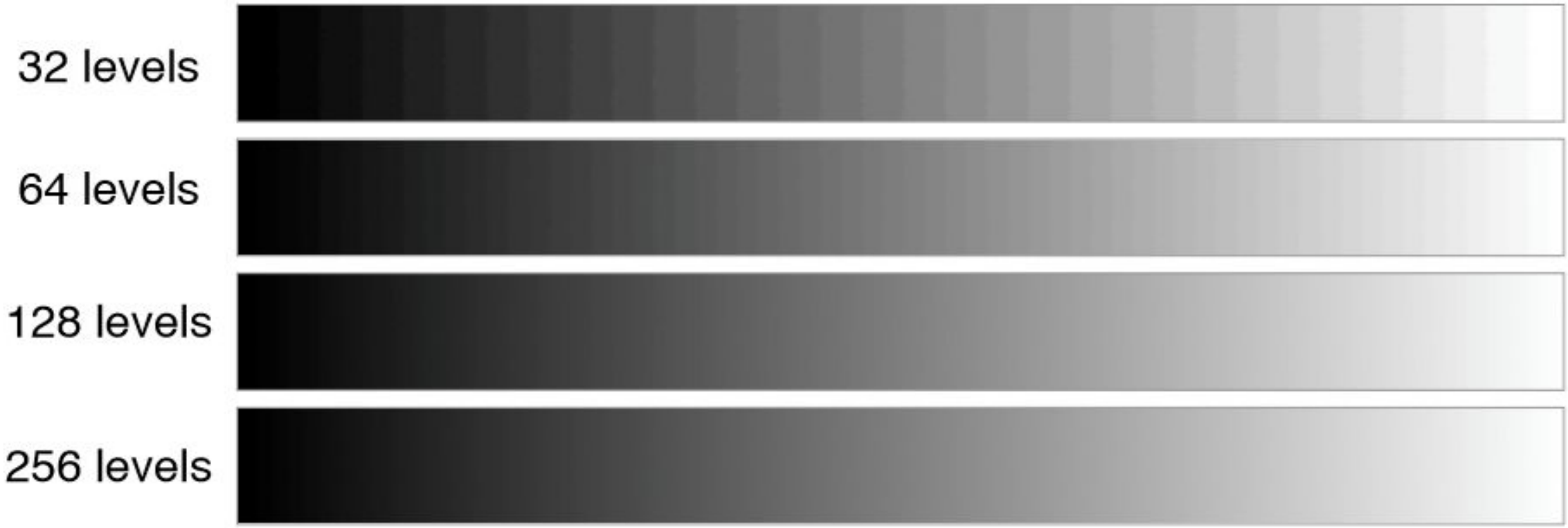
### Cuantización

# Operaciones básicas en pixeles para PDI

## Operaciones Pixel a Pixel

### Gamma Correction

¿Cuántos niveles de grises son requeridos?



# Operaciones básicas en pixeles para PDI

## Operaciones Pixel a Pixel

### Gamma Correction

**Umbral de visibilidad**

$$\Delta I / I \approx 1 \ldots 2\%$$

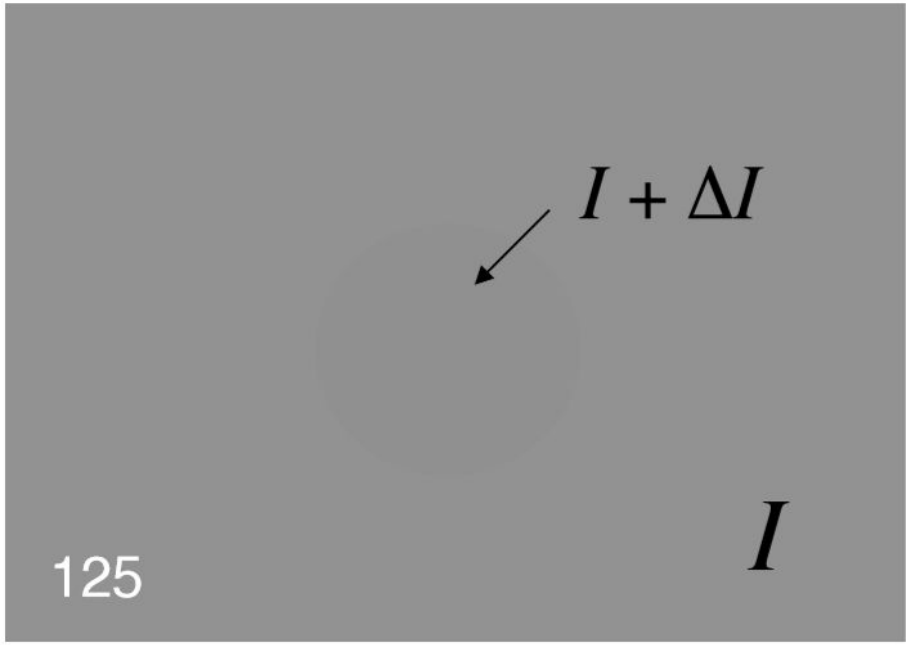
**Weber fraction**
**Weber's Law**

Nota: I es luminancia, en $cd/m^2$

La **percepción humana** del brillo es uniforme

En el **"log(I) domain"** → (**"Fechner's Law"**)

Experimento de discriminación de brillo



### Gamma Correction

¿Cuantos niveles de gris se requieren? → Radio de contrastes sin “contouring”

El radio de luminancia entre dos niveles de cuantización al umbral de visibilidad

$$\frac{I_{max}}{I_{min}} = \left(1 + K_{Weber}\right)^{N-1}$$

$K_{Weber}$ = 0.01 - 0.02 **N** = 256 $I_{max} / I_{min}$ = 156/13

**Radios de contraste típicos:**

Displays planos en cuarto oscuro 1000:1

Tubo de rayos catódicos: 100:1

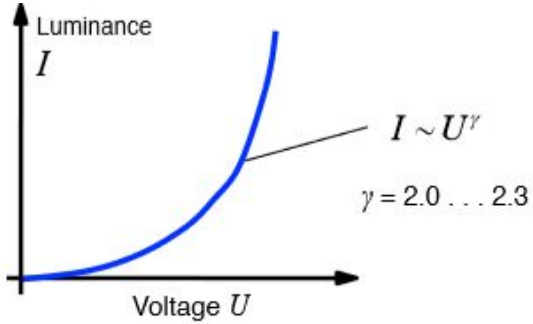
Impresión en papel: 10:1

# Operaciones básicas en pixeles para PDI

## Operaciones Pixel a Pixel

### Gamma Correction

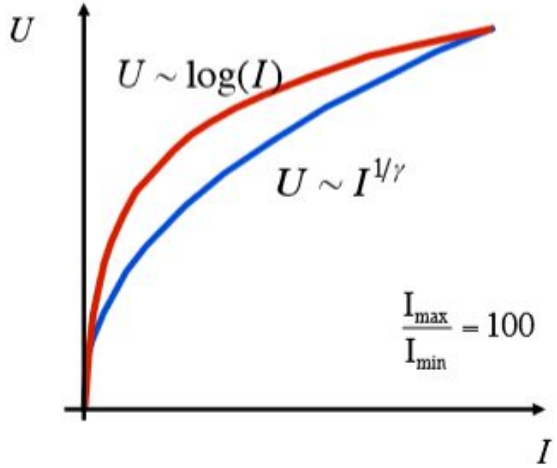
Los **cathode ray tubes (CRTs)** tienen una respuesta no lineal




