



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA

# VISIÓN ARTIFICIAL

2020 – 02



Github: [https://github.com/jwbranch/Vision\\_Artificial](https://github.com/jwbranch/Vision_Artificial)  
MinasLAP: <https://minaslap.net/course/view.php?id=510>

**JOHN W. BRANCH**

Profesor Titular

Departamento de Ciencias de la Computación y de la Decisión

Director del Grupo de I+D en Inteligencia Artificial – GIDIA

[jwbranch@unal.edu.co](mailto:jwbranch@unal.edu.co)

**ESTEBAN BRITO**

Monitor

[dbrito@unal.edu.co](mailto:dbrito@unal.edu.co)

LOS MATERIALES DE ESTA ASIGNATURA, SE BASAN EN LA EVOLUCIÓN Y ELABORACIÓN DE ANTERIORES

SEMESTRES, EN LOS CUALES HAN CONTRIBUIDO Y COLABORADO, LOS PROFESORES DIEGO PATIÑO, CARLOS

MERA, PEDRO ATENCIO, ALBERTO CEBALLOS Y JAIRO RODRÍGUEZ, A LOS CUALES DAMOS CRÉDITO.

# METODOLOGÍA ENSEÑANZA – APRENDIZAJE

## Sesiones Remotas vía Google.Meet Sincrónicas y Asincrónicas

El aprendizaje sincrónico involucra estudios online a través de una plataforma. Este tipo de aprendizaje sólo ocurre en línea. Al estar en línea, el estudiante se mantiene en contacto con el docente y con sus compañeros. Se llama aprendizaje sincrónico porque la plataforma permite que los estudiantes pregunten al docente o compañeros de manera instantánea a través de herramientas como el chat o el video chat.

El aprendizaje asincrónico puede ser llevado a cabo online u offline. El aprendizaje asincrónico implica un trabajo de curso proporcionado a través de la plataforma o el correo electrónico para que el estudiante desarrolle, de acuerdo a las orientaciones del docente, de forma independiente. Un beneficio que tiene el aprendizaje asincrónico es que el estudiante puede ir a su propio ritmo.

# EN LA CLASE DE HOY ...

## 🦋 PROCESAMIENTO DE IMÁGENES DIGITALES

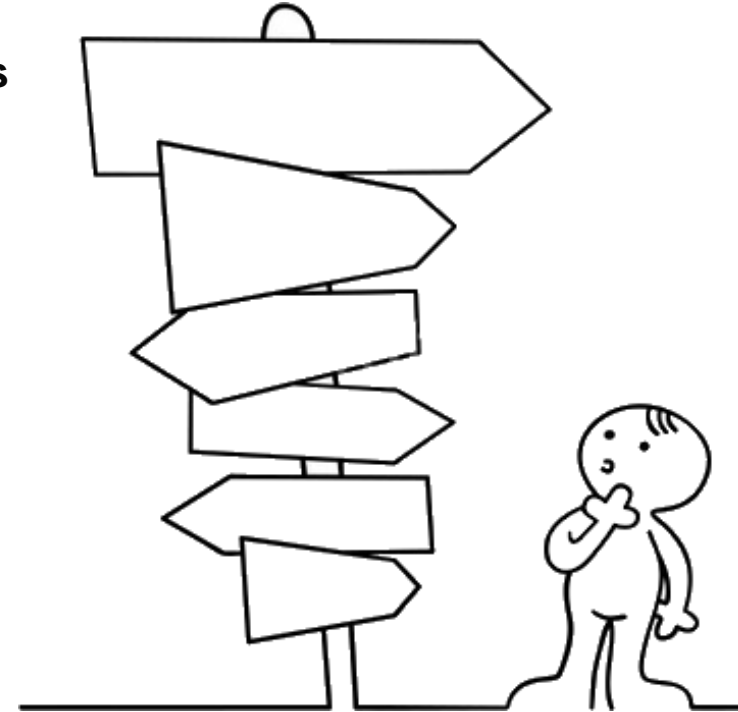
### 🌀 Procesamiento Básico de Imágenes Digitales

#### 🌀 Operaciones Elementales con Píxeles:

- ✓ Operadores Binarios

#### 🌀 Transformaciones geométricas

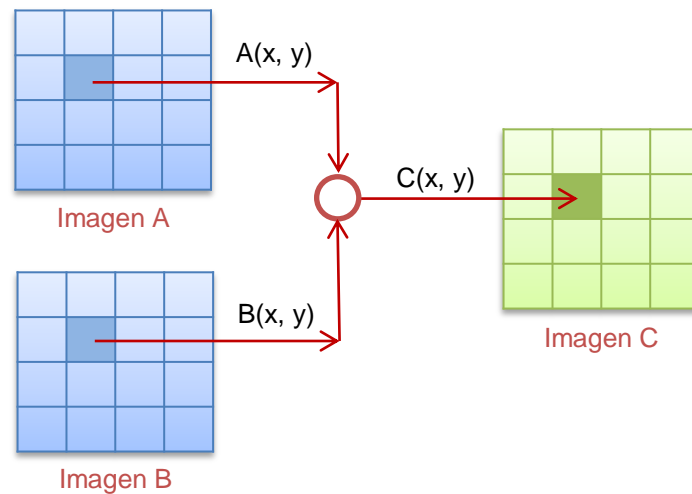
- ✓ Traslación.
- ✓ Rotación.
- ✓ Inclinación.
- ✓ Escala.



