

**Nombre completo: Abel Aguilar Chávez****Matricula: A01112847****No de práctica: 4****Fecha de entrega: 26/02/2018****Resumen de la práctica:**

La práctica constó de cuatro serie de actividades que tienen como fin introducir a los operadores morfológicos; erosión, y dilatación, y sus combinaciones apertura y cierre. Primero se introduce al operador de dilatación, y posteriormente en la segunda actividad al operador de erosión. Y en las últimas actividades con el material cubierto, al igual que con conocimiento previo, ser capaz de aislar componentes de una imagen.

**Introducción:**

Los operadores morfológicos, erosión o dilatación, siguen una función matemática que se expresan de la siguiente forma.

$$\text{Eq. 1. } A \oplus B = \{z \mid (\hat{B})_z \cap A \neq \emptyset\} = \{z \mid [(\hat{B})_z \cap A] \subseteq A\}$$

$$\text{Eq. 2. } A \ominus B = \{z \mid (\hat{B})_z \subseteq A\}$$

Donde la ecuación 1 representa a un operador de dilatación, y la ecuación 2 a un operador de erosión. A expresa la imagen y B un elemento estructurante, que es la máscara de referencia respecto a la cual se hará la operación matemática.

Que lo que menciona en el caso de dilatación que mientras el valor en la intersección entre la imagen A y el elemento estructurante B se distinto de cero es un valor real z. Y en el caso de la erosión mientras que A sea un subconjunto de B es un valor real.

Y a la combinación de los operadores dan como resultado otros dos operadores morfológicos conocidos como apertura y cierre. Que se expresan de la siguiente forma:

$$\text{Eq. 3. } A \circ B = (A \oplus B) \ominus B = \{B_z \mid B_z \subseteq A\}$$

$$\text{Eq. 4. } A \bullet B = (A \ominus B) \oplus B$$

Donde la ecuación 3 es la operación de apertura, y la ecuación 4 es la operación de cierre. (González, 2008)

**Objetivos:**

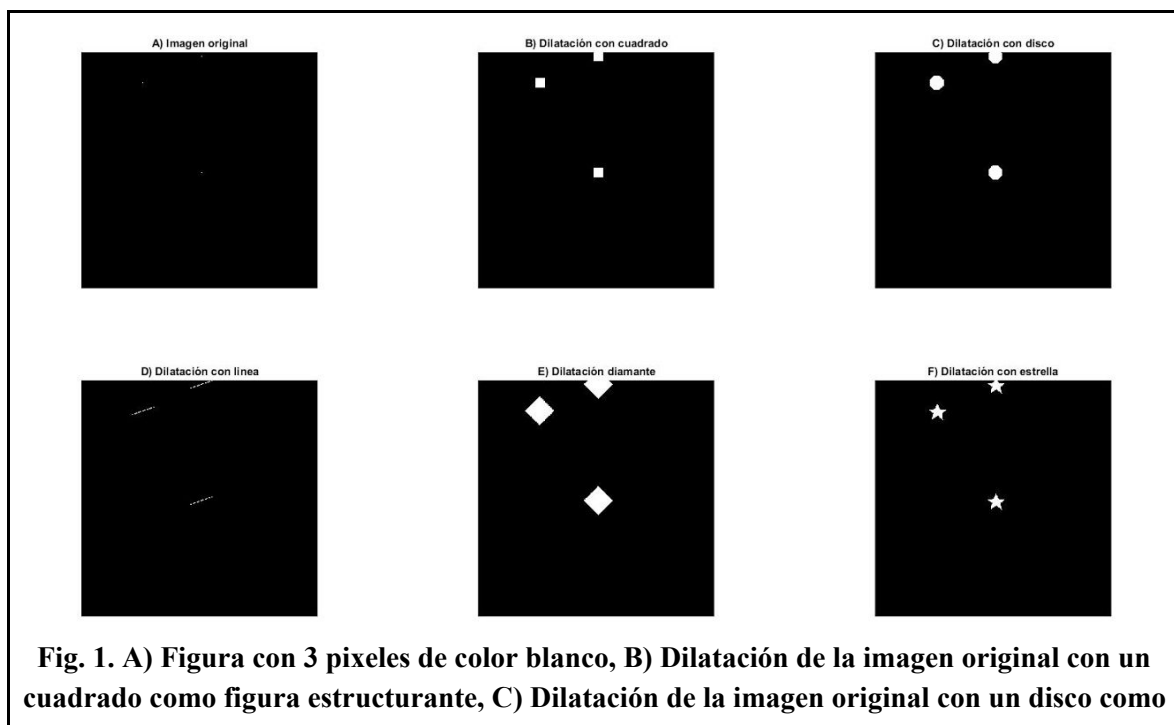
- *General:*
  - Comprender el funcionamiento de los operadores morfológicos.
- *Particulares:*
  - Implementar y analizar los resultados del operador de dilatación.
  - Implementar y analizar los resultados del operador de erosión.
  - Aislar propiedades de una imagen a partir de la generación de una máscara resultante de operadores morfológicos.

**Metodología – Resultados- Análisis***1. Operación morfológica de dilatación*

Primero se requirió generar un espacio de color negro donde se generarán pixeles con intensidad blanca al azar, por lo que se utilizó el comando random en Matlab para escoger posiciones en el grid de la imagen.

Posteriormente, se crearon elementos estructurales; cuadrado, circular, línea, rombo (o diamante) y un diseño a mano libre que en este caso se generó una máscara en forma de estrella; para este proceso primero se utilizó el comando roipoly que tras dibujar la figura te da los vértices del polígono al igual que el vector de dirección, una vez que se tienen los vértices se genera una máscara utilizando el comando poly2mask de Matlab que recibe como parámetros los vértices y el espacio donde se encuentra el polígono, en este caso en una matriz de 40x40 pixels.

Una vez que se tuvieron los elementos estructurantes, se realizó el operador de dilatación, con la función imdilate de Matlab, sobre la imagen original, los resultados se pueden observar en la figura 1.



**Fig. 1. A) Figura con 3 pixeles de color blanco, B) Dilatación de la imagen original con un cuadrado como figura estructurante, C) Dilatación de la imagen original con un disco como**

figura estructurante, D) Dilatación de la imagen original con una línea como figura estructurante, E) Dilatación de la imagen original con un diamante como figura estructurante, F) Dilatación de la imagen original con una figura de estilo libre, una estrella.

#### Algoritmo: Operación de dilatación

Escribir **‘Canvas con pixeles al azar’**

canvas = Matriz de ceros con tamaño 500, 500

Para i = 1 hasta 3

    x = Un valor azar entre 1 y 500, entero

    y = Un valor azar entre 1 y 500, entero

    canvas(x, y) = El complemento de canvas(x,y)

end

Escribir **‘Elemento estructurante mano libre, estrella’**

Escribir **‘Vértices (C y R)’**

c=4\*[5.29452054794521;4.06164383561645;1.04794520547947;3.37671232876713;2.41780821917808;5.70547945205479;8.30821917808220;7.76027397260276;10.0890410958904;6.80136986301372;5.29452054794521]

r=4\*[1.25342465753425;4.13013698630137;4.67808219178083;6.32191780821918;9.60958904109589;7.55479452054795;10.0205479452055;6.32191780821918;4.54109589041097;4.26712328767124;1.25342465753425]

Estrella = polígono como máscara con vértices en c, r en un espacio de 40, 40

Escribir **‘Elemento estructurante cuadrado’**

Square = elemento estructurante cuadrado con medidas 20, 20

Escribir **‘Elemento estructurante disco’**

Disk = elemento estructurante circular con radio 15

Escribir **‘Elemento estructurante línea’**

Línea = elemento estructurante línea angulado 50° y longitud 40

Escribir **‘Elemento estructurante diamante’**

Dime = elemento estructurante romboide con longitud interna de 30

Escribir **‘Dilatación’**

**Dil\_Square = dilatar canvas respecto a Square**

**Dil\_Disk = dilatar canvas respecto a Disk**

**Dil\_Line = dilatar canvas respecto a Línea**

**Dil\_Star = dilatar canvas respecto a Estrella**

**Fin del algoritmo**

**Análisis de la imagen:**

En cada una de las imágenes resultantes se tiene la formación de cada uno de los elementos estructurantes; cuadrado, disco, línea, diamante, y estrella en la posición de los píxeles generados en la imagen original. Esto es porque no hay elementos rodeando a los píxeles por lo que al dilatar no se deforma. Caso contrario sería si los píxeles se encontraran muy cercanos lo esperado sería que se superpongan los elementos estructurales.

*2. Operación morfológica de erosión*

Prosiguiendo con la práctica se descargó una imagen a la cual se le realizó una binarización, figura 2-A, donde el límite para que un píxel sea evaluado como 1 (o verdadero) debe superar el 60% de la intensidad máxima en escala de grises, 255 u 8 bits. Y a la imagen resultante calculó su complemento, figura 2-C.

Una vez que se tuvieron las imágenes base se generó un elemento estructurante circular con radio de 1 unidad. Con el elemento se realizó una operación de erosión, con la función `imerode` de Matlab, en ambas imágenes y los resultados se presentan en las figura 2-B y 2-D.

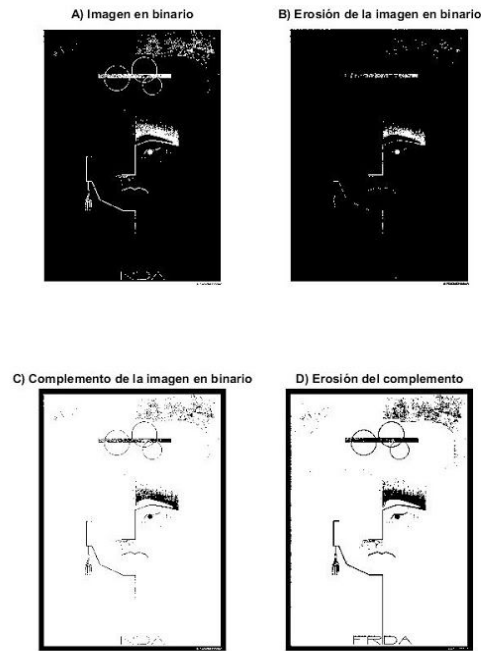


Fig. 2. A) Imagen binarizada, B) Erosión de la imagen binarizada, C) Complemento de la imagen binarizada, D) Erosión de la imagen binarizada.

#### Algoritmo: Operación de erosión

Escribir '**Leer imagen**'

I = Leer **Imagen** como **RGB**

IG = I en escala de grises

BW = Para todo valor superior a  $0.6 \cdot 255$  en IG evaluar como 1.

BW\_c = complemento de BW

Px = elemento estructural circular con radio 1

Ero\_px = erosionar BW respecto Px

Ero\_px\_c = erosionar BW\_c respecto a Px

Fin del algoritmo

### Análisis de la imagen:

En la erosión de la figura sin invertir, se observa lo esperado de una erosión se pierden los valores que no sean capaces de contener el elemento estructurante por lo que gran parte de la figura se ve borrada.

Distinto de la figura 2-C, donde el comportamiento de erosionar es similar a dilatar como se puede apreciar en el subtítulo de la imagen. O bien los círculos se ven mejor definidos, al igual que el rostro. Esto es porque la imagen es mayoritariamente conformada por unos por lo que al erosionar sólo lo puede lograr en las zonas donde el elemento estructurante no puede contenerse.

### 3. Aislamiento

En las últimas dos actividades se aislaron propiedades de dos imágenes distintas. Primero para un muestra de células y después para una imagen con figuras y difuminados.

#### a. Aislar células de una muestra

Primero se realizó una conversión de la imagen a escala de grises para calcular sus límites de binarización con la función `graythresh` de Matlab, que utiliza las ecuaciones de Otsu para determinar el máximo límite que diferencie dos objetos, este proceso utiliza la teoría de cómo funciona un histograma y su varianza, al igual que las ecuaciones se presentan a continuación:

$$\begin{aligned}\sigma_w^2(t) &= \omega_0(t)\sigma_0^2(t) + \omega_1(t)\sigma_1^2(t) \\ \omega_0(t) &= \sum_{i=0}^{t-1} p(i) \\ \omega_1(t) &= \sum_{i=t}^{L-1} p(i)\end{aligned}$$

Eq. 5.

Donde  $\sigma_w^2$  es la varianza entre dos objetos,  $\sigma^2$  es la varianza de un pixel y  $\omega$  es el peso que se le da a la probabilidad de la ocurrencia de una intensidad de pixel.

Una vez que la imagen se binarizo respecto al límite obtenido anteriormente, figura 3-B, se generó un elemento estructural en forma de disco con radio de 7 unidades. Para poder realizar un operador de apertura, comando `imopen` en Matlab, sobre el complemento de la imagen binarizada, figura 3-C. Para poder multiplicar la máscara resultante con cada componente de la imagen RGB, figura 3-D, donde se encuentran visibles únicamente las células y todo lo demás se encuentra en negro.

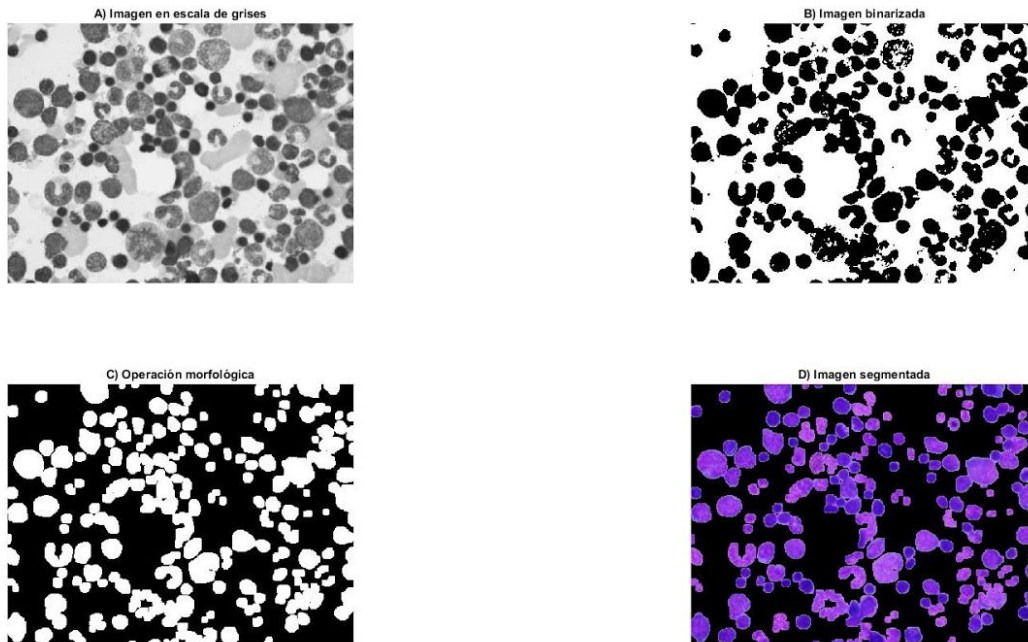


Fig. 3. A) Imagen original en escala de grises, B) Imagen binarizada, C) Complemento de la imagen tras una dilatación, D) Células aisladas del fondo.

#### Algoritmo: Aislar células

Escribir **‘Leer imagen’**

I = Leer **Imagen** como **RGB**

IG = I en escala de grises

Thresh = A partir del método de Otsu encontrar el valor de binarización que separe dos objetos

BW = Para todo valor en rango de Thresh evaluar como 1

Escribir **‘Operadores morfológicos’**

disco = elemento estructural en forma de disco con radio 7

Open = Apertura de BW respecto a disco

Escribir **‘Enmascarar’**

Seg1 = Open multiplicado por elemento de I(:, :, 1), como entero

Seg2 = Open multiplicado por elemento de I(:, :, 2), como entero

Seg3 = Open multiplicado por elemento de I(:, :, 3), como entero

Seg = concatenación de Seg1, Seg2, Seg3

Fin del algoritmo

**Análisis de la imagen:**

Como se puede ver la figura 3-B, hay ciertas células que no lograron pasar el límite específicamente las células con tonalidades más claras, esto es porque la probabilidad que aparezcan, tomando como referencia el histograma normalizado, es menor. E igual se puede ver que las presentes también no se encuentran en su totalidad completas, o se ven con ciertos puntos de color. Es por ello que se realiza una inversión de la imagen binarizada, y se aplica una operación de apertura para poder rellenar los espacios internos que originalmente no se encontraban con continuidad, no se logró con todas las células pero si con la mayoría por esto es que la imagen final, figura 3-D, se ve con células incompletas o con huecos internos.

b. Aislar los círculos centrales en cada objeto

Para la última sección se presenta la figura 4-A, y se espera que sólo se tenga los círculos de cada uno de los recuadros de color aislados. Primero se convirtió la imagen a escala de grises, y se generó una matriz de ceros para tener un espacio sobre el cual trabajar sin modificar la imagen original. En este caso en lugar de utilizar el comando `im2bw` de Matlab como en las actividades anteriores se decidió realizar los límites de forma iterativa para poder segregar a partir de un límite inferior al igual que de un límite superior.

Para decidir los límites se observó el histograma de la imagen en escala de grises para encontrar las curvas donde se encuentran los colores superpuestos. Es por ello que los límites terminaron como se presentan a continuación:

- Amarillo y verde, limitado entre 65% y 75% del valor máximo de intensidad, 255.
- Púrpura y rojo, limitado entre 25% y 35% del valor máximo de intensidad, 255.
- Azul oscuro, limitado entre 5% y 15% del valor máximo de intensidad, 255.
- Azul claro, limitado entre 45% y 55% del valor máximo de intensidad, 255.

Donde los colores azules fueron agrupados en el mismo grupo. Por lo que se tienen tres grupos; amarillo y verde, púrpura y rojo, y los azules.

Una vez que se tenían cada grupo se le realizó una serie de operadores morfológicos. Primero una dilatación respecto a un disco de radio 10 unidades, posteriormente una erosión con un disco de 18 unidades de radio dentro de un ciclo iterativo junto con un operador de apertura respecto al mismo elemento estructural. Y a la imagen resultante, dependiendo del grupo, se realizó una dilatación para recuperar un círculo con dimensiones similares a las originales.

Se sumaron los tres grupos para tener una única máscara con los únicos valores lógicos serían los círculos. Con la máscara resultante se multiplicó por elemento la imagen original en cada uno de sus componentes de color dando como resultado la figura 4-B.



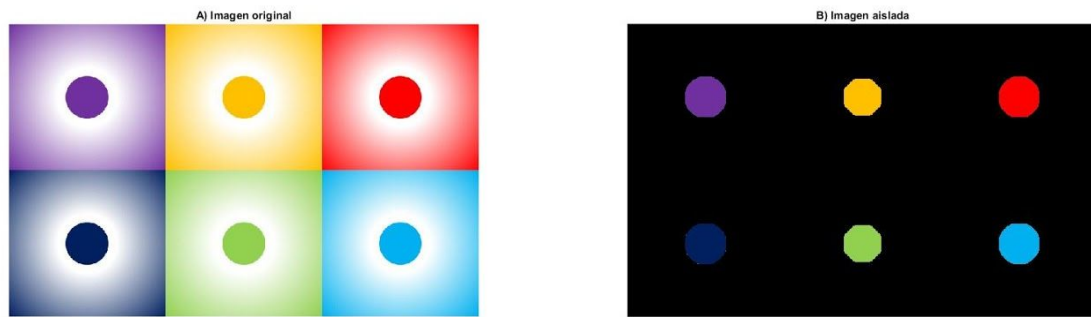


Fig. 4. A) Imagen original, B) Imagen con los círculos aislados.

#### Algoritmo: Aislar círculos

Escribir '**Leer imagen**'

I = Leer **Imagen** como **RGB**

IG = I en escala de grises

[m, n] = dimensiones de IG

canvas = matriz de ceros con dimensiones m, n

disco1 = elemento estructural en forma de disco con radio 10

disco2 = elemento estructural en forma de disco con radio 18

Escribir '**Máscara de los círculos en el medio**'

Para i = 1 hasta m

Para j = 1 hasta n

Si  $IG(i, j) > 0.65 \cdot 255$  e  $IG < 0.75 \cdot 255$

canvas(i, j) = 1;

end

end

end

Ero1 = Dilatar canvas respecto a disco1

Para i = 1 hasta 3

```
Ero1 = Erosionar Ero1 respecto a disco1
Ero1 = Apertura de Ero1 respecto a disco1
end

Ero1 = Dilatar Ero1 respecto a disco2

Escribir 'Máscara de los círculos superiores, excepto el central'
canvas = matriz de ceros con dimensiones m, n

Para i = 1 hasta m
    Para j = 1 hasta n
        Si  $IG(i, j) > 0.25 \cdot 255$  e  $IG < 0.35 \cdot 255$ 
            canvas(i, j) = 1;
        end
    end
end

Ero2 = Dilatar canvas respecto a disco1

Para i = 1 hasta 2
    Ero2 = Erosionar Ero2 respecto a disco1
    Ero2 = Apertura de Ero2 respecto a disco1
end

Ero2 = Dilatar Ero2 respecto a disco1

Escribir 'Máscara de los círculos inferiores, excepto el central'
canvas = matriz de ceros con dimensiones m, n

Para i = 1 hasta m
    Para j = 1 hasta n
        Si  $IG(i, j) > 0.05 \cdot 255$  e  $IG < 0.15 \cdot 255$ 
            canvas(i, j) = 1;
        end
    end
end

Para i = 1 hasta m
    Para j = 1 hasta n
        Si  $IG(i, j) > 0.45 \cdot 255$  e  $IG < 0.55 \cdot 255$ 
            canvas(i, j) = 1;
        end
    end
end
```

```
end
end
end

Ero3 = Dilatar canvas respecto a disco1

Para i = 1 hasta 2
    Ero3 = Erosionar Ero3 respecto a disco1
    Ero3 = Apertura de Ero3 respecto a disco1

end

Ero3 = Dilatar Ero3 respecto a disco1

Mask = Ero1 + Ero2 + Ero3

Escribir 'Enmascarar'
Seg1 = Mask multiplicado por elemento de I(:, :, 1), como entero
Seg2 = Mask multiplicado por elemento de I(:, :, 2), como entero
Seg3 = Mask multiplicado por elemento de I(:, :, 3), como entero

Seg = concatenación de Seg1, Seg2, Seg3
```

**Fin del algoritmo****Análisis de la imagen:**

El resultado final del aislamiento no fue perfecto como se puede apreciar en los bordes de los círculos resultantes, que en si son más parecidos a un polígono. Esto sucedió porque en el proceso de aislamiento se tuvo que realizar varios operadores de erosión por lo que cierto porcentaje de la información original se perdió, aunque se realizará dilatación de la resultante, ya sea para continuar con un operador de apertura, o solamente dilatar respecto a un elemento estructural distinto.

**Conclusión:**

Aún cuando lo ideal es mantener lo mayor posible de la información de la imagen original, no se es posible ya que a la hora de realizar distintos procesos como en el caso de la práctica actual, erosión, la imagen resultante no es la misma o con la misma forma que la

original. Aunque la herramienta tiene su operador compensatorio, apertura o cierre, que permite que después de una dilatación o erosión se realice la acción contraria con el mismo elemento estructurante para evitar que la información se vea afectada, pero igual no se puede tener certeza que en todo los bordes, u objetos, este suceso sea el ideal. Pero al igual que sus desventajas es un medio de formación de máscaras para aislamiento de parámetros en particular, en especial cuando se junta con operadores aritméticos.

**Referencias:**

- Rafael González. (2008). Digital image processing. Estados unidos: Pearson.