Las **cámaras** contienen un **circuito de pre-distorsión**

La **Ley de Weber** sugiere que existe una percepción uniforme en el **dominio de log (I)**

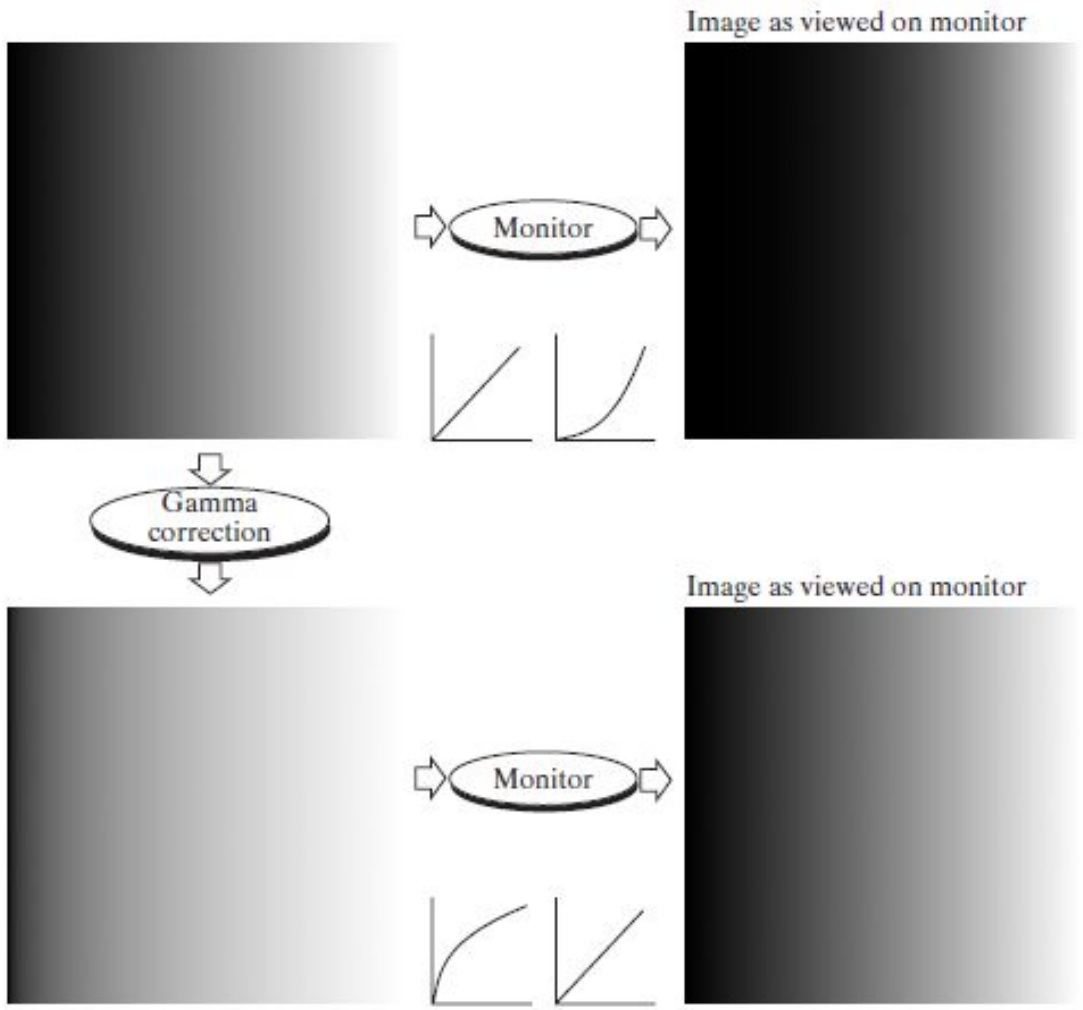
El **circuito de pre-distorsión** tiene una **respuesta similar**



# Operaciones básicas en pixeles para PDI

## Operaciones Pixel a Pixel

### Gamma Correction




a b
c d

**FIGURE 3.7** (a) Linear-wedge gray-scale image. (b) Response of monitor to linear wedge. (c) Gamma-corrected wedge. (d) Output of monitor.

# Operaciones básicas en pixeles para PDI

## Operaciones Pixel a Pixel

### Gamma Correction
### Ajuste de Brillo

$$I \sim \left(a \cdot f[x,y]\right)^{\gamma} =$$

$$a^{\gamma} \cdot \left(f[x,y]\right)^{\gamma}$$

$f[x,y]$

$a \cdot f[x,y]$

Escalado en el dominio de γ es equivalente al escalado en el de la luminancia

. . . Tiene el mismo efecto que cambiar el tiempo de exposición de una cámara

# Operaciones básicas en pixeles para PDI

## Operaciones Pixel a Pixel

### Gamma Correction
### Ajuste de Brillo

**Cambiando ɣ**

Tiene el mismo efecto que

cambiar el filme fotográfico de una cámara analógica

**Imagen original**

$$f[x,y]$$

**Incrementando ɣ 50%**

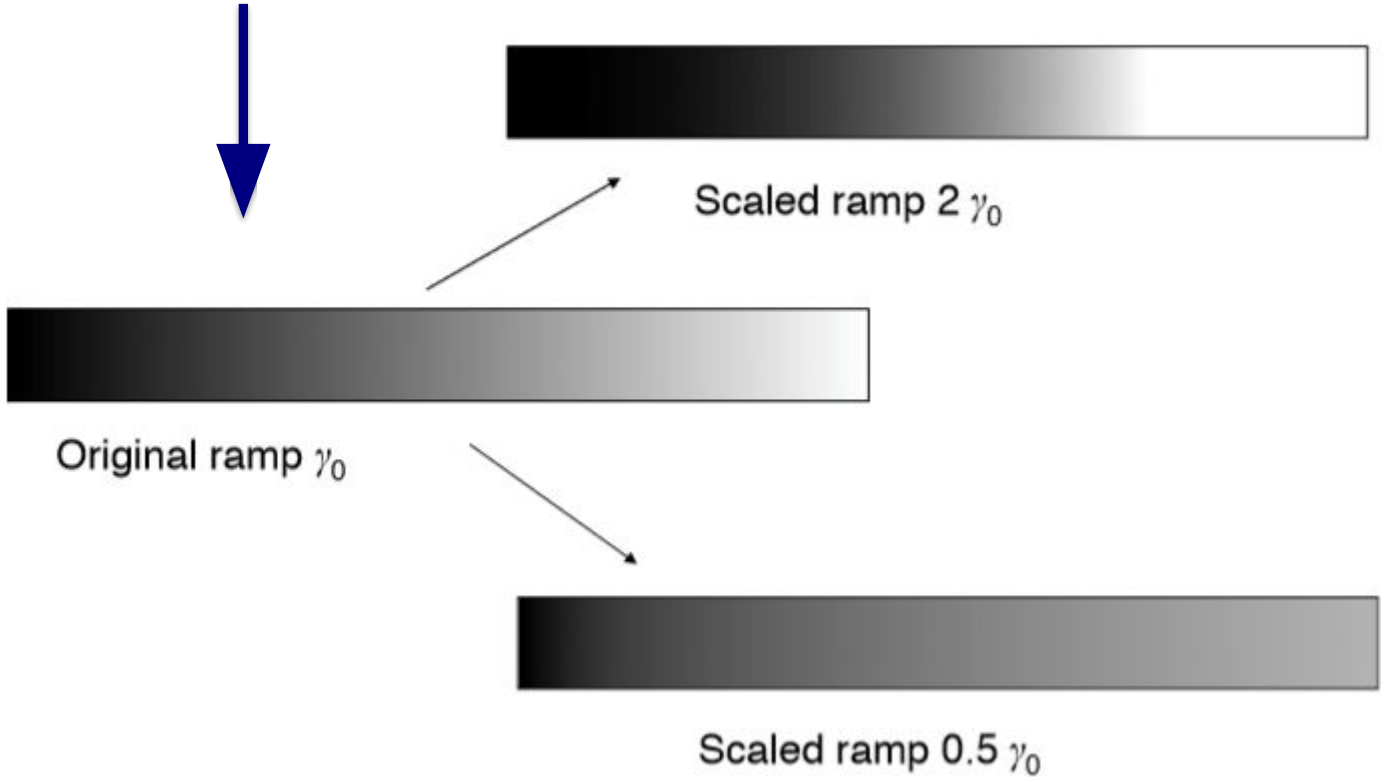
$$a \cdot (f[x,y])^{\gamma} \qquad \gamma = 1.5$$

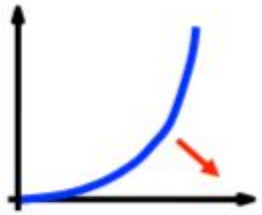
# Operaciones básicas en pixeles para PDI

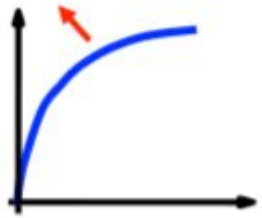
## Operaciones Pixel a Pixel

**Gamma Correction**
**Ajuste de Contraste**

**Cambiando ɣ**



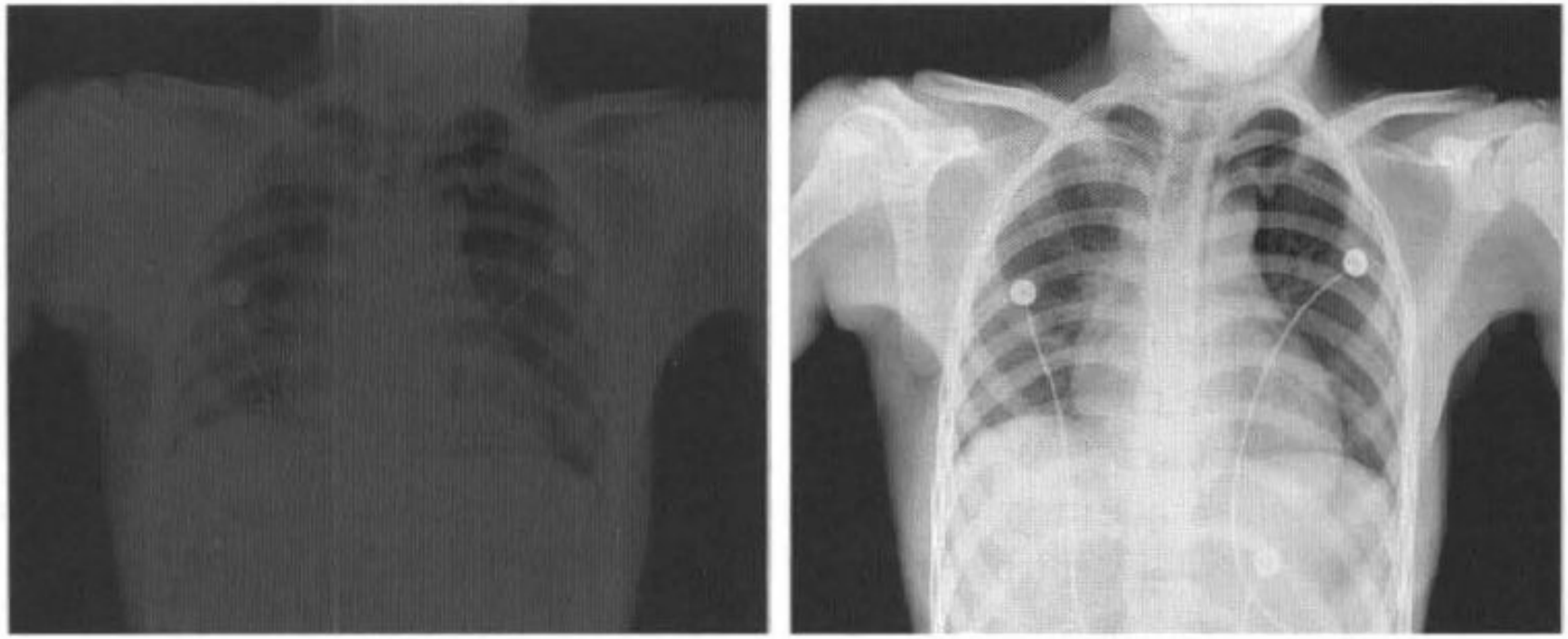





# Operaciones básicas en pixeles para PDI

## Operaciones Pixel a Pixel

**Gamma Correction**
**Ajuste de Contraste**



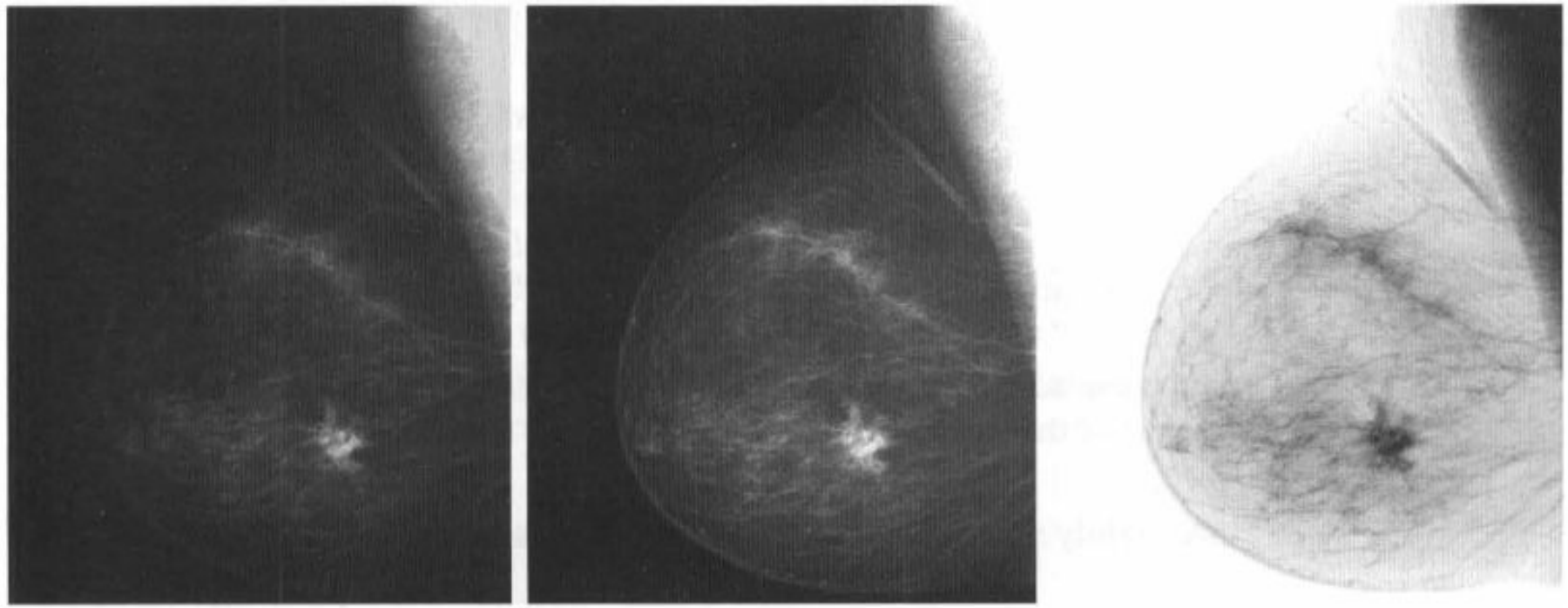
Cambiando $\gamma$ → $f[x,y]$ → $a \cdot (f[x,y])^{\gamma}$

# Operaciones básicas en pixeles para PDI

## Operaciones Pixel a Pixel

**Gamma Correction**
**Ajuste de Contraste**

**Cambiando γ + inversión de imagen**

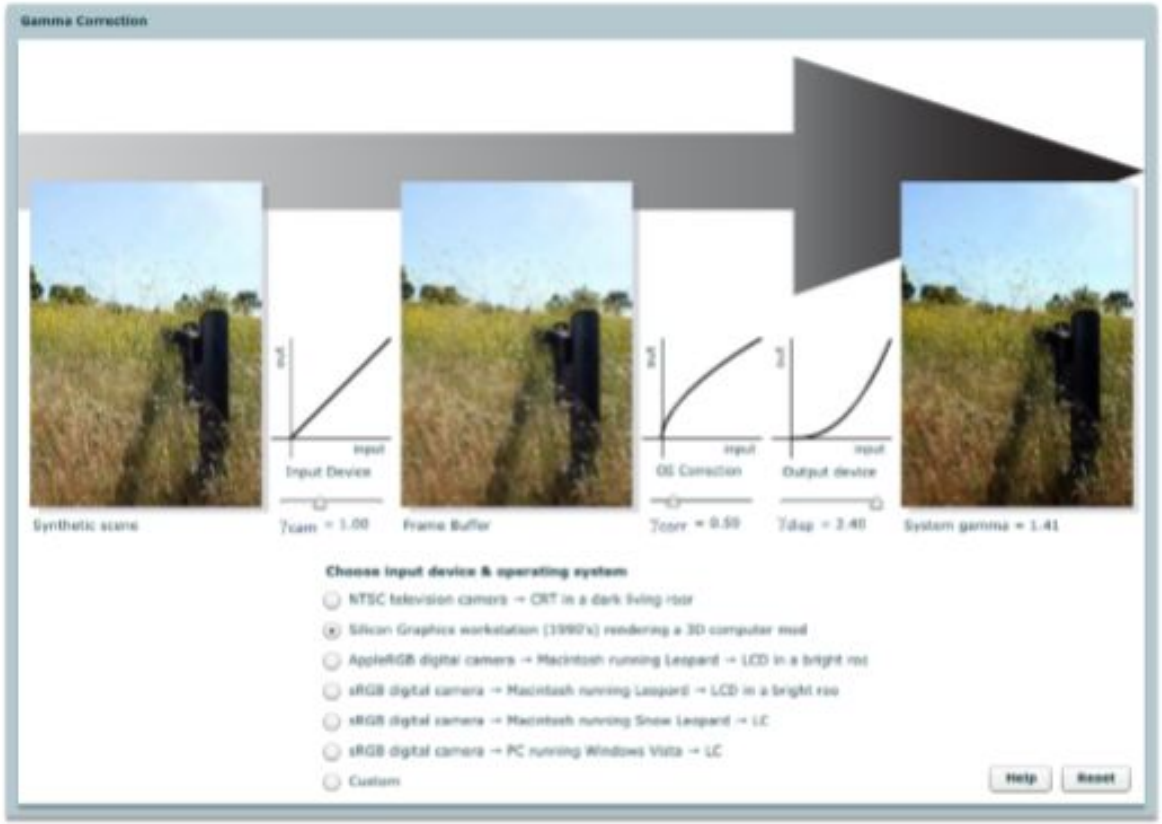


# Operaciones básicas en pixeles para PDI

## Operaciones Pixel a Pixel

**Gamma Correction**
**Ajuste de Contraste**

**Cambiando γ**




Interactive applet https://graphics.stanford.edu/courses/cs178/applets/gamma.html

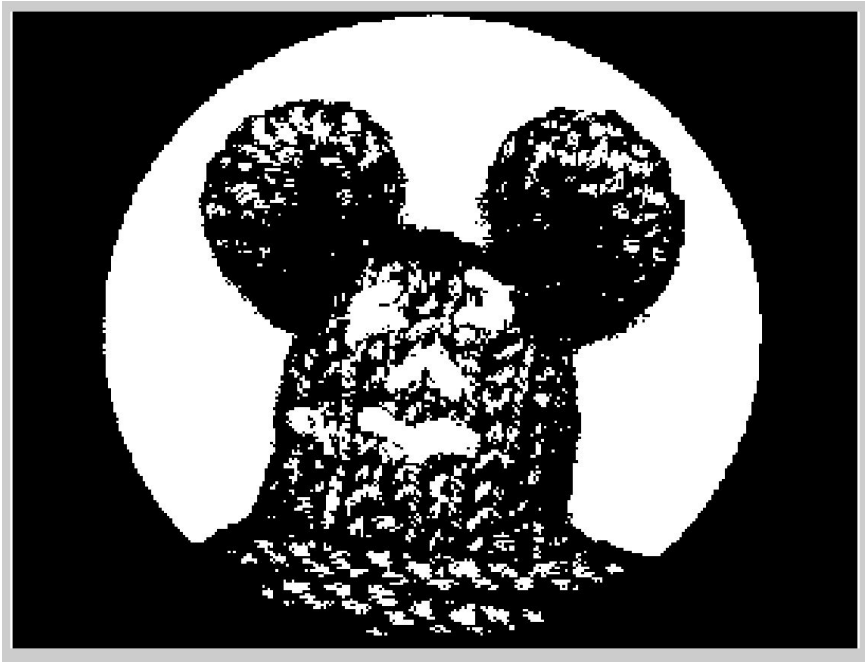
# Operaciones básicas en pixeles para PDI

## Operaciones Pixel a Pixel

### Thresholding & Binatization

$$g(x,y) = \begin{cases} L & \text{if } f(x,y) > t, \\ 0 & \text{else} \end{cases}$$

t = ‘threshold level’



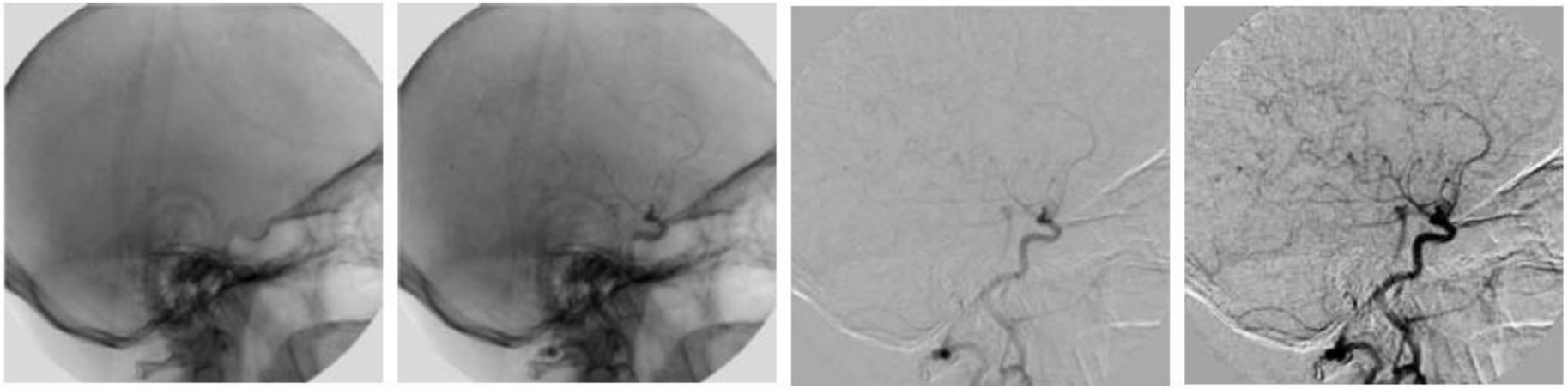
# Operaciones básicas en pixeles para PDI

## Operaciones Pixel a Pixel

- **Substracción de imágenes I**

$$g(x, y) = f(x, y) - h(x, y)$$

**X- ray imaging** **Angiografía**



**Mask – Live Image** → **Diferencia** → **Contraste mejorado**

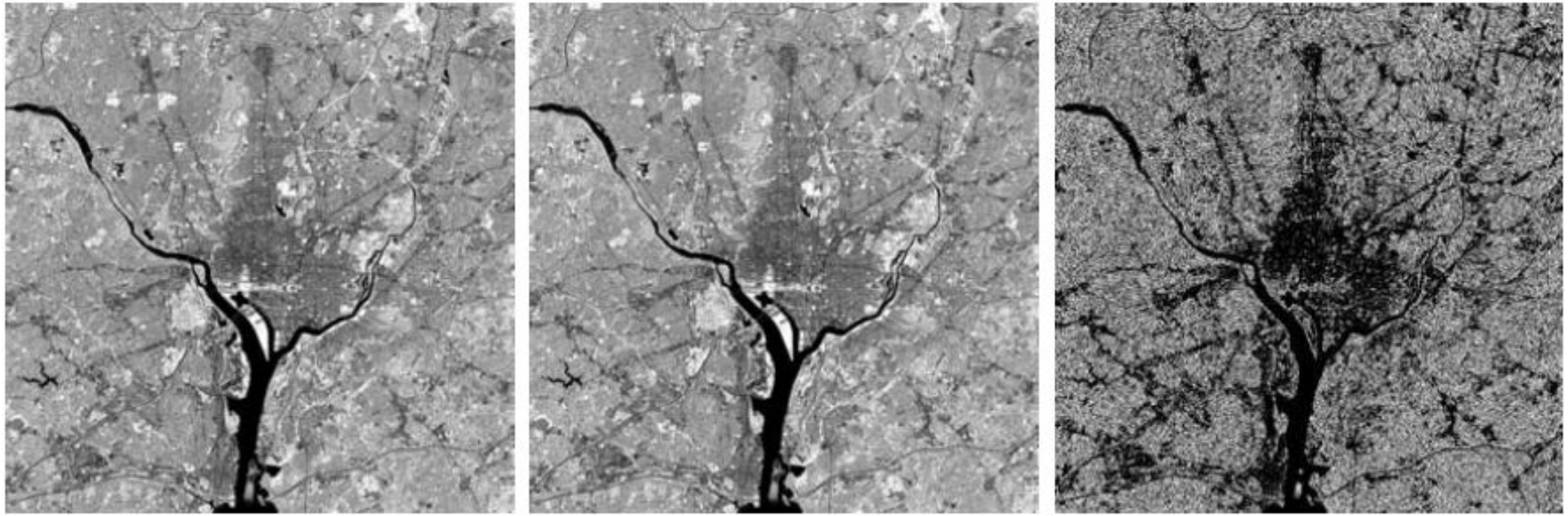
# Operaciones básicas en pixeles para PDI