# Pre-procesamiento de Imágenes

## 🦋 OPERACIONES PUNTUALES - BINARIAS

- Las operaciones píxel a píxel binarias son aquellas que toman como entrada dos o más imágenes y producen una nueva imagen que es la combinación de las primeras:



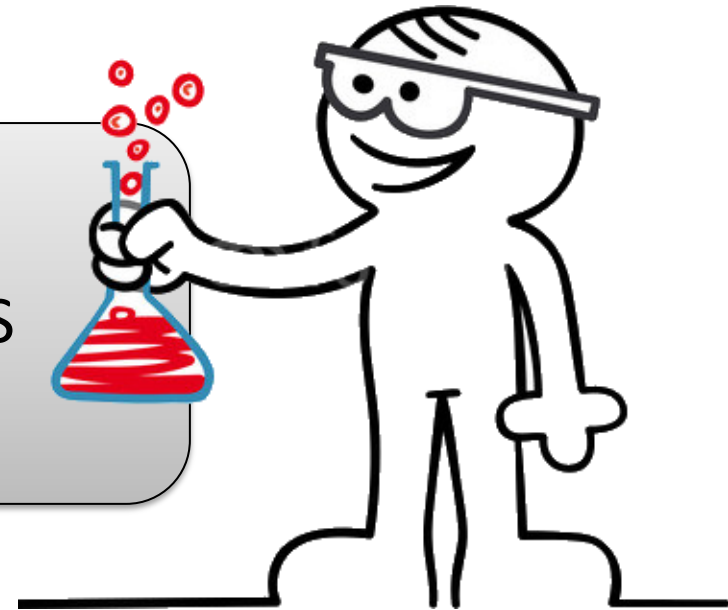
$$C(x,y) = f[A(x,y) , B(x,y)]$$

- ✓ **Aritméticas:** Suma, Resta, Multiplicación y División
- ✓ **Booleanas:** AND, OR, XOR, NOT
- ✓ **Relacionales:** >, <, max, min

¿Cuáles son los problemas que se pueden presentar al combinar una o más imágenes?


# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

OPERACIONES ARITMÉTICAS



# Pre-procesamiento de Imágenes


## OPERACIONES PUNTUALES - BINARIAS

 Las **Operaciones Aritméticas** entre imágenes son operaciones se llevan a cabo entre pares de pixeles correspondientes. Las cuatro operaciones básicas son:

  $C(x, y) := A(x, y) + B(x, y)$

  $C(x, y) := A(x, y) - B(x, y)$

  $C(x, y) := A(x, y) * B(x, y)$

  $C(x, y) := A(x, y) \div B(x, y)$

# Pre-procesamiento de Imágenes

## 🚀 OPERACIONES PUNTUALES - BINARIAS

🕒 Para el caso de la suma (por ejemplo) tenemos:

90	67	68	39
10	87	241	78
11	102	89	76
10	10	109	80

$A(x,y)$

+

11	23	150	169
75	145	200	158
2	50	51	49
1	49	48	47

$B(x,y)$

=


$C(x,y)$



## 🦋 OPERACIONES PUNTUALES – BINARIAS

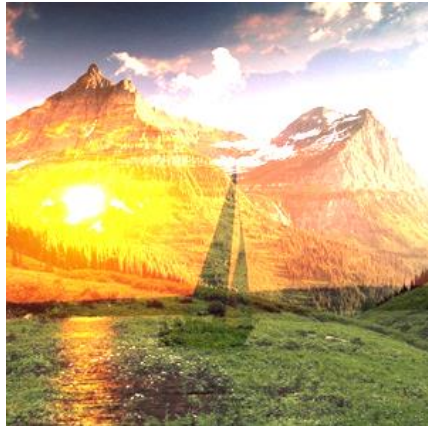


$A + B$



$A - B$

$A * B$



# Pre-procesamiento de Imágenes

## 🦋 OPERACIONES PUNTUALES - BINARIAS

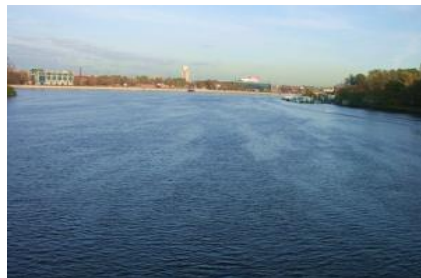
- 🕒 La **Suma de Imágenes** es usada, por ejemplo, para resaltar los bordes de los objetos:



# Pre-procesamiento de Imágenes

## 🏆 OPERACIONES PUNTUALES - BINARIAS

- En la **Suma** (y otras operaciones aritméticas) algunas veces es necesario hacer mapeos que nos permitan llevar los valores resultantes a valores en el rango  $[0, 255]$ , por ejemplo, en la suma:  $[0, 255] + [0, 255] = [0, 510]$  se soluciona dividiendo el resultado entre dos:



