

UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA

# VISIÓN ARTIFICIAL

JOHN W. BRANCH

PROF. TITULAR

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE COMPUTACIÓN Y DE LA DECISIÓN

DIRECTOR DEL GRUPO GIDIA

ALBERTO M. CEBALLOS / JAIRO A. RODRÍGUEZ

ASISTENTE DE DOCENCIA

MONITOR

**Nota:** Este material se ha adaptado con base en el material del profesor Carlos Mera Banguero, PhD. (Instituto Tecnológico Metropolitano)

# EN LA CLASE DE HOY ...

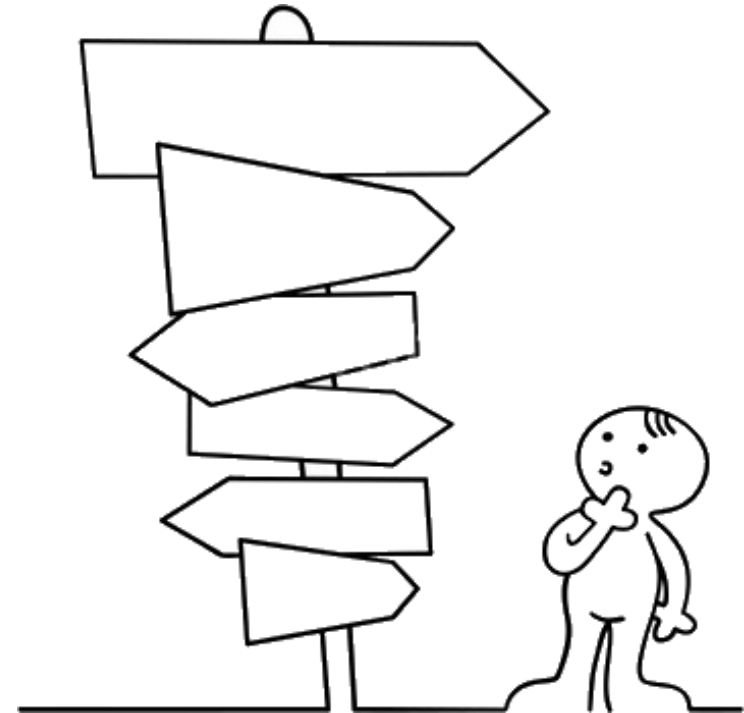
## PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

### Ruido

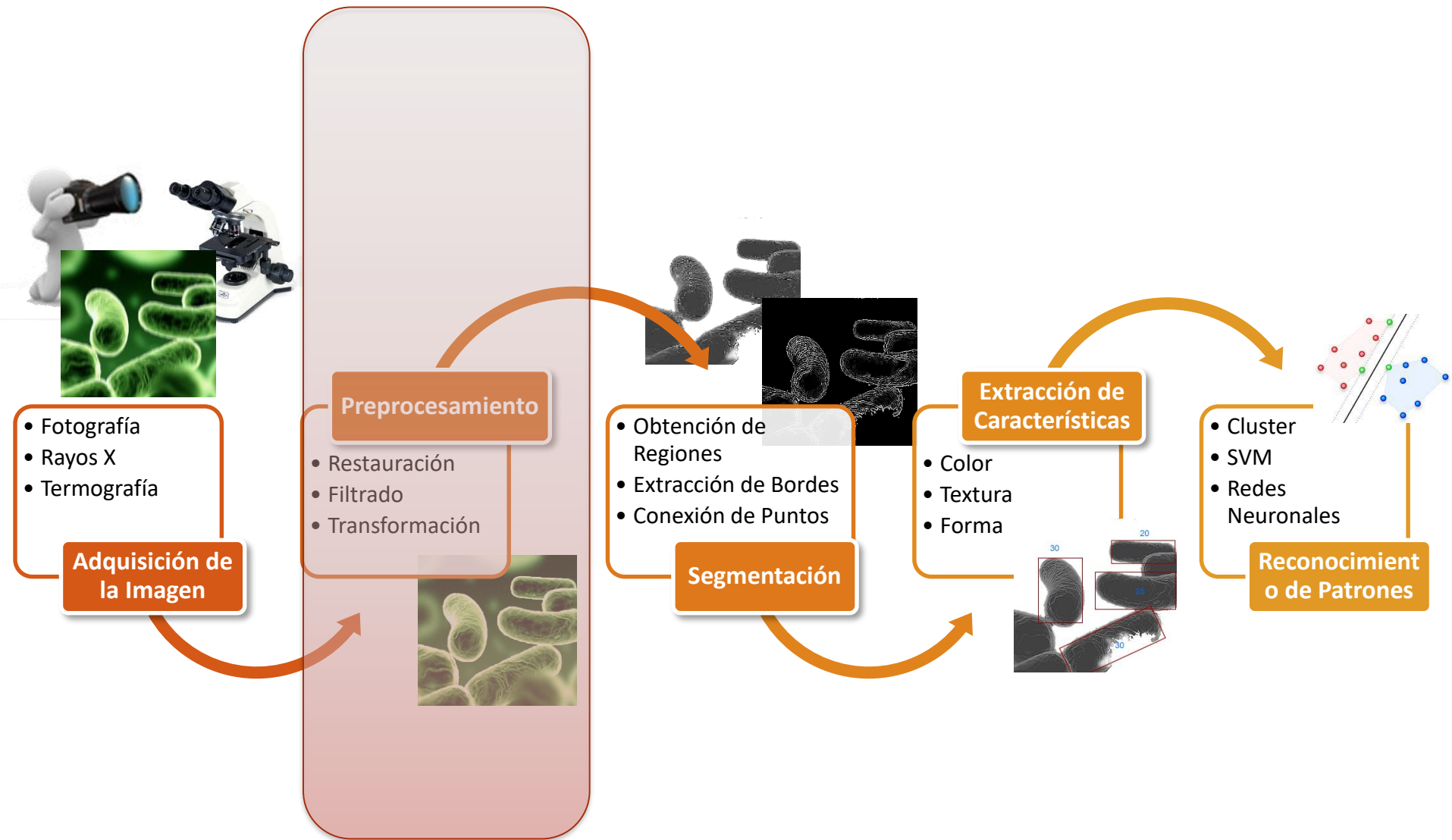
### Operaciones por vecindarios

 Convolución

 Filtrado espacial



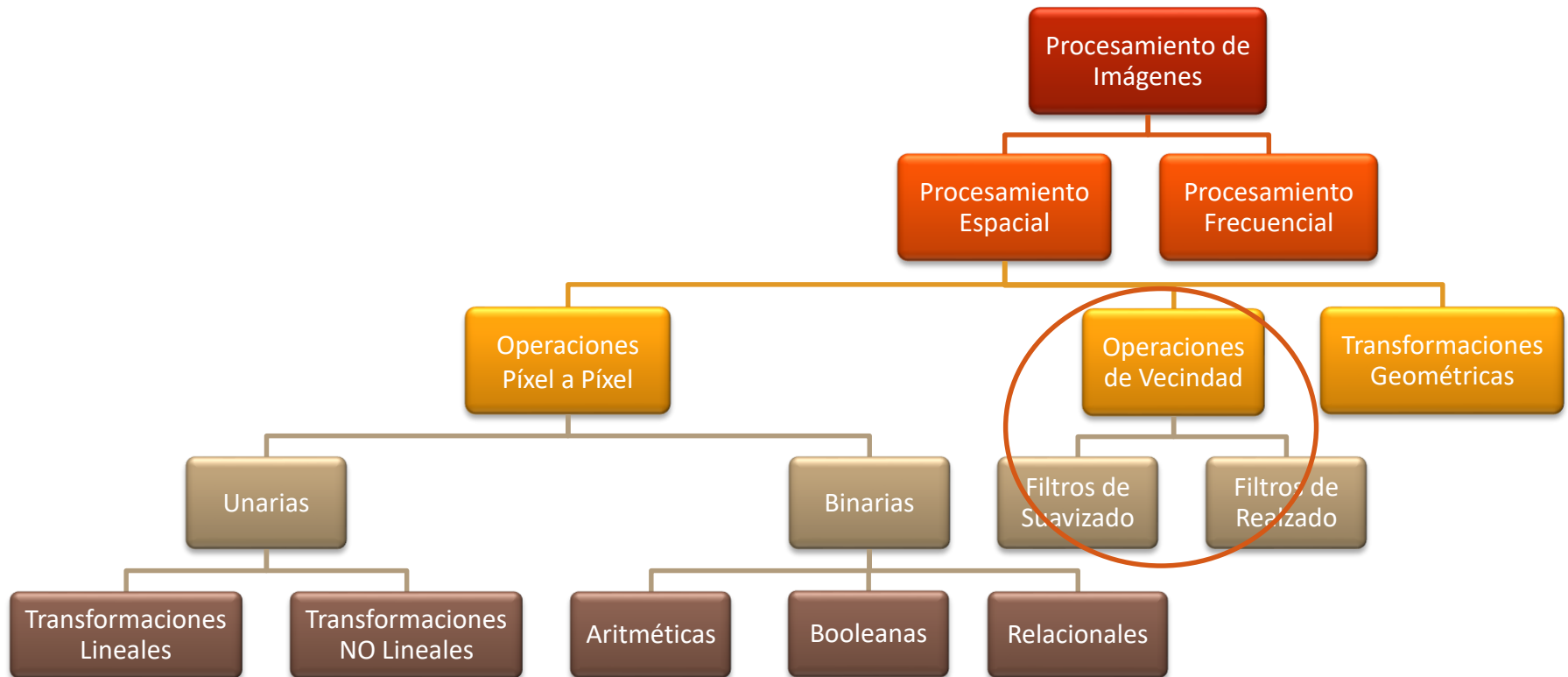
# ETAPAS DE UN SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL



# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## 🦋 EL PREPROCESAMIENTO

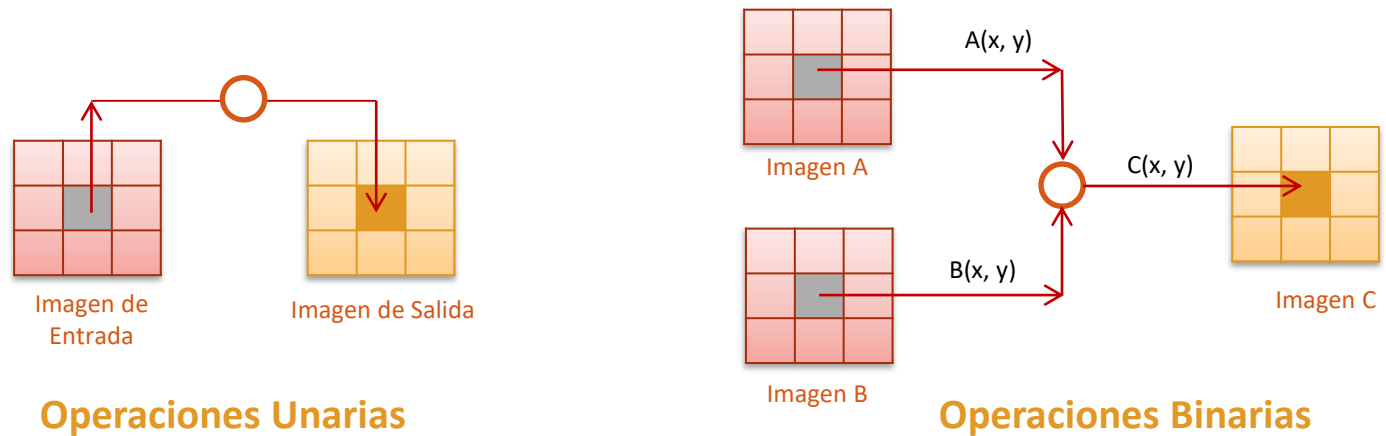
- 🌀 El objetivo del Preprocesamiento es **mejorar la calidad** y/o la apariencia de la imagen original para su análisis e interpretación.



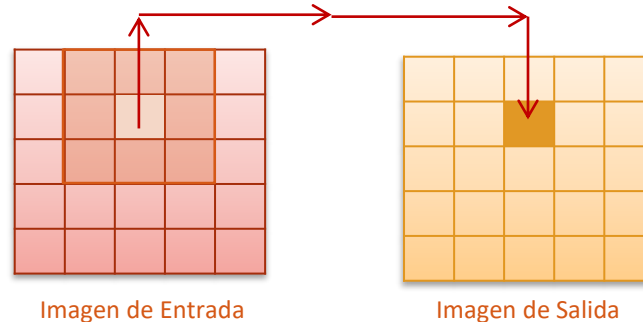
# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## 🦋 EL PREPROCESAMIENTO

🌀 Alteración **píxel a píxel** de la imagen (**Operaciones Puntuales**)



🌀 Operaciones basadas en múltiples puntos u **Operaciones de Vecindad**










# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES



EL RUIDO EN LAS IMÁGENES

# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## EL RUIDO EN LAS IMÁGENES

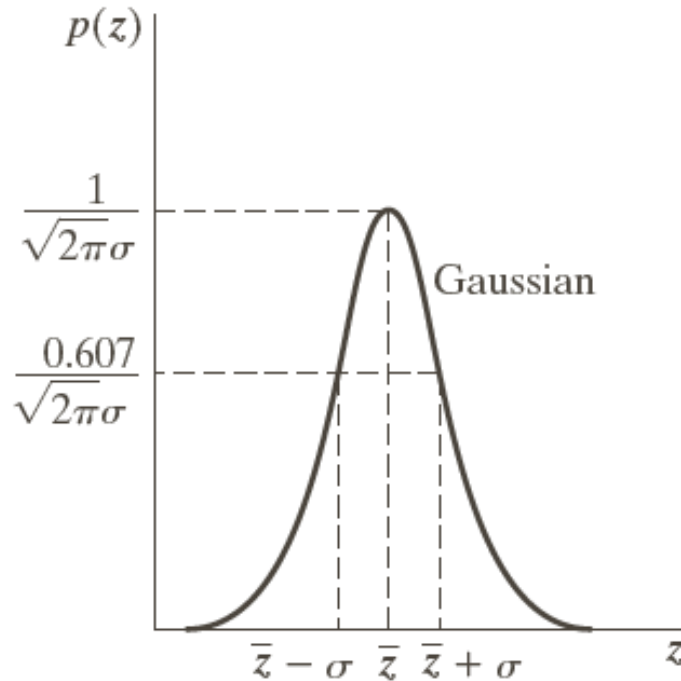
-  El **ruido digital** es algún tipo de información no deseada que contamina una imagen y/o degrada su calidad.
-  Existen diferentes **Tipos de Ruido** cuyas características probabilísticas permiten clasificarlos en dos:
  -  **El Ruido Local Determinístico**
    -  Presenta una forma y apariencia constante para cada sistema en particular
    -  Se manifiesta como una distribución constante y determinada dentro de la imagen
  -  **El Ruido Aleatorio** que es producido por fuentes imprevistas y su distribución es aleatoria y cambiante con el tiempo
-  El ruido se puede producir tanto en el proceso de adquisición de la imagen (por error en los sensores), así cómo por la transmisión (debido a interferencias en el canal de transmisión).



# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## 🦋 EL RUIDO EN LAS IMÁGENES

- 🌀 El **Ruido Gaussiano (o normal)**: Modela el ruido producido por los circuitos electrónicos o ruido de los sensores por falta de iluminación y/o altas temperaturas.



# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## 🌟 EL RUIDO EN LAS IMÁGENES

### 🌐 El Ruido Gaussiano (o normal):



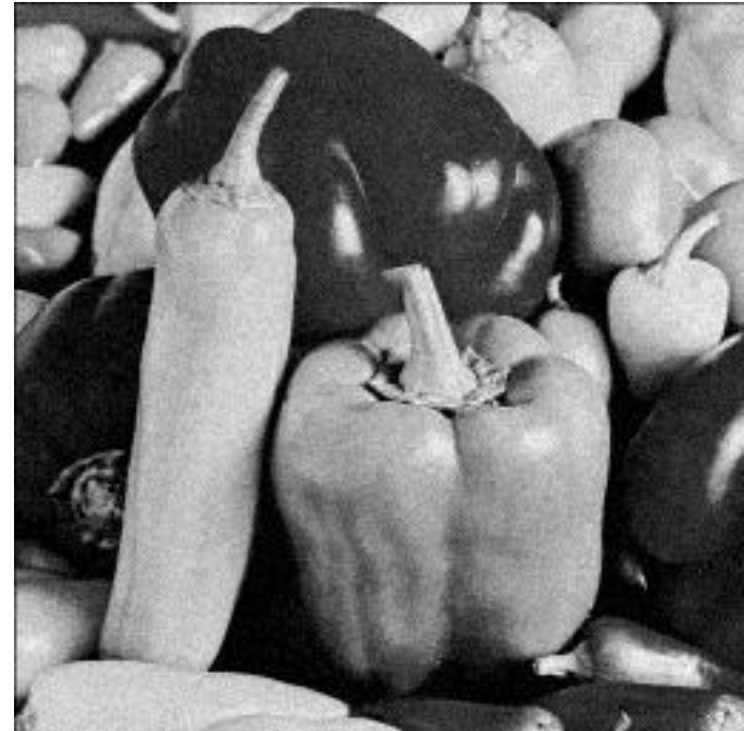
### 🌐 Ejemplo de Ruido producido con un ISO100



# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## 🌿 EL RUIDO EN LAS IMÁGENES

- 🌀 El **Ruido Uniforme** toma valores en un determinado intervalo de forma equiprobable. Se da en un menor número de situaciones reales.



# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## 🦋 EL RUIDO EN LAS IMÁGENES

- 🌀 El **Ruido Impulsivo** (o Sal y Pimienta) se produce normalmente en la cuantificación que se realiza en el proceso de digitalización y es muy común en la transmisión.



- 🌀 Defectos de captura e inclusión en el canal de transmisión incluyen un ruido que se eliminará una vez que se realice el pre-procesamiento.

# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## 🌟 EL RUIDO EN LAS IMÁGENES

🌀 ¿Cómo se puede suprimir el **Ruido** en las imágenes?

Las técnicas de supresión del ruido están estrechamente relacionadas con los algoritmos de suavizado y perfilado.

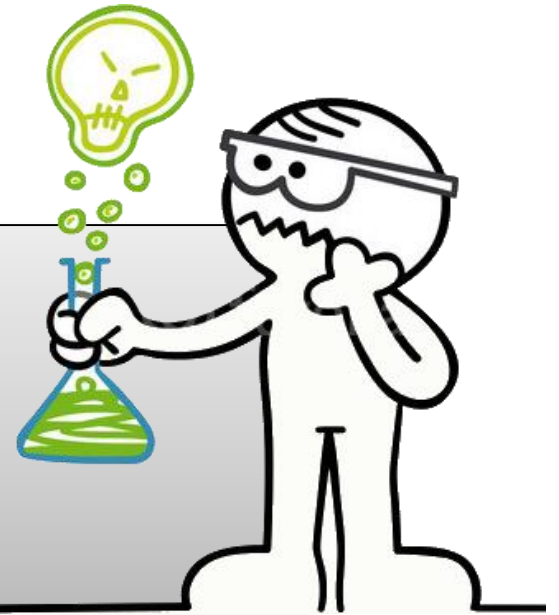
Aunque **todas** las técnicas suprimen el ruido satisfactoriamente, se prefieren los filtros espaciales ya que en general, tienen un mejor rendimiento con un menor costo en memoria y en tiempo de ejecución.

**OJO:** no existe un único **FILTRO** Lineal o NO Lineal que sea óptimo para todas las imágenes.



# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

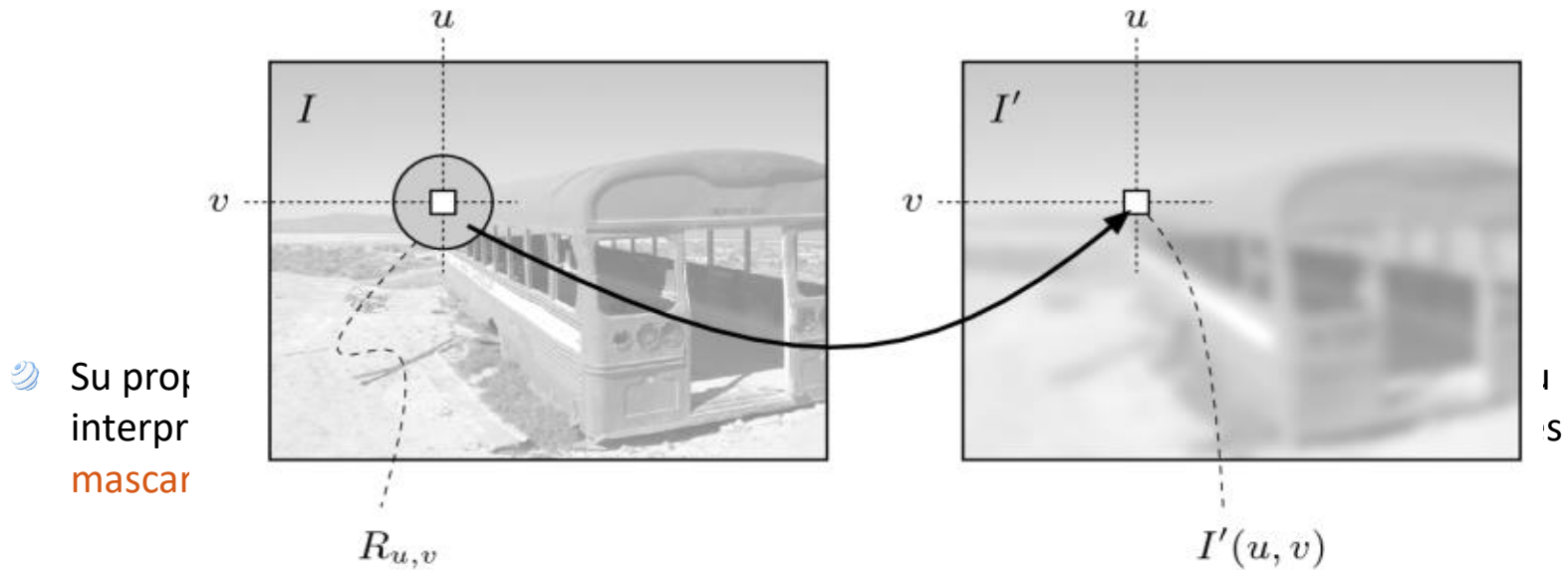
CONVOLUCIÓN



# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## 🦋 CONVOLUCIÓN

- 🌀 La **Convolución** es la operación elemental usada para aplicar las operaciones de vecindad.



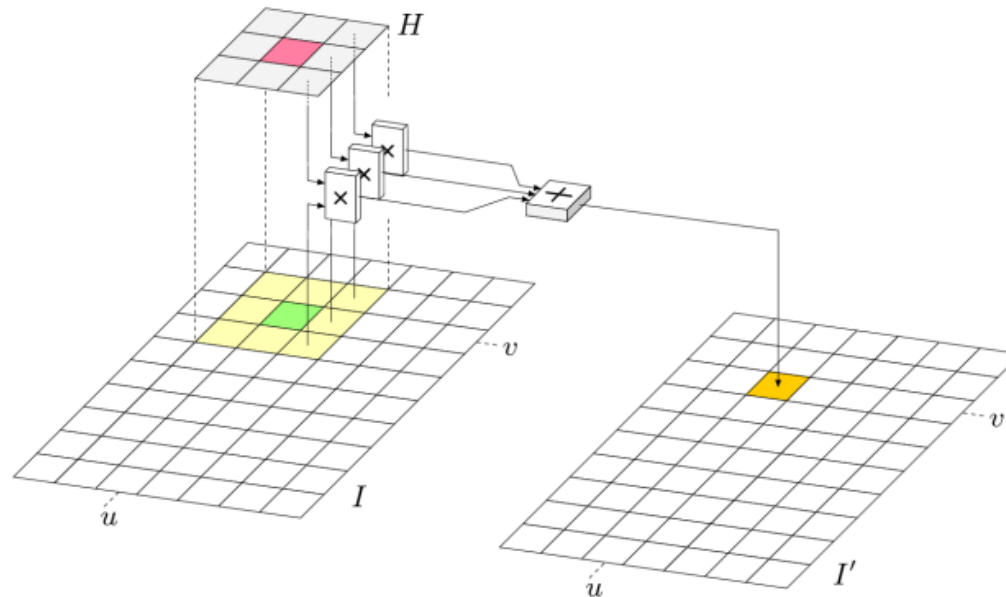


# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## 🦋 CONVOLUCIÓN

🌀 Matemáticamente ...

$$I'(x, y) = \sum_{u=-k}^k \sum_{v=-k}^k I(x+u, y+v) \cdot H(u, v)$$



**K** determina el número de vecinos que se tienen en cuenta y **H** es el kernel (o máscara de convolución)

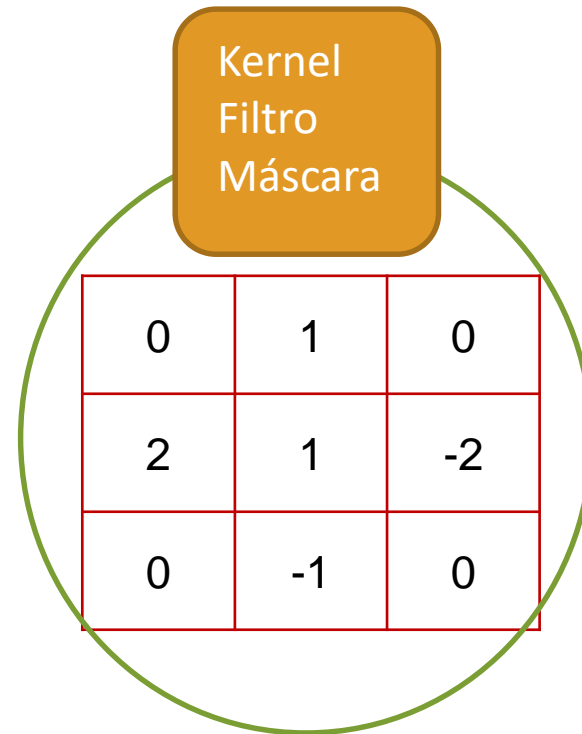


# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## 🦋 CONVOLUCIÓN

$$I'(x, y) = \sum_{u=-k}^k \sum_{v=-k}^k I(x+u, y+v) \cdot H(u, v)$$

90	67	68	75	78
92	87	73	78	82
63	102	89	76	98
45	83	109	80	130
39	69	92	115	154



$$I'(2, 1) = (67*0) + (68*1) + (75*0) + (87*2) + (73*1) + (78*-2) + (102*0) + (89*-1) + (76*0) \\ = ???$$

# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## 🦋 CONVOLUCIÓN

$$I'(x, y) = \sum_{u=-k}^k \sum_{v=-k}^k I(x+u, y+v) \cdot H(u, v)$$

90	67	68	75	78
92	87	73	78	82
63	102	89	76	98
45	83	109	80	130
39	69	92	115	154

Imagen de Entrada  
(I)

1	2	1
2	3	2
1	2	1

$\frac{1}{15} \times$

Kernel de Convolución  
(H)

	104			

Imagen de Salida  
(I')

$$I'(1,1) = \sum_{u=-1}^1 \sum_{v=-1}^1 I(1+u, 1+v) \cdot H(u, v) = \frac{[(90 \times 1) + (67 \times 2) + (68 \times 1) + (92 \times 2) + (87 \times 3) + (73 \times 2) + (63 \times 1) + (102 \times 2) + (89 \times 1)]}{15}$$

= 104

# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## 🦋 CONVOLUCIÓN

$$I'(x, y) = \sum_{u=-k}^k \sum_{v=-k}^k I(x+u, y+v) \cdot H(u, v)$$

90	67	68	75	78
92	87	73	78	82
63	102	89	76	98
45	83	109	80	130
39	69	92	115	154

Imagen de Entrada  
(I)

1	2	1
2	3	2
1	2	1

$\frac{1}{15} \times$

Kernel de Convolución  
(H)

	104	79		

Imagen de Salida  
(I')

$$I'(1,2) = \sum_{u=-1}^1 \sum_{v=-1}^1 I(1+u, 2+v) \cdot H(u, v) = \frac{[(67 \times 1) + (68 \times 2) + (75 \times 1) + (87 \times 2) + (73 \times 3) + (78 \times 2) + (102 \times 1) + (89 \times 2) + (76 \times 1)]}{15} = 79$$

# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## 🦋 CONVOLUCIÓN - EJERCICIO

$$I'(x, y) = \sum_{u=-k}^k \sum_{v=-k}^k I(x+u, y+v) \cdot H(u, v)$$

128	125	124	45	48
125	124	45	48	123
124	45	48	123	120
45	48	123	121	118
48	123	120	115	114

Imagen de Entrada

1	2	1
0	0	0
-1	-2	-1

Mascara de Convolución


Imagen de Salida

# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## 🦋 CONVOLUCIÓN – TRATAMIENTO DE BORDES

🌀 Un **problema** que se debe considerar cuando se realiza la convolución de una imagen es ...

🌀 ¿Qué pasa con los bordes de la imagen?

?	?	?		
?	90	67	68	75
?	92	87	73	78
	63	102	89	76
	45	83	109	80

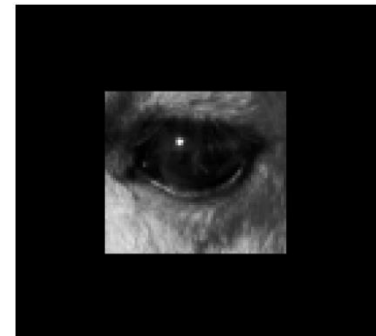
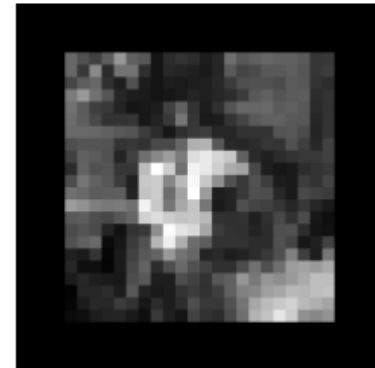


# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## 🦋 CONVOLUCIÓN – TRATAMIENTO DE BORDES

- 🌐 **Solución:** se tratan los borde la imagen con valor cero (**zero-padding**). No es conveniente si los bordes de la imagen son importantes.

0	0	0		
0	90	67	68	75
0	92	87	73	78
	63	102	89	76
	45	83	109	80

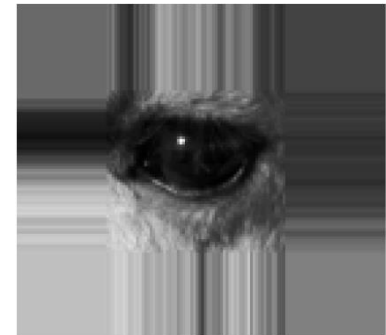


# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## 🦋 CONVOLUCIÓN – TRATAMIENTO DE BORDES

- 🌐 **Solución:** duplicar (**extend**) los bordes de la imagen tantos píxeles como vecinos se consideren en la máscara de convolución.

90	90	67	68	75
90	90	67	68	75
92	92	87	73	78
63	63	102	89	76
45	45	83	109	80

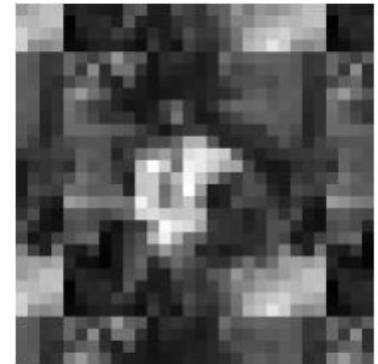


# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## 🦋 CONVOLUCIÓN – TRATAMIENTO DE BORDES

- 🌐 **Solución:** envolver la imagen (**wrap**), es decir, considerar como píxel contiguo al del borde izquierdo, el píxel del borde derecho y viceversa, así como con los del borde superior e inferior.

80	45	83	68	80	45
75	90	67	68	75	90
78	92	87	73	78	92
76	63	102	89	76	63
80	45	83	109	80	45
			68	75	90



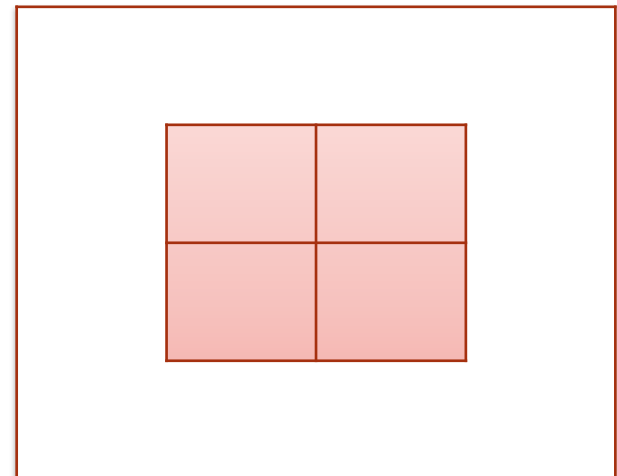


# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## 🦋 CONVOLUCIÓN – TRATAMIENTO DE BORDES

- 🌀 **Solución:** se puede empezar la convolución en la primera posición donde la ventana no sobresalga de la imagen (**crop**). En este caso, la imagen resultante será más pequeña que la original.

90	67	68	75
92	87	73	78
63	102	89	76
45	83	109	80




# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## CONVOLUCIÓN - PROPIEDADES


-  Propiedad **Conmutatividad** de la Convolución:

$$I * H = H * I$$

-  Esta propiedad indica que podemos pensar en la imagen como un kernel y en el kernel como la imagen y obtener el mismo resultado. En otras palabras, se puede dejar la imagen fija y deslizar el kernel o dejar el kernel fijo y deslizar la imagen.

-  Propiedad **Asociativa** de la Convolución:

$$(I * H_1) * H_2 = I * (H_1 * H_2)$$

-  Esto significa que podemos aplicar  $H_1$  a  $I$  seguido de  $H_2$ , o podemos convolucionar los kernels  $H_2 * H_1$  y luego aplicar la convolución resultante a  $I$


# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## CONVOLUCIÓN - PROPIEDADES

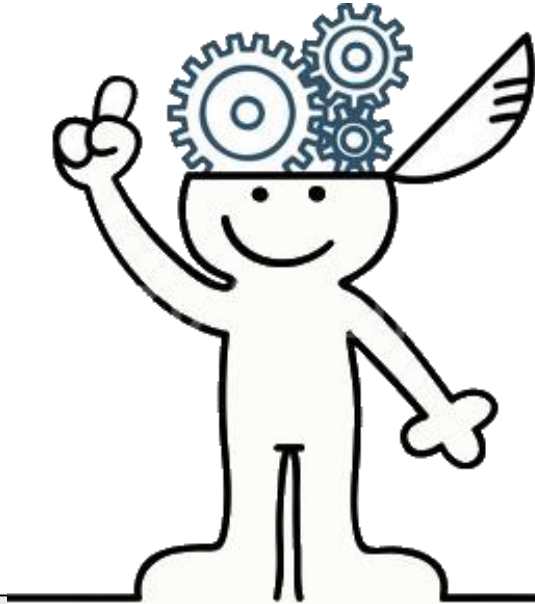
 Propiedad de **Linealidad** de la Convolución:

$$(a \cdot I) * H = a \cdot (I * H)$$

$$(I_1 + I_2) * H = (I_1 * H) + (I_2 * H)$$

 Esta propiedad permite que podemos multiplicar la imagen por una constante antes o después de convolución, y también que podemos sumar dos imágenes antes o después de la convolución y obtener los mismos resultados.

# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES



FILTRADO ESPACIAL

# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## FILTRADO ESPACIAL

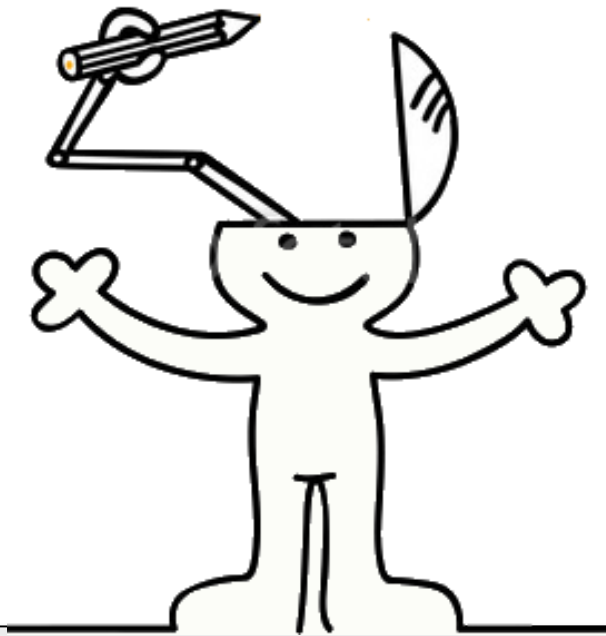
- 🌀 El **Filtrado Espacial** se emplea para resaltar o atenuar los detalles espaciales de una imagen. Existen diferentes tipos de filtros espaciales y existen diferentes clasificaciones para los mismos:

- 🌀 **Filtros Lineales** (filtros basados en máscaras de convolución):

- ✓ Filtros de Suavizado o Paso Bajo que permite el paso de frecuencias bajas
- ✓ Filtros de Realzado o Paso Alto que permite el paso de frecuencias altas
- ✓ Filtros Paso Banda que permite el paso de un rango intermedio de frecuencias

- 🌀 **Filtros NO Lineales** (Filtros estadísticos)

# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES



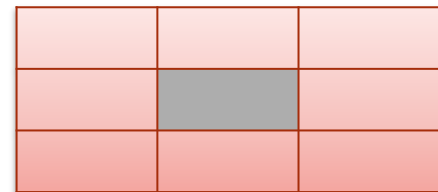
FILTROS LINEALES PARA  
**SUAVIZADO**

# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## 🚀 FILTRADO ESPACIAL - SUAVIZADO

- 🌀 Los **Filtros de Suavizado** (o Paso Bajo) se usan para suavizar los detalles de la imagen, reducir el ruido y atenuar otros detalles irrelevantes de la imagen.
- 🌀 El filtro de suavizado más simple, intuitivo y fácil de implementar es el **Filtro de la Media**. Este filtro permite reducir las variaciones de intensidad entre píxeles vecinos, calculando el promedio de los mismos.
- 🌀 ¿Cómo funciona? Se visita cada píxel de la imagen y se reemplaza por el promedio de los píxeles vecinos.

Ejemplo de máscara de convolución de  
3x3 para el filtro de la media



# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## 🎨 FILTRADO ESPACIAL - SUAVIZADO

- 🌀 El **Filtro Media (o Promedio)** promedia los valores de intensidad de los píxeles en el vecindario.



e filt





# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## FILTRADO ESPACIAL - SUAVIZADO

- 🌀 El **Filtro de la Media** tiene algunas **desventajas**, entre ellas:
  - 🌀 Dado que la media, como medida estadística, es sensible a los valores extremos, este filtro tiene a ser muy sensible a los cambios de intensidad en la vecindad.
  - 🌀 Como se promedian los valores de intensidad de píxeles vecinos, existe la posibilidad de que se generen valores de grises que originalmente no se encontraban en la imagen.
  - 🌀 El efecto de suavizado (o difuminado) se acentúa más conforme crece el tamaño de la mascara de convolución.

# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## 🦋 FILTRADO ESPACIAL - SUAVIZADO



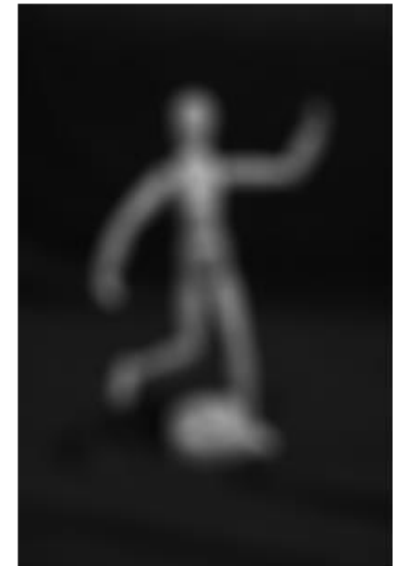
Original



$7 \times 7$



$15 \times 15$



$41 \times 41$

# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## FILTRADO ESPACIAL - SUAVIZADO



Imagen de entrada



Media de 5x5



Media de 11x11



Media de 21x21

# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## FILTRADO ESPACIAL - SUAVIZADO

- Existen otras máscaras para el **Filtro de la Media** que son “ponderadas”, es decir, le dan más importancia a ciertos píxeles:

$1/10 *$

1	1	1
1	2	1
1	1	1

$1/16*$

1	2	1
2	4	2
1	2	1

En algunos casos puede resultar útil aplicar este filtro de forma direccional:

1	1	1	1	1
---	---	---	---	---

1
1
1

0	0	1
0	1	0
1	0	0

# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## 🦋 FILTRADO ESPACIAL - SUAVIZADO

🕒 Ejemplo de aplicación del **Filtro de la Media** en una sola dirección:



Media horiz. 31p



Media vert. 31p

# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## FILTRADO ESPACIAL - SUAVIZADO

- 🌀 Otro de suavizado es el **Filtro Gaussiano** el cual se usa para suavizar imágenes y eliminar ruido. Es similar al filtro de media pero se usa una máscara diferente que se crea con base en una función gaussiana.

$$G(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}$$

- 🌀 Por ejemplo, una máscara de 5x5 con una  $\sigma = 1.0$  es:

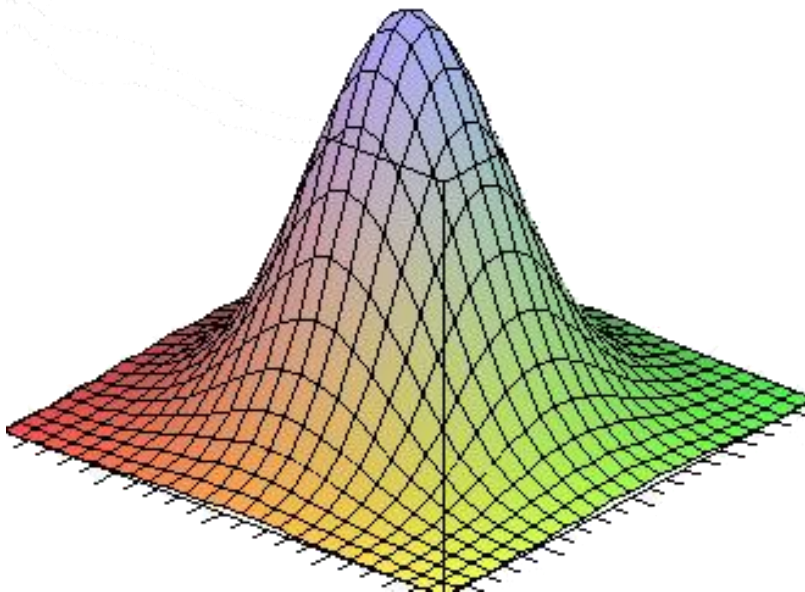
$$\frac{1}{273} \times$$

1	4	7	4	1
4	16	26	16	4
7	26	41	26	7
4	16	26	16	4
1	4	7	4	1

# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## FILTRADO ESPACIAL - SUAVIZADO

- Al utilizarse una campana de Gauss el suavizado toma la forma de la campana. La varianza determina la amplitud de campana ... mayor varianza, mayor amplitud y viceversa.









0	0	1	1	1	0	0
0	1	1	1	1	1	0
1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1
0	1	1	1	1	1	0
0	0	1	1	1	0	0

Esta no es una mascara Gausiana, y solo  
busca ilustrar su forma

# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## FILTRADO ESPACIAL - SUAVIZADO

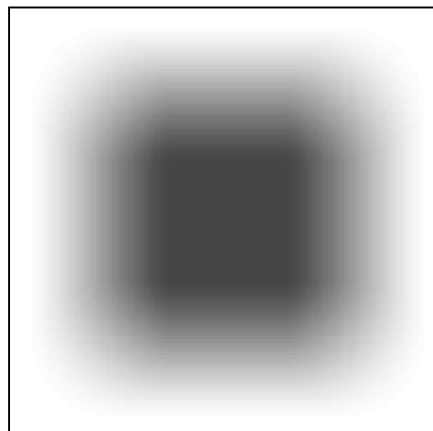
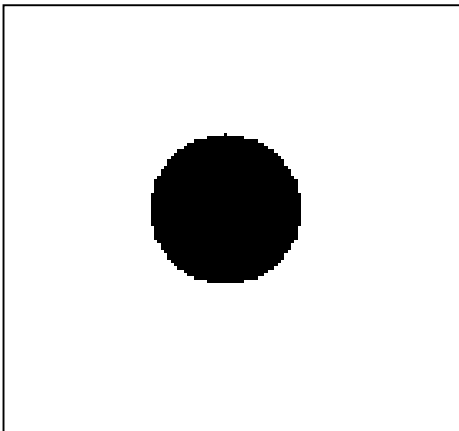
-  Algunas de las propiedades del **Filtro Gaussiano** son:
  -  Su simetría rotacional lo que permite que el filtro tenga el mismo efecto en todas las direcciones
  -  El peso de los píxeles vecinos decrece con la distancia al centro, por lo que cuanto más alejado está un píxel, menos significativo es
  -  Preserva las bajas frecuencias y tiende a eliminar las altas (por ser un paso bajo)
  -  El grado de filtrado es controlado por  $\sigma$ , tal que a mayor  $\sigma$  mayor suavizado
  -  El filtro Gaussiano, en general, da mejores resultados que un simple promedio o media y se argumenta que la vista humana hace un filtrado de este tipo.



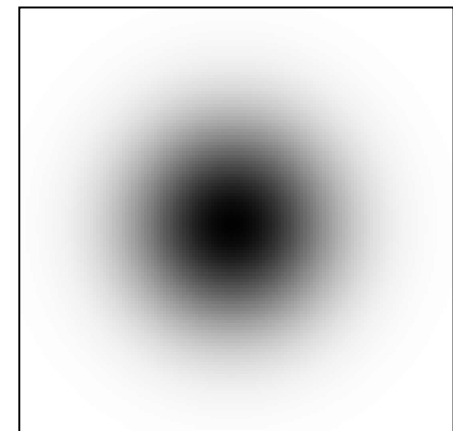
# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## 🚀 FILTRADO ESPACIAL - SUAVIZADO

- 🌀 Una de las ventajas del **Filtro Gaussiano** es que no produce los resultados “rectangulares” que suelen obtenerse con el **Filtro de la Media** cuando las máscaras son grandes:



Suavizado usando un Filtro  
Promedio



Suavizado usando un Filtro  
Gaussiano

# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## 🌿 FILTRADO ESPACIAL - SUAVIZADO



(b)

(c)

(d)



(e)

(f)

(g)

(a) The Lenna image; (b) (c) (d) filtered images using mean filtering with mask size 3, 7, 11; (e) (f) (g) filtered images using Gaussian filtering with different variances at 1, 5, 9.

# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## 🦋 FILTRADO ESPACIAL – SUAVIZADO



Media de 11x11



Media de 21x21



Gaussiana 21x21

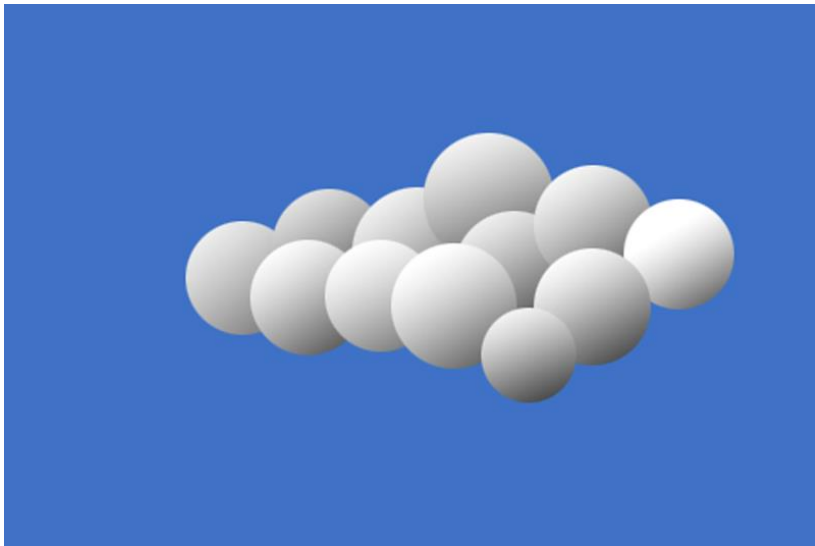


Gaussiana 41x41

# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## 🦋 FILTRADO ESPACIAL - SUAVIZADO

🌀 Un ejemplo práctico (para efectos) del uso del **Filtro Gaussiano**:



# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## 🦋 FILTRADO ESPACIAL - SUAVIZADO

🌀 Creación del efecto de niebla usando un **Filtro Gaussiano**:

**A.** Imagen original



**B.** Suaviz. gauss. 40x40



Suma:  $0,3A + 0,7B$



# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

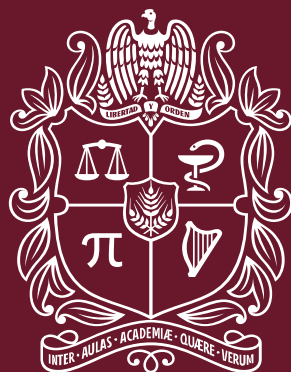
## 👉 FILTRADO ESPACIAL - SUAVIZADO

- 🕒 El **Filtro Gaussiano** también es usado para dar resaltar ciertos objetos en la escena:



# PREGUNTAS





UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA