



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA

# **VISIÓN ARTIFICIAL**

**2022 – 2S**

<https://drive.google.com/drive/folders/11ytPmqjUTWVC4-zBKqN8hUL-G5HxLCVx?usp=sharing>

**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**

**DIOSELIN ESTEBAN BRITO**

**Monitor**

**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, DIEGO PATIÑO, CARLOS MERA, PEDRO

ATENCIO, ALBERTO CEBALLOS, JAIRO RODRÍGUEZ, DIOSELIN BRITO A LOS CUALES DAMOS CRÉDITO.

# METODOLOGÍA ENSEÑANZA – APRENDIZAJE

## Sesiones Híbridas: Presenciales y Remotas

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.

# EVALUACIÓN



<b>Trabajo Final ((Póster + Presentación)</b> <b>Entrega: 21 de noviembre de 2022</b>	50%
<b>Certificación Coursera (Computer Vision Basics)</b> <b>Entrega: 28 de noviembre de 2022</b> <a href="https://www.coursera.org/programs/coursera-para-la-universidad-nacional-de-colombia-ji3sj/browse?currentTab=MY_COURSES&amp;productId=5YCz7-zMEeeMzQrhp6Bs1g&amp;productType=course&amp;query=digital+image+processing++&amp;showMiniModal=true">https://www.coursera.org/programs/coursera-para-la-universidad-nacional-de-colombia-ji3sj/browse?currentTab=MY_COURSES&amp;productId=5YCz7-zMEeeMzQrhp6Bs1g&amp;productType=course&amp;query=digital+image+processing++&amp;showMiniModal=true</a>	25%
<b>Parcial (Adquisición + Procesamiento + Segmentación)</b> <b>Entrega: 17 de octubre de 2022</b>	25%

# CRITERIOS DE EVALUACIÓN

CRITERIO	VALOR
<b>Descripción del dataset:</b> Detalla el origen de los datos, describe su contexto, su composición, cantidad, distribución, limitantes.	10%
<b>Metodología:</b> Describe los métodos usados, argumentan la selección de los mismos. La estructura del código fuente es coherente con los métodos, hay orden lógico y comentarios que permiten tener una idea clara de la función de los bloques de código.	35%
<b>Presentación de resultados y uso de métricas:</b> Hay un cuadro comparativo de las diferentes métricas empleadas, en los métodos elegidos. Hay un orden lógico en la presentación de las métricas, y se explican sus resultados, se eligieron métricas coherentes con los métodos empleados, hay gráficos explicativos de las métricas.	20%
<b>Análisis y conclusiones:</b> Hay una explicación del proceso llevado a cabo, se analizan los resultados obtenidos en las métricas y el porqué de sus diferencias, se concluye de manera clara, cuales son las mejoras posibles y los inconvenientes presentados durante el proceso.	35%

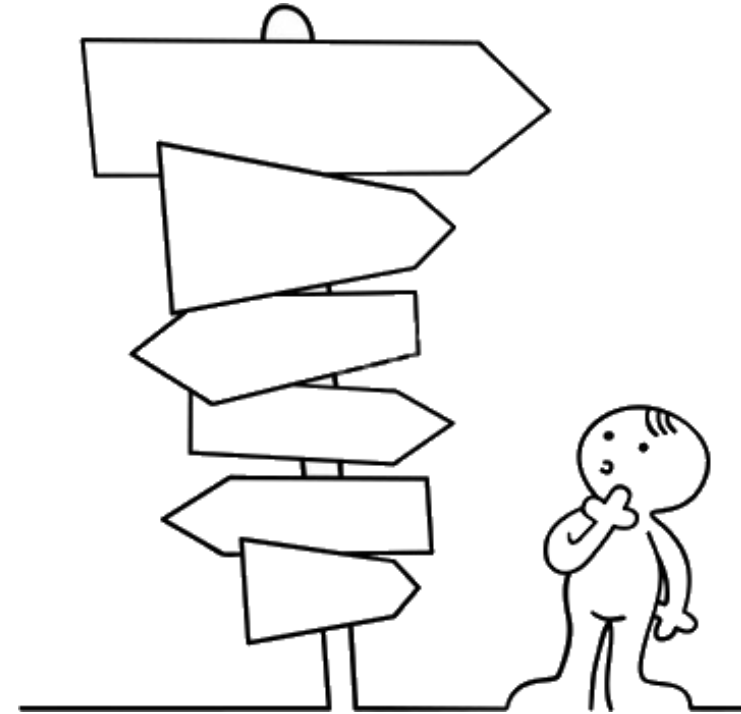
# EN LA CLASE DE HOY ...

## 🦋 SEGMENTACIÓN DE IMÁGENES

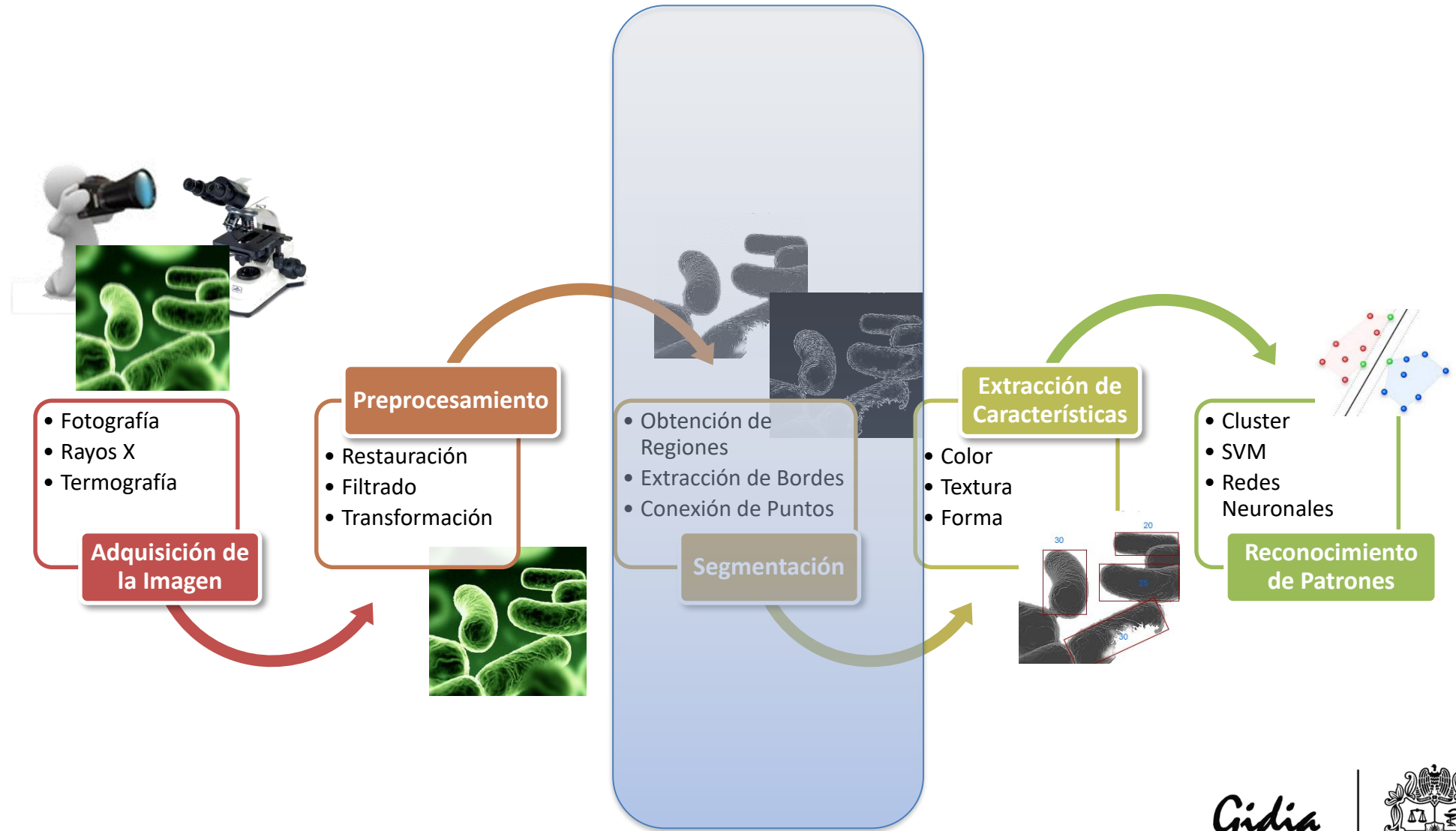
### 🌀 Operaciones Morfológicas

- 🌀 Introducción
- 🌀 Dilatación y Erosión
- 🌀 Apertura y Cierre
- 🌀 Otros Operadores Morfológicos
  - ✓ Extracción de Bordes
  - ✓ Relleno de Regiones
  - ✓ Extracción de Componentes Conexas
  - ✓ Transformada Hit-or-Miss
  - ✓ Adelgazamiento y Engrosamiento
  - ✓ Extracción del Esqueleto y Poda

### 🌀 Morfología en imágenes en Niveles de Gris



# ETAPAS DE UN SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL



# SEGMENTACIÓN DE IMÁGENES



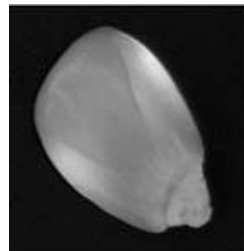
OPERACIONES MORFOLÓGICAS



# Segmentación de Imágenes


## 🦋 OPERACIONES MORFOLÓGICAS

- 🌀 Las **Operaciones Morfológicas** son operaciones que afectan **la forma** de los objetos en la imagen. Este tipo de operaciones está definido principalmente para *imágenes binarias* y se basan en la *teoría de conjuntos*.
- 🌀 Las operaciones morfológicas se usan para:
  - 🌀 Simplificar las imágenes mientras se conservan las principales características de forma de los objetos.
  - 🌀 Destacar la estructura de los objetos (extraer el esqueleto, obtener bordes,...)




# Segmentación de Imágenes

## OPERACIONES MORFOLÓGICAS


 Las **Operaciones Morfológicas** se basan en la **Teoría de Conjuntos** ...


Sean A y B dos conjuntos, se tiene que:


 **La Intersección:**  $A \cap B = \{x \mid x \in A \wedge x \in B\}$

 **La Unión:**  $A \cup B = \{x \mid x \in A \vee x \in B\}$

 **El Complemento:**  $A^c = \{x \mid x \notin A\}$

 **La Diferencia:**  $A - B = \{x \mid x \in A \wedge x \notin B\} = A \cap B^c$

 **La Reflexión:**  $\hat{A} = \{x \mid x = -a, \text{ para } a \in A\}$

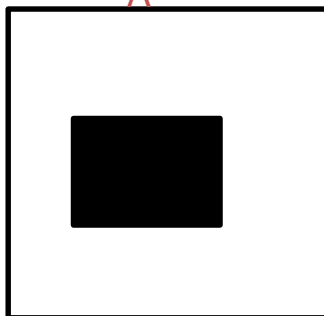
 **La Traslación:**  $(A)_z = \{a + z \mid a \in A\}$

# Segmentación de Imágenes

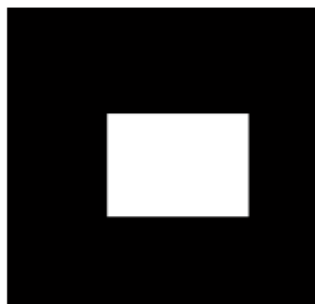
## 🦋 OPERACIONES MORFOLÓGICAS



A



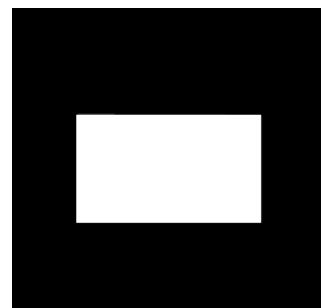
$A^c$



B



$E = A - B$



$A \cup B$



$\hat{E}$



$A \cap B$



$(E)_z$

# Segmentación de Imágenes

## OPERACIONES MORFOLÓGICAS

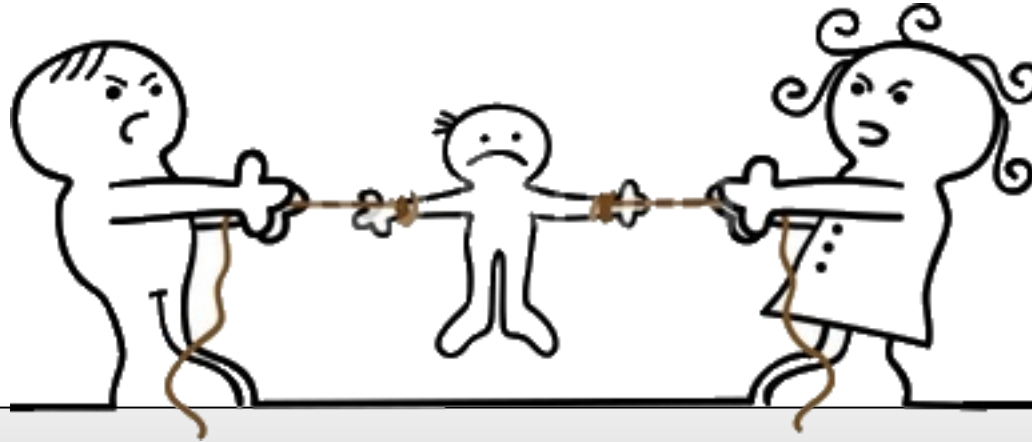
- Las operaciones morfológicas, generalmente, utilizan un “conjunto” o “imagen” denominado **Elemento Estructurante**.
- Cuando se usa la teoría de conjuntos en las operaciones morfológicas, se considera al conjunto **A** la *imagen original* y al conjunto **B** el *Elemento Estructurante*.
- El elemento estructurante es en morfología matemática lo que la máscara de convolución es en los filtros lineales.
- Ejemplos de elementos estructurantes son:

1	1	1
1	1	1
1	1	1

0	1	0
1	1	1
0	1	0

1	0	1
0	1	0
1	0	1

# SEGMENTACIÓN DE IMÁGENES



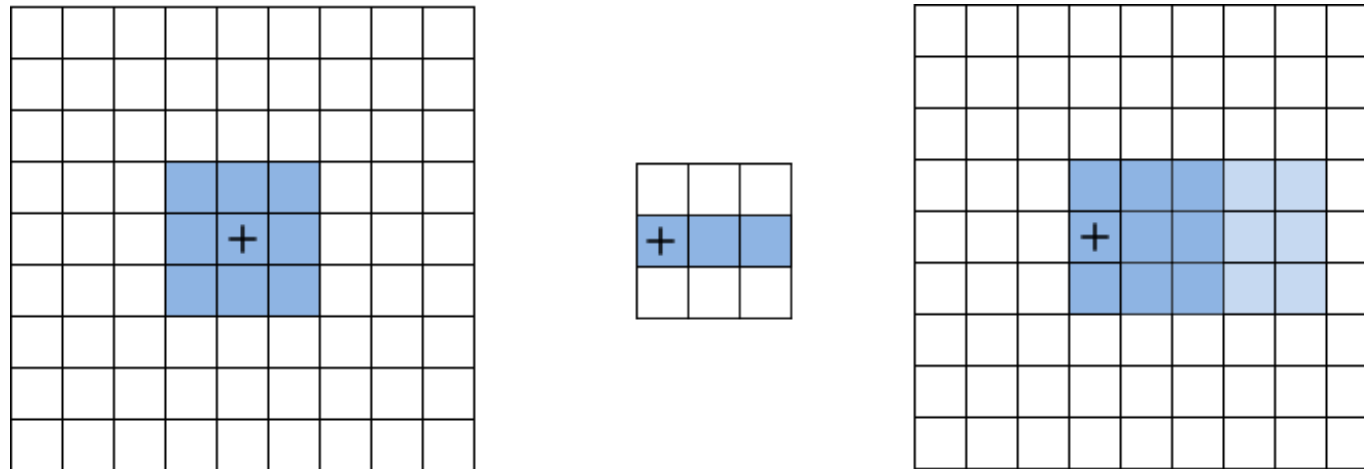
OPERACIONES MORFOLÓGICAS:  
DILATACIÓN

# Segmentación de Imágenes

## OPERACIONES MORFOLÓGICAS

- La **Dilatación** permite agregar pixeles a un objeto haciéndolo más grande. Todas las operaciones morfológicas actúan sobre el vecindario del píxel objetivo.

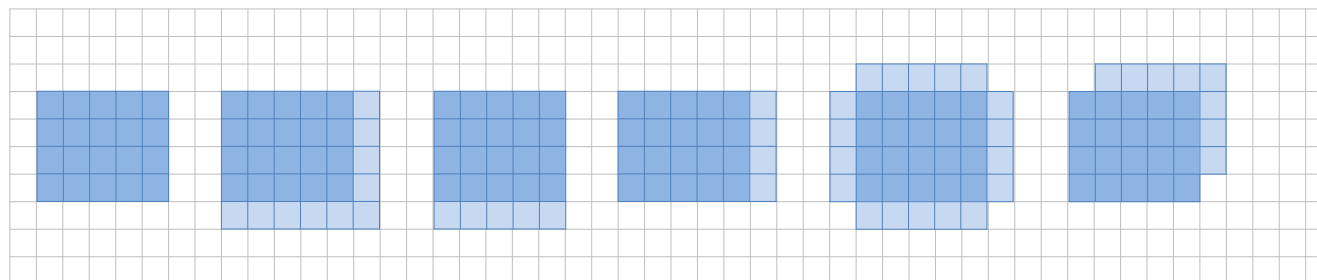
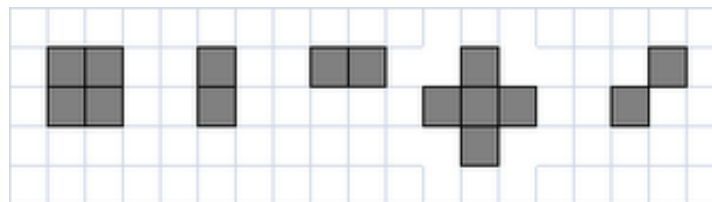
$$A \oplus B = \{z \mid (\hat{B})_z \cap A \neq \emptyset\} = \{a + b \mid a \in A \wedge b \in B\}$$



# Segmentación de Imágenes

## 🦋 OPERACIONES MORFOLÓGICAS

### 🌀 Ejemplos de Dilatación



# Segmentación de Imágenes

## 🦋 OPERACIONES MORFOLÓGICAS

### 🌀 Ejemplos de Dilatación

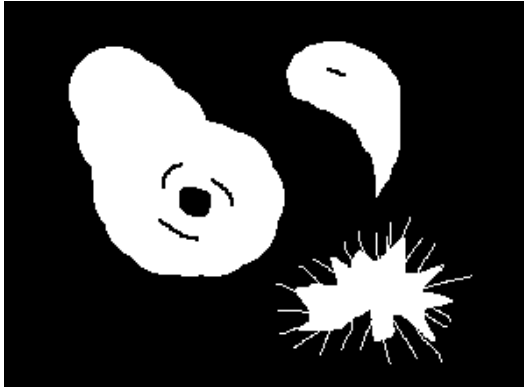
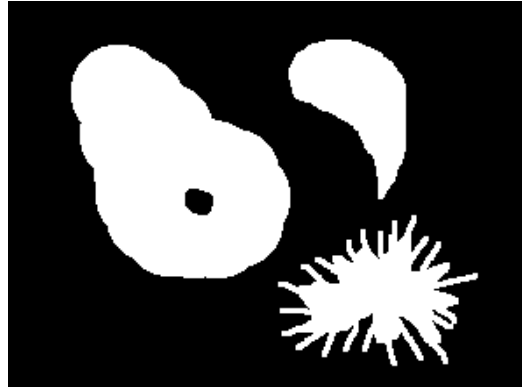
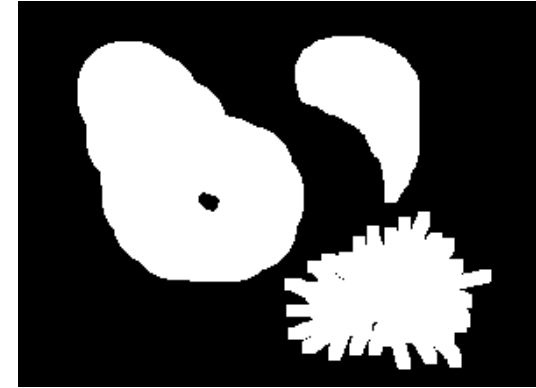


Imagen Original



Primera Dilatación



Segunda Dilatación

1	1	1
1	1	1
1	1	1

Elemento Estructurante



# Segmentación de Imágenes

## 🦋 OPERACIONES MORFOLÓGICAS

### 🌀 Ejemplos de Dilatación

0	1	0
1	1	1
0	1	0

Historically, certain computer programs were written using only two digits rather than four to define the applicable year. Accordingly, the company's software may recognize a date using "00" as 1900 rather than the year 2000.



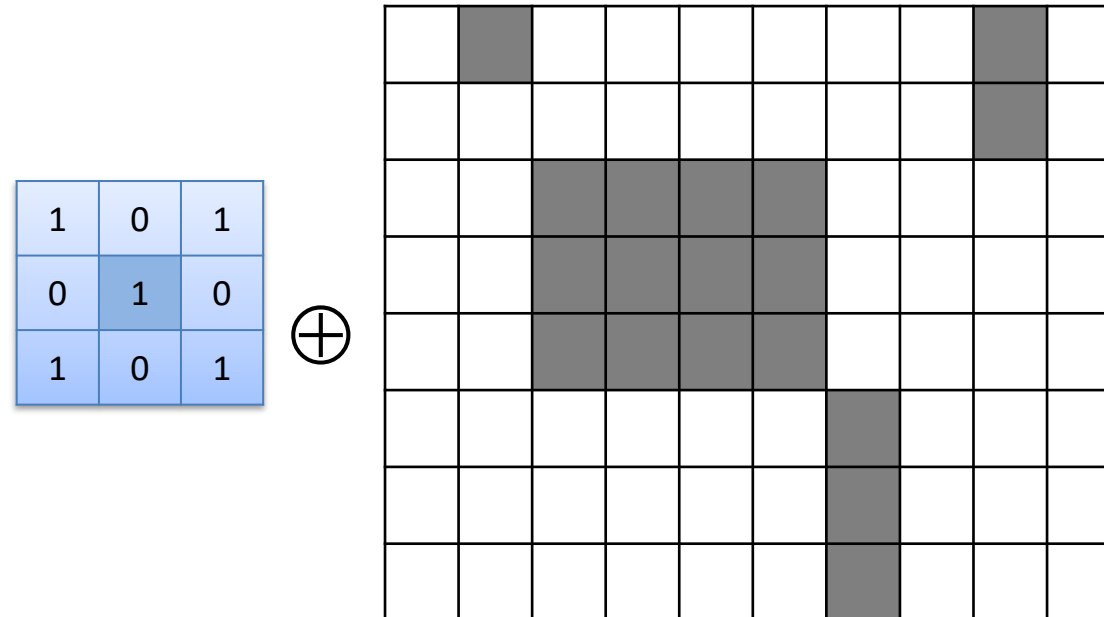
**Historically, certain computer programs were written using only two digits rather than four to define the applicable year. Accordingly, the company's software may recognize a date using "00" as 1900 rather than the year 2000.**



# Segmentación de Imágenes

## OPERACIONES MORFOLÓGICAS

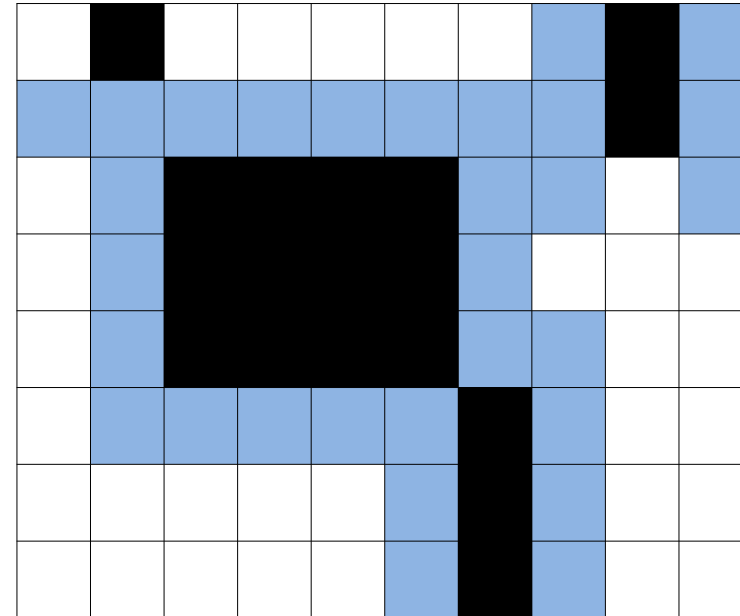
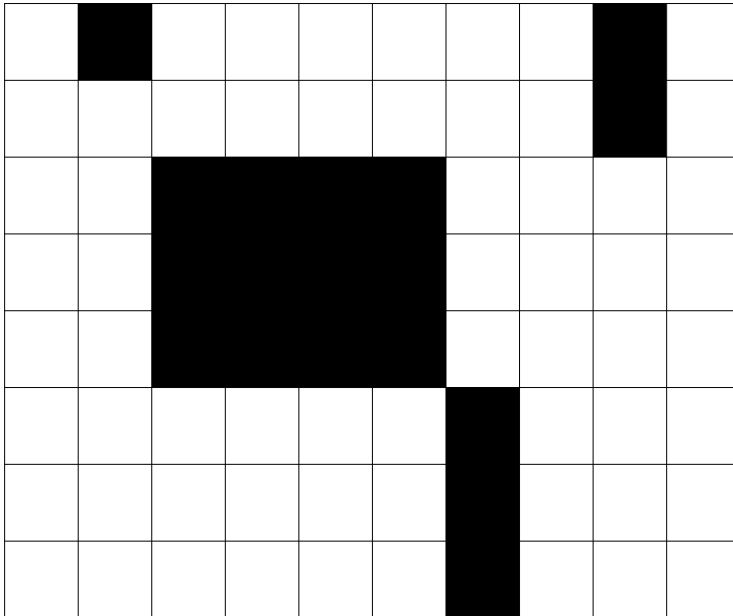
### Ejercicio de Dilatación



# Segmentación de Imágenes

## OPERACIONES MORFOLÓGICAS

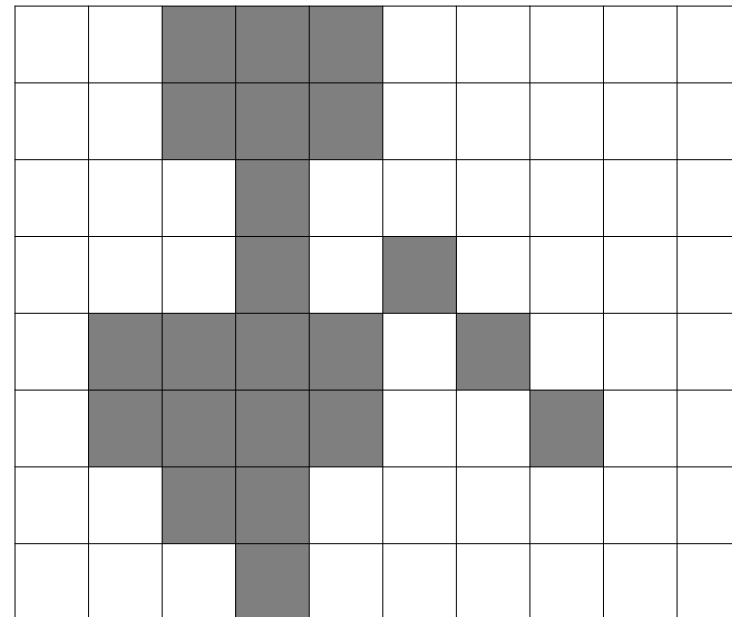
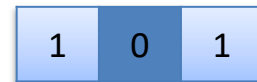
### Ejercicio de Dilatación



# Segmentación de Imágenes


## OPERACIONES MORFOLÓGICAS

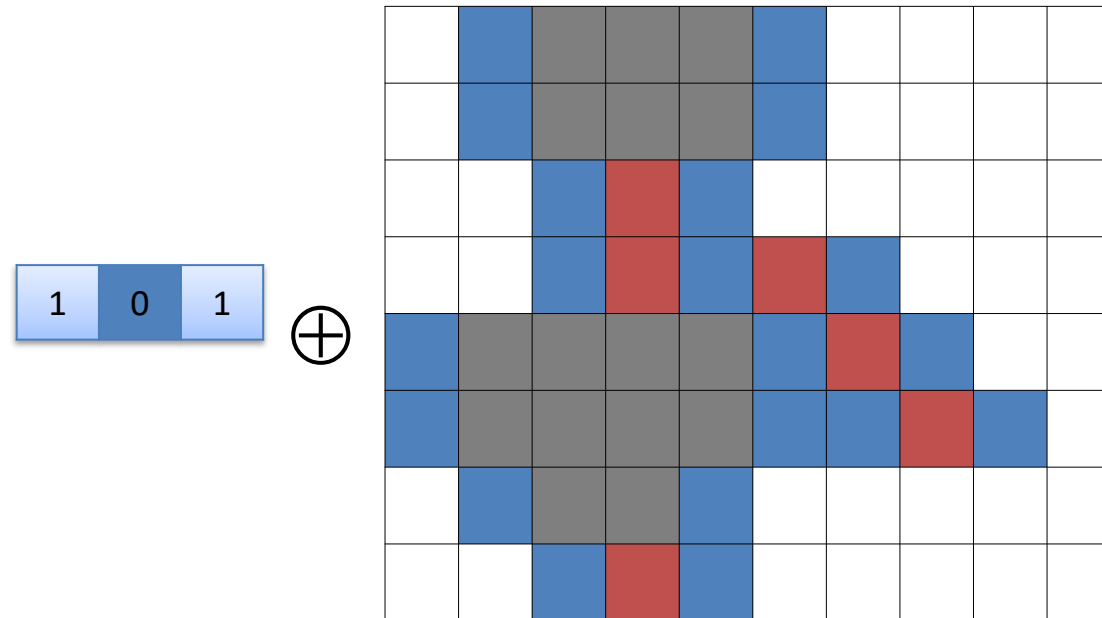
### Ejercicio de Dilatación



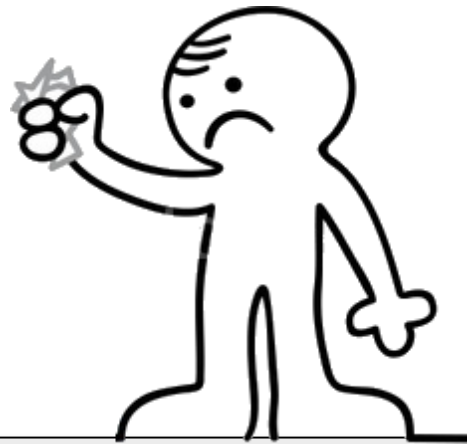
# Segmentación de Imágenes

## OPERACIONES MORFOLÓGICAS

-  Ejercicio de **Dilatación**: cuando el punto central del EE tiene un 0 y si en la imagen se cumple el inverso del patrón, esa parte de la imagen se modifica para que coincida con el patrón: (azules se agregan, rojo se eliminan).



# SEGMENTACIÓN DE IMÁGENES



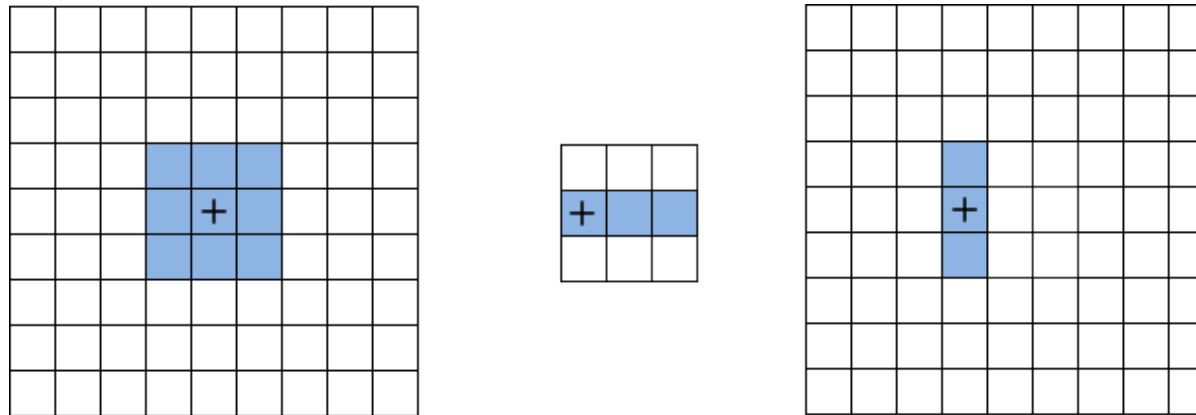
OPERACIONES MORFOLÓGICAS:  
EROSIÓN

# Segmentación de Imágenes

## 🦋 OPERACIONES MORFOLÓGICAS

- La **Erosión** es la operación dual de la dilatación, es decir, esta operación le quita píxeles a un objeto haciéndolo más pequeño. Dada una imagen A, y un elemento estructurante B.

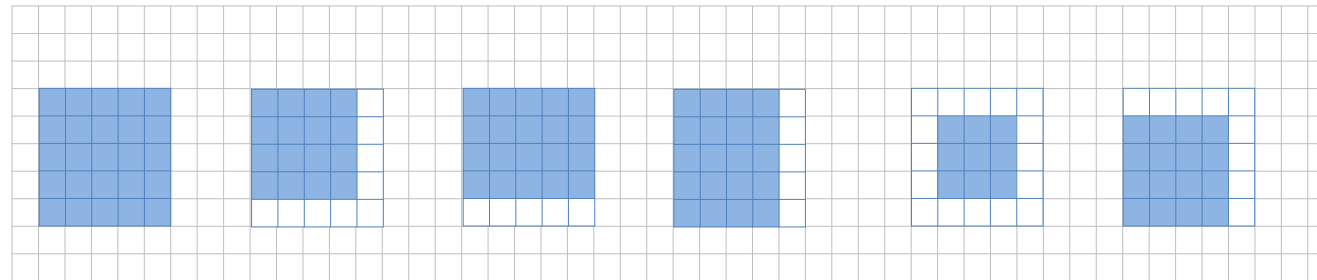
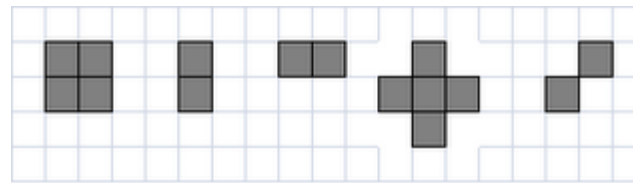
$$A \ominus B = \{x \mid B_x \subseteq A\} = \{a \mid a + b \subseteq A, \forall b \in B \wedge \forall a \in A\}$$



# Segmentación de Imágenes

## OPERACIONES MORFOLÓGICAS

### Ejemplos de Erosión





# Segmentación de Imágenes

## 🦋 OPERACIONES MORFOLÓGICAS

### 🌀 Ejemplos de Erosión



Imagen Original



Primera Erosión



Segunda Erosión

1	1	1
1	1	1
1	1	1

Elemento Estructural

# Segmentación de Imágenes

## 🦋 OPERACIONES MORFOLÓGICAS

### 🌀 Ejemplos de Erosión



Imagen Original



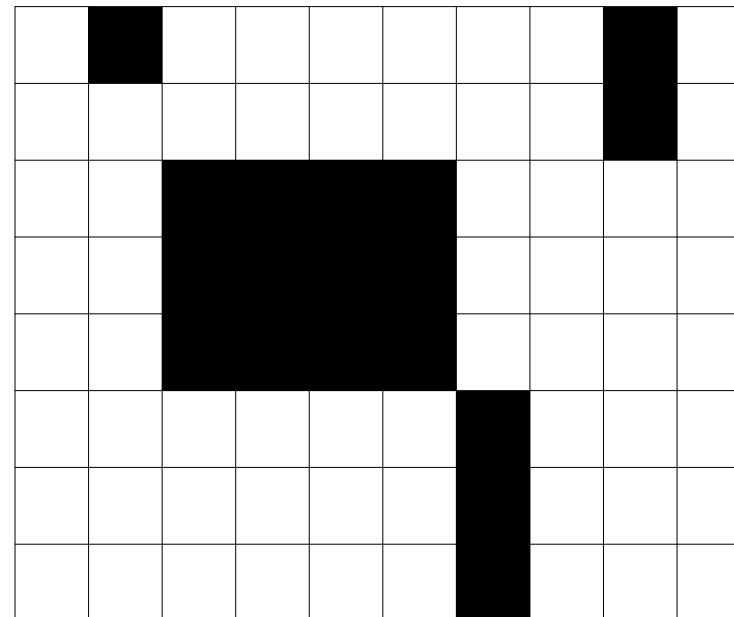
Después de la Erosión

# Segmentación de Imágenes

## 🦋 OPERACIONES MORFOLÓGICAS

### 🌀 Ejercicio de Erosión

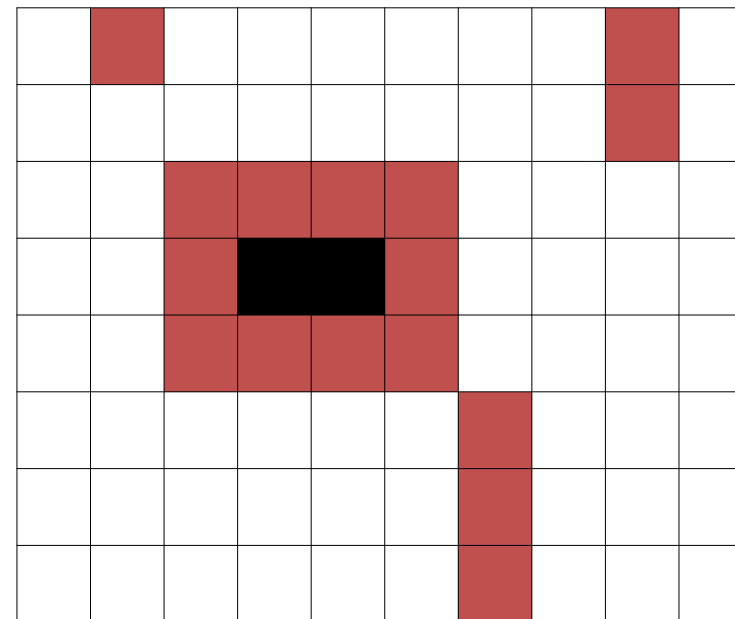
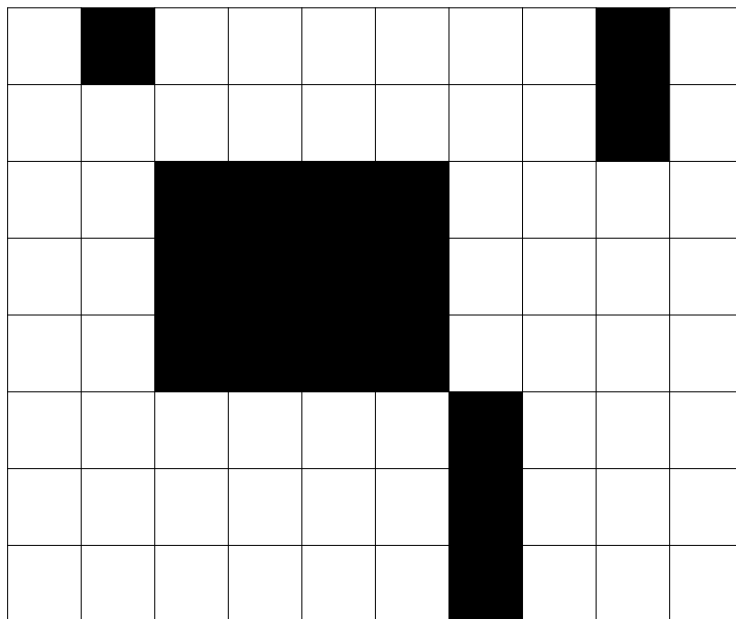
1	0	1
0	1	0
1	0	1



# Segmentación de Imágenes

## OPERACIONES MORFOLÓGICAS

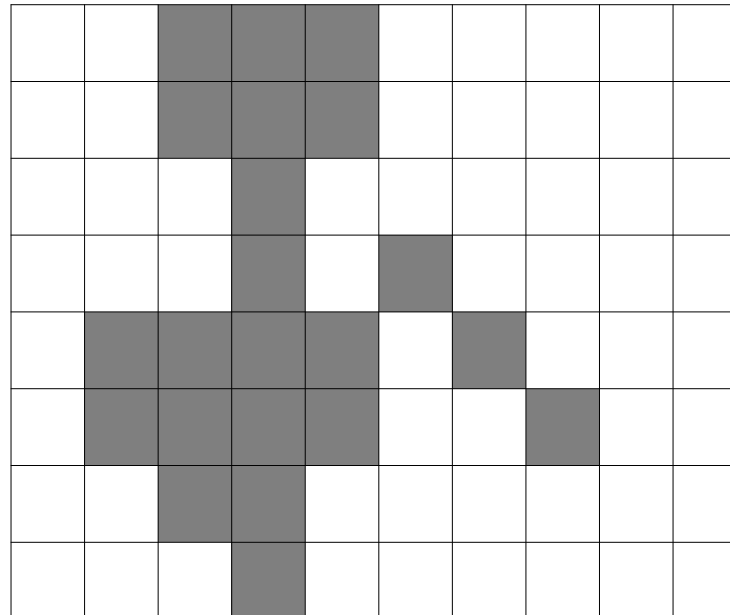
### Ejercicio de Erosión



# Segmentación de Imágenes

## OPERACIONES MORFOLÓGICAS

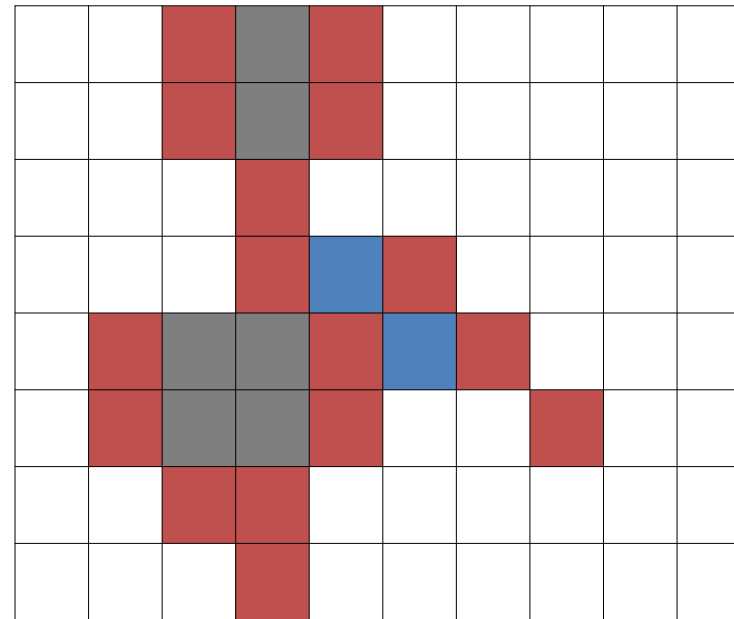
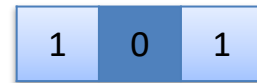
### Ejercicio de Erosión



# Segmentación de Imágenes

## 🦋 OPERACIONES MORFOLÓGICAS

- 🌀 Ejercicio de **Erosión**: cuando el punto central del EE tiene un 0 y si en la imagen se cumple el patrón, el pixel con valor 0 (sobre el que está el EE) se cambia a 1: (azules se agregan, rojo se eliminan).



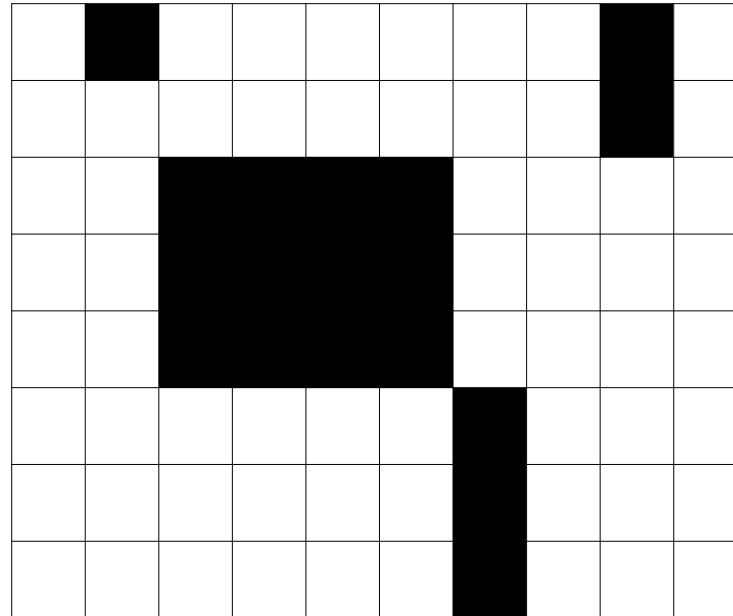
# Segmentación de Imágenes

## 🦋 OPERACIONES MORFOLÓGICAS

- 🌀 Ejercicio de **Dilatación** y **Erosión**: ¿Qué resultado se obtiene al dilatar una imagen y después erosionarla con el mismo elemento estructurante?

$$((A \oplus B) \ominus B)$$

1	0	1
0	1	0
1	0	1

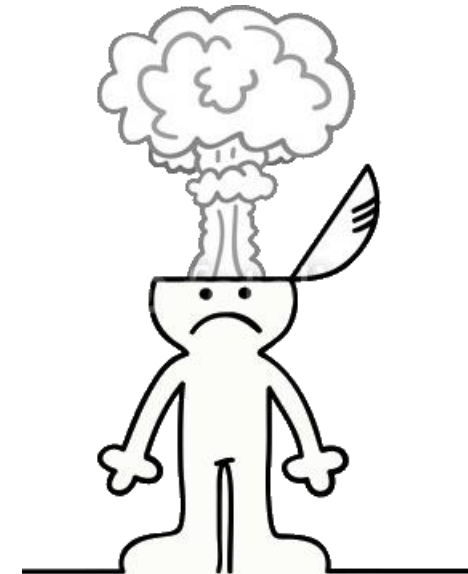


# Segmentación de Imágenes

## 🦋 OPERACIONES MORFOLÓGICAS

- 🌀 La dilatación y erosión son transformaciones **NO INVERTIBLES**. Si una imagen es erosionada y luego dilatada, la imagen original NO se recupera. En efecto, el resultado es una imagen más simplificada y menos detallada que la imagen original. Sin embargo estas son operaciones duales:

$$(A \ominus B)^c = A^c \oplus \hat{B}$$

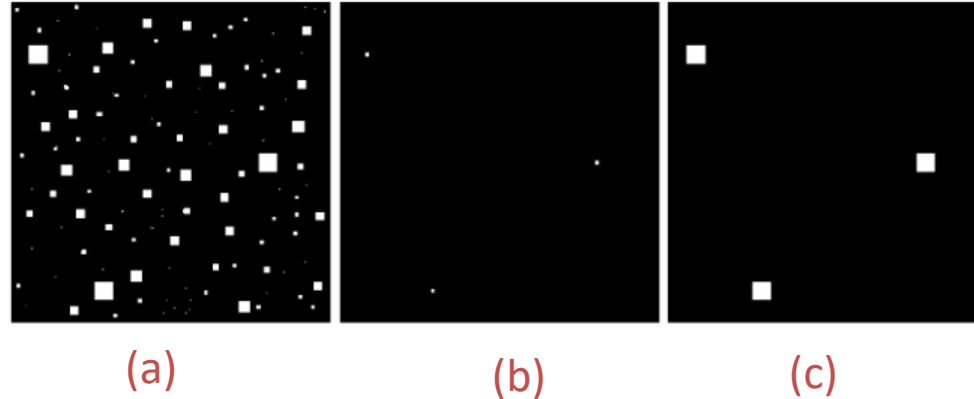




# Segmentación de Imágenes

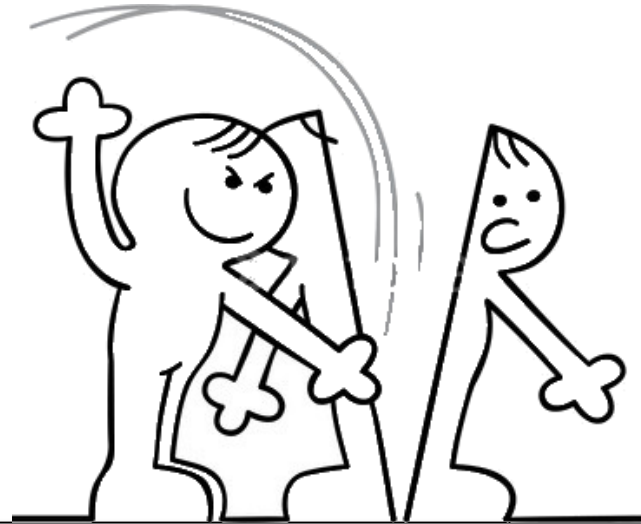
## 🦋 OPERACIONES MORFOLÓGICAS

- 🌀 La dilatación y erosión son transformaciones **NO INVERTIBLES**:
  - 🌀 (a) es una imagen original con cuadrados de tamaño 1,3,5,7,9 y 15 px
  - 🌀 (b) es la erosión de la imagen (a) usando un elemento estructurante de 13x13 px
  - 🌀 (c) es la dilatación de la imagen (b) usando el mismo elemento estructurante



- 🌀 Una de las aplicaciones más típicas de la erosión es la eliminación de detalles irrelevantes

# SEGMENTACIÓN DE IMÁGENES



OPERACIONES MORFOLÓGICAS:  
APERTURA

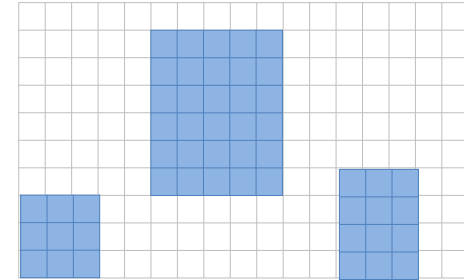
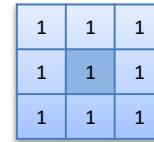
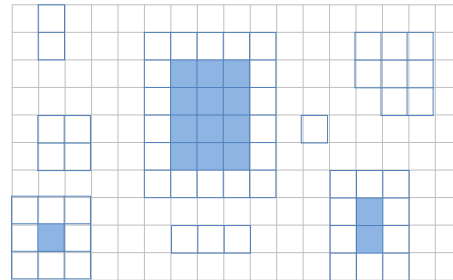
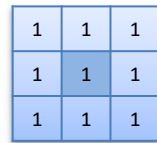
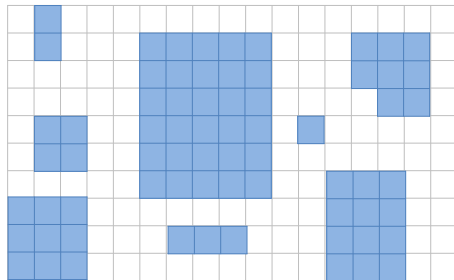
# Segmentación de Imágenes

## 🦋 OPERACIONES MORFOLÓGICAS

- 🌀 La **Apertura** de un conjunto A por el elemento estructural B, se define como :

$$A \circ B = (A \ominus B) \oplus B$$

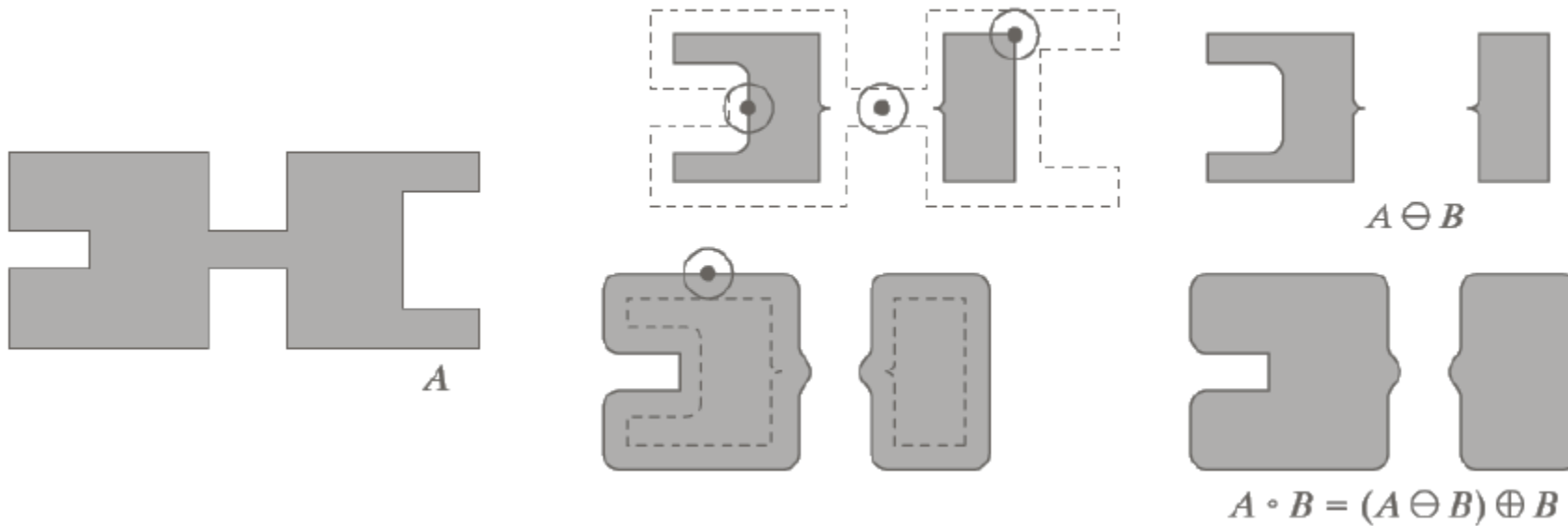
- 🌀 La **Apertura** generalmente suaviza los contornos de un objeto, rompe uniones angostas (istmos), elimina salientes finas y abre pequeños huecos. También puede eliminar franjas o zonas de un objeto que sean *más estrechas* que el elemento estructural.



# Segmentación de Imágenes

## 🦋 OPERACIONES MORFOLÓGICAS

🌀 Ejemplo de la **Apertura** :



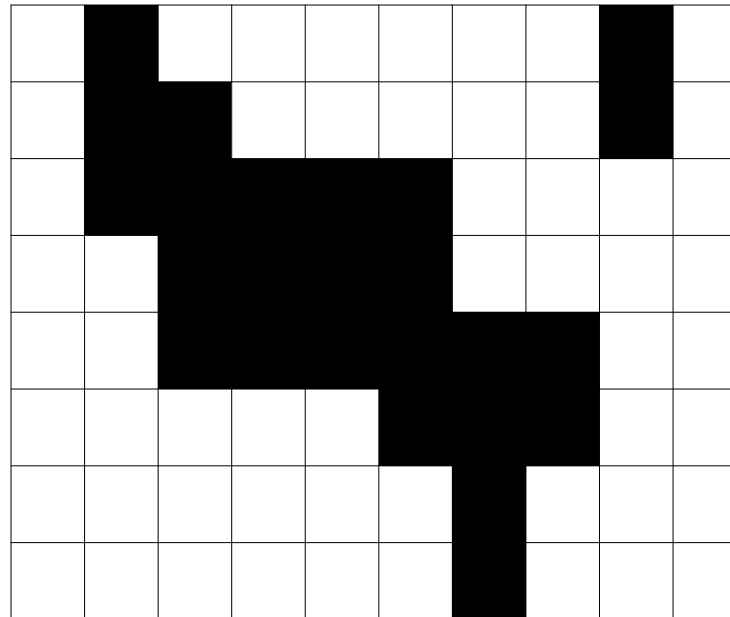
# Segmentación de Imágenes

## OPERACIONES MORFOLÓGICAS

 Ejercicio de la **Apertura** :

0	1	0
1	1	1
0	1	0

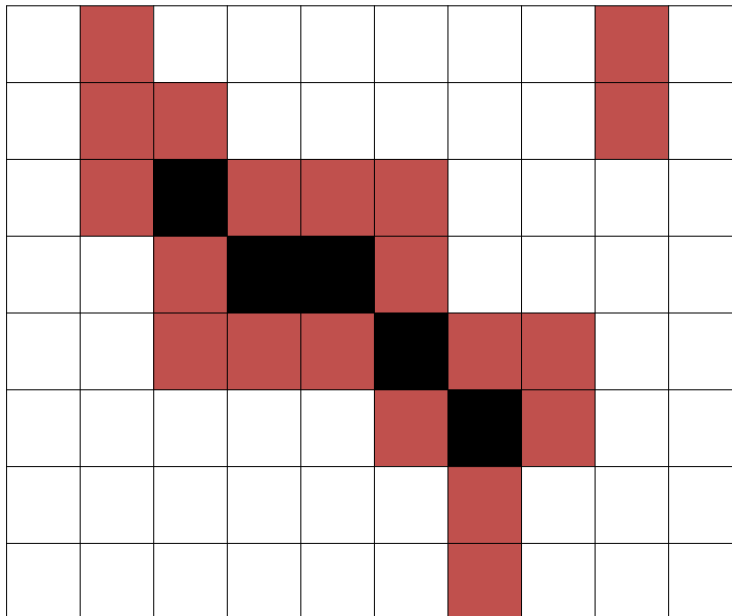
o



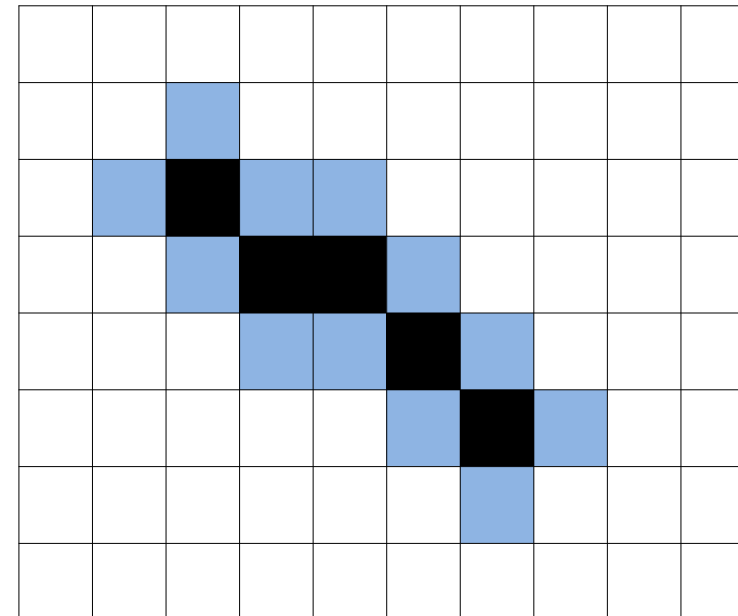
# Segmentación de Imágenes

## 🦋 OPERACIONES MORFOLÓGICAS

🌀 Ejercicio de la **Apertura** :



Resultado de la Erosión Inicial



Resultado de la Apertura

# Segmentación de Imágenes

## 🦋 OPERACIONES MORFOLÓGICAS

🌀 Ejemplo de la **Apertura**:

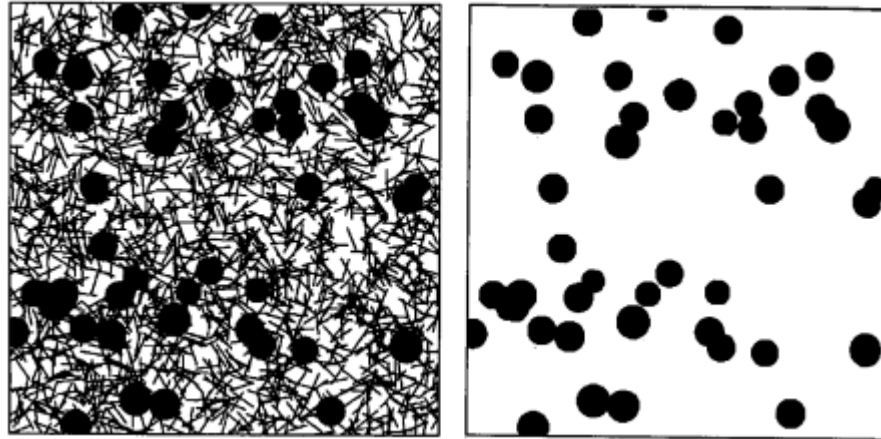


Imagen Original

Apertura

🌀 La apertura se ha realizado con una mascara en forma de disco, aunque no se menciona el tamaño de la misma.

# Segmentación de Imágenes

## 🦋 OPERACIONES MORFOLÓGICAS

🌀 Ejemplo de la **Apertura** :



Imagen Original

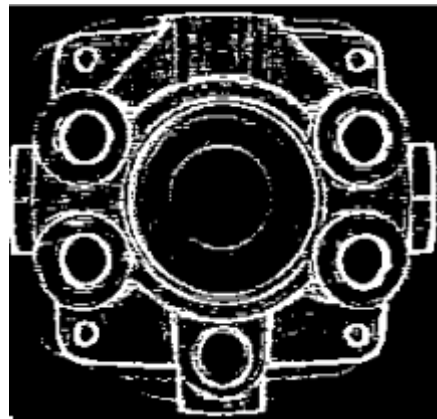
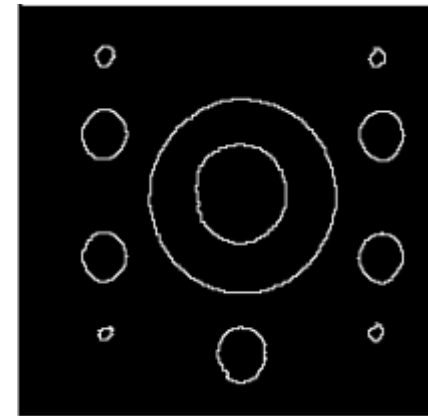


Imagen Umbralizada



Apertura



# Segmentación de Imágenes

## 🦋 OPERACIONES MORFOLÓGICAS

Imagen  
Original

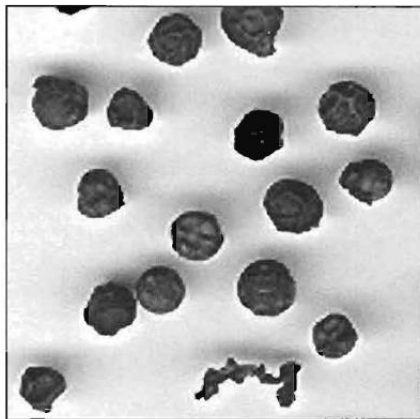
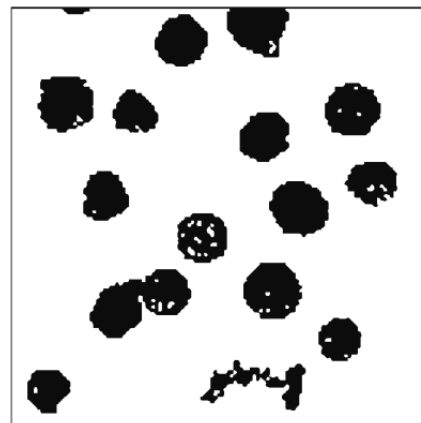
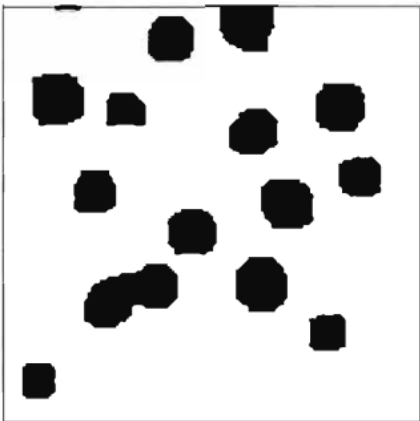


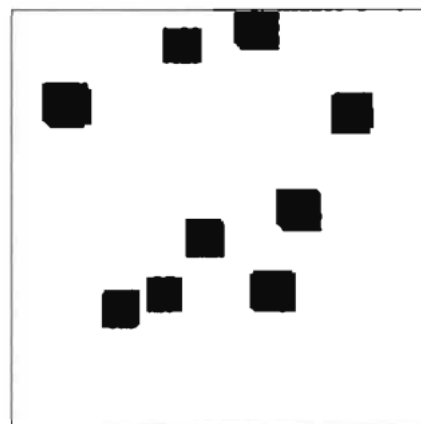
Imagen  
Umbralizada



Apertura  
7x7



Apertura  
11x11



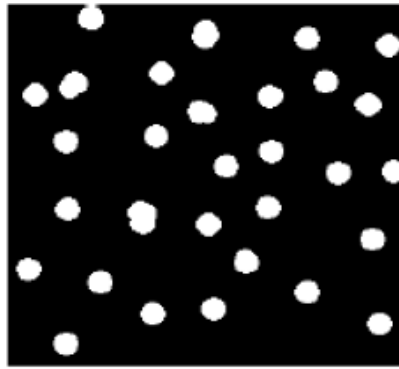
# Segmentación de Imágenes

## OPERACIONES MORFOLÓGICAS

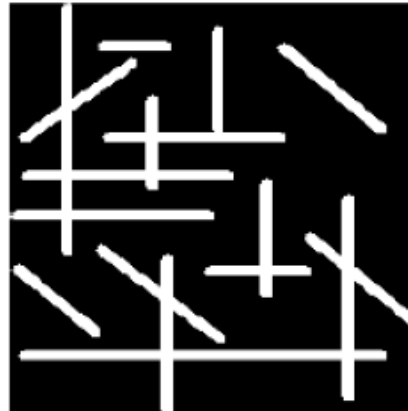
Imagen  
Original



Apertura  
Circular Diámetro 11



Apertura  
Rectangular de 9x3



# Segmentación de Imágenes

## 🦋 OPERACIONES MORFOLÓGICAS

🌀 Extracción de objetos usando **Apertura**

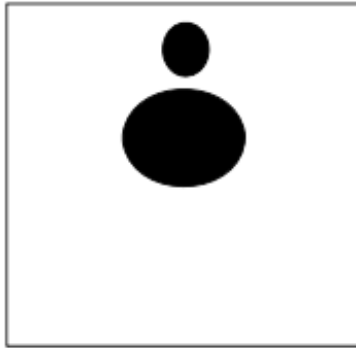


A

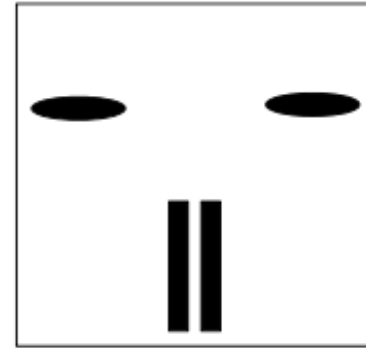


S1

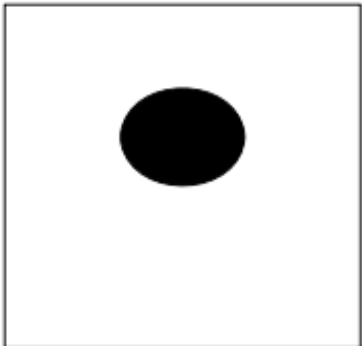
S2



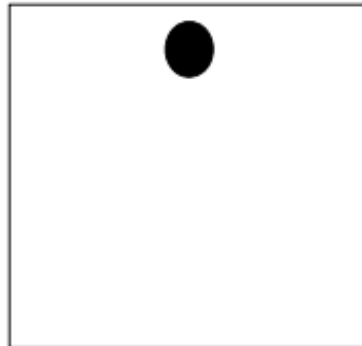
A o S1



A - (A o S1)



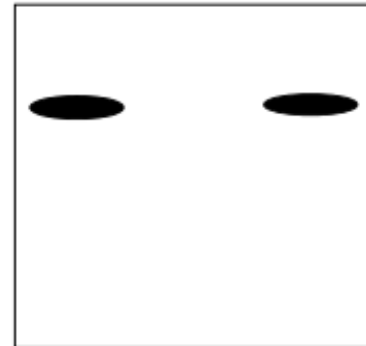
(A o S1) o S2



(A o S1) - ((A o S1) o S2)

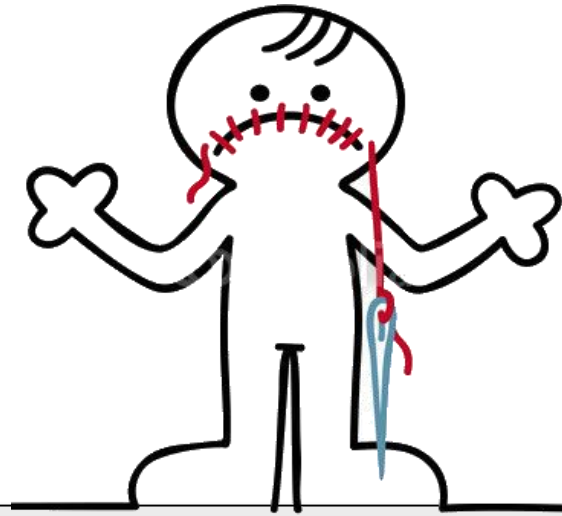


(A - (A o S1)) o S2



(A - (A o S1)) - ((A - (A o S1)) o S2)

# SEGMENTACIÓN DE IMÁGENES



OPERACIONES MORFOLÓGICAS:  
CIERRE

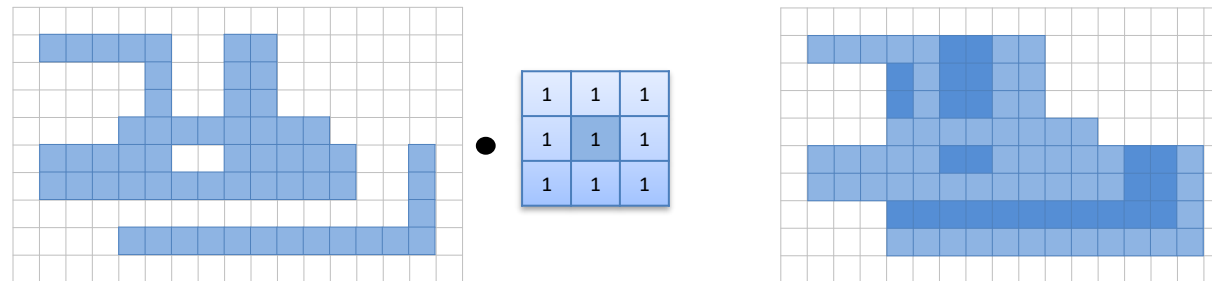
# Segmentación de Imágenes

## 🦋 OPERACIONES MORFOLÓGICAS

- 🌀 El **Cierre** de un conjunto A por el elemento estructurante B, se define como:

$$A \bullet B = (A \oplus B) \ominus B$$

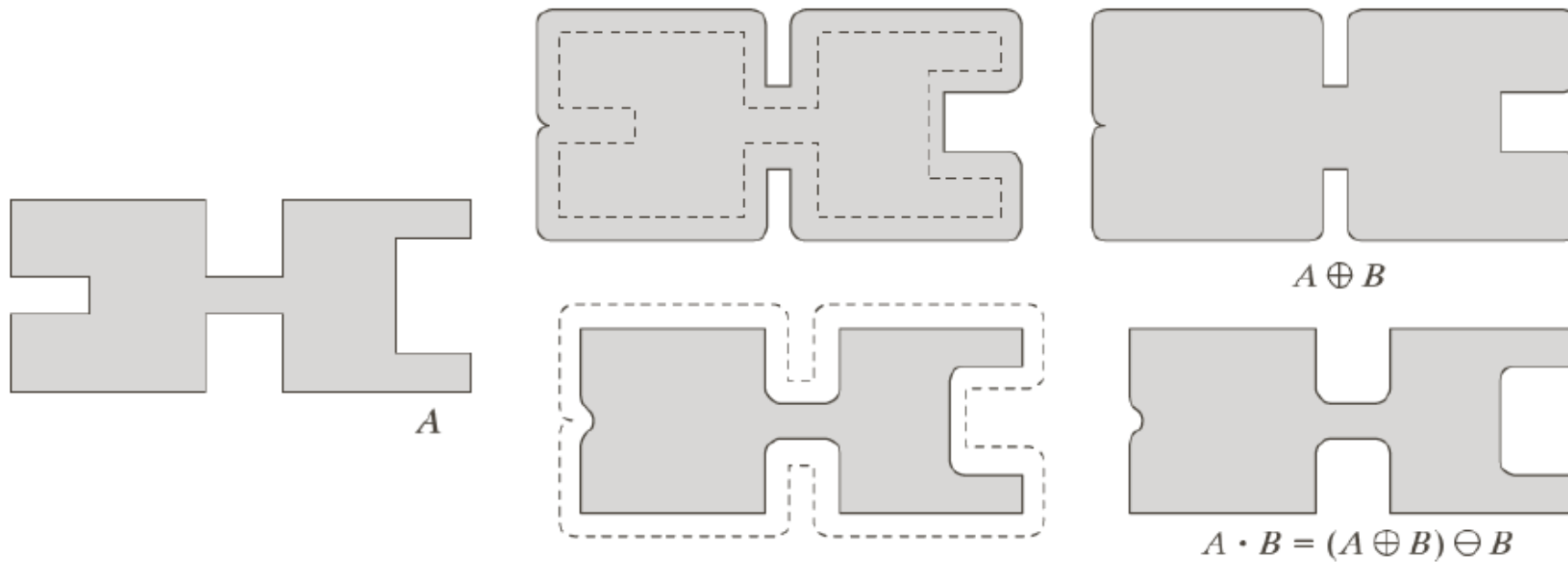
- 🌀 La clausura también suaviza los contornos pero, a diferencia de la apertura, generalmente, fusiona las hendiduras finas y largas presentes en los objetos, elimina agujeros pequeños y rellena brechas en el contorno uniendo objetos cercanos.



# Segmentación de Imágenes

## 🦋 OPERACIONES MORFOLÓGICAS

🌀 Ejemplo del **Cierre** :



# Segmentación de Imágenes

## 🦋 OPERACIONES MORFOLÓGICAS

Imagen  
Original

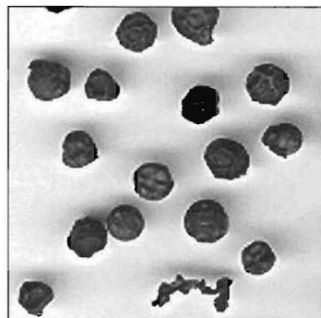
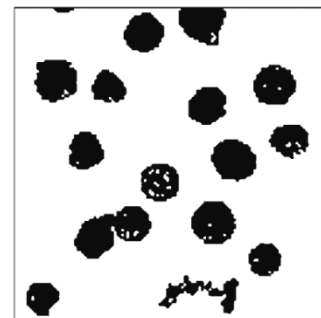
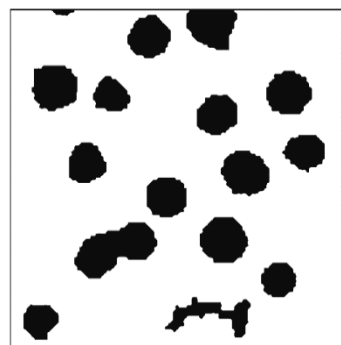


Imagen  
Umbralizada



Cierre  
3x3



# Segmentación de Imágenes

## 🦋 OPERACIONES MORFOLÓGICAS

Imagen Original



Cierre Circular Diámetro 22

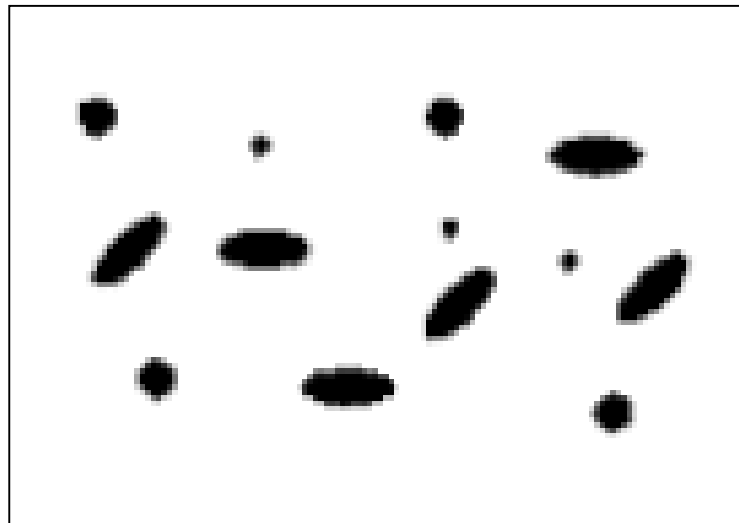




# Segmentación de Imágenes

## 🦋 OPERACIONES MORFOLÓGICAS

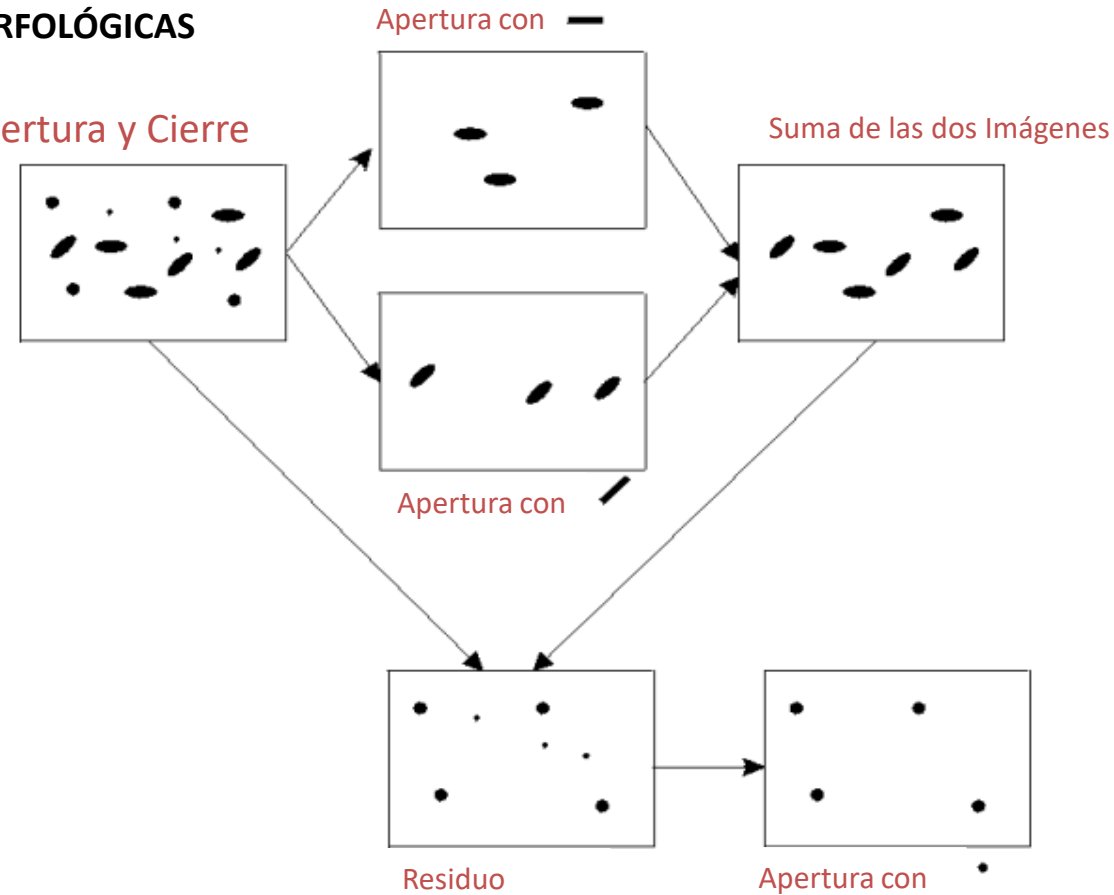
### 🌀 Ejemplo del Apertura y Cierre



# Segmentación de Imágenes

## 🦋 OPERACIONES MORFOLÓGICAS

### 🌀 Ejemplo del Apertura y Cierre



# SEGMENTACIÓN DE IMÁGENES

OTRAS “OPERACIONES” MORFOLÓGICAS



# Segmentación de Imágenes

## OPERACIONES MORFOLÓGICAS

- Una forma fácil de **extraer bordes** es usando las operaciones morfológicas. Dada una imagen A, sus borde se pueden obtener, primero *erosionando* A por un elemento estructurante apropiado, B, y posteriormente realizando la *diferencia* entre A y su erosión. Es decir,

$$F(A) = A - (A \ominus B)$$

El elemento estructurante B usado más frecuentemente es una 8-vecindad (como en el ejemplo que se muestra a continuación). También se usan otros tamaños de ventana, por ejemplo usando una ventana de 5x5 se ampliaría el grosor del borde resultado en entre dos y tres píxeles.

# Segmentación de Imágenes

## OPERACIONES MORFOLÓGICAS

🌀 Ejemplo de **extracción de bordes** usando las *operaciones morfológicas*.

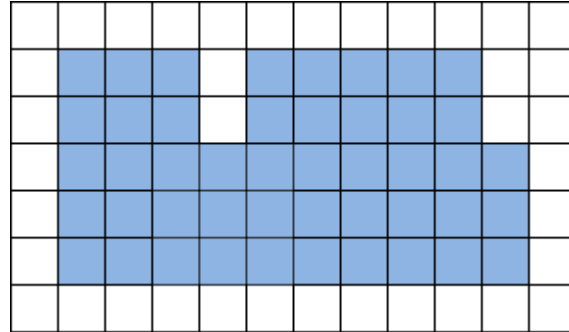
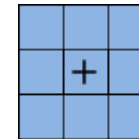
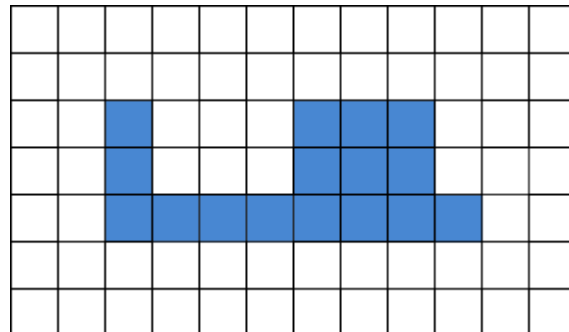


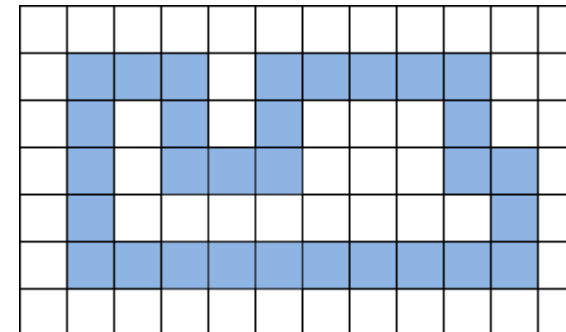
Imagen A



Elemento Estructurante B



Erosión de A

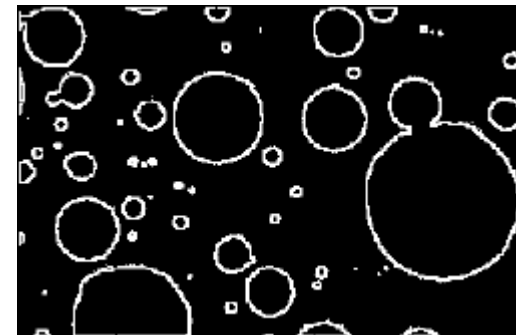
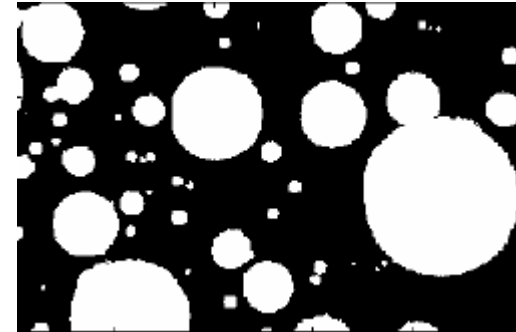
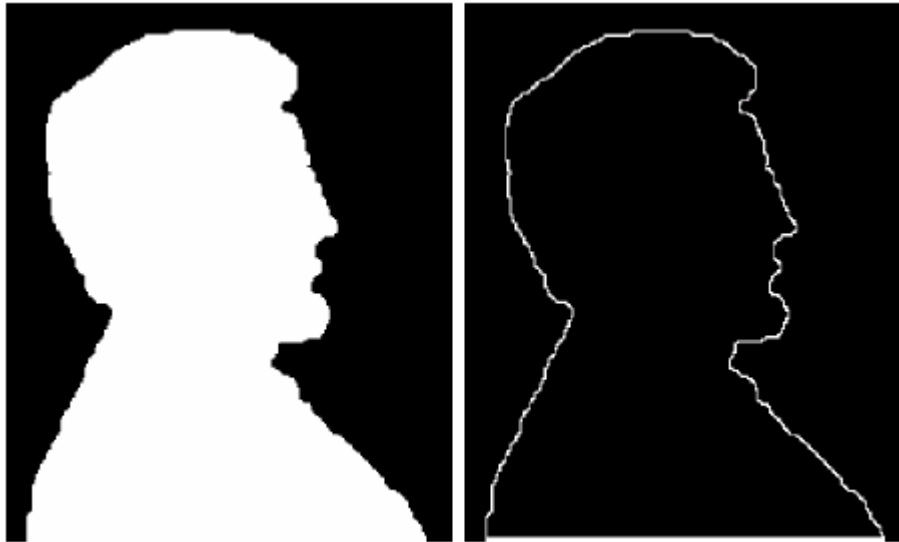


$A - (A \ominus B)$

# Segmentación de Imágenes

## 🦋 OPERACIONES MORFOLÓGICAS

🕒 Ejemplo de **extracción de bordes** es usando las *operaciones morfológicas*.



# Segmentación de Imágenes

## OPERACIONES MORFOLÓGICAS

- En ciertas aplicaciones, es conveniente poder *reconstruir una imagen* que ha sufrido varias erosiones o poder *llenar un objeto* que está definido por un borde, a esto se le conoce como **Relleno de Regiones**.
- Para iniciar el relleno debemos empezar en un punto **P** (denominado semilla) que se encuentre dentro de la frontera que queremos rellenar. El siguiente procedimiento, entonces, rellena la región determinada por el punto **P** :

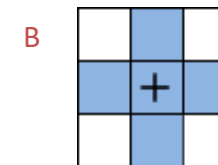
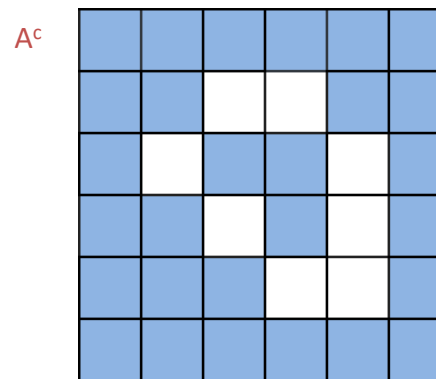
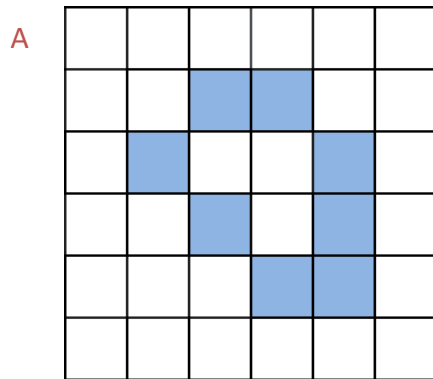
donde  $X_0=P$ , y  $B$  es el elemento estructural. El algoritmo converge cuando  $X_k = X_{k-1}$ . El conjunto resultante  $X_k = (X_{k-1} \oplus B) \cap A^c$   $k = 1, 2, 3, \dots$  da y su borde.

0	1	0
1	1	1
0	1	0

# Segmentación de Imágenes

## OPERACIONES MORFOLÓGICAS

 Ejemplo de **Relleno de Regiones:**

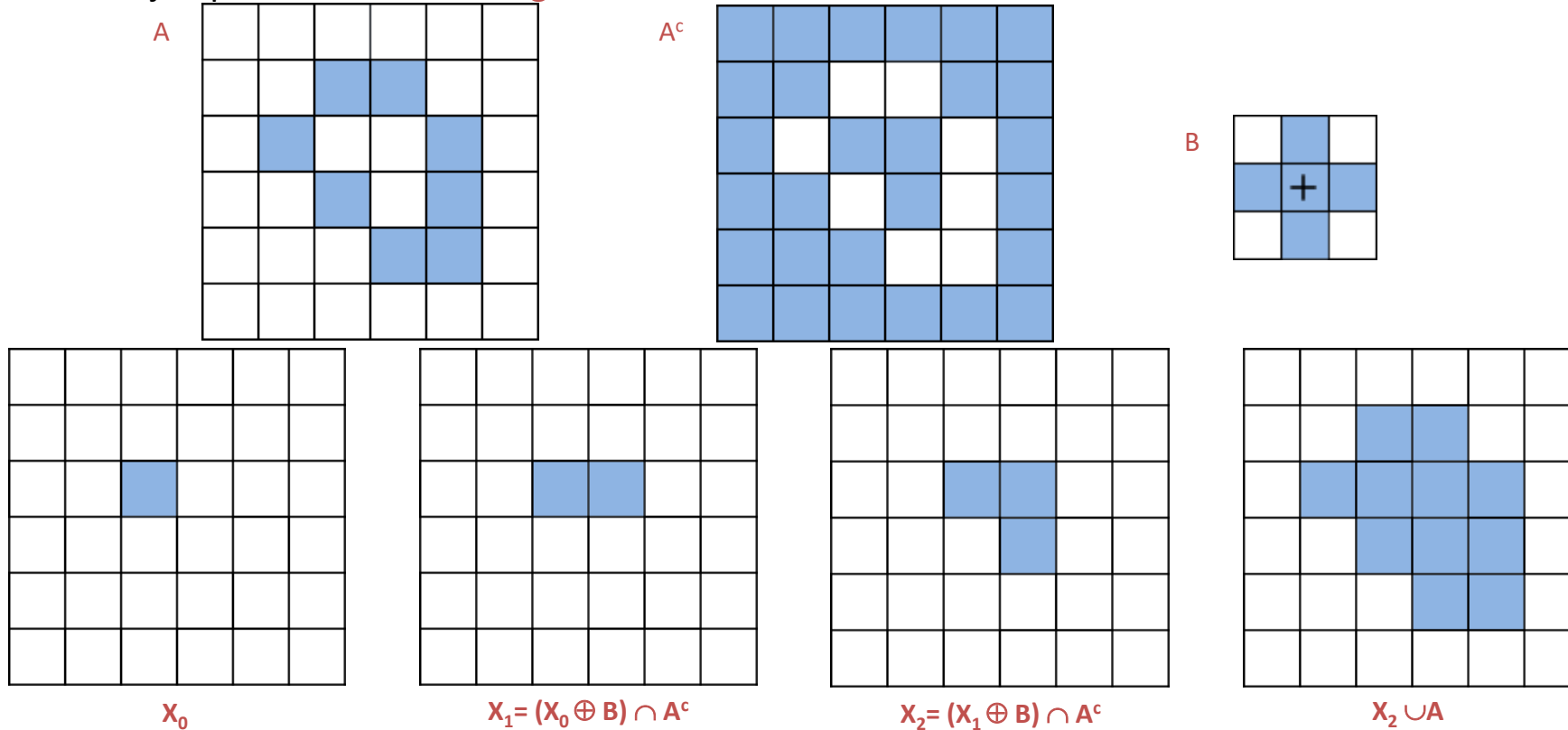




# Segmentación de Imágenes

## OPERACIONES MORFOLÓGICAS

Ejemplo de Relleno de Regiones:

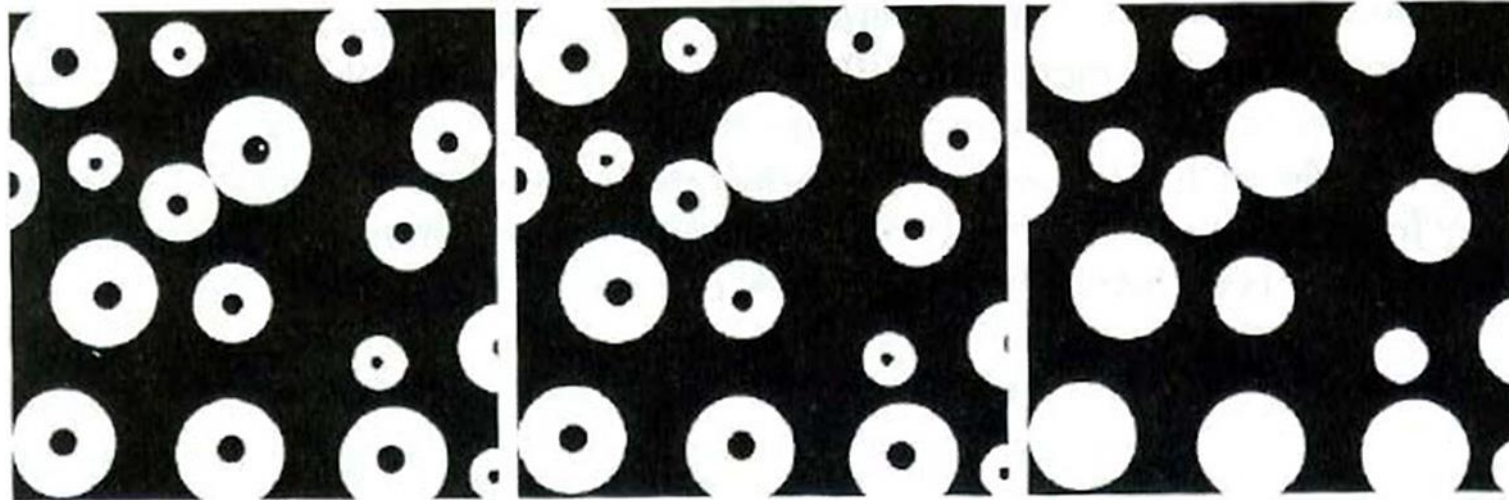


# Segmentación de Imágenes

## 🦋 OPERACIONES MORFOLÓGICAS

### 🌀 Ejemplo de Relleno de Regiones:

Aunque en este ejemplo sólo rellenamos una región o subconjunto, el concepto puede aplicarse a un número finito de regiones, siempre que conozcamos puntos dentro de éstas (las semillas).



# Segmentación de Imágenes

## 🦋 OPERACIONES MORFOLÓGICAS

- Supongamos que  $Y$  representa una **Componente Conexa** contenida en un conjunto  $A$  y supongamos que conocemos un punto  $p$  que pertenece a dicha región. Entonces, el siguiente procedimiento puede utilizarse para extraer  $Y$ :

$$X_0 = p$$

$$X_k = (X_{k-1} \oplus B) \cap A \quad k = 1, 2, 3, \dots$$

- El algoritmo termina en la iteración  $k$  si  $X_{k-1} = X_k$ . Con  $Y = X_k$ .
- $B$  es el elemento estructural siguiente:

1	1	1
1	1	1
1	1	1

# Segmentación de Imágenes

## 🦋 OPERACIONES MORFOLÓGICAS

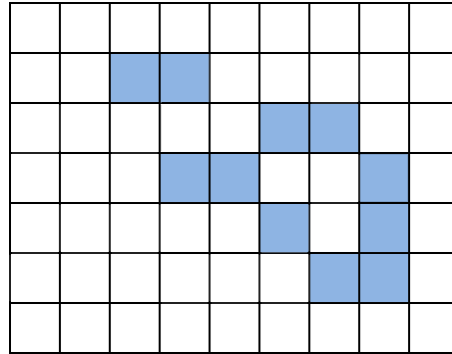
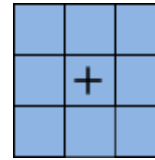
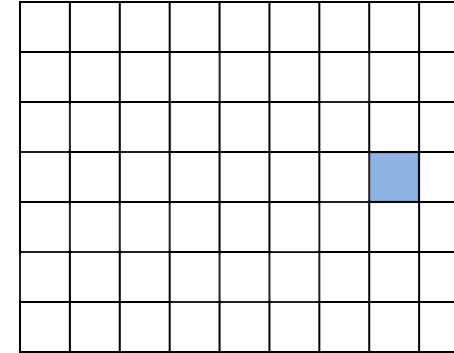


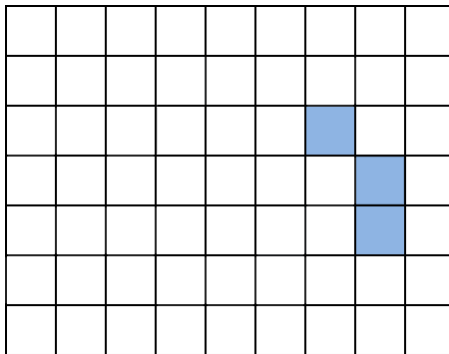
Imagen Original



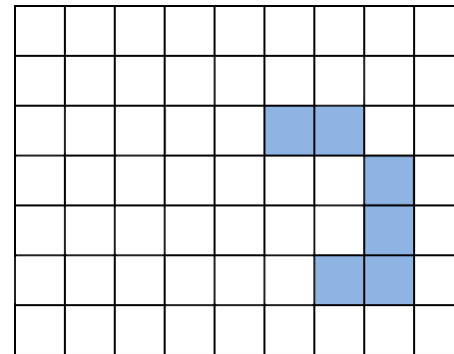
Elemento Estructurante



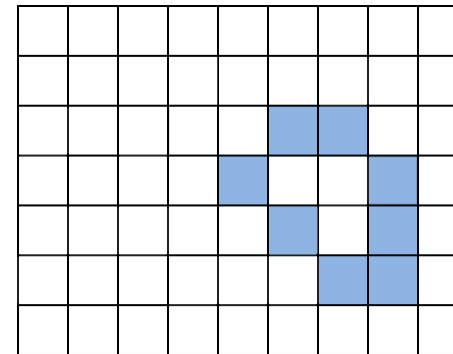
$X_0$



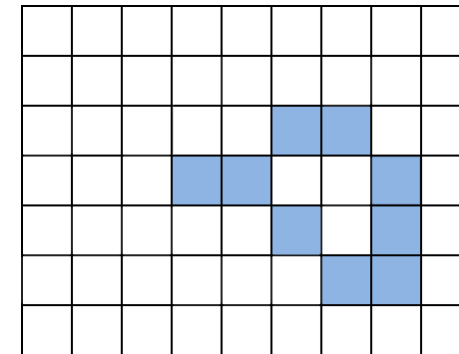
$X_1 = (X_0 \oplus B) \cap A$



$X_2 = (X_1 \oplus B) \cap A$



$X_3 = (X_2 \oplus B) \cap A$



$X_4 = (X_3 \oplus B) \cap A$

# Segmentación de Imágenes

## OPERACIONES MORFOLÓGICAS

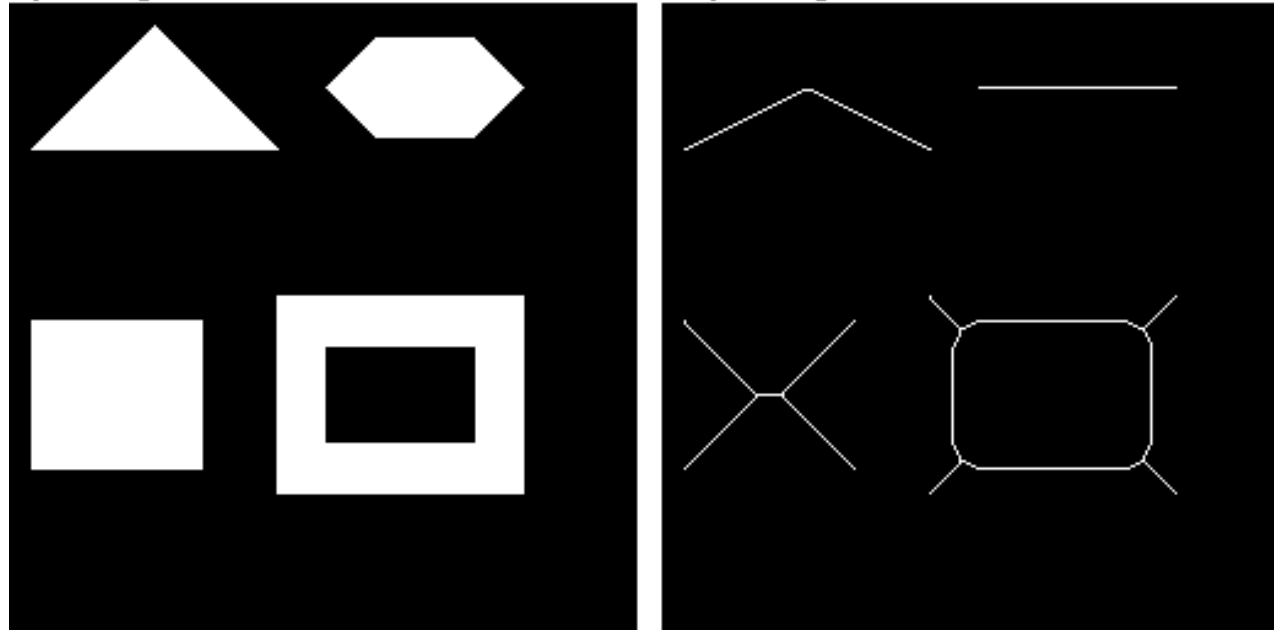
- El **Esqueleto** de una imagen es el arquetipo o soporte de los objetos que la componen. De manera informal, un esqueleto es una línea representante de un objeto tal que:
  - Es de 1 píxel de grosor
  - Pasa por la “mitad” del objeto
  - Preserva la topología del objeto
- El esqueleto intenta representar la forma de un objeto con un número relativamente pequeño de píxeles. De esta forma, todos los píxeles del esqueleto son estructuralmente necesarios.
- La posición, orientación y longitud de las líneas del esqueleto se corresponden con aquellas equivalentes de la imagen original. La tarea de sacar características de una imagen queda simplificada al obtener su esqueleto.

# Segmentación de Imágenes

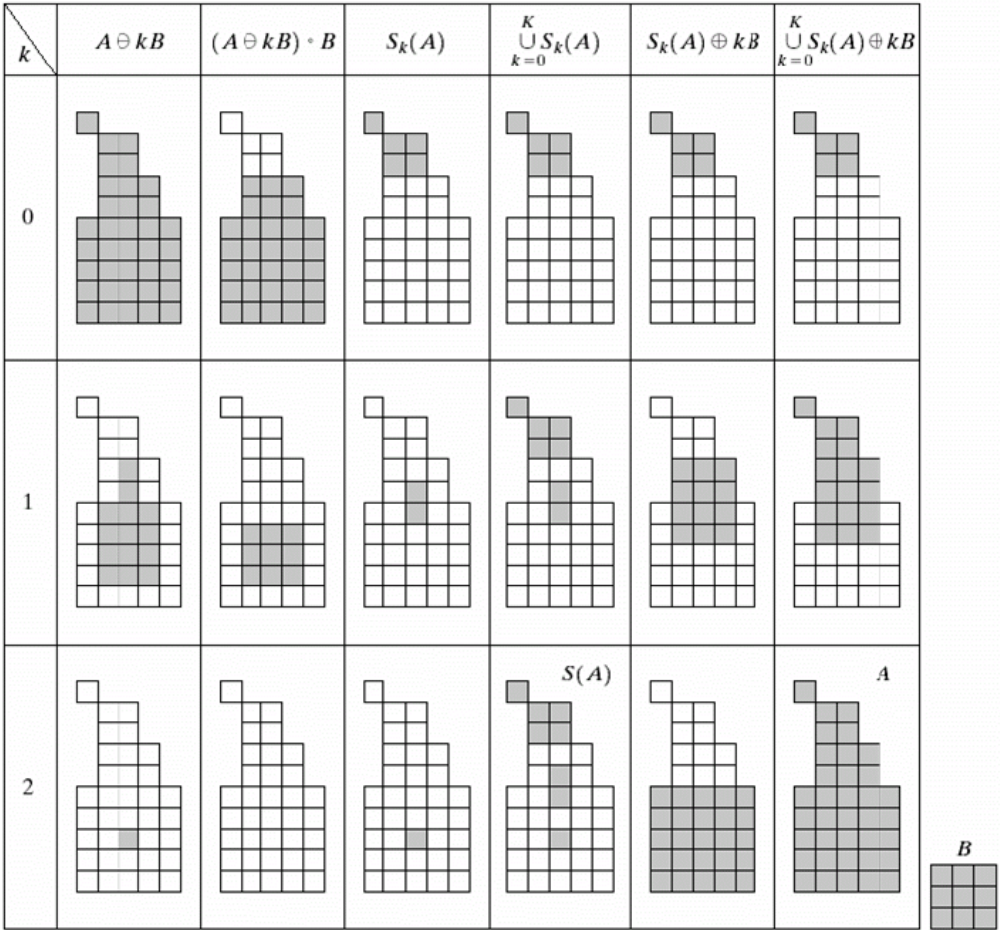
## 🦋 OPERACIONES MORFOLÓGICAS

- 🌀 El **Esqueleto** se puede expresar en términos de la erosión y la apertura como:

$$S(A) = \bigcup_{k=0}^K S_k(A) \quad S_k(A) = (A \ominus kB) - [(A \ominus kB) \circ B]$$



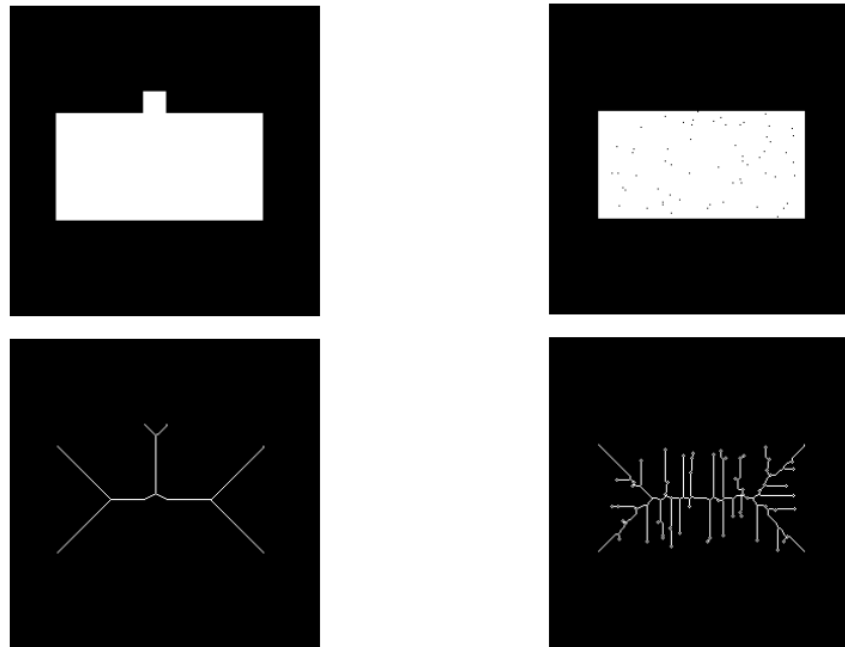
# Segmentación de Imágenes



# Segmentación de Imágenes

## 🦋 OPERACIONES MORFOLÓGICAS

🌀 El **Esqueleto** es muy sensible a pequeños cambios en la imagen:





# Segmentación de Imágenes

## OPERACIONES MORFOLÓGICAS

- La combinación de apertura y cierre se utiliza con frecuencia para limpiar una imagen segmentada antes de su posterior análisis. ¿Pero, qué operaciones usar y como combinarlas?



La elección de si se debe usar de apertura o cierre, o una secuencia de erosiones y dilataciones, depende de la imagen y el objetivo.



La elección de un filtro morfológico está impulsado por el conocimiento disponible sobre la forma, tamaño y orientación de las estructuras que nos gustaría filtrar.

# Segmentación de Imágenes

## OPERACIONES MORFOLÓGICAS

-  La *Apertura* se utiliza cuando la imagen tiene el ruido en primer plano o cuando queremos eliminar elementos largos y delgados. No se utiliza cuando existe la posibilidad de que la operación inicial de la erosión se puede desconectar las regiones.
-  El *Cierre* se utiliza cuando una región se ha desconectado y queremos restaurar la conectividad. No se utiliza cuando las diferentes regiones se encuentran cerca de tal manera que la primera iteración podría conectarlos.

Por lo general, se debe balancear su uso entre la reducción del ruido y la retención de las características mediante pruebas de imágenes representativas.

# Segmentación de Imágenes

## 🦋 OPERACIONES MORFOLÓGICAS

🌀 Ejemplo usando **Diferentes Operaciones Morfológicas**:

🌀 ¿Cuántos dientes tiene el Piñón?



# Segmentación de Imágenes

## 🦋 OPERACIONES MORFOLÓGICAS

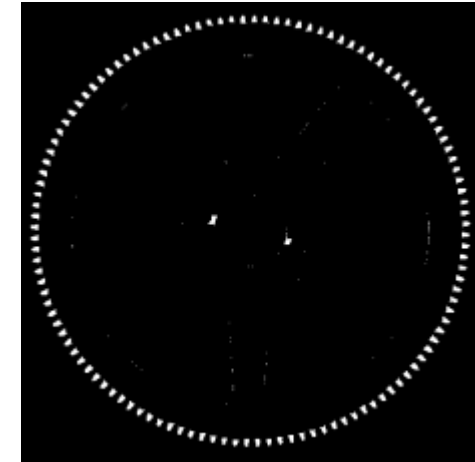
🌀 Ejemplo usando Diferentes Operaciones Morfológicas:



Imagen Original



Cierre C11

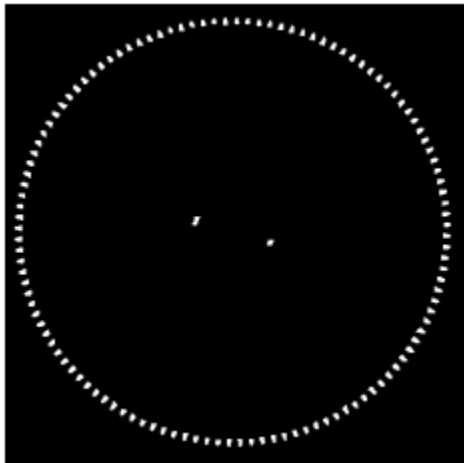


Diferencia

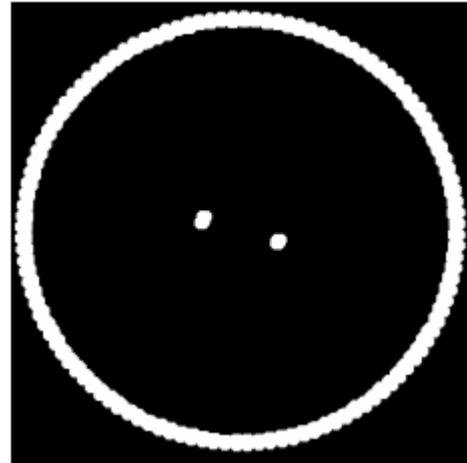
# Segmentación de Imágenes

## 🦋 OPERACIONES MORFOLÓGICAS

🌀 Ejemplo usando Diferentes Operaciones Morfológicas:



Apertura C3



Dilatación C9

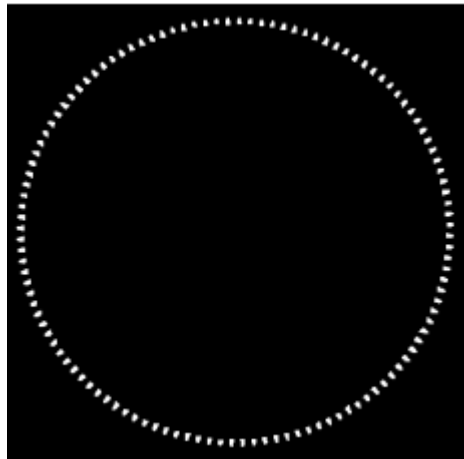


Apertura C19

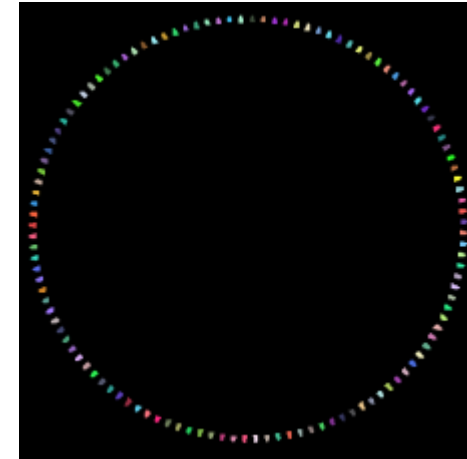
# Segmentación de Imágenes

## 🦋 OPERACIONES MORFOLÓGICAS

🌀 Ejemplo usando Diferentes Operaciones Morfológicas:

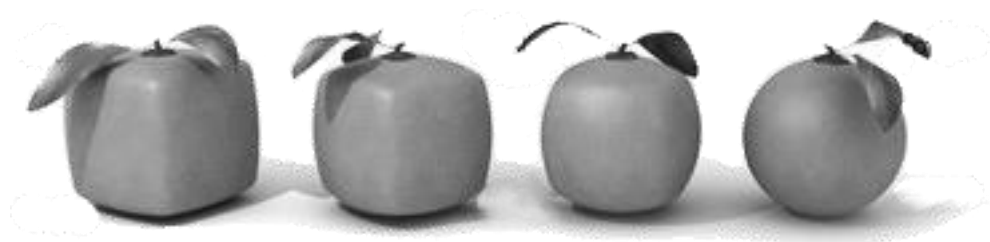


AND Apertura(C3, C19)



Etiquetado de Componentes  
Conexas

# SEGMENTACIÓN DE IMÁGENES



## OPERACIONES MORFOLÓGICAS EN IMÁGENES EN NIVELES DE GRIS

# Segmentación de Imágenes

## OPERACIONES MORFOLÓGICAS EN IMÁGENES EN GRIS

- Sea  $f(x,y)$  una imagen de dimensión  $M \times N$  y  $b(i,j)$  el elemento estructural de dimensión  $n \times m$ , entonces la **Dilatación** se define como:

$$(f \oplus b) = \max_{\substack{0 \leq i \leq m-1 \\ 0 \leq j \leq n-1}} \{f(x-i, y-j) + b(i, j)\}$$

- La imagen resultante tiene mayor brillo ya que los elementos oscuros son reducidos o eliminados, dependiendo de su valor y del elemento estructural.

0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	3	4	4	5	0	0
0	0	5	4	4	5	0	0
0	0	1	3	3	2	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

 $\oplus$ 

1	2
1	2

 $=$ 

2	2	2	2	2	2	2	2
2	2	4	5	5	6	7	2
2	2	6	7	6	6	7	2
2	2	6	7	6	6	7	2
2	2	2	2	2	2	2	2



# Segmentación de Imágenes

## 🦋 OPERACIONES MORFOLÓGICAS EN IMÁGENES EN GRIS

🌀 Ejemplo de la **Dilatación**:

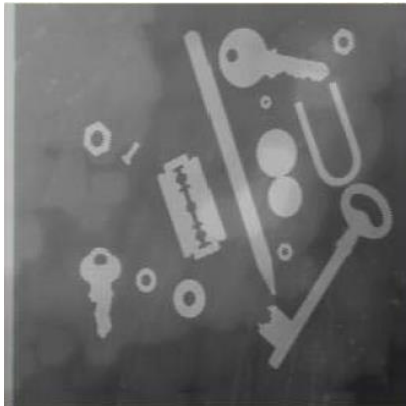
0	0	0	0	0
0	5	5	0	0
0	5	6	5	0
0	5	0	6	5
0	5	6	5	0



0	1	0
1	1	1
0	1	0

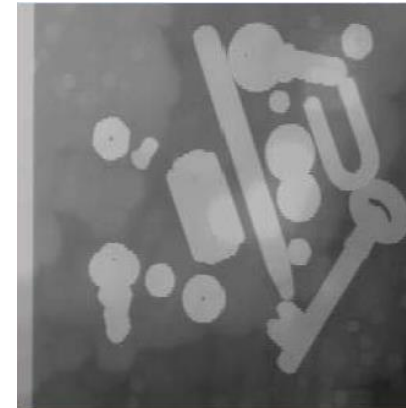
=

1	6	6	1	1
6	6	7	6	1
6	7	7	7	6
6	6	7	7	7
6	7	7	7	6



0	1	0
1	1	1
0	1	0

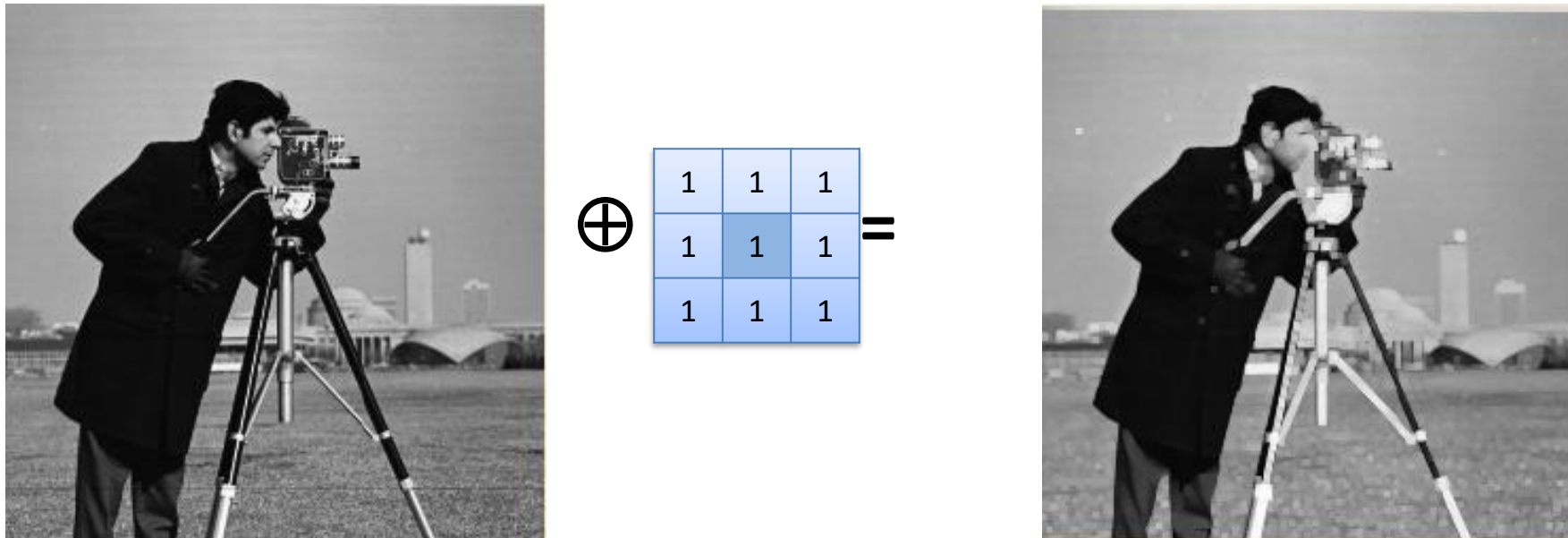
=



# Segmentación de Imágenes

## 🦋 OPERACIONES MORFOLÓGICAS EN IMÁGENES EN GRIS

🌀 Ejemplo de la **Dilatación**:



Las zonas claras de la imagen tienden a expandirse y los detalles oscuros pequeños se reducen.

# Segmentación de Imágenes

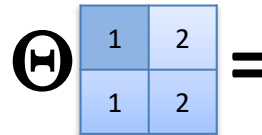
## 🦋 OPERACIONES MORFOLÓGICAS EN IMÁGENES EN GRIS

- 🌀 En niveles de gris la **Erosión** se define como:

$$(f \ominus b) = \min_{\substack{0 \leq i \leq m-1 \\ 0 \leq j \leq n-1}} \{f(x-i, y-j) - b(i, j)\}$$

- 🌀 La imagen resultante tiende a ser más oscura que la original ya que los elementos claros o brillantes son reducidos dependiendo de su valor, los valores colindantes y del elemento estructural.

0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	3	4	4	5	0	0
0	0	5	4	4	5	0	0
0	0	1	3	3	2	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0



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

# Segmentación de Imágenes

## 🦋 OPERACIONES MORFOLÓGICAS EN IMÁGENES EN GRIS

🌀 Ejemplo de la **Erosión**:

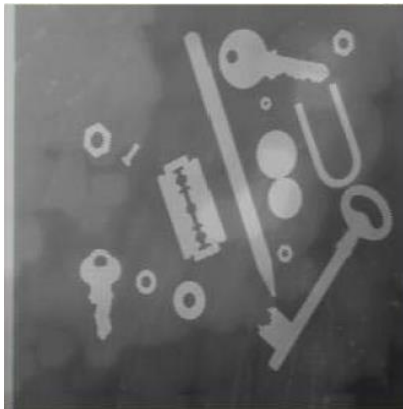
1	1	1	1	1
1	6	1	7	1
6	6	1	1	1
6	6	6	1	1
6	7	7	7	6



0	1	0
1	1	1
0	1	0

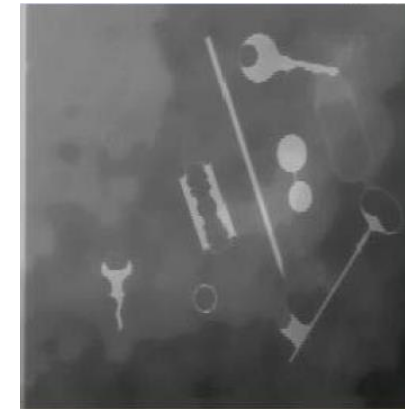
=

0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
5	5	0	0	0
5	5	5	0	0



0	1	0
1	1	1
0	1	0

=



# Segmentación de Imágenes

## 🦋 OPERACIONES MORFOLÓGICAS EN IMÁGENES EN GRIS

🌀 Ejemplo de la **Erosión**: ocurre el efecto contrario a la dilatación




$$\textcircled{I} \begin{array}{|c|c|c|} \hline 1 & 1 & 1 \\ \hline 1 & 1 & 1 \\ \hline 1 & 1 & 1 \\ \hline \end{array} =$$




# Segmentación de Imágenes

## OPERACIONES MORFOLÓGICAS EN IMÁGENES EN GRIS

-  Las expresiones para la **Apertura** y **Clausura** de niveles de gris tienen la misma forma que la apertura y clausura binarias. La apertura de  $f$  por un elemento estructural  $b$ , se denota por  $f \circ b$  y se define mediante

$$f \circ b = (f \ominus b) \oplus b$$

-  Análogamente, la clausura de  $f$  por  $b$  se denota por  $f \bullet b$ , y se define

$$f \bullet b = (f \oplus b) \ominus b$$

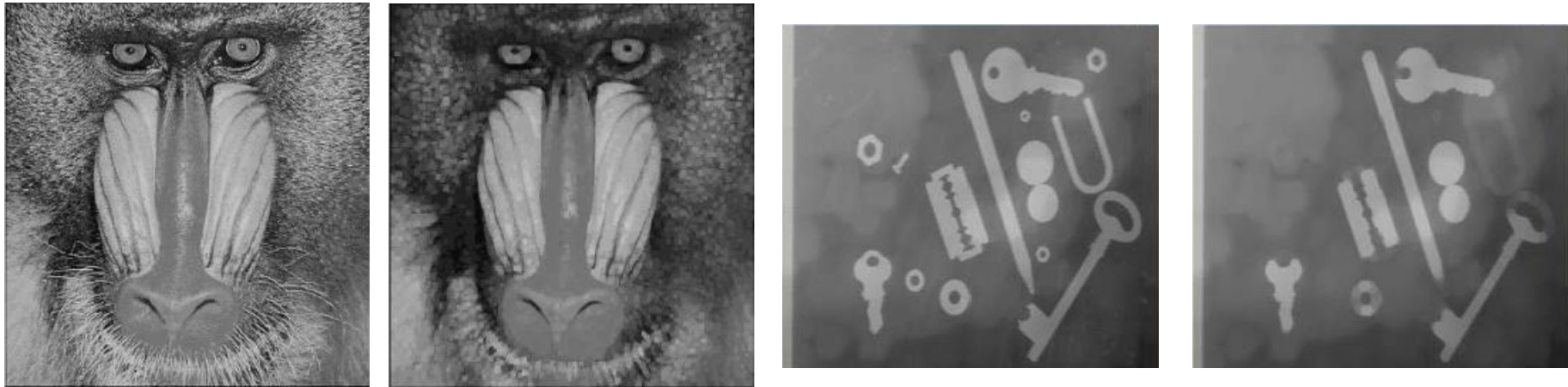
-  La apertura y la clausura son duales, es decir,

$$(f \bullet b)^c = f^c \circ \hat{b}$$

# Segmentación de Imágenes

## 🦋 OPERACIONES MORFOLÓGICAS EN IMÁGENES EN GRIS

🌀 Ejemplo de la **Apertura**:

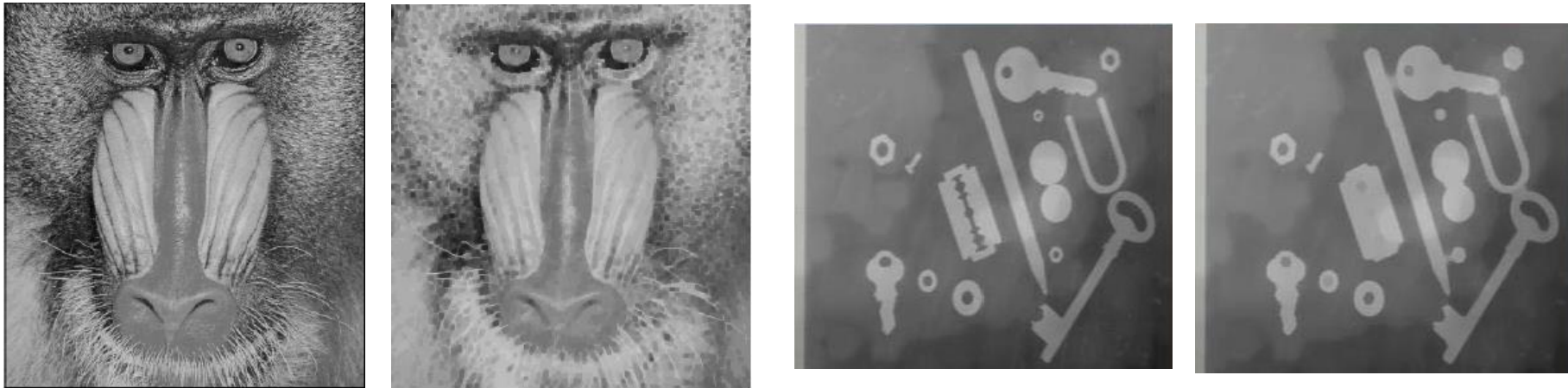


La **Apertura** se usa para borrar detalles claros que sean pequeños en comparación con el elemento estructural, manteniendo el resto de la imagen prácticamente igual (la erosión también eliminaba pequeños detalles claros pero oscurecía toda la imagen).

# Segmentación de Imágenes

## 🦋 OPERACIONES MORFOLÓGICAS EN IMÁGENES EN GRIS

🌀 Ejemplo del **Cierre**:



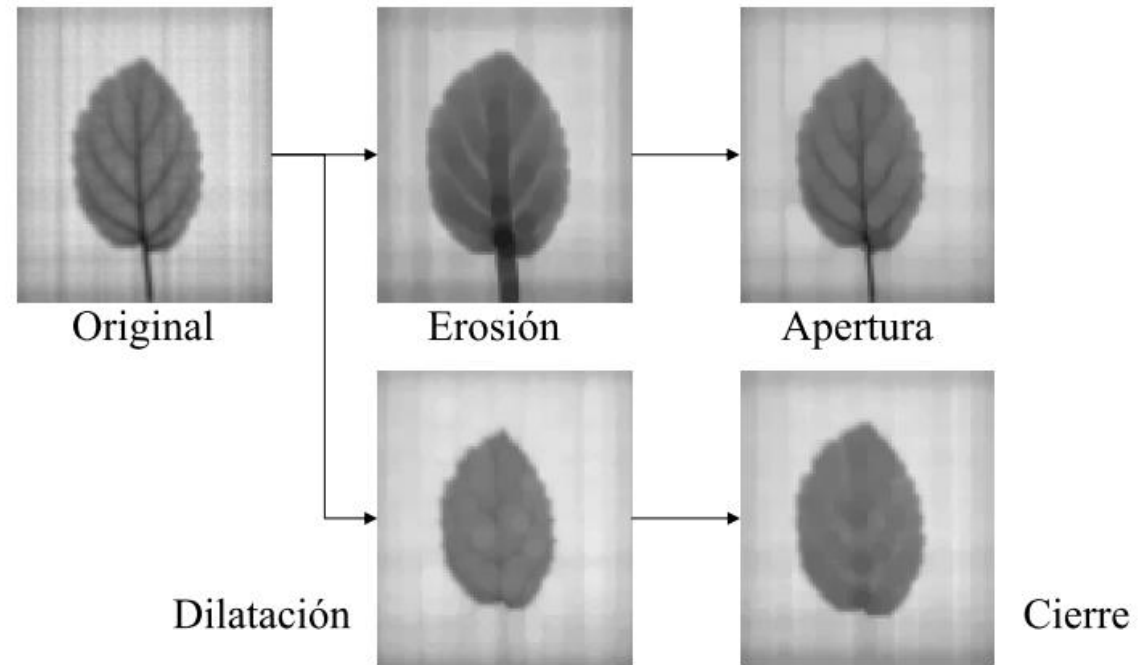
El **Cierre** elimina detalles oscuros de la imagen, dejando el resto prácticamente igual (la dilatación también eliminaba detalles oscuros, pero aclaraba la imagen en general).



# Segmentación de Imágenes


## 🦋 OPERACIONES MORFOLÓGICAS EN IMÁGENES EN GRIS

### 🌀 Comportamiento de las Cuatro Operaciones:



# Segmentación de Imágenes

## OPERACIONES MORFOLÓGICAS EN IMÁGENES EN GRIS

-  La **Transformación Top-Hat** es una operación que combina la apertura con la resta para resaltar los objetos de color contrario al fondo:

$$TH(A) = A - (A \circ B)$$

Si los objetos de la imagen tienen el mismo contraste local, es decir, si los mismos son todos más oscuro o más brillante que el fondo, la **Transformada Top-Hat** puede ser utilizada para atenuar un fondo con un gradientes.

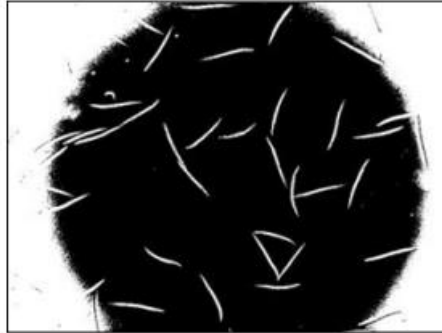
# Segmentación de Imágenes

## 🦋 OPERACIONES MORFOLÓGICAS EN IMÁGENES EN GRIS

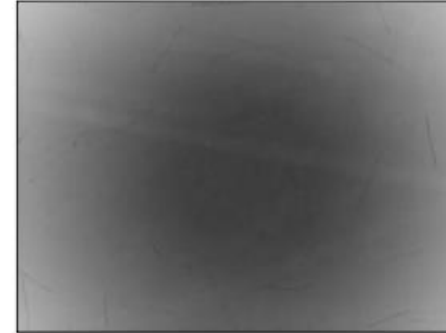
🌀 Ejemplo de la Transformación Top-Hat :



(a) Imagen Original



(b) Segmentación de (a)

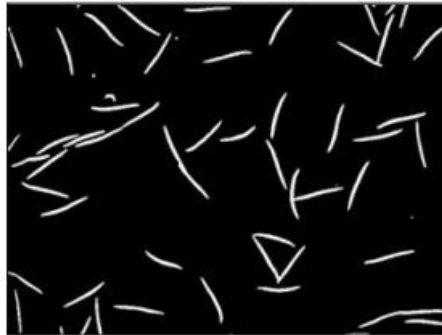


(c) Apertura de (a)

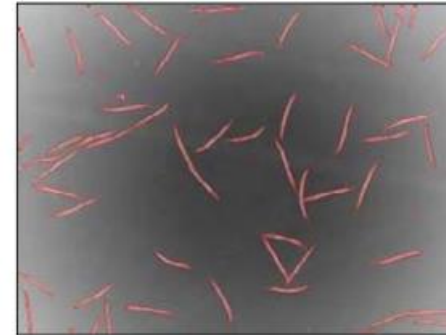
Usando un EE  
Con forma de  
Disco y radio 5



(d) Transformada Top – Hat de (a)



(e) Segmentación de (d)



Superposición de (a) y (e)

# 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