## Operaciones Pixel a Pixel

- Substracción de imágenes II

$$g(x, y) = f(x, y) - h(x, y)$$

Infrared Imaging - Percepción remota



# Operaciones básicas en pixeles para PDI

## Operaciones Pixel a Pixel

- Substracción de imágenes III

$$g(x, y) = f(x, y) - h(x, y)$$

### Detección de defectos

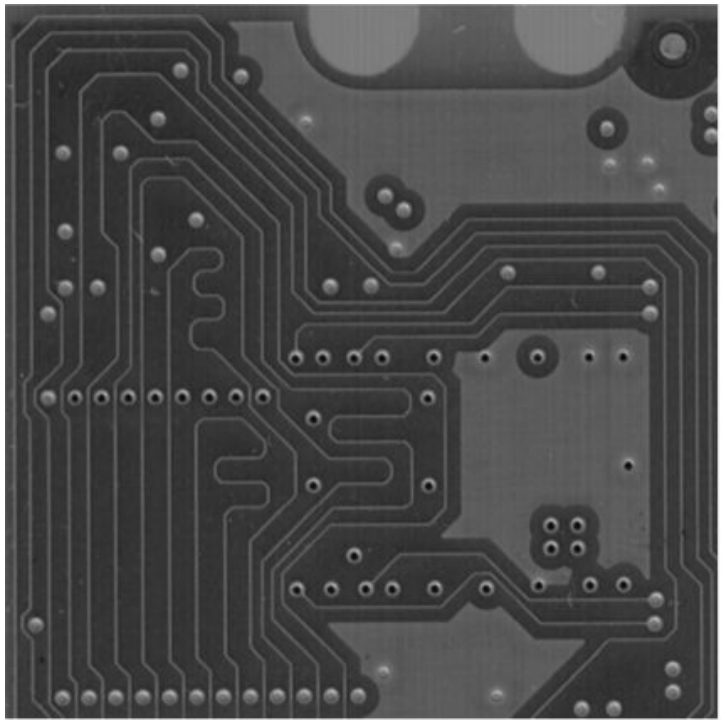


Imagen g[x,y] (sin defectos)

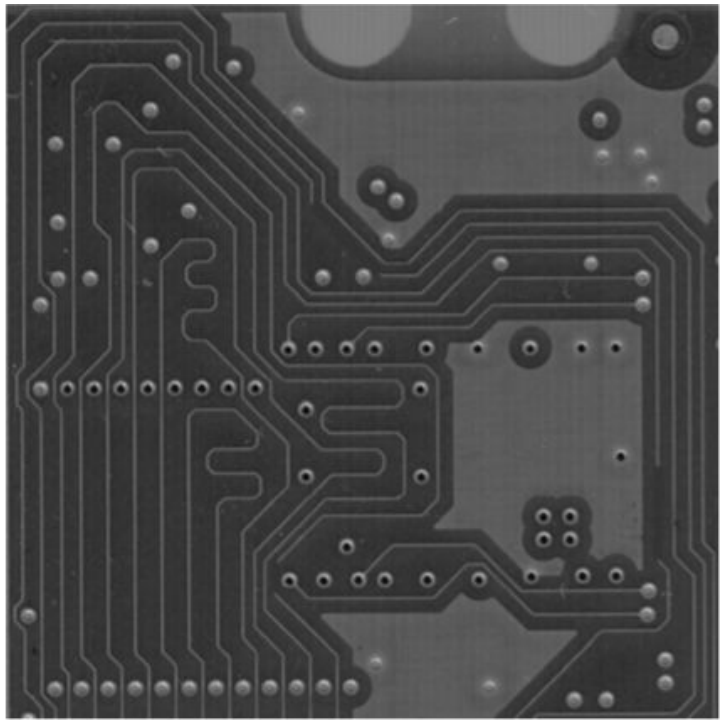


Imagen f[x,y] (con defectos)

# Operaciones básicas en pixeles para PDI

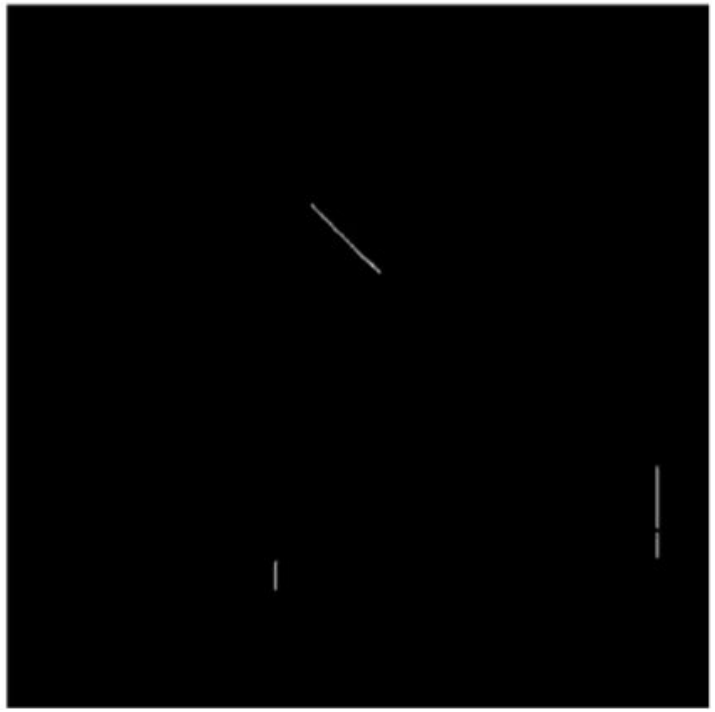
## Operaciones Pixel a Pixel

- Substracción de imágenes III

$$g(x, y) = f(x, y) - h(x, y)$$

### Detección de defectos

|f - g| (sin alineación)

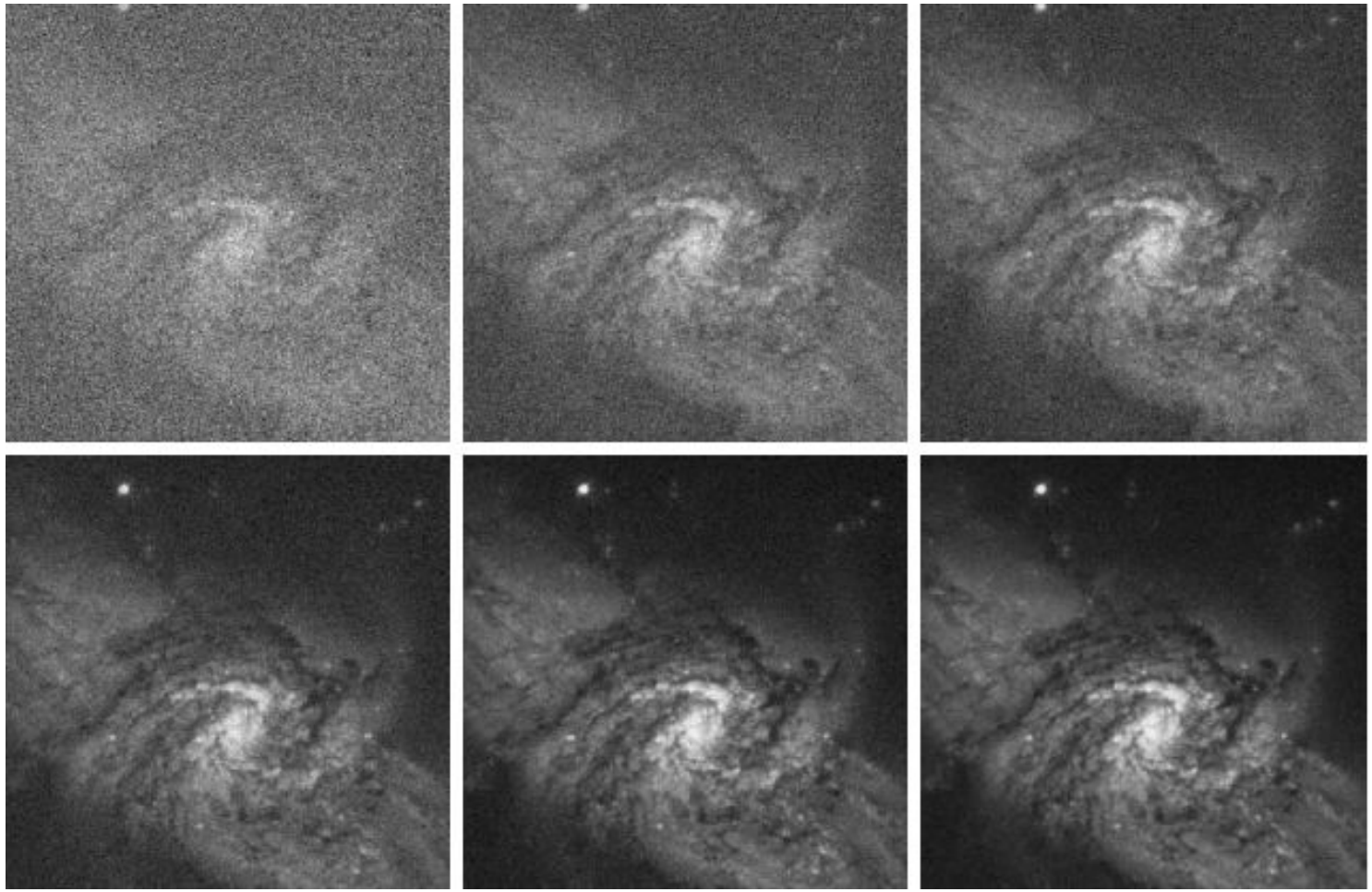


|f - g| (con alineación)

# Operaciones básicas en pixeles para PDI

## Operaciones Pixel a Pixel

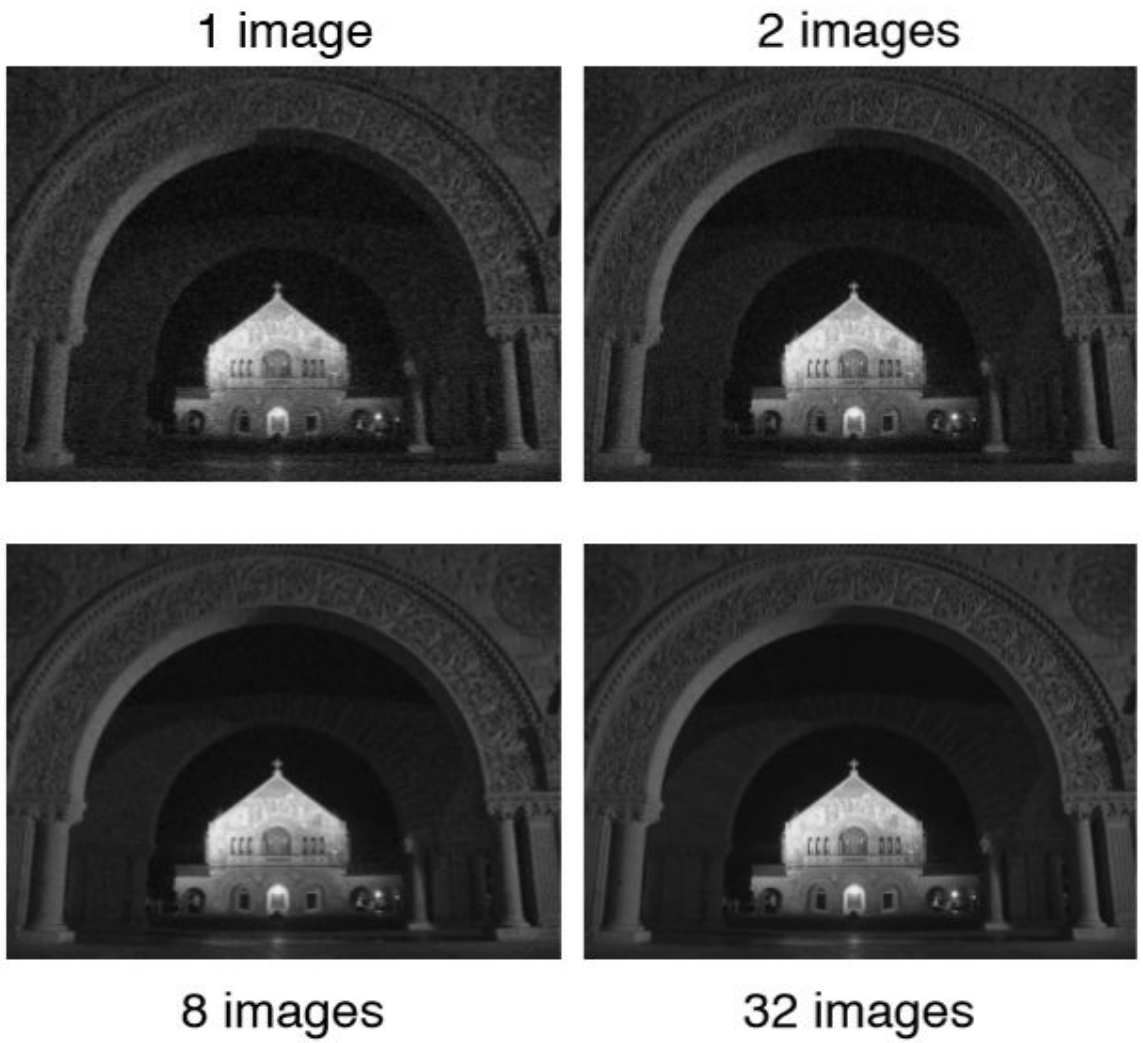
- Image Averaging



# Operaciones básicas en pixeles para PDI

## Operaciones Pixel a Pixel

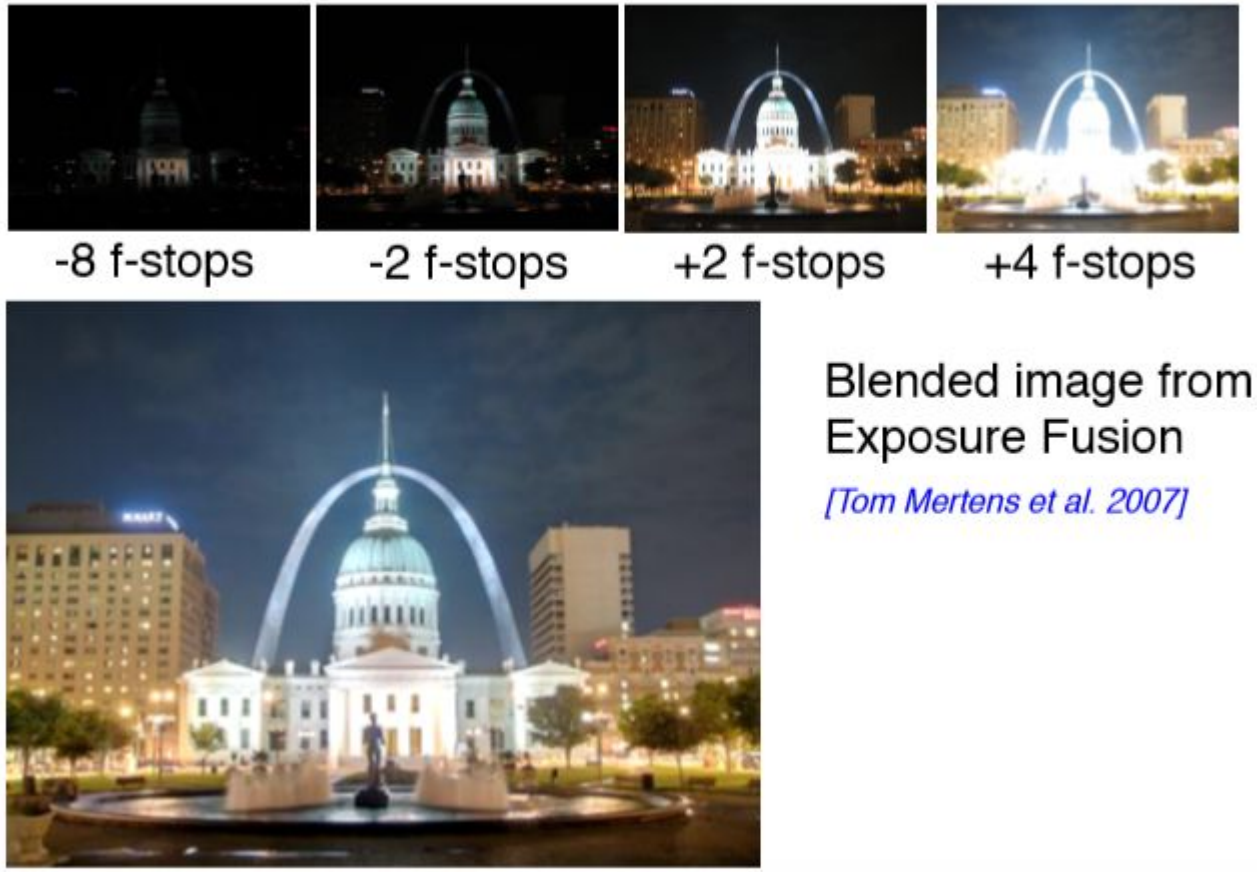
- Image Averaging



# Operaciones básicas en pixeles para PDI

## Operaciones Pixel a Pixel

- Image Averaging



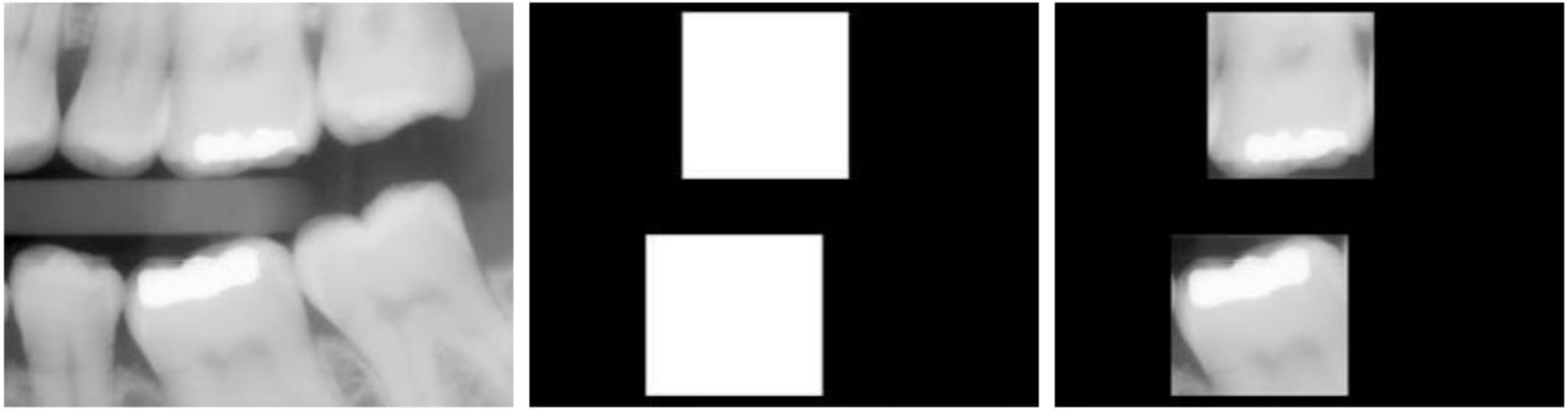
# Operaciones básicas en pixeles para PDI

## Operaciones Pixel a Pixel

- **Image Product**

Otra **operación** común es **multiplicacion de imagenes**

Aquí se muestra la técnica de in ***masking***, también llamada ***region of interest*** **(ROI)**



# Operaciones básicas en pixeles para PDI

## Operaciones Pixel a Pixel

### Image Product

Otra **multiplicación** de imágenes es la de **"shading correction"**

La idea es extraer el **patrón de sombreado** de una imagen

Esta imagen es **"invertida" (negativo)** y multiplicada por la original