$$(A + B) / 2 =$$

$$C(x, y) := \alpha A(x, y) + (1 - \alpha)B(x, y)$$



El resultado es una  
transparencia de las  
imágenes originales al  
50%

# Pre-procesamiento de Imágenes

## OPERACIONES PUNTUALES - BINARIAS

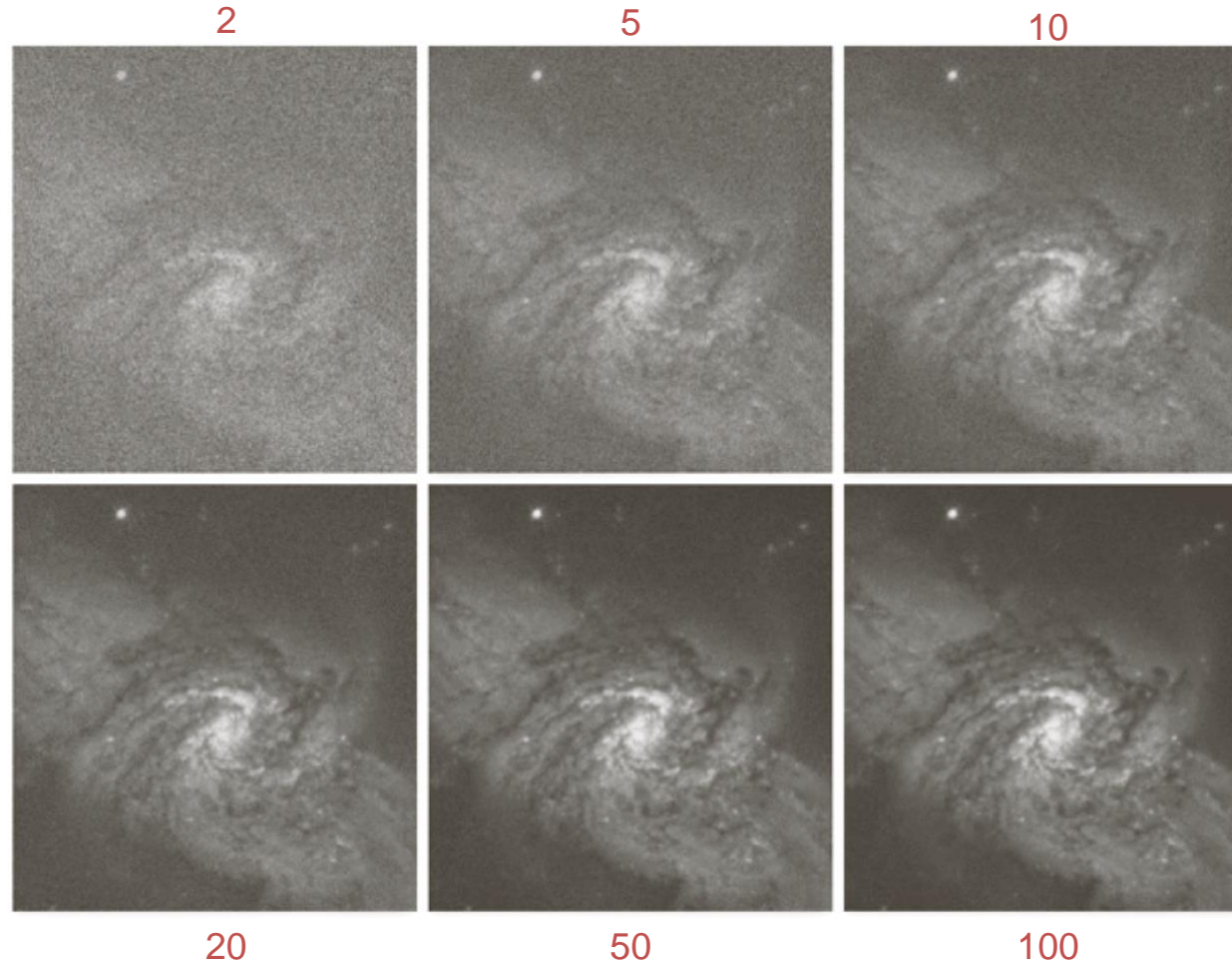
- Una **aplicación de la suma** es para reducir el contenido de ruido en un conjunto de imágenes ruidosas. Esta es una técnica comúnmente utilizada para mejorar imágenes:

$$\bar{g}(x, y) = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K g_i(x, y)$$

¿Bajo qué condiciones esto funciona bien?

# Pre-procesamiento de Imágenes

## 🦋 OPERACIONES PUNTUALES - BINARIAS



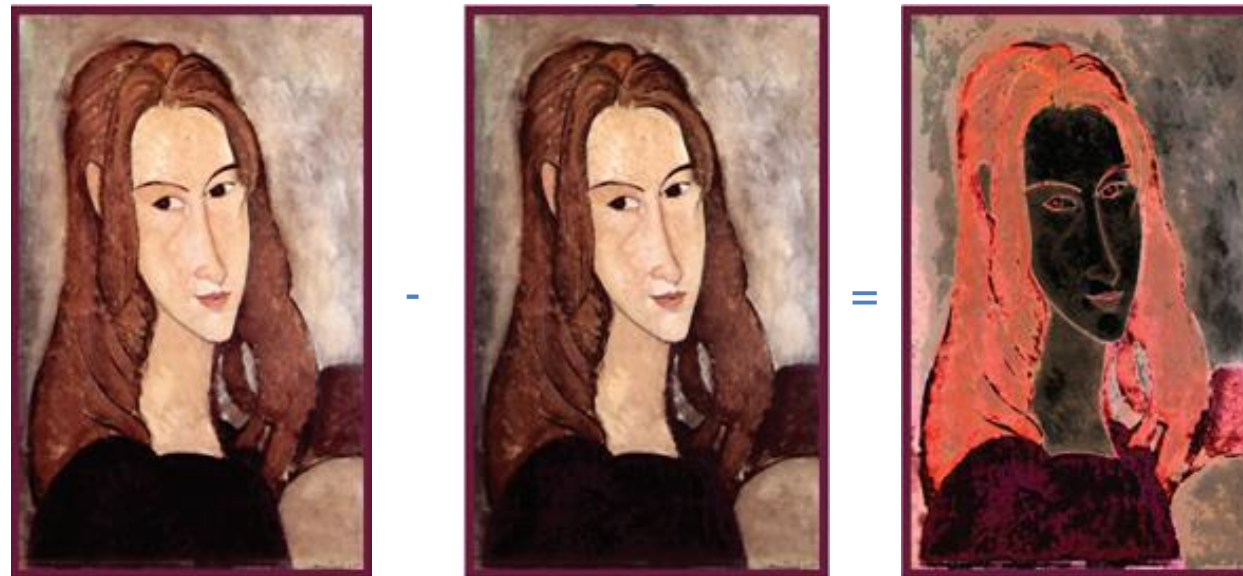
Promedio de Imágenes  
[Woods]



# Pre-procesamiento de Imágenes

## 🚀 OPERACIONES PUNTUALES - BINARIAS

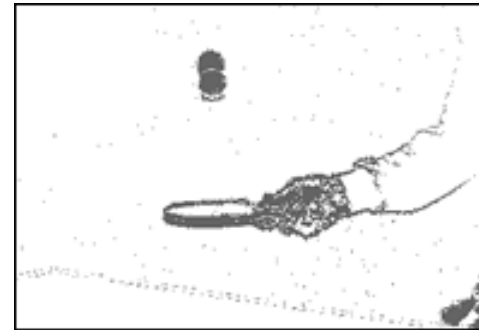
🌀 La **resta** pixel a pixel ...



# Pre-procesamiento de Imágenes

## 🏆 OPERACIONES PUNTUALES - BINARIAS

- 🕒 Una **aplicación de la resta** es en la detección de movimiento entre dos imágenes, útil en la compresión de video y en el seguimiento de objetos.



# Pre-procesamiento de Imágenes

## 🦋 OPERACIONES PUNTUALES - BINARIAS

🕒 La **resta de imágenes** también se usa mucho en medicina de manera:

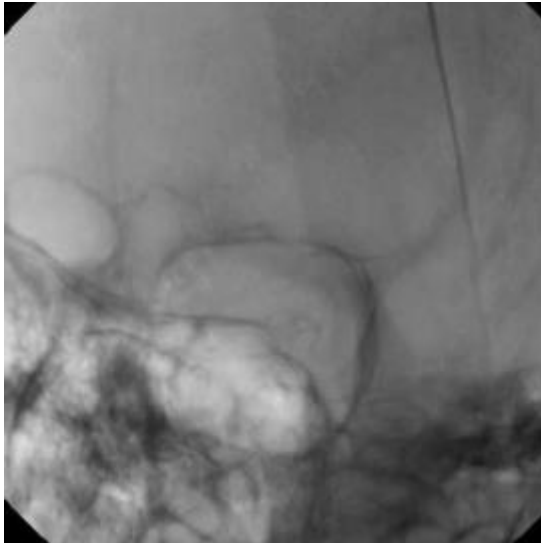


Imagen original de rayos X del paciente, llamada máscara

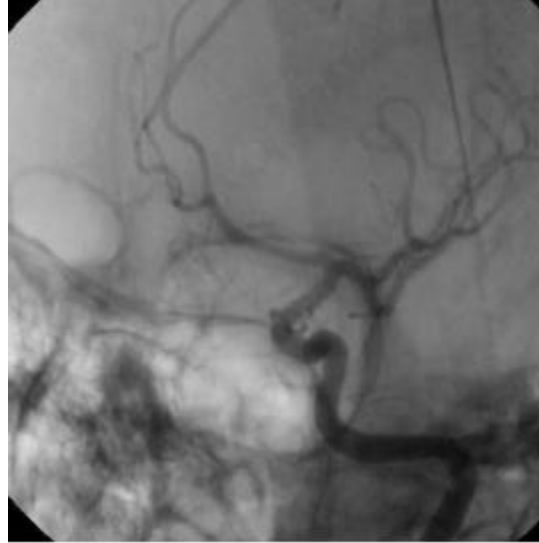


Imagen obtenida inyectando un medio yodado al flujo sanguíneo del paciente para aumentar el contraste.

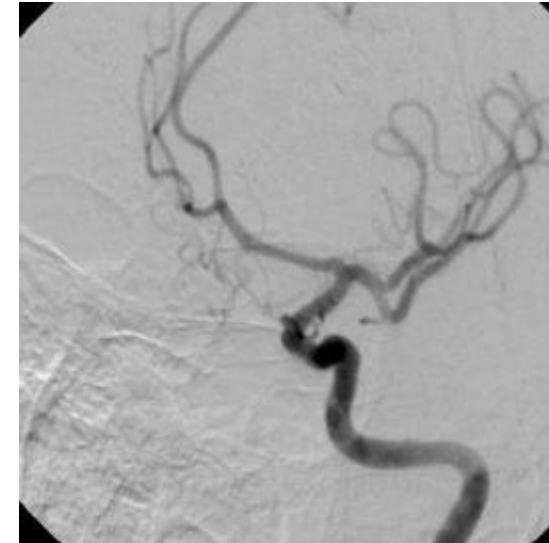


Imagen diferencia entre las anteriores



# Pre-procesamiento de Imágenes

## 🦋 OPERACIONES PUNTUALES - BINARIAS

- 🌀 La **resta de imágenes** tiene uno de sus mayores usos en la segmentación para eliminar (o corregir) el background de una escena:

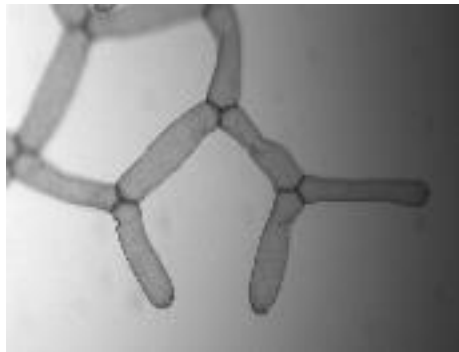


Imagen original

-



Estimación del Background

=

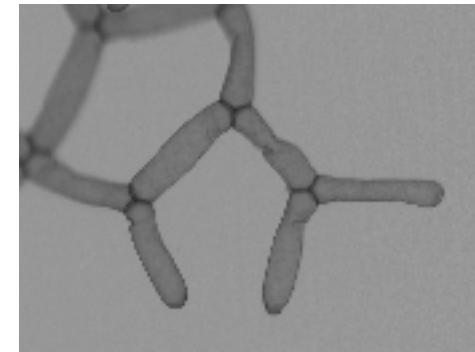


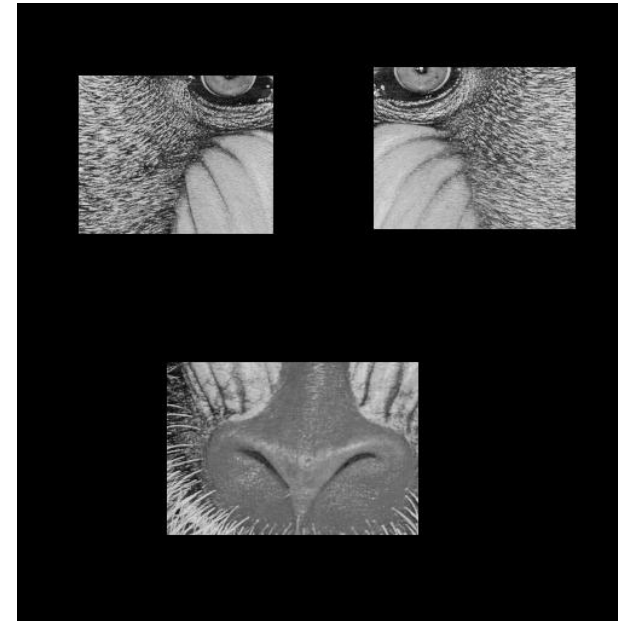
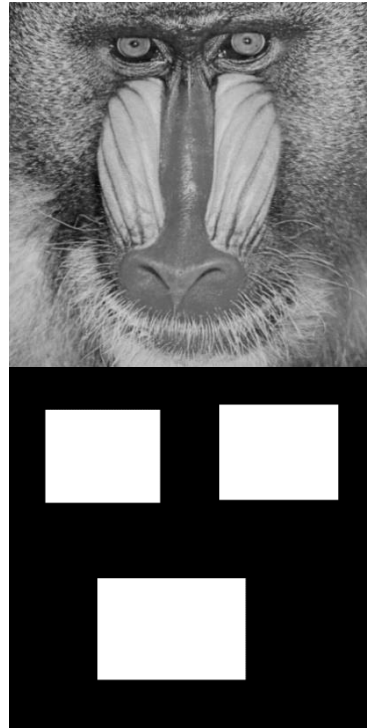
Imagen Corregida

Shading correction

# Pre-procesamiento de Imágenes

## 🚀 OPERACIONES PUNTUALES - BINARIAS

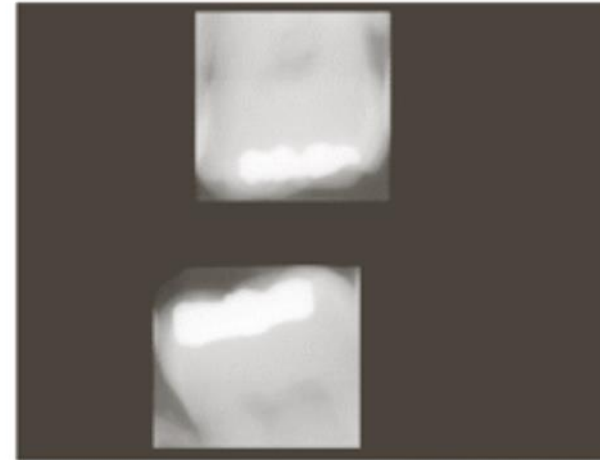
- 🌀 La **multiplicación de imágenes** puede ser usada para extraer regiones de interés usando una mascara (aunque esto se hace con operaciones booleanas):



# Pre-procesamiento de Imágenes

## 🦋 OPERACIONES PUNTUALES - BINARIAS

### 🌀 La multiplicación de imágenes



# Pre-procesamiento de Imágenes

## 🦋 OPERACIONES PUNTUALES – BINARIAS: DIVISIÓN



Imágenes Originales



Resta



División





# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES



TRANSFORMACIONES GEOMÉTRICAS

# Pre-procesamiento de Imágenes

## TRANSFORMACIONES GEOMÉTRICAS

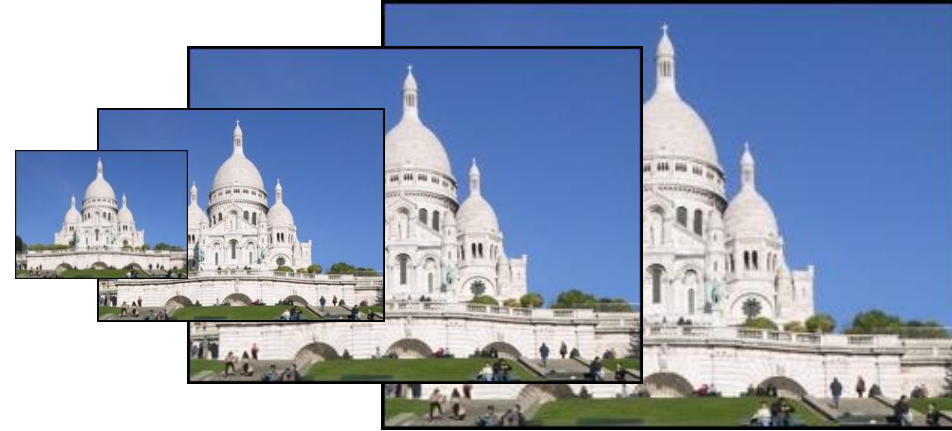
-  Las **Transformaciones Geométricas** mantienen el valor de los píxeles, sin embargo, modifican la relación espacial entre ellos.
-  Para realizar una transformación geométrica se deben realizar dos pasos:
  -  Definir el mapeo espacial de coordenadas entre la imagen de origen y la imagen de salida (rotación, escala, traslación, ...)
  -  Aplicar un **algoritmo de interpolación** para definir el valor de los píxeles que por la transformación han quedado sin valor.

# Pre-procesamiento de Imágenes

**Traslación**



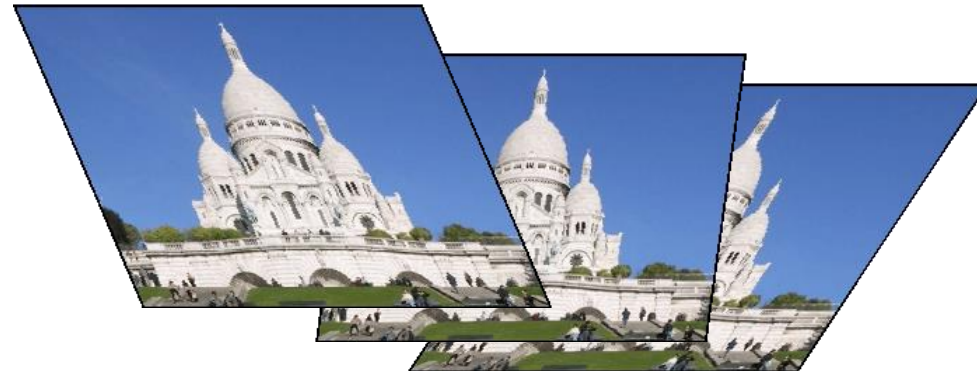
**Escala**



**Rotación**

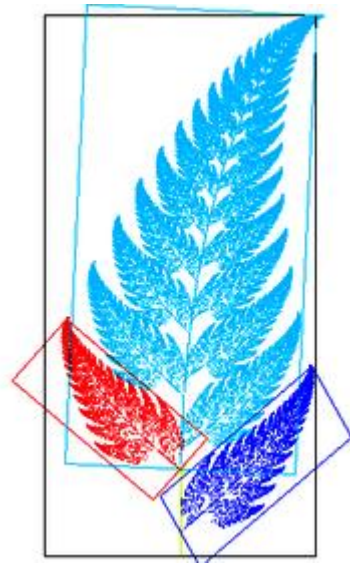


**Inclinación**



## TRANSFORMACIONES GEOMÉTRICAS

- Las **Transformaciones Afines** son un grupo de transformaciones geométricas que preservan ciertas propiedades de las imágenes. Un primer caso de este tipo de transformación consiste en la familia de transformaciones geométricas básicas resultantes de rotaciones, escalamientos y traslaciones.



$$\begin{bmatrix} wx' \\ wy' \\ w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}$$

Diagram illustrating the homogeneous coordinates transformation matrix:

- $\begin{bmatrix} wx' \\ wy' \\ w \end{bmatrix}$  points to: Coordenadas finales (coordenada homogénea)
- $\begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & i \end{bmatrix}$  points to: Matriz de transformación (homografía)
- $\begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}$  points to: Coordenadas originales



# Pre-procesamiento de Imágenes

## TRANSFORMACIONES GEOMÉTRICAS AFINES

- La **Traslación** es un mapeo en el que cada píxel de la imagen de entrada es movido a una nueva posición en la imagen de salida.



$$x_2 = x_1 + b_x$$
$$y_2 = y_1 + b_y$$

$$\begin{bmatrix} wx' \\ wy' \\ w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}$$

# Pre-procesamiento de Imágenes

## TRANSFORMACIONES GEOMÉTRICAS AFINES

Una aplicación especial de la **Traslación** es la reflexión de la imagen:



Imagen Original



Reflexión Horizontal



Reflexión Vertical

• Num. fils o cols

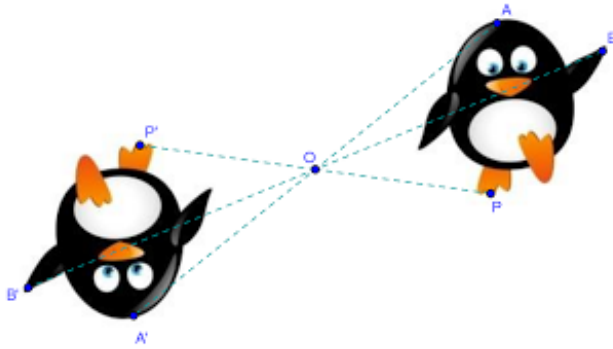
-1

$$\begin{bmatrix} wx' \\ wy' \\ w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}$$

# Pre-procesamiento de Imágenes

## TRANSFORMACIONES GEOMÉTRICAS AFINES

La **Rotación** es un mapeo en que se produce un cambio de orientación de la imagen.



$$\begin{aligned}x_2 &= (x_1 - x_0) \cos \theta - (y_1 - y_0) \sin \theta + x_0 \\y_2 &= (x_1 - x_0) \sin \theta + (y_1 - y_0) \cos \theta + y_0\end{aligned}$$

$$\begin{bmatrix} wx' \\ wy' \\ w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}$$

El punto  $(x_0, y_0)$  son las coordenadas del centro de rotación y  $\theta$  el ángulo de rotación.

# Pre-procesamiento de Imágenes

## 🌟 TRANSFORMACIONES GEOMÉTRICAS AFINES

- 🕒 La **Rotación** es un mapeo en que se produce un cambio de orientación de la imagen.



Imagen de entrada



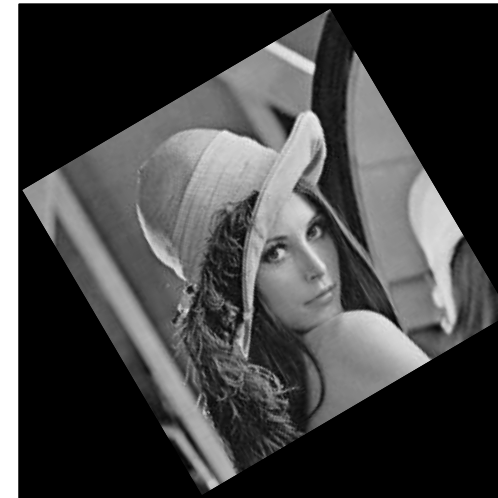
Rotar  $-10^\circ$



Rotar  $10^\circ$

## 🦋 TRANSFORMACIONES GEOMÉTRICAS AFINES

- 🕒 La **Rotación** es un mapeo en que se produce un cambio de orientación de la imagen. Un caso especial que se debe considerar es si la imagen de salida debe cambiar para cubrir toda la imagen de entrada.





# Pre-procesamiento de Imágenes

## 🦋 TRANSFORMACIONES GEOMÉTRICAS AFINES

- 🌀 La **Rotación** es un mapeo en que se produce un cambio de orientación de la imagen: Ahora cambiando el punto de rotación ( $x_0, y_0$ )



Rotar  $10^\circ$

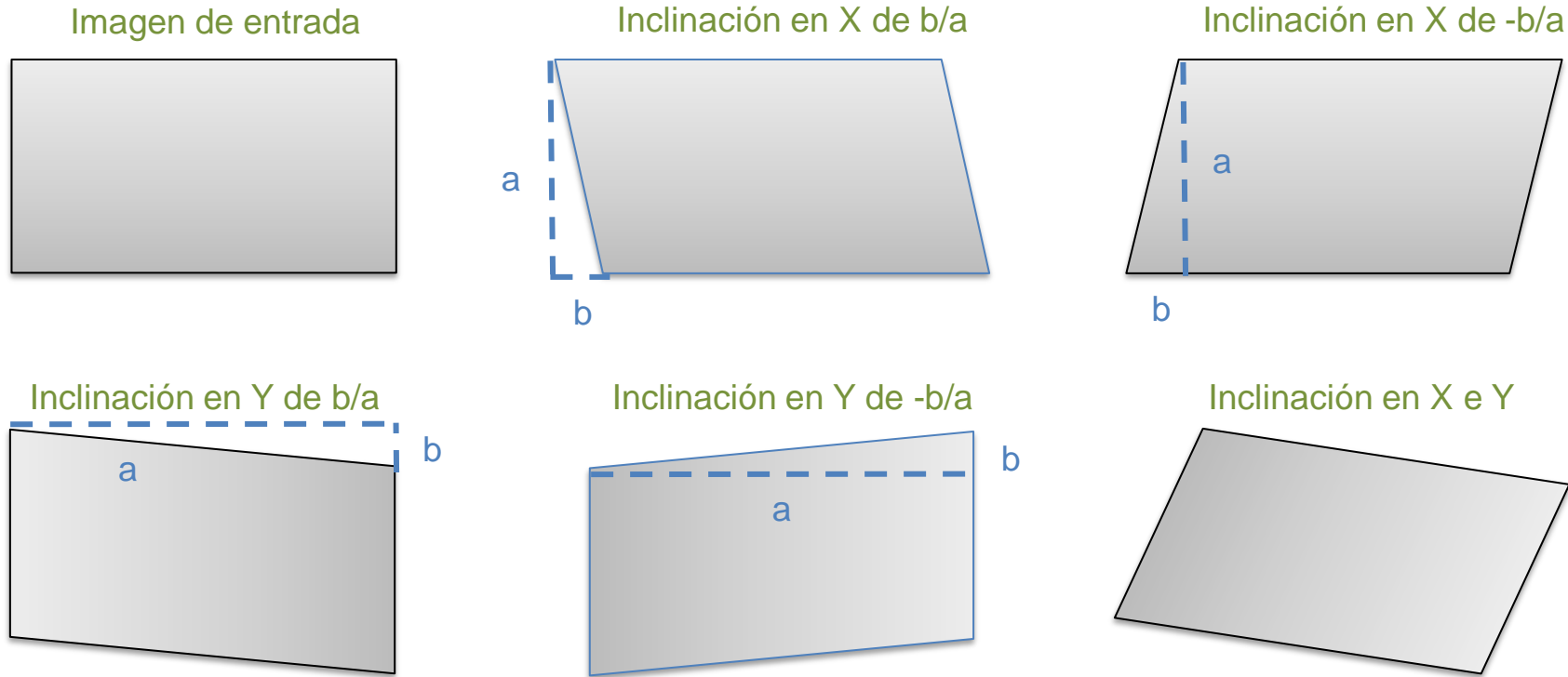


Rotar  $-10^\circ$

Trasladar el punto de rotación al origen, rotar y deshacer la traslación tiene el mismo efecto.

## TRANSFORMACIONES GEOMÉTRICAS AFINES

- La **Inclinación** transforma una región rectangular en un rombo. Sirve para “simular” una perspectiva. La inclinación se puede dar en el eje X, en e Y o en ambos:



El valor de inclinación es la tangente del ángulo.

# Pre-procesamiento de Imágenes

## TRANSFORMACIONES GEOMÉTRICAS AFINES

- La **Inclinación** en X una cantidad  $I_x$ :

$$R(x, y) := A(x - i_x * y, y)$$

- La **Inclinación** en Y una cantidad  $I_y$ :

$$R(x, y) := A(x, y - i_y * x)$$

- La **Inclinación** X en  $I_x$  e inclinación Y en  $I_y$

$$R(x, y) := A(x - i_x * y, y - i_y * x)$$

Inclinación en x

$$\begin{bmatrix} wx' \\ wy' \\ w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}$$

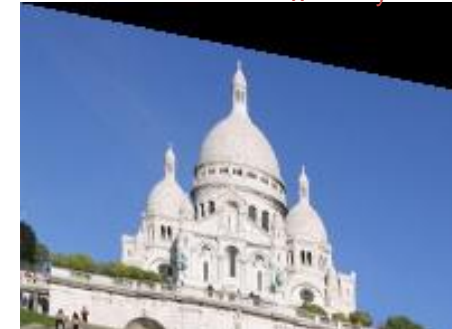
Inclinación en y



Inclinación  $i_x=-0,4$ ;  $i_y=0$



Inclinación  $i_x=0$ ;  $i_y=0,2$





# Pre-procesamiento de Imágenes

## 🚀 TRANSFORMACIONES GEOMÉTRICAS AFINES

- 🌀 La **Escala** permite cambiar el tamaño de las imágenes:



Imagen  
original 25x26

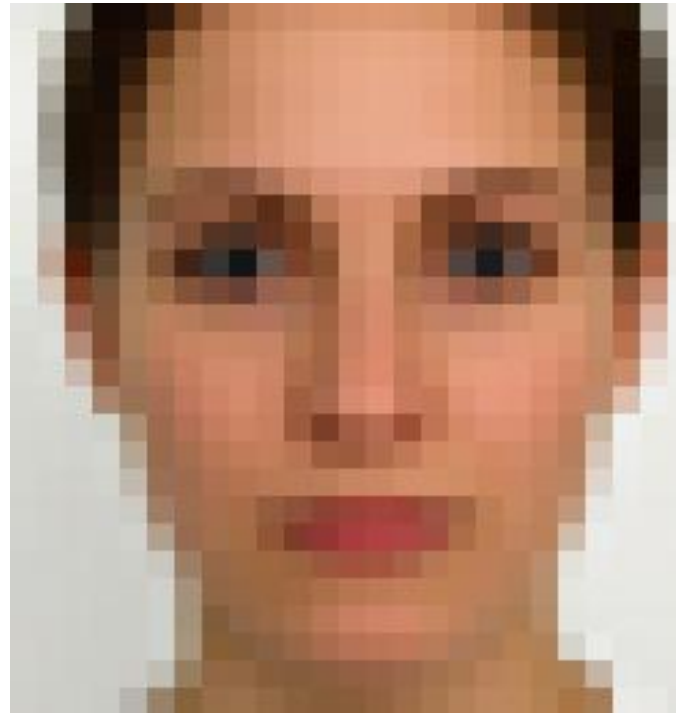


Imagen  
ampliada  
250x260

# Pre-procesamiento de Imágenes

## 🦋 TRANSFORMACIONES GEOMÉTRICAS AFINES



🕒 Como hacer la escala:

90	67	68	39
10	87	241	78
11	102	89	76
10	10	109	80

90		67		68		39	
10		87		241		78	
11		102		89		76	
10		10		109		80	

90		67		68		39	
10		87		241		78	
11		102		89		76	
10		10		109		80	

## TRANSFORMACIONES GEOMÉTRICAS AFINES

-  La **Interpolación** puede considerarse como el cálculo del valor de intensidad de un píxel, en una posición cualquiera, como una función de los píxeles que la rodean.
-  Existen diferentes tipos de interpolación:
  - **Vecino más cercano**
  - **Bilineal**
  - **Bicúbica**
  - **Supermuestreo**

- La **Interpolación del vecino más cercano**:  $B(x,y) = A(\lfloor x/10 \rfloor, \lfloor y/10 \rfloor)$ , donde 10 es el factor de escala.



Imagen  
original 25x26

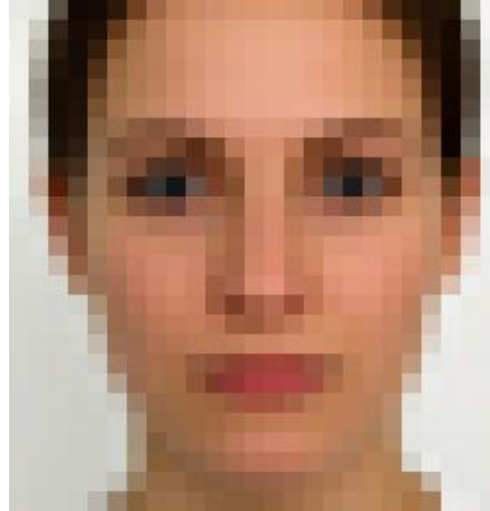


Imagen  
ampliada  
250x260

### Ventajas:

- Es muy sencilla y rápida de calcular

### Inconvenientes:

- El efecto de cuadriculado es evidente, y da lugar imágenes de poca calidad
- A medida que el factor de escala aumenta, la imagen se hace más y más borrosa

# Pre-procesamiento de Imágenes

## 🚀 TRANSFORMACIONES GEOMÉTRICAS AFINES


🕒 La **Interpolación** del vecino más cercano :

90	67	68	39
10	87	241	78
11	102	89	76
10	10	109	80


90		67		68		39	
10		87		241		78	
11		102		89		76	
10		10		109		80	

# Pre-procesamiento de Imágenes

## TRANSFORMACIONES GEOMÉTRICAS AFINES

-  La **Interpolación Lineal** promedia los dos vecinos más cercanos para encontrar el valor del píxel.

### **Ventajas:**

-  Es muy rápida de calcular y mejora un poco los resultados con respecto a la interpolación por vecino más cercano

### **Inconvenientes:**

-  Da lugar imágenes de poca calidad

# Pre-procesamiento de Imágenes

## 🚀 TRANSFORMACIONES GEOMÉTRICAS AFINES

🌀 La **Interpolación** Lineal:

90	67	68	39
10	87	241	78
11	102	89	76
10	10	109	80

90		67		68		39	
10		87		241		78	
11		102		89		76	
10		10		109		80	

90		67		68		39	
10		87		241		78	
11		102		89		76	
10		10		109		80	

# Pre-procesamiento de Imágenes

## TRANSFORMACIONES GEOMÉTRICAS AFINES

- La **Interpolación** Bilineal es una mejora de la anterior, promediando en este caso 4 píxeles adyacentes. Sin embargo, los factores de ponderación vienen dados por la distancia de los 4 píxeles se que usaran para la interpolación

### **Ventajas:**

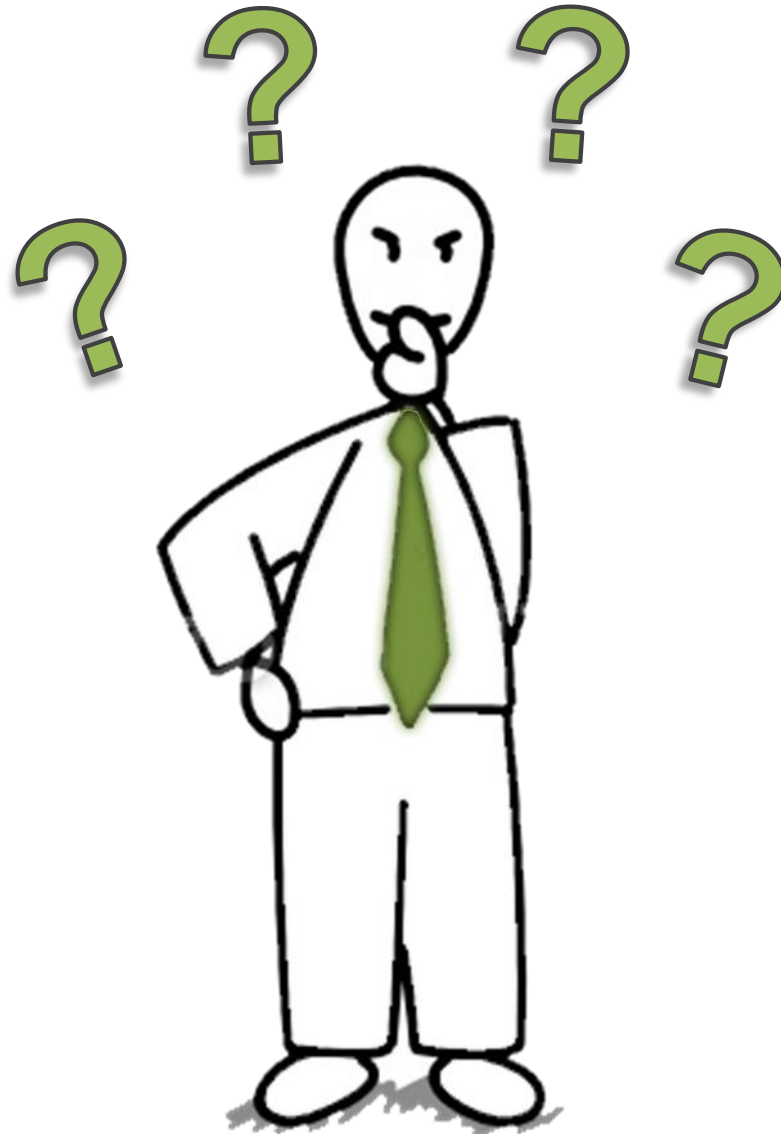
- Mejora los resultados de la interpolación haciendo los cambios más suaves

### **Inconvenientes:**

- Es más costosa computacionalmente



# Preguntas



# MOTIVACIÓN

🦋 OBSERVE EL VIDEO Y RESPONDA A LAS SIGUIENTES PREGUNTAS:

🦋 ¿CUÁNTOS DATOS SE REQUIEREN PARA ENTRENAR UN SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL?

🦋 ¿ES POSIBLE DECIR QUE LOS COMPUTADORES YA SOBREPASARON LA CAPACIDAD HUMANA?

🦋 ¿QUÉ PROBLEMAS EVIDENCIAN LOS SISTEMAS DE VISIÓN ARTIFICIAL, Y EN GENERAL DE LOS SISTEMAS DE RECONOCIMIENTO DE PATRONES?



<https://www.ted.com/talks/fei-fei-li-how-we-re-teaching-computers-to-understand-pictures?language=es>



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA