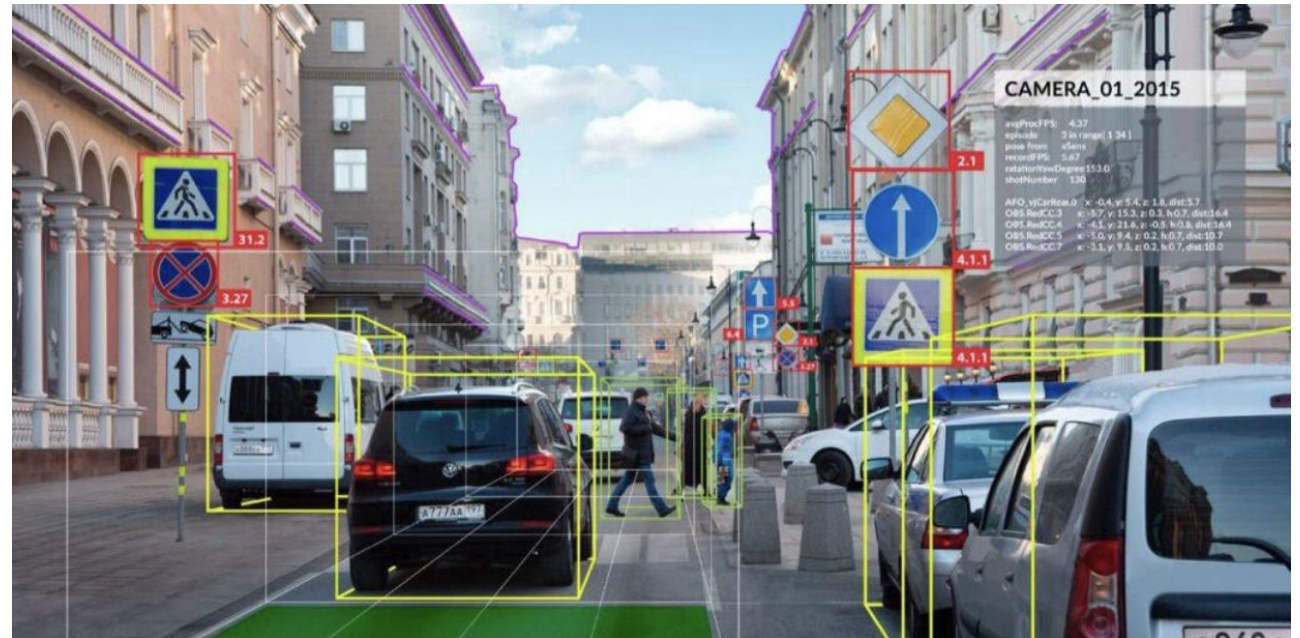


Visión Computacional para imágenes y video

Módulo 2

Tema 2.4 Operaciones Basicas

Gilberto Ochoa Ruiz, PhD
Associate Professor
Researcher in Computer Vision



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

Procesamiento morfológico y binario de imágenes

Operaciones básicas

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)

Procesamiento morfológico y binario de imágenes

Representación de imágenes

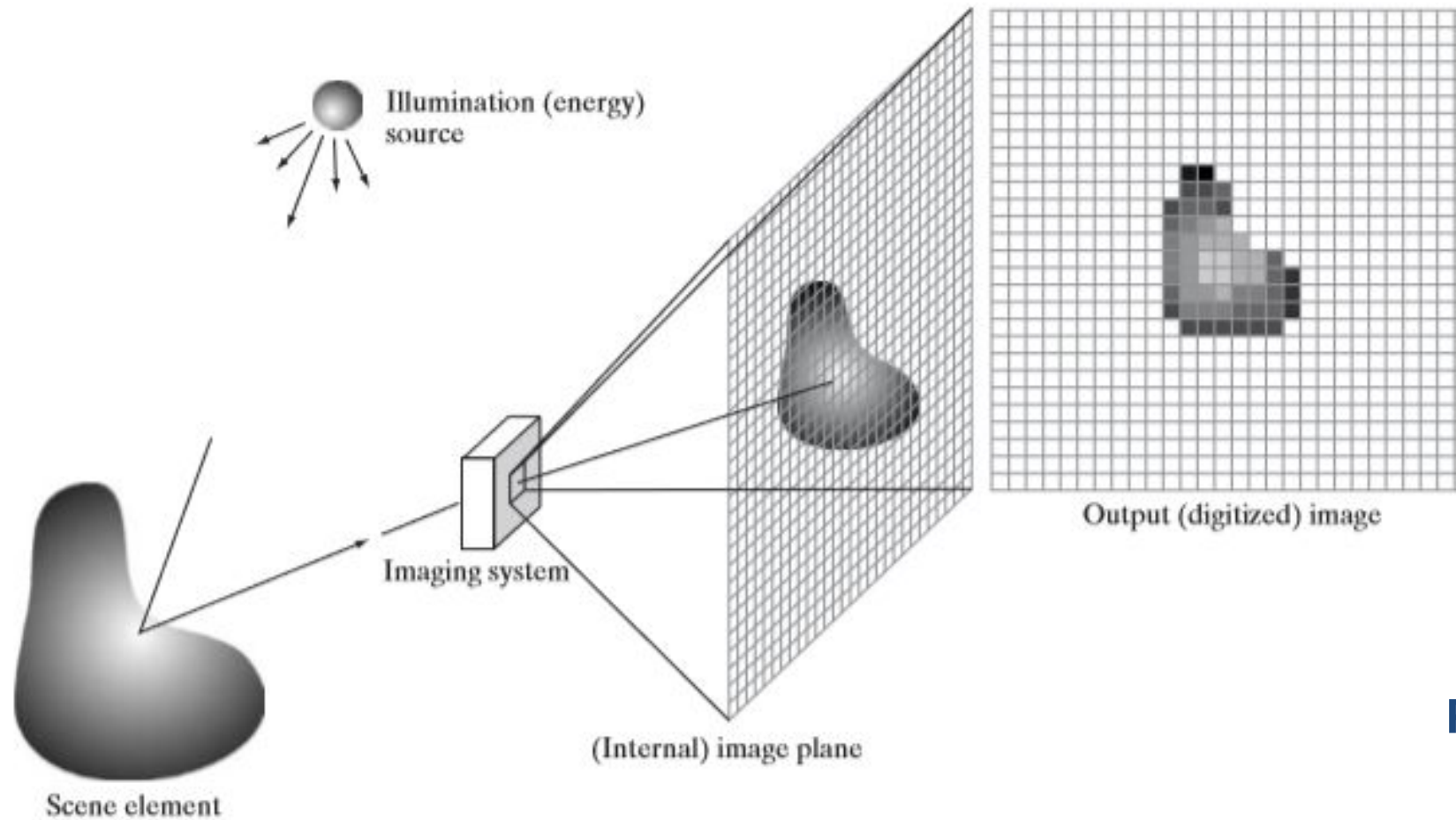


Localización del
pixel (m,n)

Intensidad $\square I(m,n)$

Procesamiento morfológico y binario de imágenes

Representación de imágenes



**Proceso de formación
de imágenes**

Procesamiento morfológico y binario de imágenes

Representación de imágenes

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

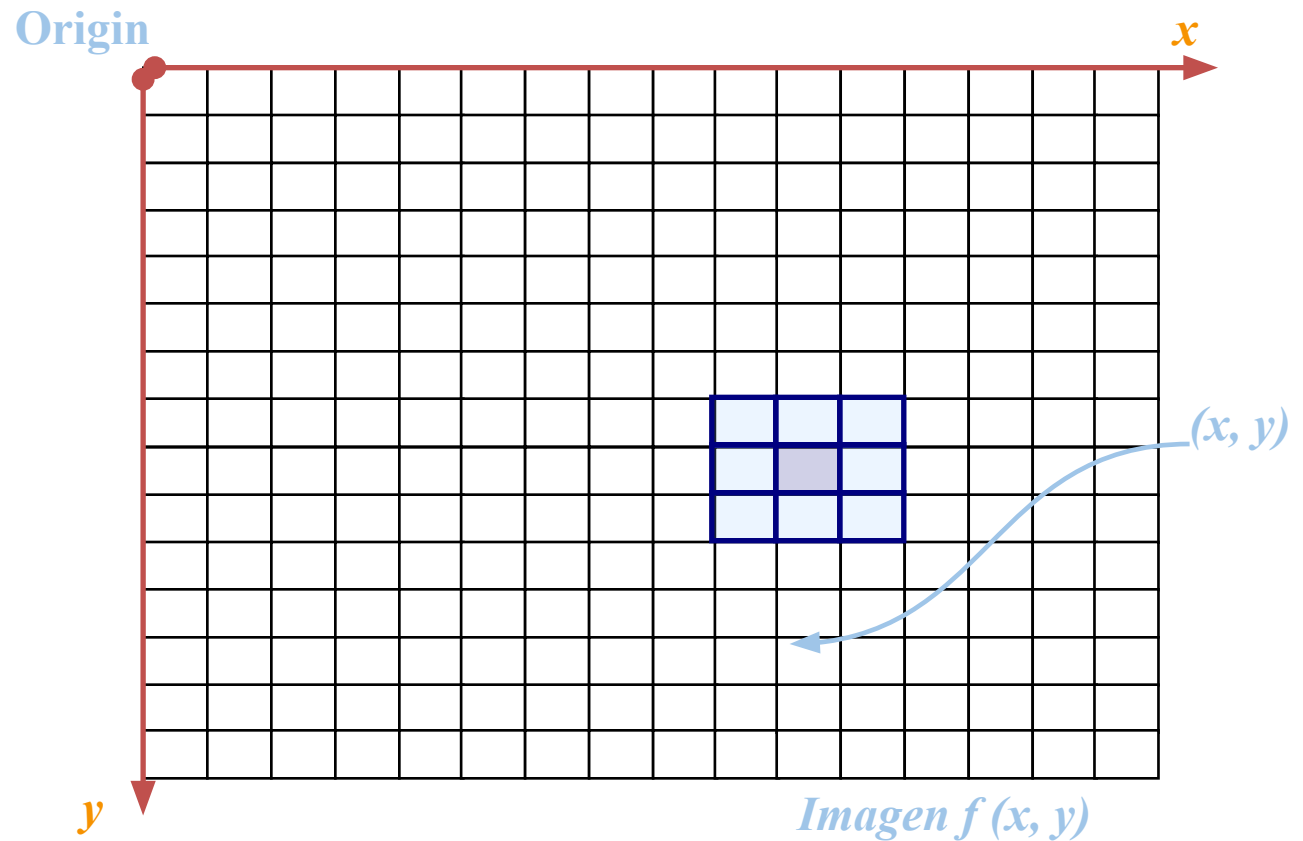
$$g(x, y) = T[f(x, y)] \text{ donde}$$

$f(x, y)$ □ imagen de entrada

$g(x, y)$ □ imagen de salida

$T(x, y)$ □ operador matematico

Puede ser por punto o una convolución



Procesamiento morfológico y binario de imágenes

Representación de imágenes

La forma mas simple de operación en el dominio espacial 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

Procesamiento morfológico y binario de imágenes

Representación de imágenes

Binary



Gray Scale

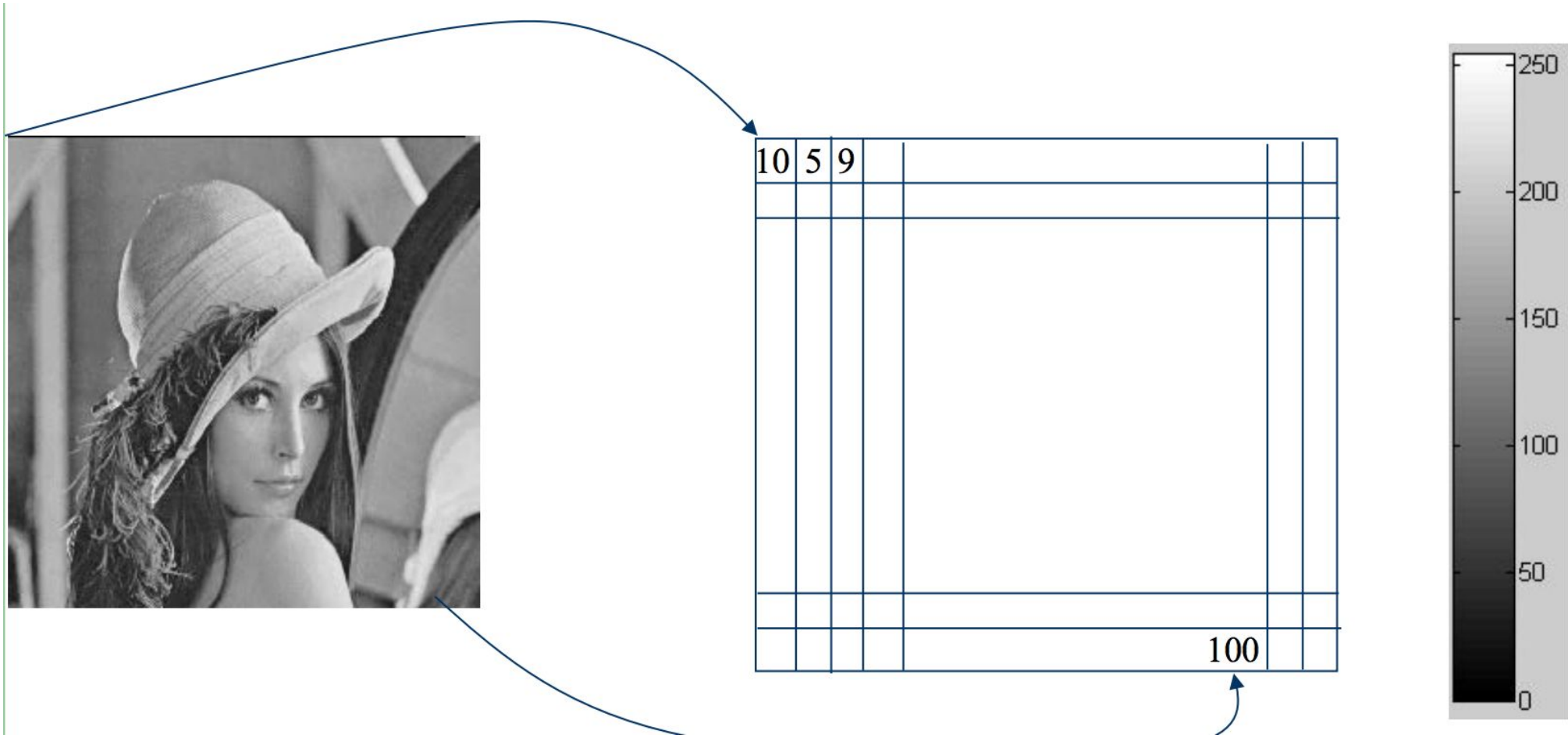


Color



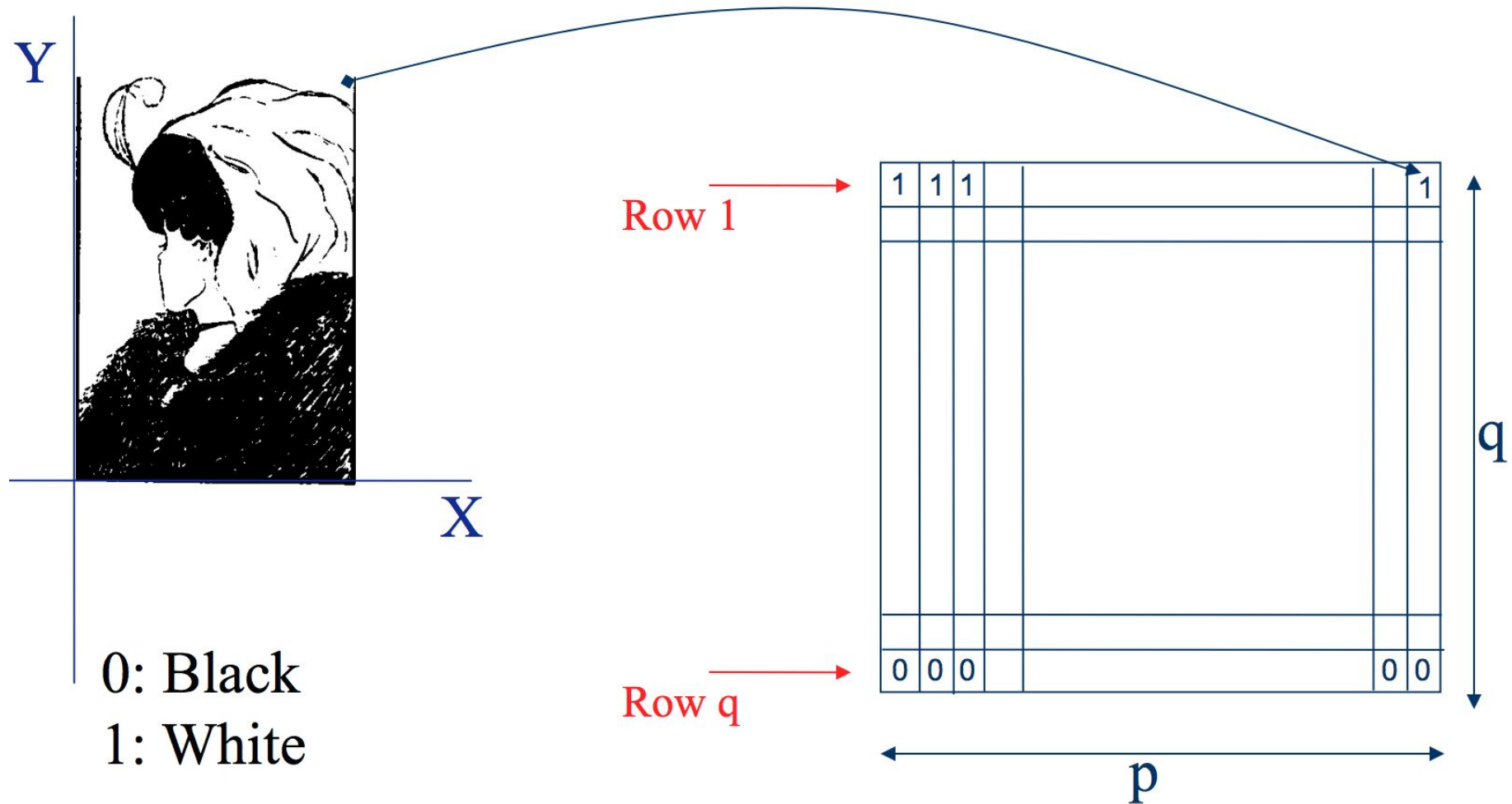
Procesamiento morfológico y binario de imágenes

Representación de imágenes



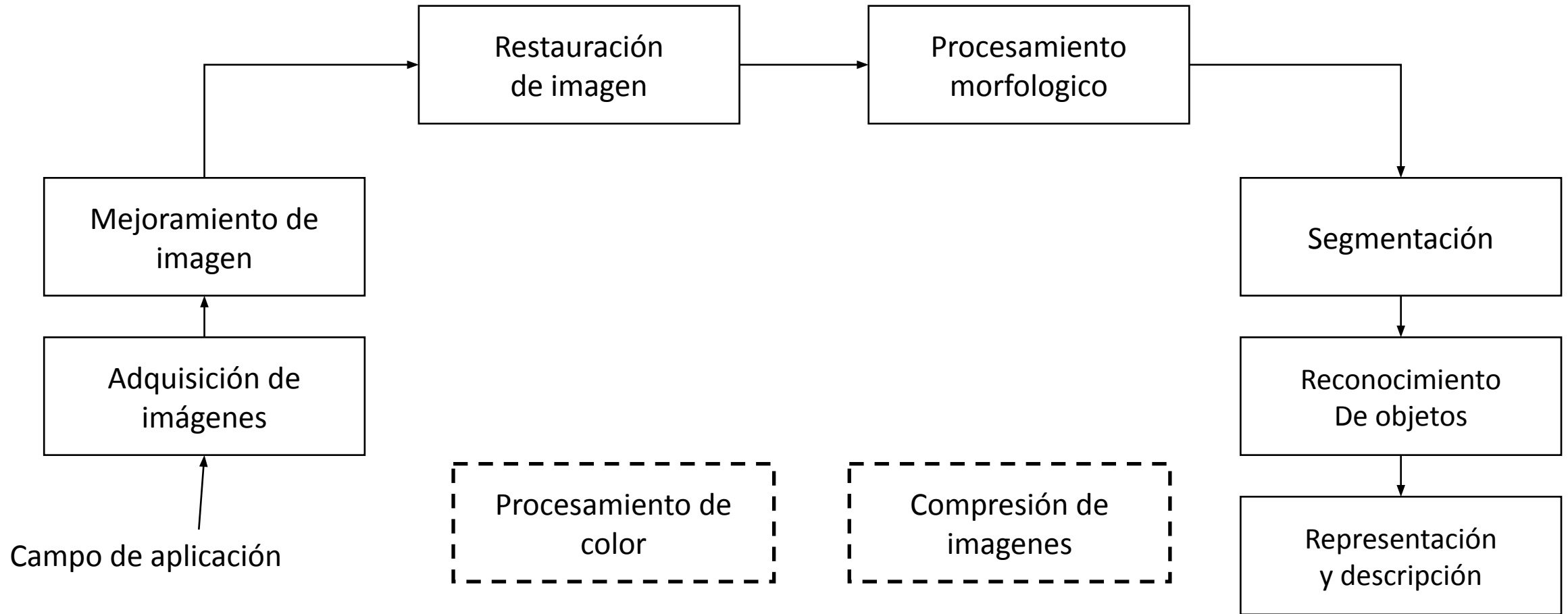
Procesamiento morfológico y binario de imágenes

Representación de imágenes



Procesamiento morfológico y binario de imágenes

Etapas de un pipeline de procesamiento de imágenes



Procesamiento morfológico y binario de imágenes

Operaciones morfológicas: motivación

Sistemas lineales e invariantes

Operadores morfológicos y sus usos

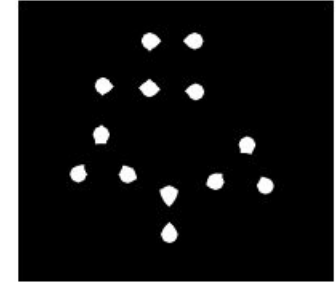
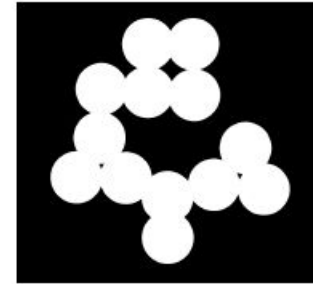
Dilatation, erosion, opening, closing

Detección de contornos

Filtro Hit-miss - detección de caracteres

Filtros morfológicos para imágenes en escales de grises

Operadores morfológicos en cascada



INTEREST-POINT DETECTION

Feature extraction typically starts by finding the salient interest points in the image. For robust image matching, we desire interest points to be repeatable under perspective transformations (or, at least, scale changes, rotation, and translation) and real-world lighting variations. An example of feature extraction is illustrated in Figure 3. To achieve scale invariance, interest points are typically computed at multiple scales using an image pyramid [15]. To achieve rotation invariance, the patch around each interest point is canonically oriented in the direction of the dominant gradient. Illumination changes are compensated by normalizing the mean and standard deviation of the pixels of the gray values within each patch [16].

Procesamiento morfológico y binario de imágenes

Operaciones morfológicas: motivación

Las **imágenes binarias** son muy comunes como un nivel de abstracción intermedio para otras etapas de procesamiento y análisis

- Thresholding/segmentation
- Presencia/ausencia de una propiedad de la imagen

Yexto y líneas, procesamiento automático de textos e imágenes

Representación de píxeles individuales como 0 o 1, convención:

foreground, = 1 (white) □ objeto de interés

background = 0 (black) □ fondo a ser removido

Procesado usando funciones lógicas □ rápido y simple

Operaciones lógicas “shift-invariant” en imgs. binarias:

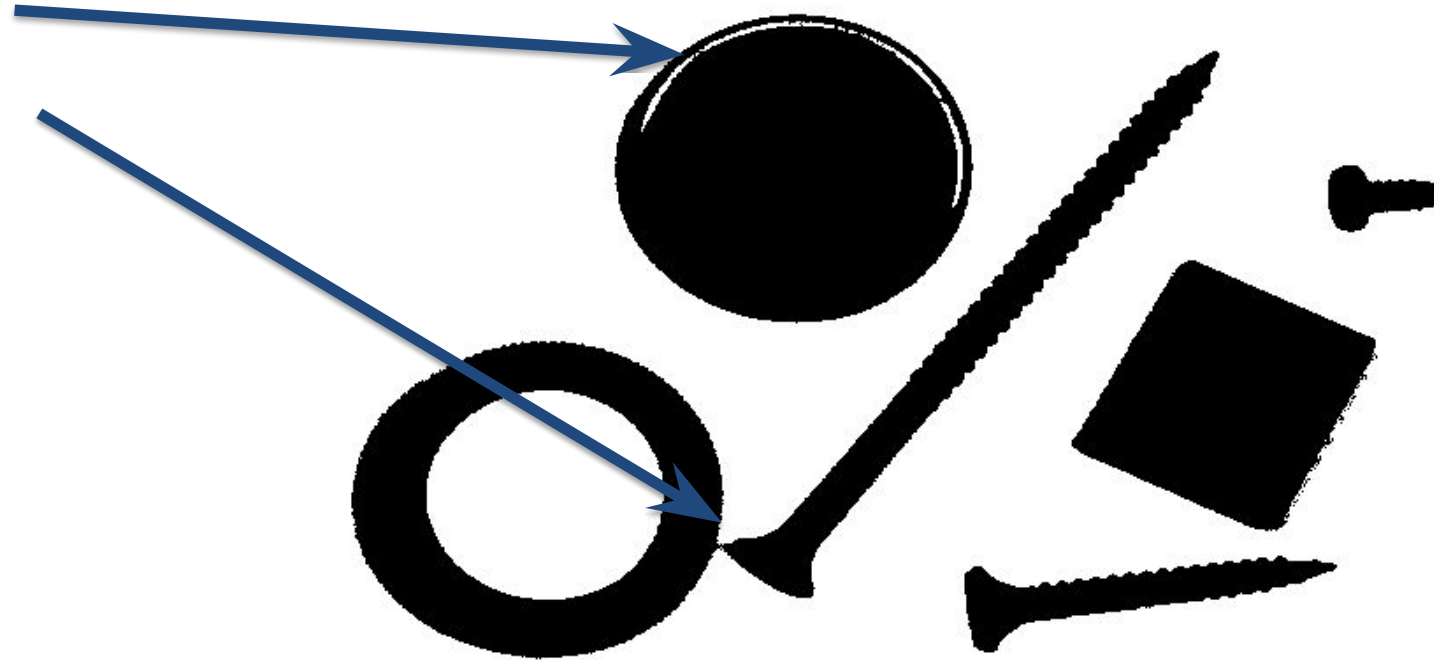
“morphological” image processing

Procesamiento morfológico y binario de imágenes

Operaciones morfológicas: motivación

La **segmentación** no siempre los resultados esperados

Son todo por
problemas de
iluminación



Procesamiento morfológico y binario de imágenes

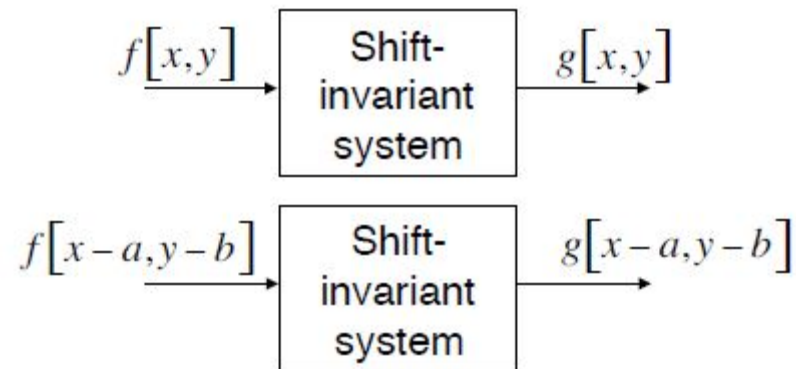
Propiedades de transformaciones morfológicas

Shift invariance, ¿qué es?

Asumamos que tenemos dos imágenes $f[x,y]$ y $g[x,y]$ de soporte infinito

$$[x,y] \in \{\dots, -2, -1, 0, 1, 2, \dots\} \times \{\dots, -2, -1, 0, 1, 2, \dots\}$$

... entonces, para cualquier entero a y b



Shift-invariance no implica **linealidad** (o vice versa).

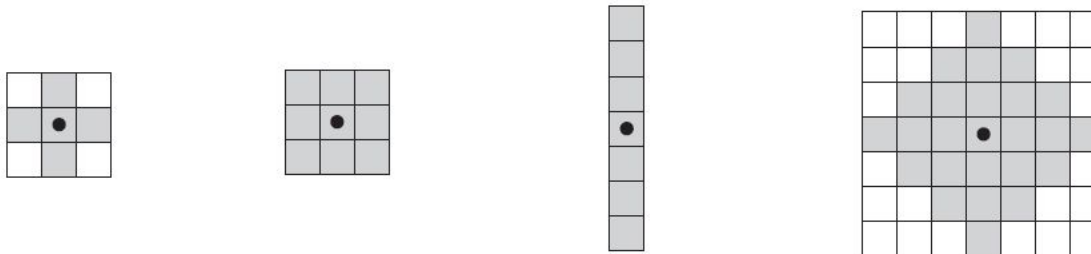
Procesamiento morfológico y binario de imágenes

Shift invariance y operadores morfológicos

Operadores de
ventana

$$W\{f[x, y]\} = \{f[x - x', y - y'] : [x', y'] \in \Pi_{xy}\}$$
$$\hat{W}\{f[x, y]\} = \{f[x + x', y + y'] : [x', y'] \in \Pi_{xy}\}$$

La **reflexión y traslación** de “**ventanas**” (sets de pixels”) son empleadas extensivamente en morfología para formular operaciones basadas en **elementos estructurales**: pequeños sets o sub-imágenes usados para estudiar propiedades de la imagen de interés



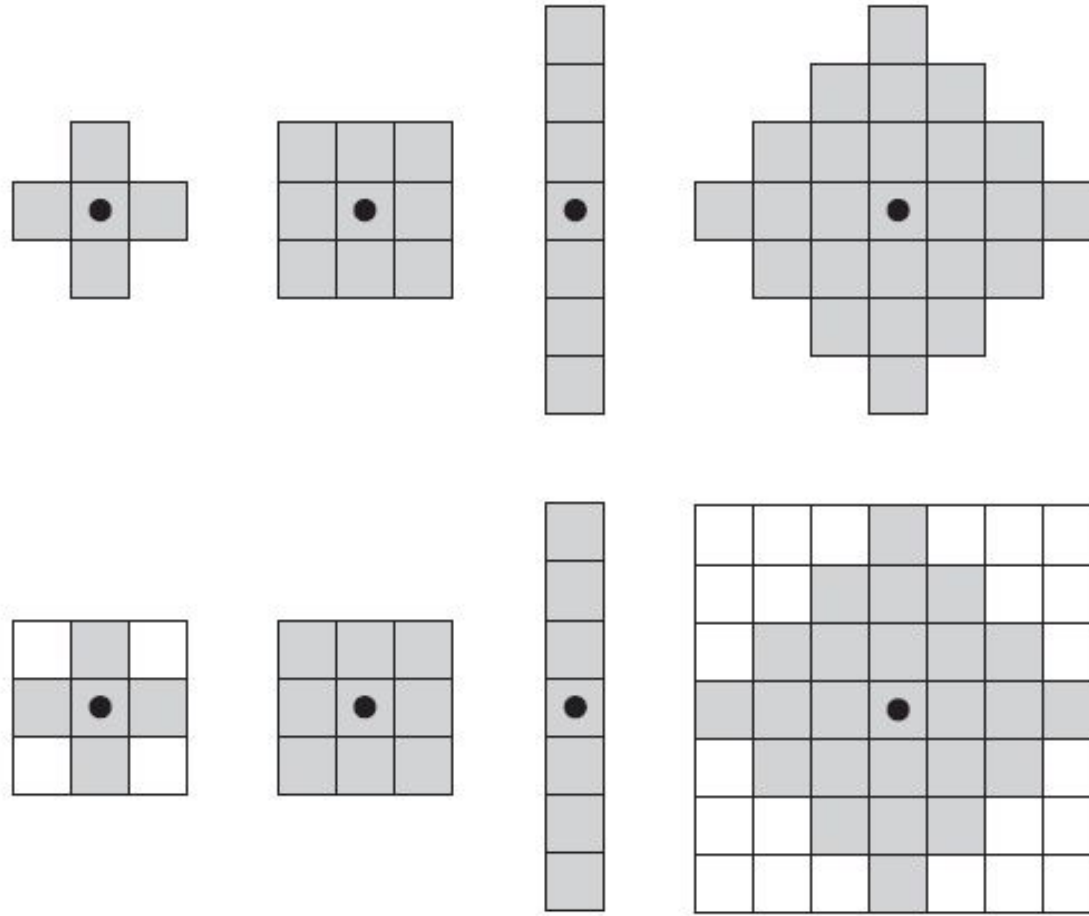
Procesamiento morfológico y binario de imágenes

Shift invariance y operadores morfológicos

Ejemplos de
structured elements
“teóricos”

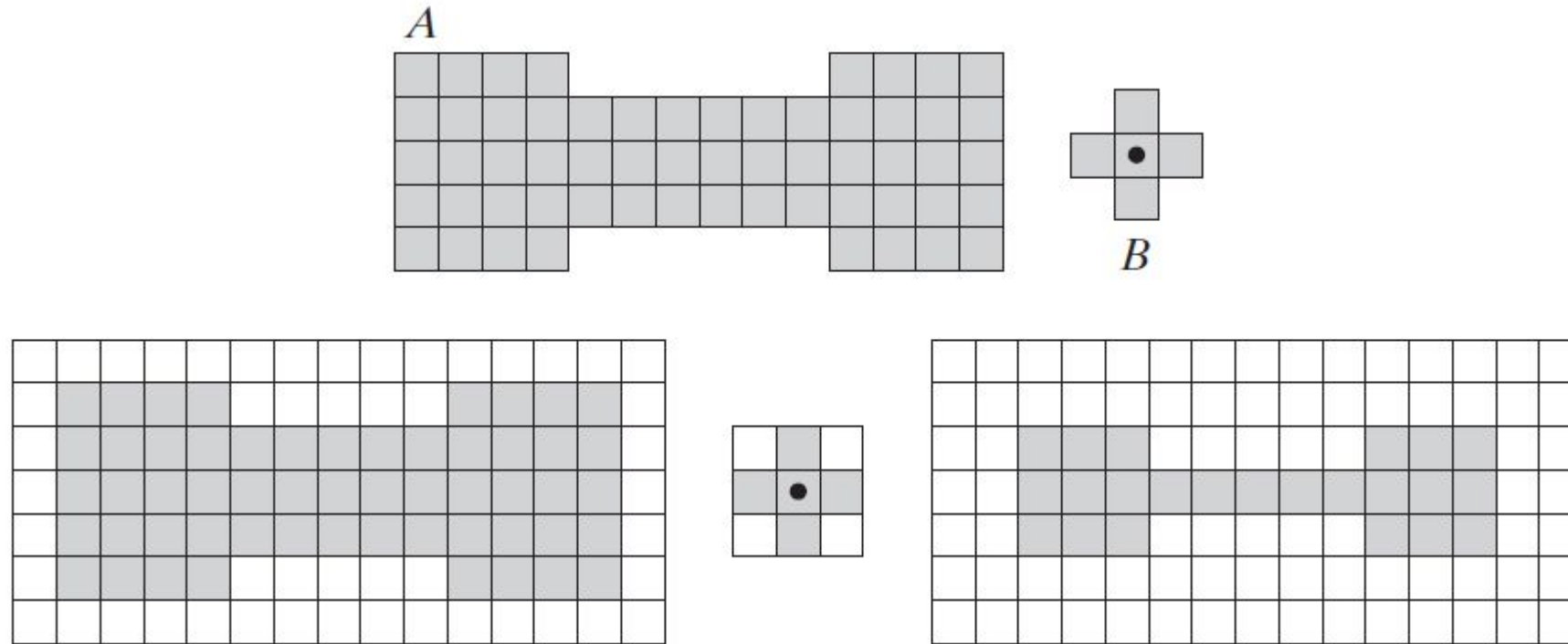


Ejemplos de
structured elements
“reales”



Procesamiento morfológico y binario de imágenes

Operadores morfológicos: erosión



$$g[x,y] = AND\left[\hat{W}\left\{f[x,y]\right\}\right] := erode(f,W)$$

Procesamiento morfológico y binario de imágenes

Operadores morfológicos: erosión

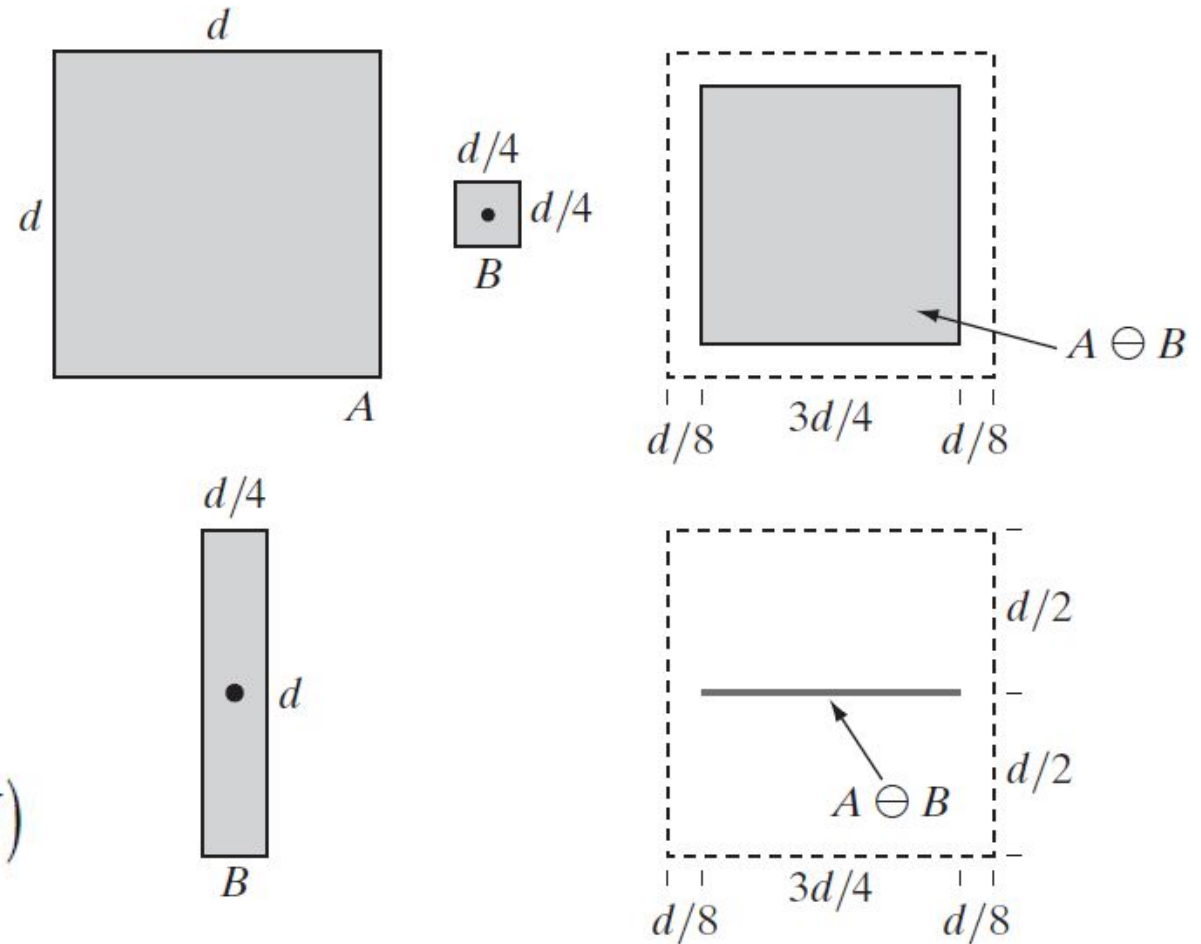
Un **pixel del objeto** solamente permanece después de la operación de **erosión** si

Todos los “**1s**” del **S.E.** están **contenidos** dentro del objeto

Operación AND

Sino, devienen parte del **background**

$$g[x, y] = AND\left[\hat{W}\{f[x, y]\}\right] := erode(f, W)$$

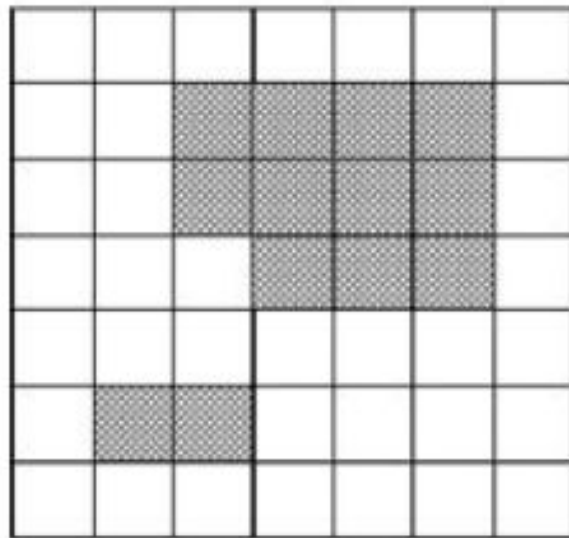


Procesamiento morfológico y binario de imágenes

Operadores morfológicos: erosión

$$g[x,y] = AND\left[\hat{W}\left\{f[x,y]\right\}\right] := erode(f,W)$$

 = 1  = 0

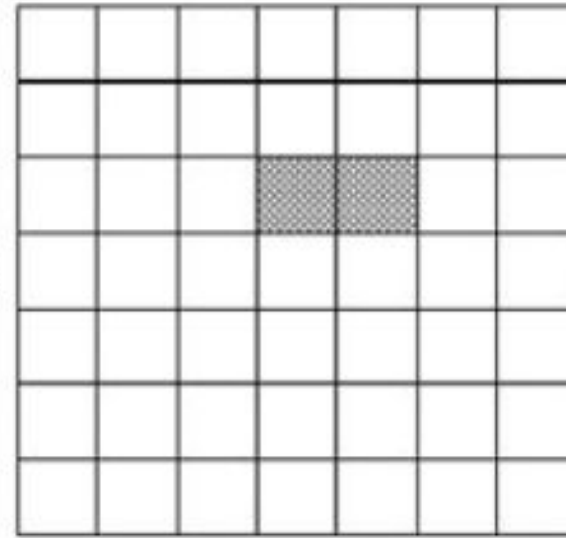


EROSION



0	1	0
1	1	1
0	1	0

=



Procesamiento morfológico y binario de imágenes

Operadores morfológicos: erosión

Encoge el tamaño de elementos de la imagen donde $f(x,y) = 1$

Hace los bordes de las imágenes mas pronunciados

Remueve “penínsulas”, “dedos”, u objetos pequeños

$$g[x,y] = AND\left[\hat{W}\{f[x,y]\}\right] := erode(f,W)$$



Original (701x781)



3 x 3 S.E.



7 x 7 S.E.

Procesamiento morfológico y binario de imágenes

Operadores morfológicos: dilatación

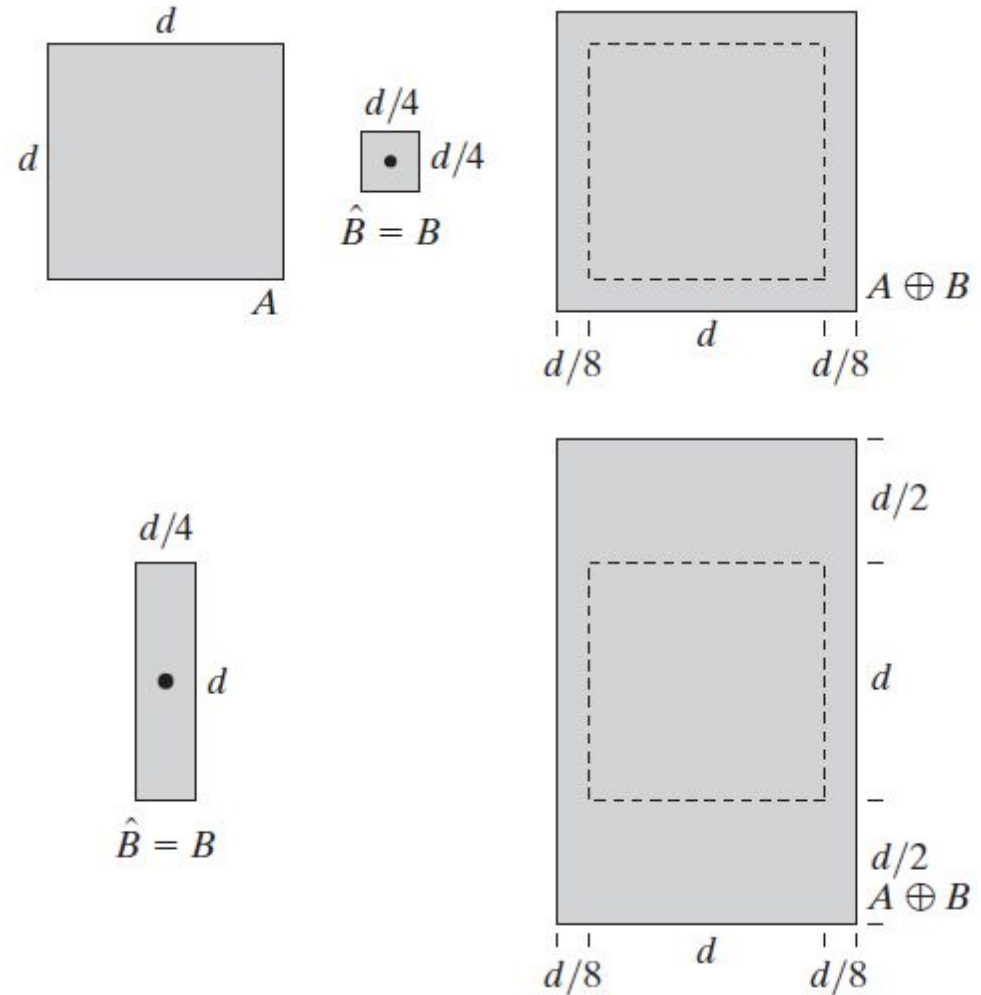
Un **pixel del fondo** solamente permanece después de la operación de **erosión** si

Todos los “**1s**” del **S.E.** están **contenidos** dentro del **fondo**

Operación OR

Sino, devienen parte del **foreground**

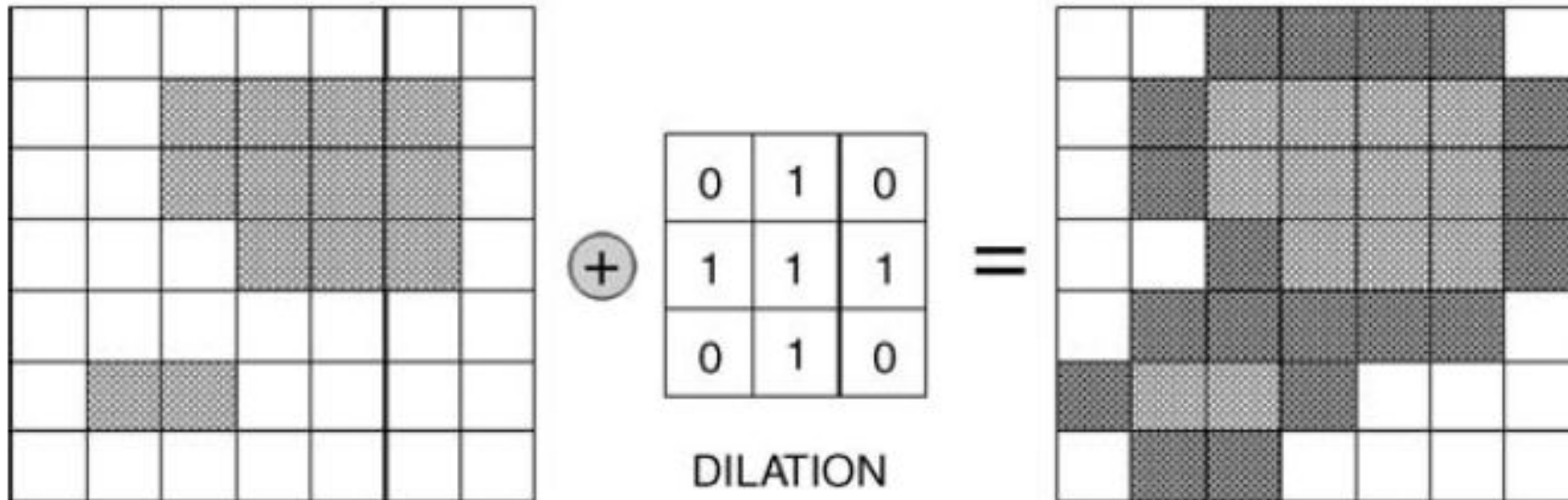
$$g[x, y] = OR[W\{f[x, y]\}] := dilate(f, W)$$



Procesamiento morfológico y binario de imágenes

Operadores morfológicos: dilatación

$$g[x,y] = OR[W\{f[x,y]\}] := dilate(f,W)$$



Procesamiento morfológico y binario de imágenes

Operadores morfológicos: dilatación

Expande el tamaño de elementos de la imagen donde $f(x,y) = 1$

Suaviza los contornos de los objetos en imagen binaria

Cierra agujeros o huecos en imágenes con **segmentación pobre**

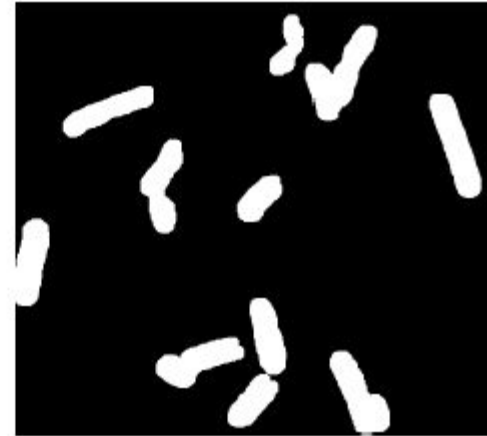
$$g[x,y] = OR[W\{f[x,y]\}] := dilate(f,W)$$



Original (701x781)



3 x 3 S.E.



7 x 7 S.E.

Procesamiento morfológico y binario de imágenes

Operadores morfológicos: dilatación

Una de sus aplicaciones más simples de la dilatación es la de cerrar huecos

$$g[x,y] = OR[W\{f[x,y]\}] := dilate(f,W)$$

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.



Procesamiento morfológico y binario de imágenes

Operadores morfológicos: relación entre AND or OR

Dualidad: erosión es la dilatación del fondo

$$\begin{aligned} \text{dilate}(f, W) &= \text{NOT} \left[\text{erode}(\text{NOT}[f], \hat{W}) \right] \\ \text{erode}(f, W) &= \text{NOT} \left[\text{dilate}(\text{NOT}[f], \hat{W}) \right] \end{aligned}$$

Pero: erosión no es la inversa de la dilatación

$$\begin{aligned} f[x, y] &\neq \text{erode}(\text{dilate}(f, W), W) \\ &\neq \text{dilate}(\text{erode}(f, W), W) \end{aligned}$$

Procesamiento morfológico y binario de imágenes

Operadores morfológicos: detección de discontinuidades c/ erosión

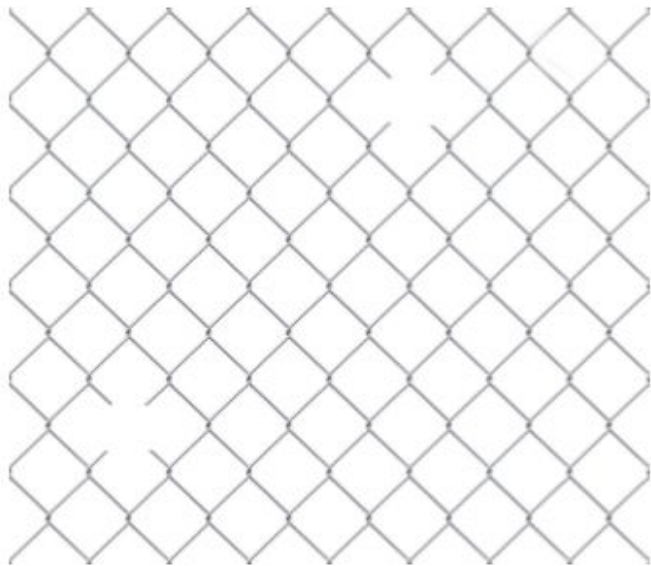


Imagen Original

Fence

(1023 x 1173)

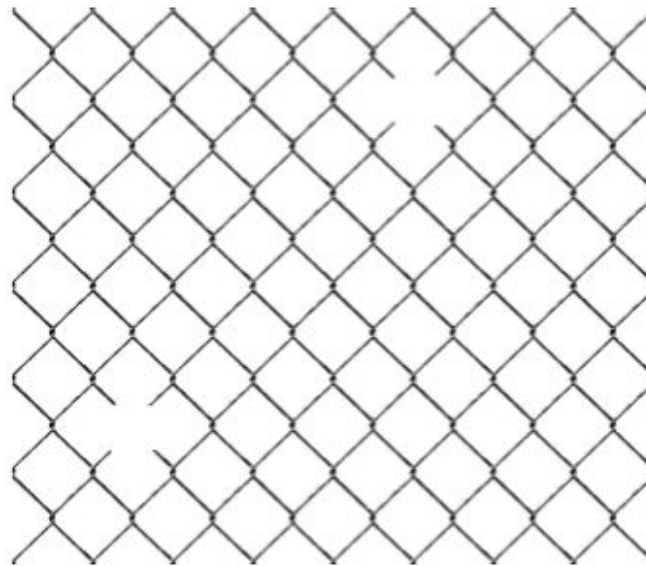


Imagen binaria

Fence

Metodo de Otsu

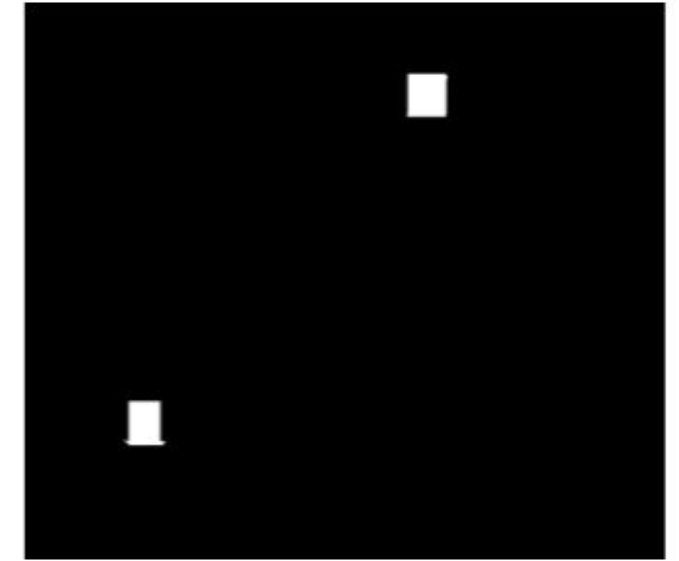


Imagen erosionada

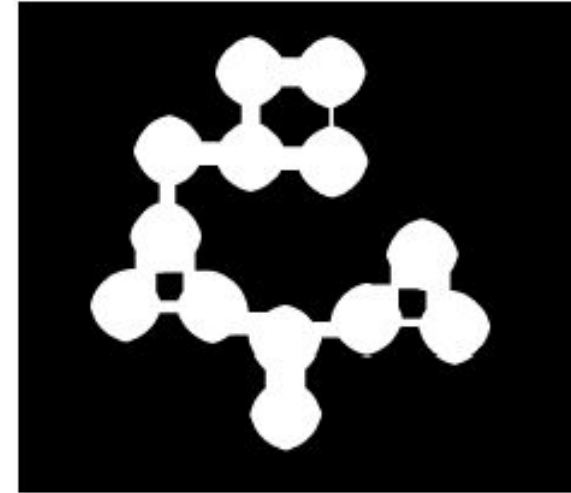
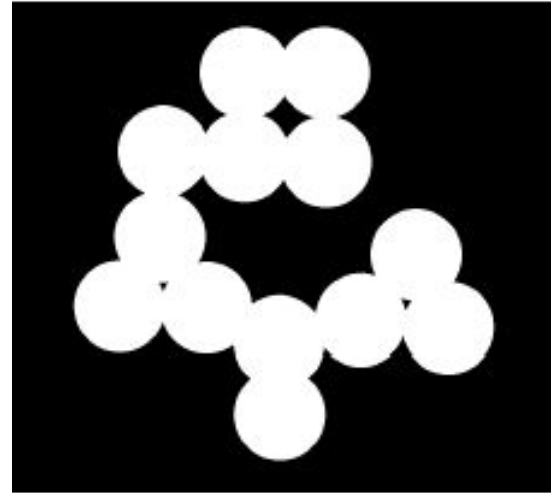
S.E: cross

Tamaño: 151 x 151

Procesamiento morfológico y binario de imágenes

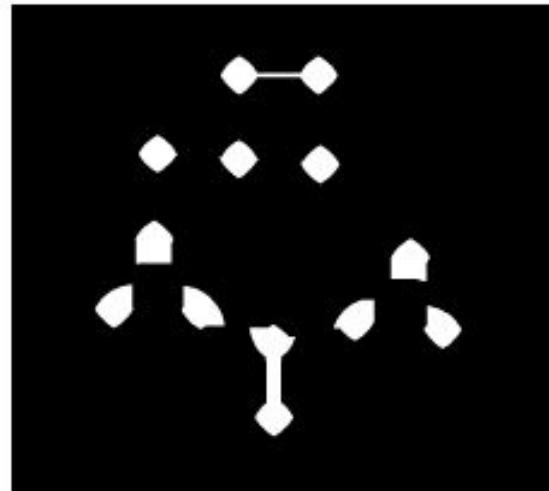
Operadores morfológicos: separación de objetos c/ erosión

a) Imagen binaria
Círculos (792x892)



b) Erosión
SE de 30 x 30

c) Erosión
SE de 70 x 70



d) Erosión
SE de 96 x 96



Procesamiento morfológico y binario de imágenes

Operadores morfológicos: separación de objetos c/ erosión

a) Imagen binaria

Círculos (792x892)

b) Erosión

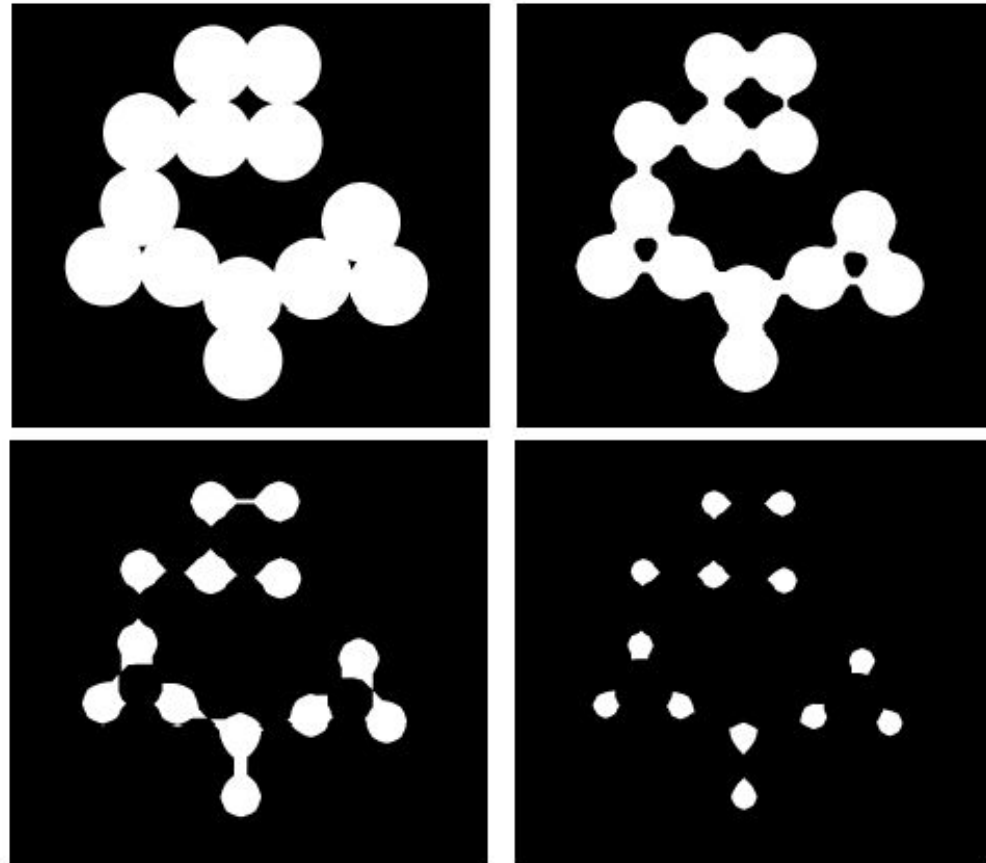
SE disco $d = 15$

c) Erosión

SE disco $d = 35$

d) Erosión

SE disco $d = 48$

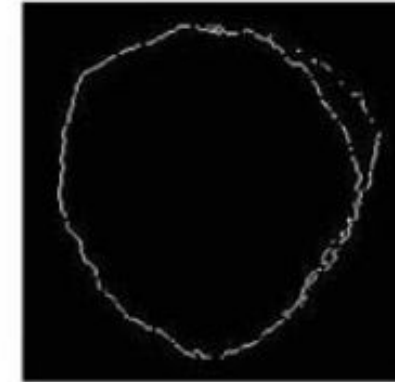


Procesamiento morfológico y binario de imágenes

Operadores morfológicos: mejoramiento de imágenes

a) Imagen de cráter

Escala de grises

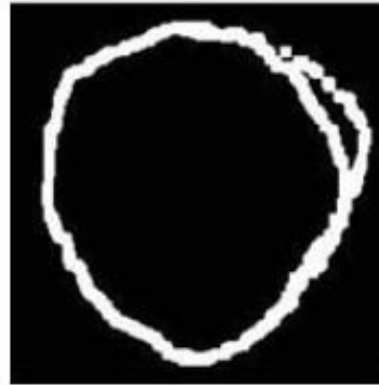


b) Filtro Sobel

Imagen Binaria

c) Dilatación

Imagen binaria
mejorada



d) Zona de impacto

Área en píxeles

Procesamiento morfológico y binario de imágenes

Operadores morfológicos: opening y closing

Objetivo: suavizar el objeto segmentado sin cambio de tamaño

Ambos filtros tiene un “sesgo” por las regiones pequeñas

Filtro de “opening”

$$\text{open}(f, W) = \text{dilate}(\text{erode}(f, W), W)$$

Filtro de “closing”

$$\text{close}(f, W) = \text{erode}(\text{dilate}(f, W), W)$$

Suavizadores sin cambio de tamaño y sin bias existen

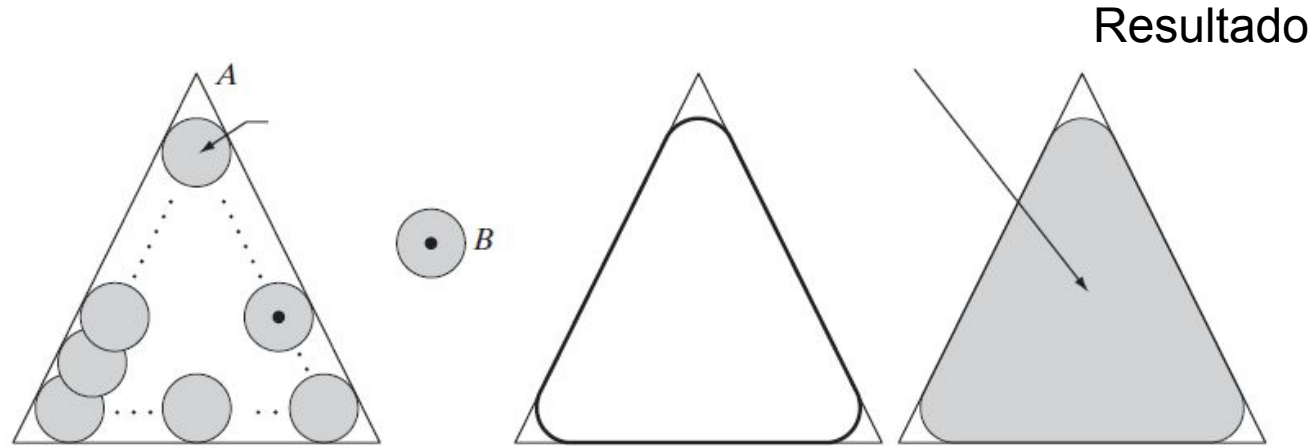
$$\text{close} - \text{open}(f, W) = \text{close}(\text{open}(f, W), W)$$

$$\text{open} - \text{close}(f, W) = \text{open}(\text{close}(f, W), W)$$

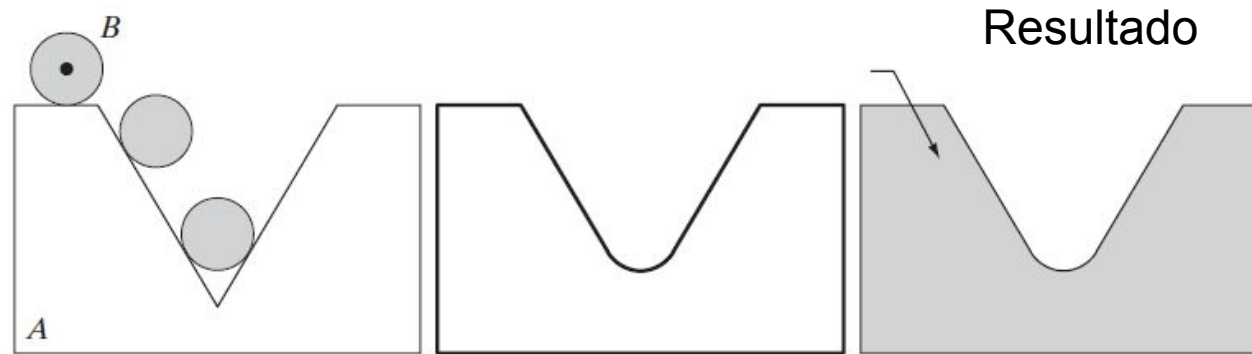
Procesamiento morfológico y binario de imágenes

Operadores morfológicos: opening y closing

Proceso de
opening
de un objeto
(rolling inside)



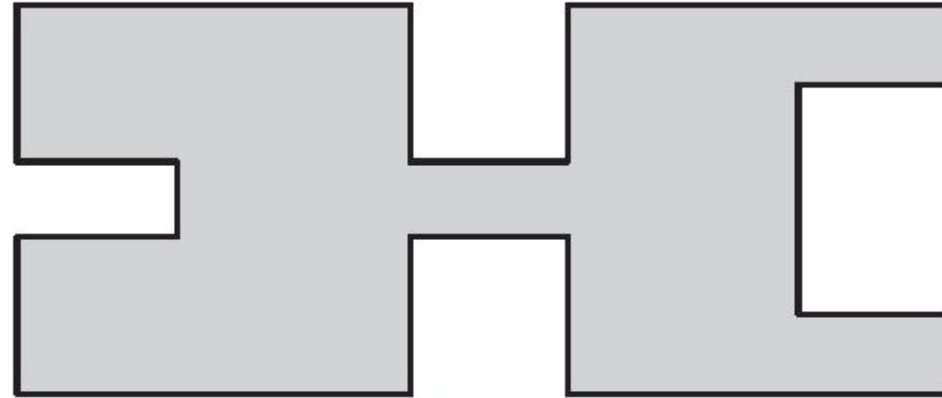
Proceso de
closing
de un objeto
(rolling outside)



Procesamiento morfológico y binario de imágenes

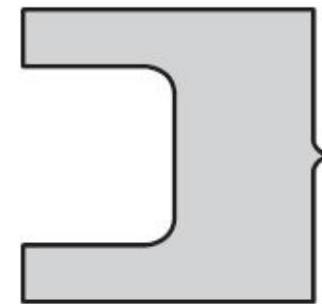
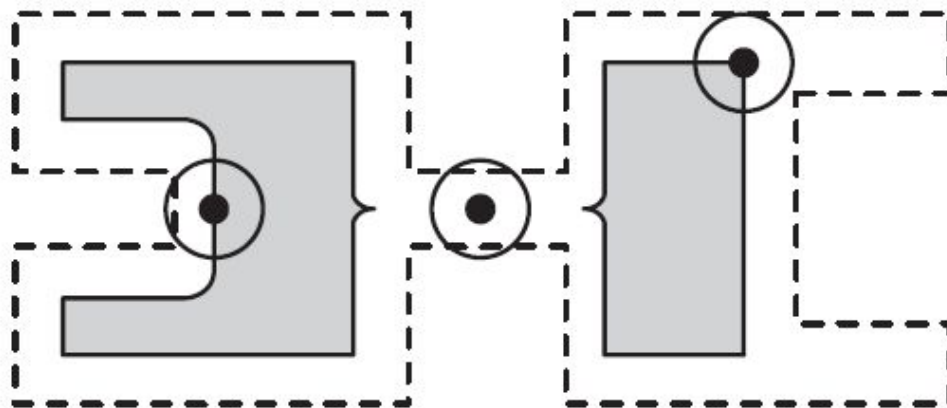
Operadores morfológicos: opening y closing

Imagen de entrada



A

Erosión con S.E. circular



Resultado de erosión



Procesamiento morfológico y binario de imágenes

Operadores morfológicos: opening y closing

Proceso de closing

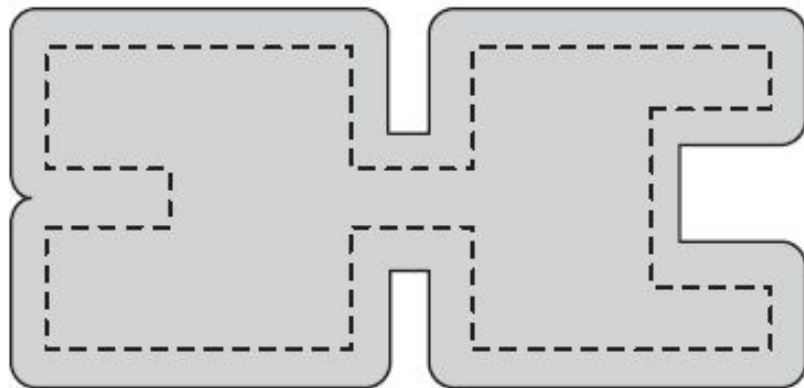
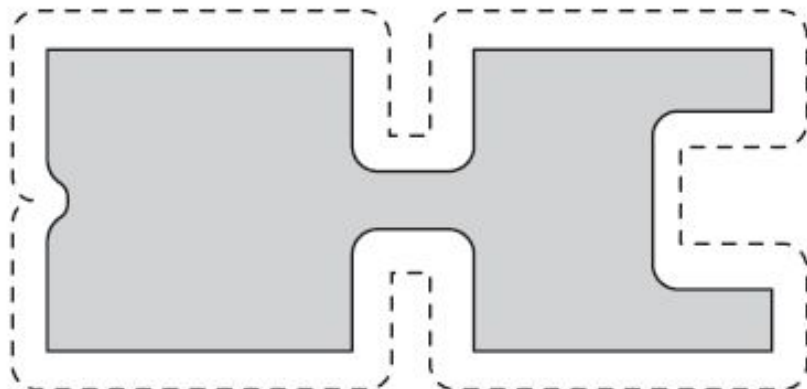
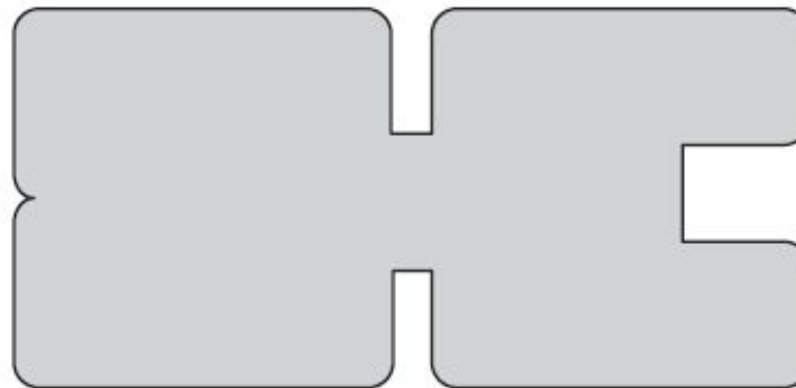


Imagen "dilatada"



Operación de opening

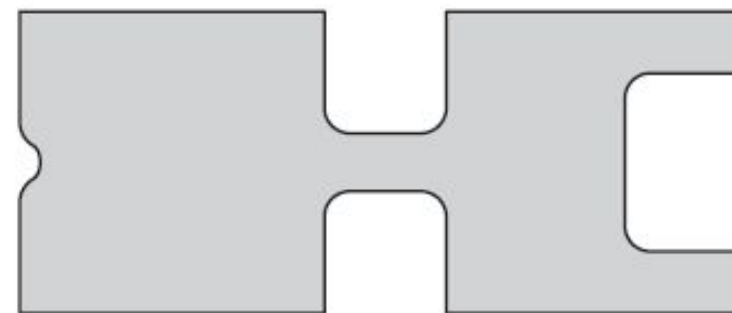


Imagen "erosionada"

Procesamiento morfológico y binario de imágenes

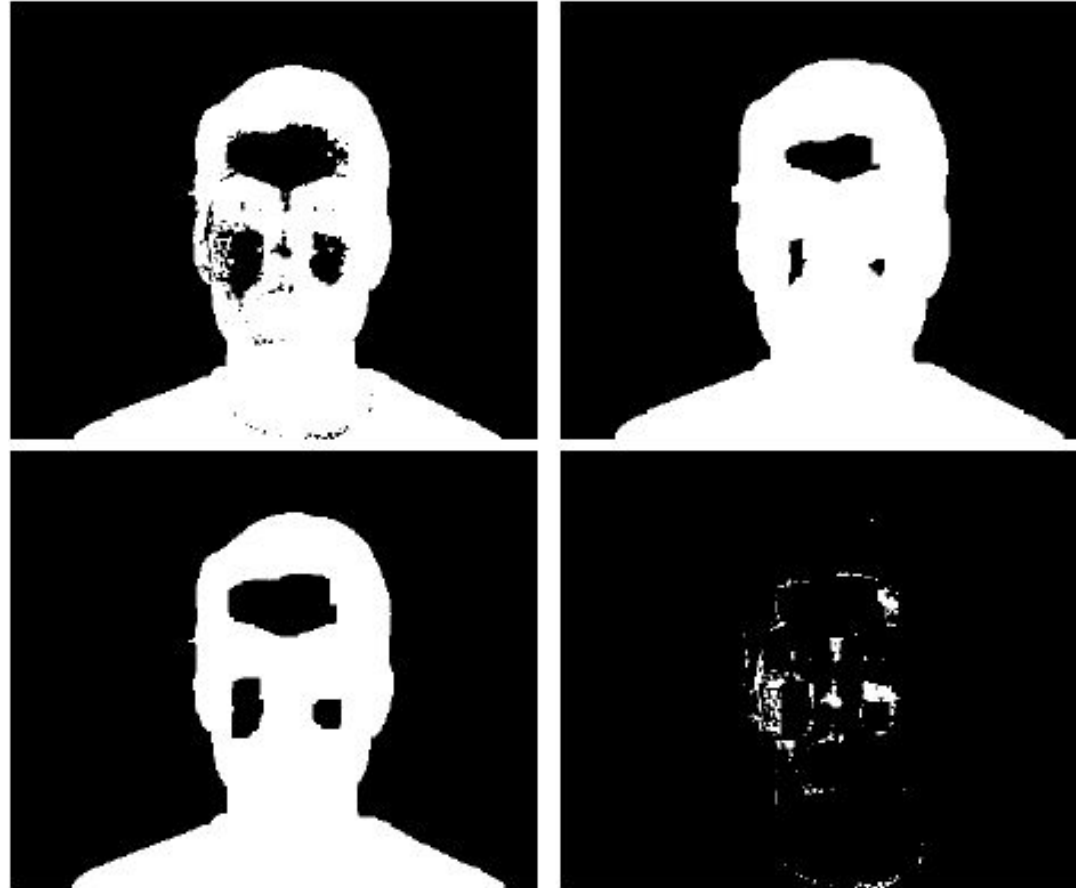
Operadores morfológicos: eliminación de ruido con closing

a) Imagen original
Binaria

b) Dilatación
10 x 10 S.E.

c) Closing
10 x 10 S.E.

d) Diferencia
Con mascara original



Procesamiento morfológico y binario de imágenes

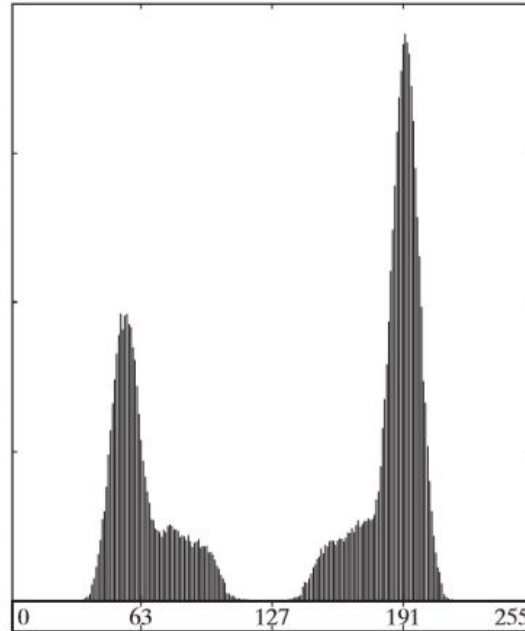
Operadores morfológicos: pre-procesamiento para “feature extraction”

Segmentación ☐ **Thresholding básico global**



Imagen original

$T = m, \Delta t = 0$



Histograma encontrado

$T = 125.4$



Imagen de salida

$T = 124$

→
Inversion de imagen

Procesamiento morfológico y binario de imágenes

Operadores morfológicos: pre-procesamiento para “feature extraction”



Procesamiento morfológico y binario de imágenes

Operadores morfológicos: pre-procesamiento p/ detección de contornos

a) Imagen original

$$f[x, y]$$

b) Dilatación

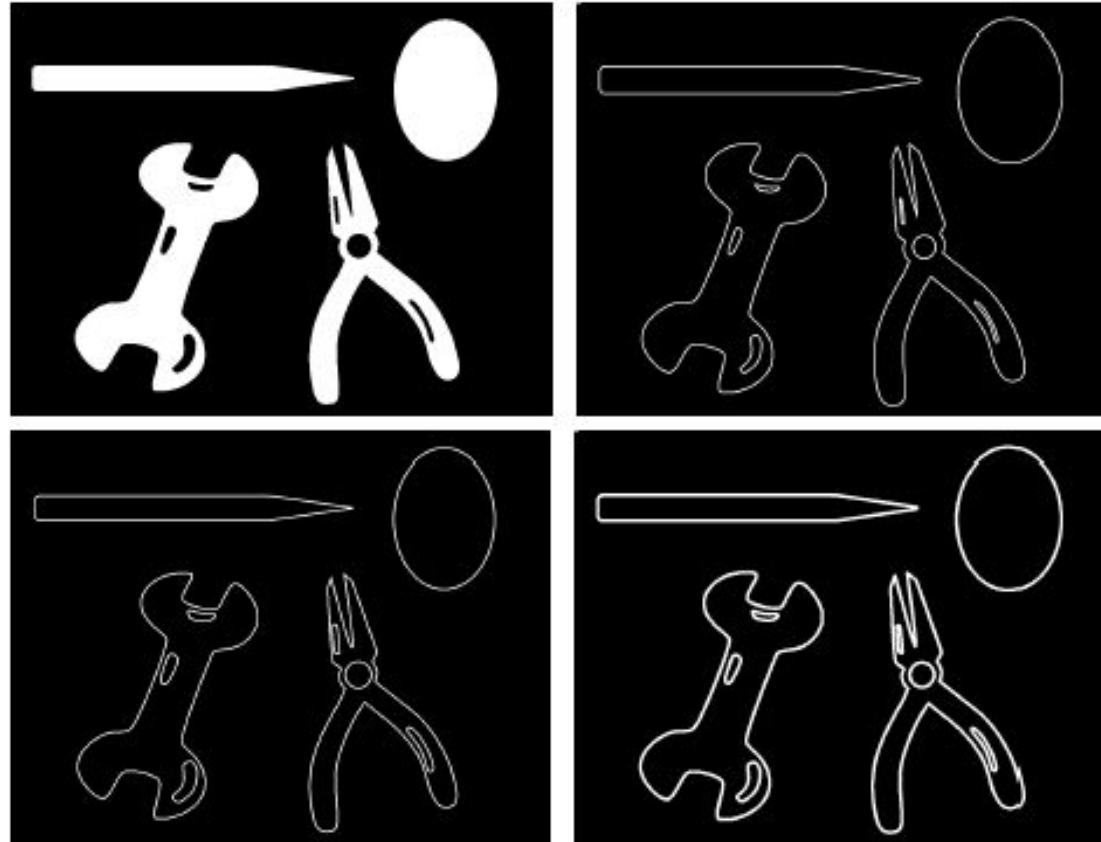
$$\text{dilate}(f, W) \neq f$$

c) Erosión

$$\text{erode}(f, W) \neq f$$

c) Dilatación

$$\text{dilate}(f, W) \neq \text{erode}(f, W)$$



Procesamiento morfológico y binario de imágenes

Operadores morfológicos: reconocimiento de caracteres en documentos

Imagen binaria f

INTEREST-POINT DETECTION

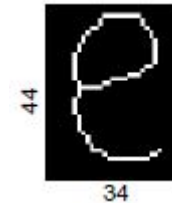
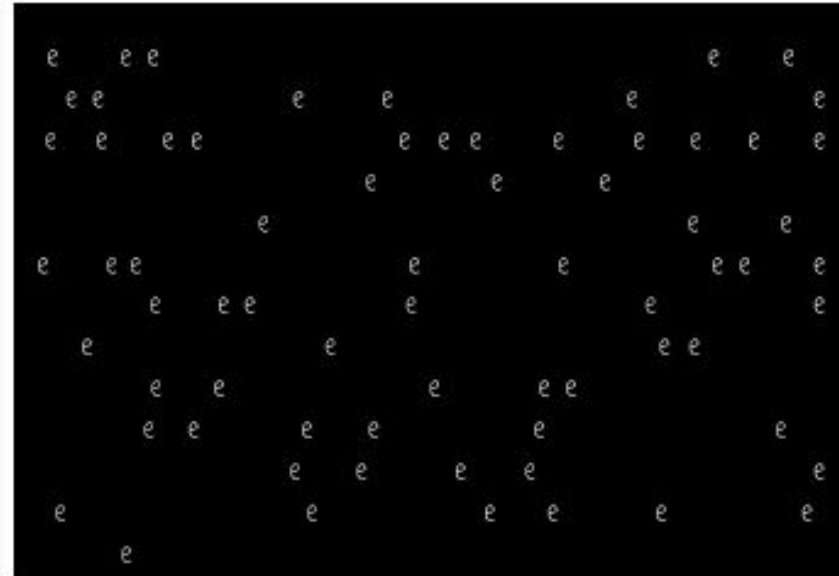
Feature extraction typically starts by finding the salient interest points in the image. For robust image matching, we desire interest points to be repeatable under perspective transformations (or, at least, scale changes, rotation, and translation) and real-world lighting variations. An example of feature extraction is illustrated in Figure 3. To achieve scale invariance, interest points are typically computed at multiple scales using an image pyramid [15]. To achieve rotation invariance, the patch around each interest point is canonically oriented in the direction of the dominant gradient. Illumination changes are compensated by normalizing the mean and standard deviation of the pixels of the gray values within each patch [16].

1400

2000

Structuring
element W

$$\text{dilate}(\text{erode}(\text{NOT}[f], W), W)$$



Procesamiento morfológico y binario de imágenes

Operadores morfológicos: reconocimiento de caracteres en documentos

INTEREST-POINT DETECTION

Feature extraction typically starts by finding the salient interest points in the image. For robust image matching, we desire interest points to be repeatable under perspective transformations (or, at least, scale changes, rotation, and translation) and real-world lighting variations. An example of feature extraction is illustrated in Figure 3. To achieve scale invariance, interest points are typically computed at multiple scales using an image pyramid [15]. To achieve rotation invariance, the patch around each interest point is canonically oriented in the direction of the dominant gradient. Illumination changes are compensated by normalizing the mean and standard deviation of the pixels of the gray values within each patch [16].



**Structuring
element W**

Procesamiento morfológico y binario de imágenes

Operadores morfológicos: reconocimiento de caracteres en documentos

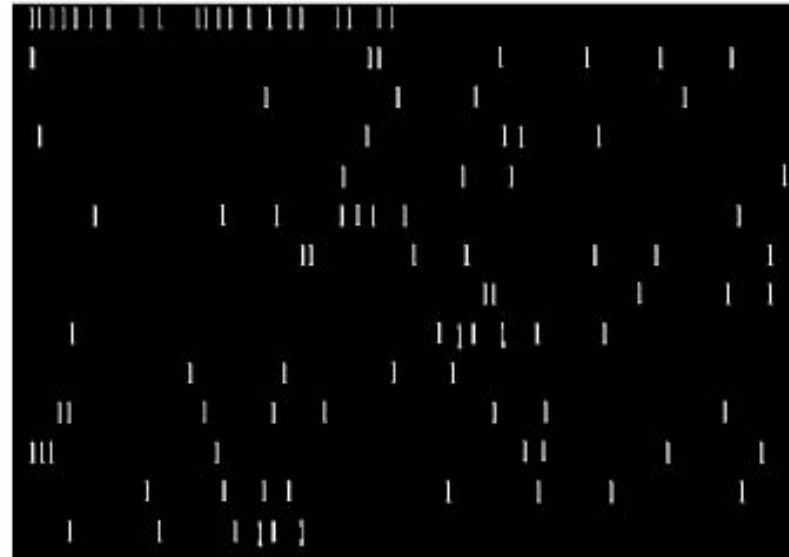
Imagen binaria f

INTEREST-POINT DETECTION

Feature extraction typically starts by finding the salient interest points in the image. For robust image matching, we desire interest points to be repeatable under perspective transformations (or, at least, scale changes, rotation, and translation) and real-world lighting variations. An example of feature extraction is illustrated in Figure 3. To achieve scale invariance, interest points are typically computed at multiple scales using an image pyramid [15]. To achieve rotation invariance, the patch around each interest point is canonically oriented in the direction of the dominant gradient. Illumination changes are compensated by normalizing the mean and standard deviation of the pixels of the gray values within each patch [16].

2000

$$\text{dilate}\left(\text{erode}\left(\text{NOT}[f], W\right), W\right)$$



62

18

Structuring
element W

Procesamiento morfológico y binario de imágenes

Operadores morfológicos: reconocimiento de caracteres en documentos

INTEREST-POINT DETECTION

Feature extraction typically starts by finding the salient interest points in the image. For robust image matching, we desire interest points to be repeatable under perspective transformations (or, at least, scale changes, rotation, and translation) and real-world lighting variations. An example of feature extraction is illustrated in Figure 3. To achieve scale invariance, interest points are typically computed at multiple scales using an image pyramid [15]. To achieve rotation invariance, the patch around each interest point is canonically oriented in the direction of the dominant gradient. Illumination changes are compensated by normalizing the mean and standard deviation of the pixels of the gray values within each patch [16].

Structuring
element W



Procesamiento morfológico y binario de imágenes

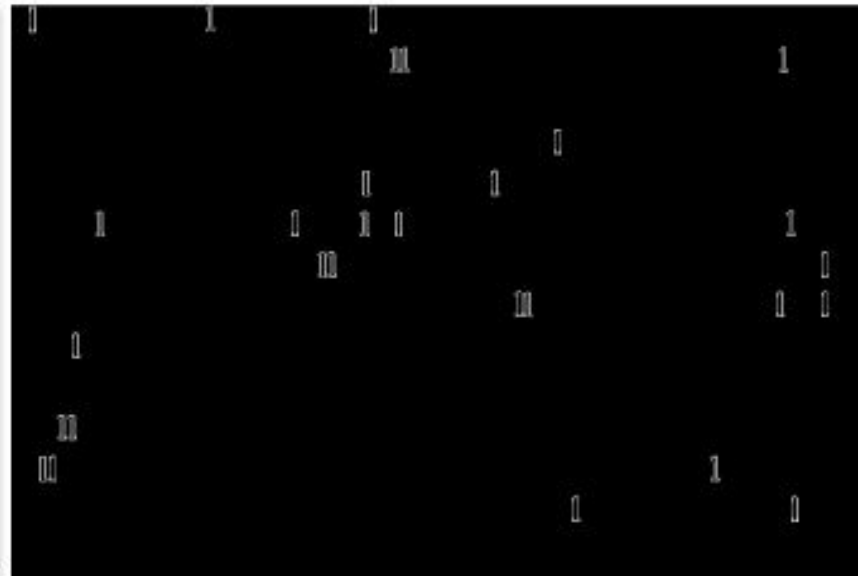
Operadores morfológicos: filtro hit and miss

Imagen binaria f

INTEREST-POINT DETECTION

Feature extraction typically starts by finding the salient interest points in the image. For robust image matching, we desire interest points to be repeatable under perspective transformations (or, at least, scale changes, rotation, and translation) and real-world lighting variations. An example of feature extraction is illustrated in Figure 3. To achieve scale invariance, interest points are typically computed at multiple scales using an image pyramid [15]. To achieve rotation invariance, the patch around each interest point is canonically oriented in the direction of the dominant gradient. Illumination changes are compensated by normalizing the mean and standard deviation of the pixels of the gray values within each patch [16].

$$\text{dilate}\left(\text{erode}\left(\text{NOT}\left[f\right], V\right) \& \text{erode}\left(f, W\right), W\right)$$



Structuring
element V



Structuring
element W



Procesamiento morfológico y binario de imágenes

Operadores morfológicos: filtro hit and miss

INTEREST-POINT DETECTION

Feature extraction typically starts by finding the salient interest points in the image. For robust image matching, we desire interest points to be repeatable under perspective transformations (or, at least, scale changes, rotation, and translation) and real-world lighting variations. An example of feature extraction is illustrated in Figure 3. To achieve scale invariance, interest points are typically computed at multiple scales using an image pyramid [15]. To achieve rotation invariance, the patch around each interest point is canonically oriented in the direction of the dominant gradient. Illumination changes are compensated by normalizing the mean and standard deviation of the pixels of the gray values within each patch [16].



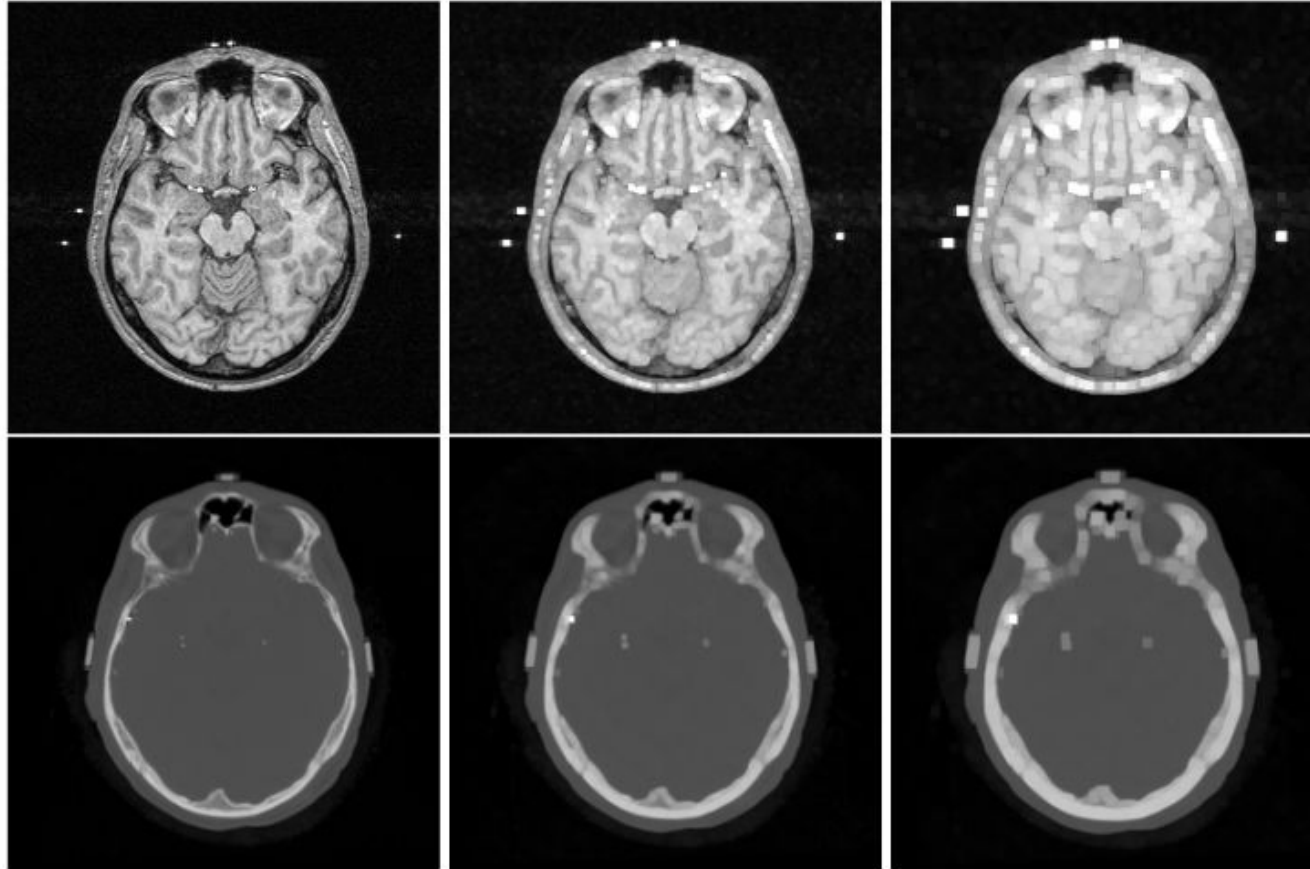
Structuring element V



Structuring element W

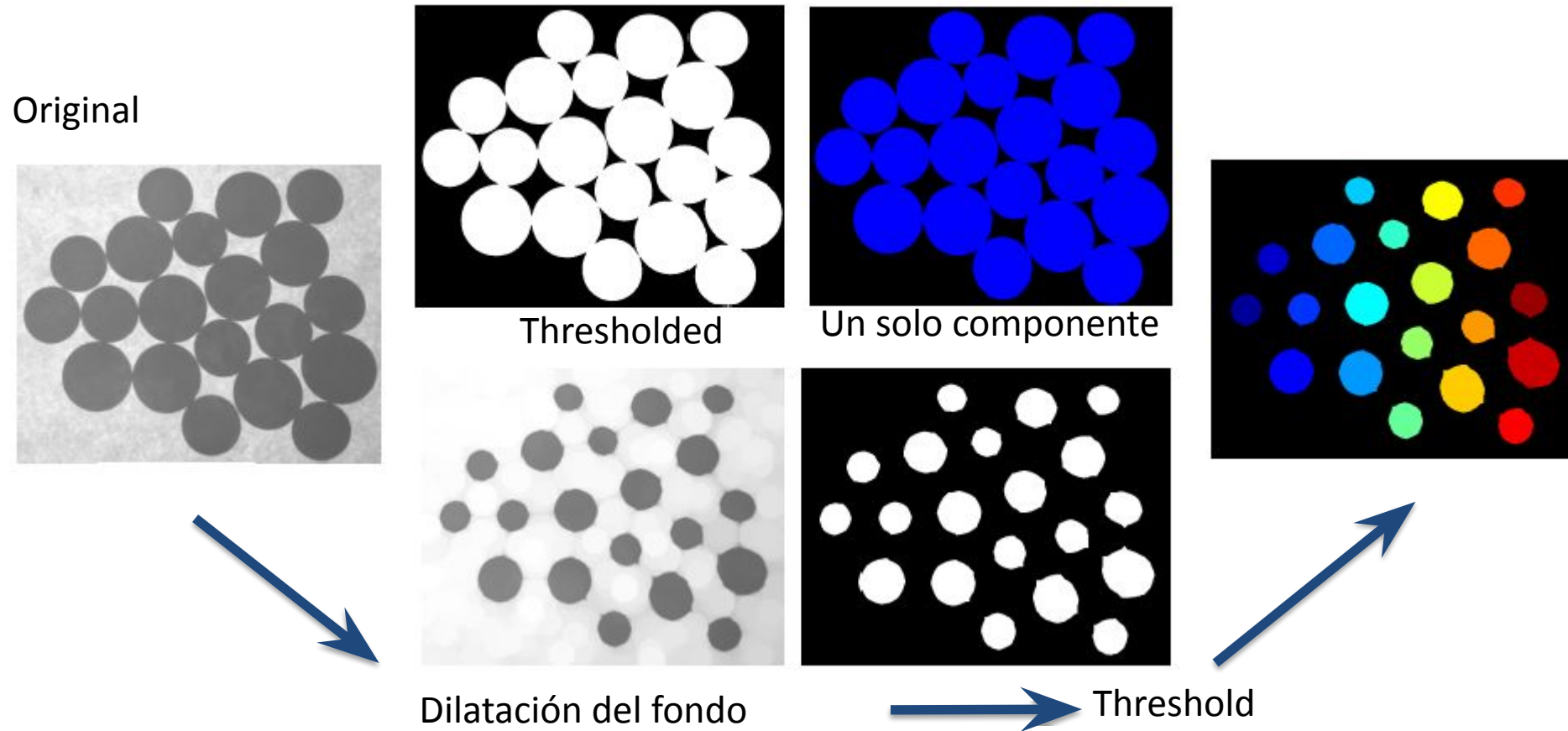
Procesamiento morfológico y binario de imágenes

Operadores morfológicos: operadores en imágenes a escala de grises



Procesamiento morfológico y binario de imágenes

Operadores morfológicos: operadores en imágenes a escala de grises



Procesamiento morfológico y binario de imágenes

Operadores morfológicos: operadores en imagenes a escala de grises

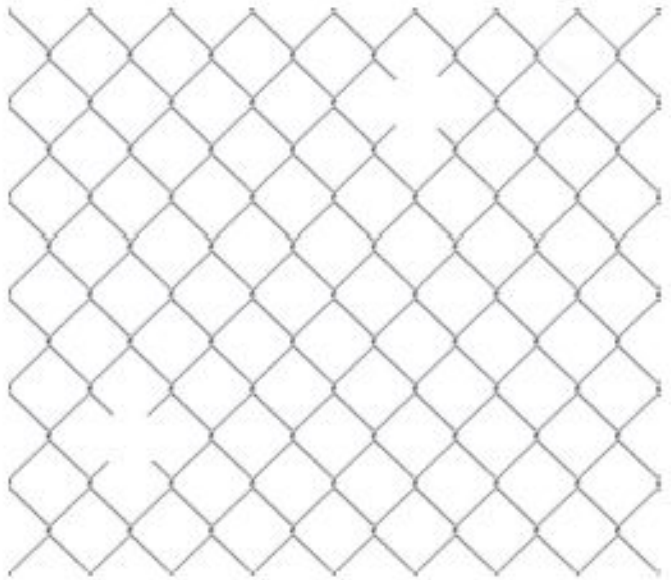


Imagen Original

Fence
(1023 x 1173)

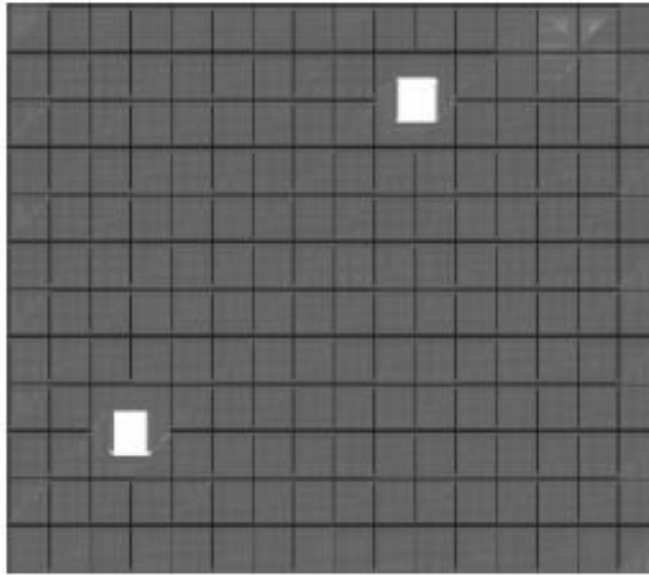


Imagen erosionada

S.E: cross
Tamaño: 151 x 151

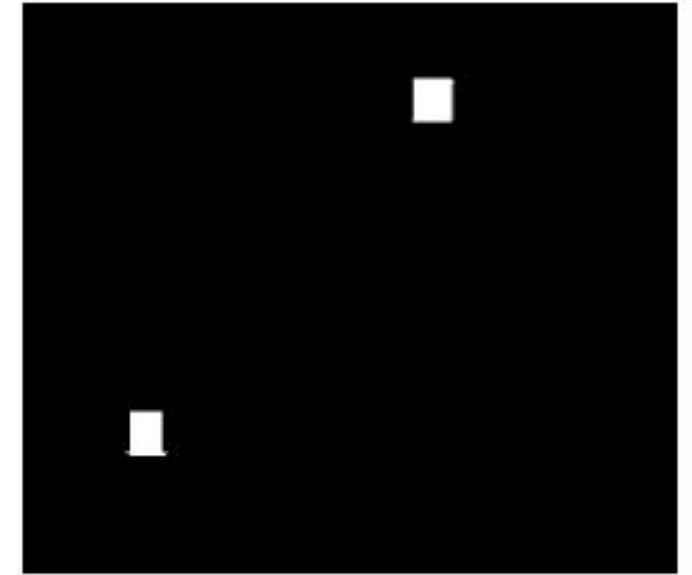


Imagen binaria

Deteccion de huecos
con thresholding

Procesamiento morfológico y binario de imágenes

Operadores morfológicos: operadores en imágenes a escala de grises

**Imagen
Original**
 $f(x,y)$



**Imagen
dilatada**
 $g(x,y)$



Diferencia
 $g - f(x,y)$



Threshold
 $g - f(x,y)$

