

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**



**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

**“Diseño e implementación de una herramienta demostrativa  
de aplicación de operadores morfológicos básicos con  
Matlab”**

**TESINA DE SEMINARIO**

Previa a la obtención del título de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

Presentado por:

**JUAN JOSE FONDEVILA CASTRO**

**WALTER MIGUEL VILLALTA MORENO**

**GUAYAQUIL - ECUADOR**

**2011**

# AGRADECIMIENTO

A Dios, por estar conmigo en cada paso que doy; a mi familia por su apoyo y amor incondicional, por cada sabio consejo y por darme la fortaleza necesaria para seguir adelante; a mis amigos, por todo el ánimo y paciencia, y sobre todo por su valiosa amistad.

**Walter Miguel Villalta Moreno.**

A mis padres, por su apoyo y ayuda incondicional; a mis amigos, por el apoyo en momentos difíciles, a mi compañero de Tesis por su motivación e impulso, a mis compañeros del trabajo por cubrirme para poder realizar este trabajo y a mi tutora de Tesis por su apoyo constante.

**Juan José Fondevila Castro.**

# DEDICATORIA

A cada una de las personas que contribuyeron en mi formación profesional, brindándome una sólida formación a través de sus conocimientos y experiencias, permitiéndome culminar una etapa más de mi vida académica

**Walter Miguel Villalta Moreno.**

A cualquier estudiante / profesor que desee leer este documento y sacar beneficios del mismo, y a todas las personas que formaron parte directa o indirecta de mi formación profesional.

**Juan José Fondevila Castro.**

# DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesina de Seminario, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma, a la **Escuela Superior Politécnica del Litoral**”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

---

Walter M. Villalta Moreno.

---

Juan J. Fondevila Castro

# **TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

---

Msc. Patricia Chávez Burbano  
**PROFESOR DE LA MATERIA DE GRADUACIÓN**

---

Ing. Daniel Ochoa  
**PROFESOR DELEGADO POR EL DECANO DE LA FACULTAD**

# RESUMEN

El proyecto que se presenta es una herramienta grafica didáctica utilizando el complemento Guide de Matlab. Para esto hemos dividido la interfaz en dos partes: la primera que será de comparación visual, donde la persona aplica los diferentes operadores morfológicos conocidos (dilatación, erosión, cierre y apertura), a una imagen con su respectivo elemento estructurante, y observara de manera visual el efecto que produce el operador morfológico en la imagen resultante y la parte de aplicación, en la cual podremos obtener la cantidad de objetos que presenta la imagen, con sus respectivas áreas y perímetros de cada forma o estructura que muestre la imagen.

A continuación se detalla lo que se va a realizar en cada capítulo del presente reporte.

El **primer capítulo** se realiza un análisis del problema, con el cual se especifica todos los objetivos ya sean específicos y generales, las limitaciones, y la razón del por qué hemos realizado nuestro proyecto.

En el **segundo capítulo** se analizan todas las herramientas necesarias para tener la capacidad de proponer una solución válida que tenga bases teóricas, se hará referencia a los conocimientos obtenidos durante el proceso de aprendizaje y que de alguna manera ayuden a entender un poco mejor la problemática para implementar la interfaz.

En el **tercer capítulo** veremos la implementación de la solución con las herramientas escogidas y las consideraciones necesarias para poder llevar a cabo la herramienta didáctica.

Por último, en el **cuarto capítulo**, realizaremos las pruebas de la herramienta diseñada, para comprobar los resultados esperados al inicio de nuestro proyecto, y con todos los objetivos planteados.

# ÍNDICE GENERAL

<u>AGRADECIMIENTO.....</u>	II
<u>DEDICATORIAS.....</u>	III
<u>DECLARACIÓN EXPRESA.....</u>	IV
<u>TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN.....</u>	V
<u>RESUMEN.....</u>	VI
<u>ÍNDICE GENERAL.....</u>	VIII
<u>ÍNDICE DE FIGURAS.....</u>	X
<u>ÍNDICE DE TABLAS.....</u>	XII
<u>INTRODUCCIÓN.....</u>	XIII

<b><u>1. ANÁLISIS CONTEXTUAL .....</u></b>	<b>1</b>
<u>1.1. EVOLUCIÓN DE LA MORFOLOGÍA.....</u>	2
<u>1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....</u>	4
<u>1.3. OBJETIVO GENERAL.....</u>	5
<u>1.4. OBJETIVO ESPECÍFICO.....</u>	5
<u>1.5. LIMITACIONES.....</u>	6
<u>1.6. RESULTADOS ESPERADOS.....</u>	6



## **2 MORFOLOGÍA**

<u>2.1 DEFINICIÓN</u> .....	7
<u>2.2 APLICACIONES</u> .....	8
<u>2.3 OPERACIONES MORFOLÓGICAS</u> .....	8
<u>2.4 ELEMENTO DEL PROCESO MORFOLÓGICO</u> .....	9
<u>2.4.1. CONJUNTOS</u> .....	9
<u>2.4.2. ELEMENTO ESTRUCTURANTE</u> .....	10
<u>2.4.3 OPERADORES MORFOLÓGICOS</u> .....	11

## **3. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN** ..... 16

<u>3.1. CARACTERÍSTICAS DE LA HERRAMIENTA</u> .....	16
<u>3.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA HERRAMIENTA DIDÁCTICA</u> .....	18

## **4. PRUEBAS Y RESULTADOS DE LA HERRAMIENTA DIDÁCTICA**... 23

<u>4.1 PRUEBAS DE LA DILATACIÓN</u> .....	23
<u>4.2 PRUEBA EROSIÓN</u> .....	26
<u>4.3. PRUEBA APERTURA</u> .....	29
<u>4.4 PRUEBA CERRADURA</u> .....	30
<u>4.5. PRUEBA DE APLICACIONES</u> .....	33
<u>4.6. ENCUESTA</u> .....	45

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES** ..... 50

# ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1. PROCESO MORFOLÓGICO.....	9
FIGURA 2.2. DILATACIÓN.....	12
FIGURA 2.3. EROSIÓN.....	12
FIGURA 2.4. DIFERENCIA EROSION Y DILATACIÓN.....	13
FIGURA 2.5. COMPARACIÓN APERTURA Y CERRADURA.....	15
FIGURA 3.1. DIAGRAMA GENERAL DE LA HERRAMIENTA.....	18
FIGURA 3.2. APLICACIÓN. OBTENER PERÍMETRO Y ÁREA.....	22
FIGURA 3.3. OPCIÓN OTRAS APLICACIONES.....	22
FIGURA 4.1. IMAGEN CELULAR.....	24
FIGURA 4.2. PRUEBA DILATACIÓN CON DIFERENTES ESTRUCTURAS.....	24
FIGURA 4.3. IMAGEN CELULAR 2.....	25
FIGURA 4.4. RESULTADO DILATACIÓN CON ELEMENTO ESTRUCTURANTE LÍNEA .....	25
FIGURA 4.5. IMAGEN HUESOS.....	26
FIGURA 4.6. PRUEBAS EROSIÓN CON ELEMENTO ESTRUCTURANTE OCTAGONO VARIANDO EL TAMAÑO DE LA ESTRUCTURA.....	26
FIGURA 4.7. IMAGEN FIGURAS GEOMÉTRICAS.....	27
FIGURA 4.8. PRUEBA EROSIÓN CON DIFERENTES ESTRUCTURAS.....	28
FIGURA 4.9. IMAGEN FIGURA APERTURA.....	29
FIGURA 4.10. PRUEBA APERTURA CON DIFERENTES ESTRUCTURAS.....	29
FIGURA 4.11. PRUEBA APERTURA ELEMENTO ESTRUCTURANTE DISCO VARIANDO EL TAMAÑO DE LA MUESTRA.....	30
FIGURA 4.12. PRUEBA CERRADURA VARIANDO LA ESTRUCTURA CON TAMAÑO 6.....	31
FIGURA 4.13. PRUEBAS CERRADURA CON ELEMENTO ESTRUCTURANTE DISCO VARIANDO EL TAMAÑO DE LA ESTRUCTURA... ..	32
FIGURA 4.14. CONTEO CELULAR APLICANDO DILATACIÓN.....	33
FIGURA 4.15. CONTEO CELULAR APLICANDO EROSIÓN.....	34
FIGURA 4.16. CONTEO CELULAR APLICANDO APERTURA.....	34
FIGURA 4.17. CONTEO CELULAR APLICANDO CERRADURA.....	35
FIGURA 4.18. CONTEO CELULAR APLICANDO COMBINACIONES DE OPERADORES.....	35
FIGURA 4.19. CONTEO DE CELULAS.....	36
FIGURA 4.20. CUADRO ESTADISTICO % DE ERROR CONTEO CELULAR....	37
FIGURA 4.21. PRUEBA IMAGEN CON EROSIÓN.....	38
FIGURA 4.22. PRUEBA APLICANDO DILATACIÓN Y CERRADURA.....	38
FIGURA 4.23. PRUEBA APLICANDO APERTURA A LA IMAGEN CELULAR.	39
FIGURA 4.24. PRUEBA APLICANDO COMBINACIÓN DE OPERADORES A LA IMAGEN CELULAR.....	39
FIGURA 4.25. PRUEBA APLICANDO APERTURA SEGUIDO DE DILATACION A LA IMAGEN CELULAR.....	40

FIGURA 4.26. CONTEO DE ESTRUCTURAS APLICANDO EROSIÓN.....	41
FIGURA 4.27. CONTEO DE ESTRUCTURAS APLICANDO DILATACIÓN.....	42
FIGURA 4.28. CONTEO DE ESTRUCTURAS APLICANDO APERTURA.....	42
FIGURA 4.29. CONTEO DE ESTRUCTURAS APLICANDO CERRADURA.....	43
FIGURA 4.30. RESULTADOS % ERROR CONTEO 2 .....	44
FIGURA 4.31. RESULTADOS DE LA ENCUESTA. PRIMERA PREGUNTA.....	45
FIGURA 4.32. RESULTADOS DE LA ENCUESTA. SEGUNDA PREGUNTA....	46
FIGURA 4.33. RESULTADOS DE LA ENCUESTA. TERCERA PREGUNTA....	46
FIGURA 4.34. RESULTADOS DE LA ENCUESTA. CUARTA PREGUNTA.....	47
FIGURA 4.35. RESULTADOS DE LA ENCUESTA. QUINTA PREGUNTA.....	48

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 2.1 COMPARACIÓN DILATACION-EROSIÓN.....	13
TABLA 4.1 RESULTADOS DEL % DE ERROR DEL CONTEO.....	36
TABLA 4.2 RESULTADOS DEL % DE ERROR DEL CONTEO 2.....	43

# INTRODUCCIÓN

En este proyecto se pretende implementar una herramienta didáctica de fácil uso utilizando el guide de matlab, el cual facilitara el aprendizaje de los diferentes operadores morfológicos básicos conocidos, sus aplicaciones y su efecto en la imagen a procesar, la combinación de operadores morfológicos, sirven de filtros en el estudio de procesamiento digital de señales en nuestro caso analizaremos imágenes.

Es por este motivo que hemos dado atención a este proyecto, “Diseño e implementación de una herramienta demostrativa de aplicación de operadores morfológicos básicos”, para facilitar el aprendizaje de los elementos estructurantes que se desean aplicar interactuando en un entorno visual con el usuario.

Se desarrolló esta herramienta usando la plataforma Matlab, en la que aplicando métodos comparativos de imágenes, se introducen operaciones no lineales entre la matriz de la imagen a ser procesada y el elemento estructurante, obteniendo una nueva matriz resultante que representa la imagen modificada. Además la herramienta posee la opción de guardar la imagen para luego realizar alguna aplicación propuesta en el proyecto, ejemplo: área, perímetro y/o conteo de las formas.

# CAPÍTULO 1

## 1. ANÁLISIS CONTEXTUAL

Este proyecto se realizó basado en la necesidad de tener una herramienta didáctica y gráfica, en la que personas que estén aprendiendo procesamiento digital de señales, en este caso de imágenes, comparen y afiancen sus conocimientos en la aplicación de los diferentes operadores morfológicos.

Para esto, se utilizó la herramienta Matlab con una interfaz gráfica en el guide, la cual tiene componentes determinados que facilitan la elaboración de la aplicación. La herramienta grafica será capaz de realizar las operaciones morfológicas en imágenes a blanco y negro, escala de grises y a color, dependiendo de las condiciones de la imagen original, para luego elaborar las extracciones de las características morfológicas.

Llamamos características morfológicas al tamaño y a las estructuras que la componen, con esto obtendremos el número de formas en la imagen, el área y el perímetro de todas las diferentes formas que la componen y visualizaremos la diferencia de aplicar los operadores a la mismas.

Por ejemplo: la diferencia existente cuando se aplica erosión y dilatación, en el primer caso la imagen se reduce, caso contrario en la dilatación esta aumenta el volumen de las estructuras, de la misma forma descubriremos la diferencia entre apertura y cerradura.

## 1.1 EVOLUCIÓN DE LA MORFOLOGÍA

La morfología tiene sus inicios en el campo matemático. Nació en 1964 de la colaboración de Georges Matheron y Jean Serra en la École des Mines de Paris, Francia. Matheron supervisó la tesis de PhD de Serra, dedicada a la cuantificación de las características minerales de una sección delgada de la mina de la Mourière, y este trabajo dio lugar a un nuevo enfoque práctico así como avances teóricos en geometría integral y topología.

Durante el resto de la década de 1960 y la mayor parte de la década de 1970, la morfología matemática trató esencialmente con imágenes binarias, tratadas como conjuntos, y generó un gran número de operadores binarios y técnicas: Transformación de localización, dilatación, erosión, apertura, cierre, granulometría, adelgazamiento, cálculo del esqueleto, erosión final, bisectriz condicional, entre otros. Un enfoque al azar también se desarrolló a partir de nuevos modelos de imágenes. La mayor parte del trabajo en ese período se desarrolló en Fontainebleau.

Desde mediados de la década de 1970 hasta mediados de la década de 1980, la morfología matemática se generalizó también a funciones e imágenes en la escala de grises. Además de ampliar los conceptos principales (tales como la dilatación,

erosión, etc.) a las funciones, esta generalización dio nuevos operadores, tales como el gradiente morfológico.

El análisis de las características morfológicas ha provocado un gran avance en diferentes campos de investigación, a continuación analizaremos los últimos sucesos en la que la morfología revoluciona el pensamiento de las personas y ayuda de alguna manera, por ejemplo:

24 Nov. 2006 - Las imágenes permiten ver el desarrollo del feto de un perro durante los 63 días de gestación, tiempo en el que el cachorro va adquiriendo todas las características anatómicas y fisiológicas que necesita para sobrevivir, incluido el sentido del olfato y la habilidad para oír.

7 Abr. 2007 - De hecho, este lienzo de 4,40 metros de largo por 1,10 de ancho es el objeto arqueológico más analizado de la Historia y uno de los mayores. Todo ello se refleja en esta mortaja a través de la morfología de las manchas de sangre y la imagen descubierta al reverso de la tela.

9 Dic. 2008 - Cada nombre de ave está enlazado a su ficha correspondiente, en la que aparecen, en buena parte de los casos, una o varias imágenes, una descripción detallada de sus características morfológicas, su modo de vida y comportamiento, su estatus de protección.

17 Mar 2009 - Evans analizó de forma pormenorizada las imágenes y comparó las características morfológicas de Ibar con el individuo que aparece en el vídeo hasta llegar a una conclusión clara: la mala calidad de la cinta, unido a la escasez de imágenes fijas, junto a las diferencias entre el joven.

3 Sep. 2010 - 30 de agosto al 3 de septiembre, 2010. Buenos Aires, Argentina. MA González, F. Montini Ballarin, M. Brun, GA Abraham, V. Ballarin. “Caracterización de la morfología de imágenes de matrices poliméricas porosas para Ingeniería de Tejidos”.

## **1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

Actualmente se necesita censar, analizar y procesar varias imágenes que forman parte de nuestra vida cotidiana. El problema fundamental consiste en que muchas veces estas se encuentran en mal estado o con ciertas fallas que impiden o dificultan su estudio posterior.

La aplicación de los caracteres morfológicos bajo cualquier tipo de elemento, dependiendo de la necesidad del usuario, facilitan el procesamiento de la imagen y puede conllevar a relucir detalles específicos deseados.

Por ejemplo: si un Doctor desea analizar una muestra de sangre y determinar cuántos glóbulos rojos existen, se puede utilizar una aplicación de conteo unido por un proceso de Erosión y apertura de la imagen para definir la cantidad de elementos que conforman la misma.



### **1.3 OBJETIVO GENERAL**

Diseño e Implementación de una herramienta didáctica para la extracción de características morfológicas de imágenes y aplicación de operadores morfológicos.

### **1.4 OBJETIVO ESPECÍFICOS**

- Diseño e implementación de una Interfaz Gráfica, que permita la extracción de características morfológicas de una imagen, en formato jpg, ya sea en Blanco y Negro, Escala de grises o colores y la respectiva aplicación de los operadores morfológicos sobre las imágenes.
- Implementar tres aplicaciones constructivas de los caracteres morfológicos dentro de la estructura del programa.
- La herramienta permite la opción de guardar las imágenes modificadas para luego visualizar el cambio producido al aplicar los diferentes operadores morfológicos, y posteriormente utilizarlas en las aplicaciones desarrolladas.
- Facilitar la enseñanza de las características morfológicas, con la ayuda de la interfaz gráfica y la comparación visual de los resultados obtenidos al aplicar los diversos operadores morfológicos.

## **1.5 LIMITACIONES**

Las limitaciones del aplicativo dependen de los elementos externos al mismo que serán procesados como son: La resolución de la imagen, el brillo, el contraste, relieves pronunciados y la luminosidad.

La velocidad al momento de procesar las imágenes dependen de la maquina donde este corriendo el aplicativo, no olvidar que las instrucciones muy repetitivas en un procesador lento podrían inhibir el análisis que se estaba realizando en ese momento.

## **1.6 RESULTADOS ESPERADOS**

Luego del procesamiento de las imágenes aplicando los diferentes operadores morfológicos se espera obtener una precisión de al menos un 90% al momento de realizar un conteo, analizar un perímetro y/o área.

Se espera instruir a los usuarios del programa sobre los diferentes tipos de operadores morfológicos que existen y como aplicar los mismos y en que situaciones, dando la oportunidad de que el usuario interactúe con la aplicación de tal forma que pueda analizar el operador morfológico a ser aplicado para la función específica que se desee.

Se espera que esta herramienta sea útil para cualquier profesional que desee analizar patrones específicos en una imagen (ya sea análisis de suelos, patrones médicos, estructuras, figuras geométricas, etc) y que este programa sirva de plataforma para una implementación dedicada al análisis específico de un tipo de imagen con patrones definidos.

# CAPÍTULO 2

## 2. MORFOLOGÍA

Las características morfológicas son formas físicas que componen una imagen, su utilidad en la actualidad ha permitido grandes avances en los diversos campos de estudios, ya que su precisión para extraer características morfológicas, conteo de imágenes y su variedad de aplicaciones han ayudado a la digitalización de la información, es decir ya contamos con estudios de la fisiología del rostro que ayudan a la identificación de personas, huellas dactilares entre otros beneficios.

### 2.1 DEFINICIÓN

La palabra morfología usualmente denota la rama de la Biología que se dedica al estudio de la forma y estructura de los animales y plantas, como mencionamos la morfología tiene una estrecha relación con la matemática, lo que conlleva la morfología matemática que se basa en geometría y forma, las operaciones morfológicas simplifican imágenes y conservan las principales características de formas de los objetos.

## 2.2 APLICACIONES

La morfología tiene aplicación en diferentes campos, pero debido a la precisión con la que se puede aplicar se mayor aplicación radica en el estudio de imágenes para obtener datos acerca la forma, estructura, etc. Por esto en el campo de la biología desempeña un papel importante entre las que podemos mencionar tenemos:

1. Pre-procesamiento de imágenes (supresión de ruidos, simplificación de formas) en el área de la comunicación tanto en audio e imagen.
2. Destacar la estructura de los objetos (extraer el esqueleto, detección de objetos, envolvente convexa, ampliación, reducción), en el estudio de estructuras en el campo de la medicina, biología.
3. Descripción de objetos (área, perímetro).

## 2.3 OPERACIONES MORFOLÓGICAS

Las operaciones morfológicas a imágenes se definen como procedimientos en los cuales cada nuevo pixel de la imagen resultante es obtenido de una operación no lineal entre un conjunto de puntos de la imagen original  $F[x,y]$  y un conjunto de puntos conocido con el nombre de elemento  $S[x,y]$ . Este elemento recorre toda la imagen para obtener todos los puntos de la nueva imagen. Dependiendo del elemento estructurante y de las operaciones utilizadas, los filtros morfológicos, son capaces de detectar bordes en las imágenes, filtrar objetos de tamaños menores a

uno determinado, suavizar fondos de texturizados, detectar fallos en patrones de textura, etc.

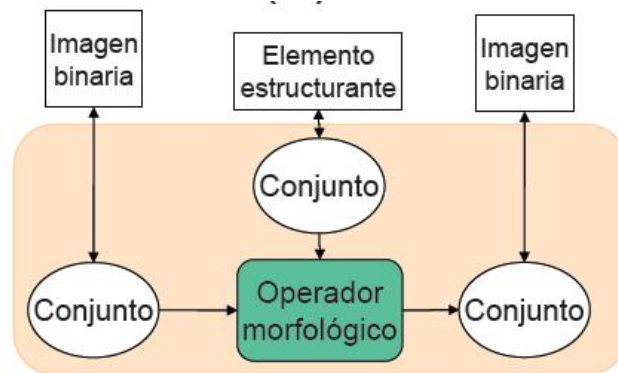


FIGURA 2.1 PROCESO MORFOLOGICO

## 2.4 ELEMENTOS DEL PROCESO MORFOLÓGICO

Los fundamentos del análisis y procesado morfológico se basan en el álgebra de conjuntos y en la topología.

Tres elementos:

- a) Conjuntos (Imágenes)
- b) Operadores Morfológicos (dilatación, erosión, apertura/cierre)
- c) Elemento Estructurante (E.E.)

### 2.4.1 CONJUNTOS

El lenguaje que se usa en las técnicas morfológicas proviene de la teoría de conjuntos. Cada conjunto representa la forma de los objetos en una imagen

Imágenes binarias: Cada conjunto de todos los píxeles negros/blancos de

[Figura 2.1] Tomado de imágenes de [www.google.com](http://www.google.com), “operadores morfológicos”

Una imagen binaria, es una descripción completa de la imagen: Si

Blanco = 1                      Negro = 0

En una imagen binaria, los conjuntos existentes son puntos de un espacio 2D: cada elemento es un punto de coordenadas (x,y) en el plano bidimensional (de la imagen).

Imágenes monocromáticas: Una imagen de niveles de gris puede ser representada como conjuntos cuyas componentes se encuentran en un espacio 3D. En este caso, 2 componentes de cada elemento de un conjunto se refiere a las coordenadas del píxel, y la tercera componente está relacionada con la intensidad

## **2.4.2 ELEMENTO ESTRUCTURANTE**

Examinar la estructura geométrica de una imagen usando como sonda un patrón de ajuste que se denomina elemento estructurante (E.E.). La forma y tamaño del elemento estructurante caracteriza las formas de los objetos presentes en una imagen permiten determinar la estructura de un conjunto. El elemento estructurante se maneja de modo análogo a una máscara de convolución, aunque ahora trabajamos con operaciones sobre conjuntos y la convolución se basa en operaciones aritmética

### 2.4.3 OPERADORES MORFOLÓGICOS

Se conocen dos operadores morfológicos principales los cuales al combinarse dan origen a diferentes operadores secundarios, estos operadores primarios son duales entre sí, es decir uno realiza una operación contraria a la del otro operador. Estos operadores son: dilatación y erosión.

#### DILATACIÓN

Agrega pixeles a un objeto, lo hace más grande. Entre las principales propiedades de la dilatación mencionaremos que añade todos los puntos del fondo que tocan el borde de un objeto, es decir la dilatación es extensiva.

$$A \oplus B = \{x \in X / x = a + b; a \in A, b \in B \text{ [1]}\}$$

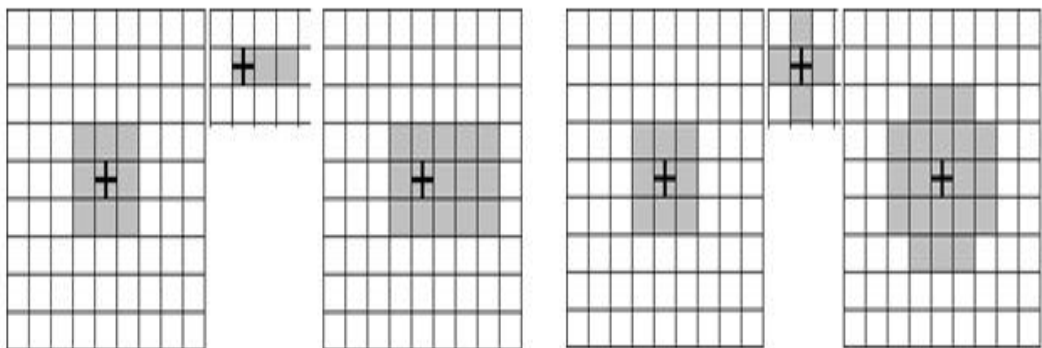


FIGURA 2.2 DILATACION.



$$A \oplus B = B \oplus A \quad [2]$$

$$A \subseteq B \rightarrow A \oplus B \subseteq C \oplus B \quad [3]$$

$$(A \cup C) \oplus B = (A \oplus B) \cup (C \oplus B) \quad [4]$$

En un filtro pasa bajo el resultado es una imagen de niveles de gris y se requiere un paso añadido de umbralización para conseguir una imagen binaria.

Podremos decir que la salida de la dilatación es el conjunto de puntos barridos por el centro del elemento estructurante mientras algún punto de C (traslación de la imagen), tocaba a algún punto de la figura.

## EROSIÓN

$$A \ominus B = \{x \in X / x + b \in A, \forall b \in B\} \quad [5]$$

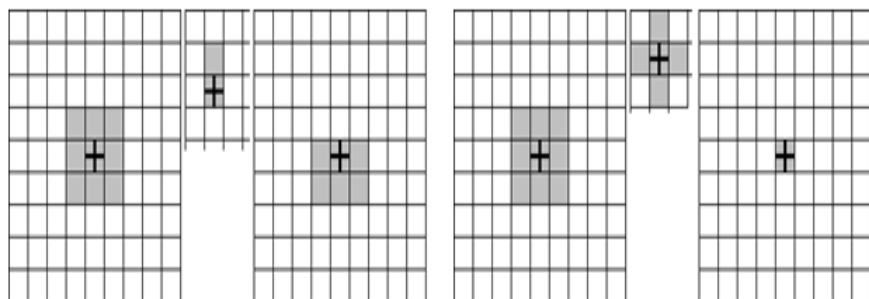


FIGURA 2.3 EROSION

$$(A \ominus B) \ominus C = A \ominus (B \oplus C) \quad [6]$$

$$A \oplus (B \ominus C) = (A \oplus B) \ominus C \quad [7]$$

$$A \ominus B \subseteq A \quad [8]$$

Extrae las regiones periféricas del objeto, lo hace más chico. Entre las principales características de la erosión tenemos que con este operador se eliminan grupo de pixeles donde el elemento estructurante no cabe, posee la propiedad de ser anti reflexiva. Una de las principales aplicaciones es que elimina detalles irrelevantes de la figura (desde el punto de vista de tamaño).

Podemos recalcar que la salida de la erosión es el conjunto de puntos barridos por el centro del elemento estructurante mientras se cumpla que todos los puntos de C estaban contenidos en la figura.

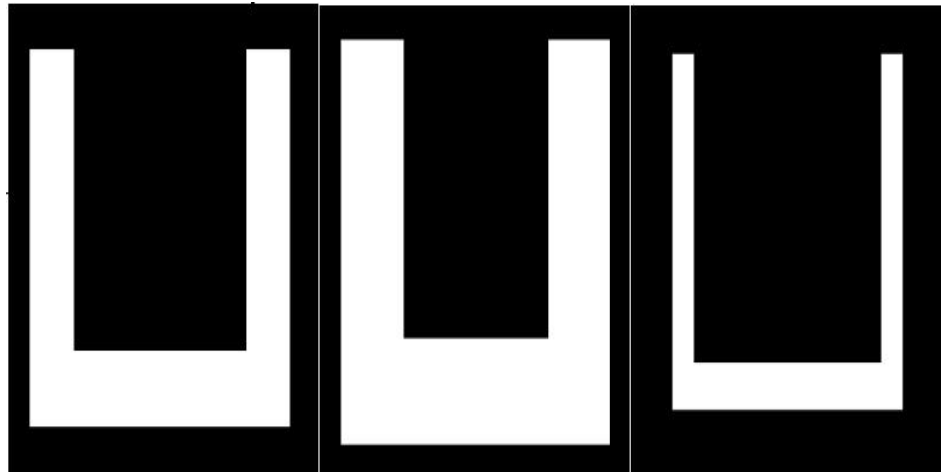


Imagen Original

Dilatación

Erosión

FIGURA 2.4 DIFERENCIA EROSION Y DILATACION

### **DILATACIÓN**

Amplia bordes.

Une objetos próximos.

Une puntos blancos próximos.

Elimina detalles negros pequeños.

### **EROSIÓN**

Reduce bordes

Separa objetos próximos.

Elimina puntos blancos separados.

Amplía detalles negros pequeños.

TABLA 2.1. COMPARACION DILATACION - EROSION

La combinación de aplicar un operador seguido de otro operador sobre la misma imagen procesada dan origen a otros operadores morfológicos que para la mejor comprensión y utilización ya están definidos con su propia

denominación en la instancia del guide. Entre estos tenemos los operadores apertura y cierre.

### **APERTURA**

Aplica una erosión seguida de una dilatación, entre las propiedades tenemos que este operador es anti extensivo y es idempotente. Los efectos producidos por este operador generalmente son:

Alisa contornos (redondear las esquinas donde no quepa el elemento estructurante), eliminar las protuberancias donde no quepa el elemento estructurante y separa objetos en puntos estrechos

### **CIERRE**

Aplica una dilatación seguida de una erosión, permite cerrar los huecos.

Entre las propiedades de la cerradura decimos que es un operador extensivo y un operador idempotente. Entre los efectos que produce este operador tenemos:

Tiende a alisar porciones del contorno, fusiona estrechas grietas, y rellena vacíos en el contorno, rellena agujeros pequeños, eliminando los entrantes pequeños y conecta objetos vecinos.

APERTURA

CIERRE

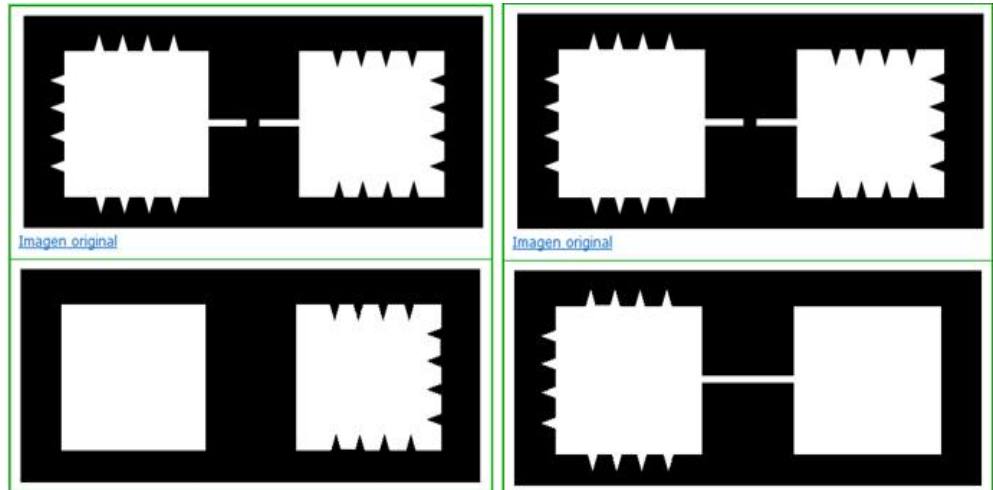


FIGURA 2.5 COMPARACION APERTURA Y CERRADURA

# CAPÍTULO 3

## 3 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

La herramienta didáctica fue implementada para que personas con pocos conocimientos de computación puedan interactuar y aprender sobre los operadores morfológicos y la extracción de las características morfológicas y conocer en qué circunstancias se debe utilizar el operador apropiado para obtener el resultado esperado

### 3.1 CARACTERÍSTICAS DE LA HERRAMIENTA

La aplicación fue implementada en Matlab, específicamente trabajamos con la herramienta Guide. Como todo programa, Matlab posee un grado de complejidad en su lenguaje y manejo, brinda grandes beneficio al trabajar con imágenes y realizar cálculos matemáticos ya que posee tutoriales y una ayuda que facilita el diseño y programación de herramientas didácticas.

Matlab nos permite graficar imágenes en tres dimensiones con tan solo unas líneas de comandos, convirtiéndose así en un programa estándar para el estudio de ingenierías o ciencias en muchas universidades a nivel mundial, brindando miles de aplicaciones en el área de la electrónica, química, inteligencia artificial, biología, matemáticas, etc. Es decir todo lo que tenga que ver con análisis numérico y sus gráficos, siendo las imágenes interpretadas por matrices numéricas.

Guide es un entorno de programación visual disponible en Matlab para realizar y ejecutar programas que necesitan ingresos de datos continuos y presentar resultados cuando se realice algún cambio en los datos, la presentación de los datos se los puede realizar de manera numérica, grafica, o con imágenes.

Por otro lado, las GUI'S creadas con Matlab pueden ser entregadas al ordenador del cliente y ser ejecutadas en la PC de quien creó la interfaz mientras se tenga la aplicación instalada y activa, de modo que la ventaja relativa de Java está parcialmente ofertada también por Matlab. Las GUI'S son herramientas muy útiles para entregar aplicaciones a aquellas personas que no saben lo suficiente de programación y que quieren beneficiarse de las ventajas de un aplicativo.

### 3.2. DESCRIPCIÓN DE LA HERRAMIENTA DIDÁCTICA

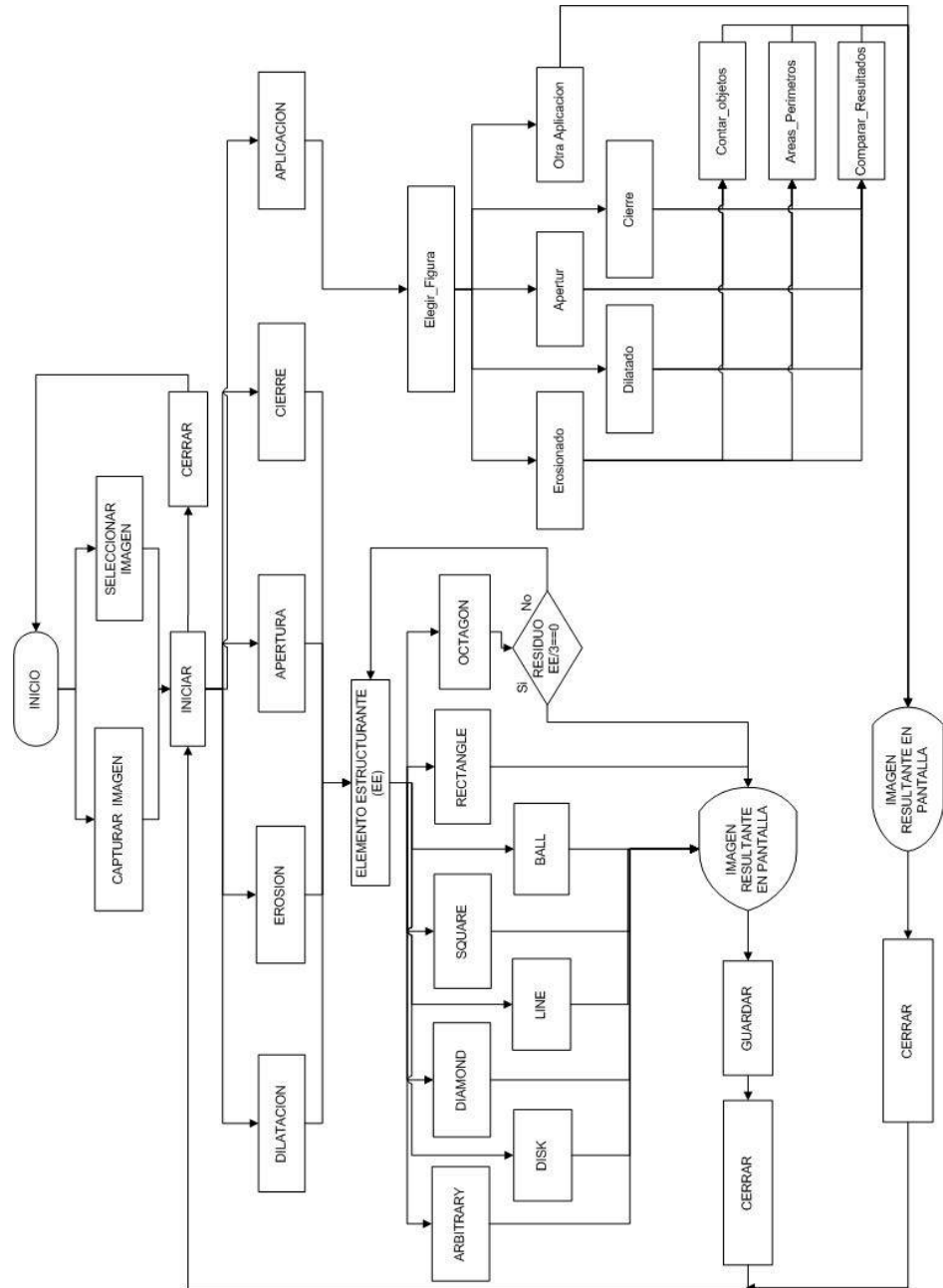


FIGURA 3.1 DIAGRAMA GENERAL DE LA HERRAMIENTA



La herramienta grafica es muy fácil de utilizar, se proporciona un manual de usuario, para que cualquier tipo de personas, con algún conocimiento básico de computación pueda interactuar con el programa.

Al ejecutarse, el aplicativo presenta la primera instancia que consta de tres botones de los cuales se van a obtener las imágenes para su procesamiento. El primer botón: “Capturar\_Imagen”, nos permitirá capturar una imagen en tiempo real, con la ayuda de una webcam integrada o externa al equipo. El segundo botón “Selecciona\_Imagen”, apertura una pestaña donde podremos examinar las imágenes que se encuentran almacenadas ya sean en el disco duro o cualquier dispositivo de almacenamiento conectado al ordenador. La imagen seleccionada o capturada aparecerá en la parte derecha del aplicativo. Para continuar con el análisis el usuario deberá presionar el botón “Inicio”.

En esta siguiente etapa, la herramienta nos muestra las opciones de las operaciones morfológicas más conocidas y el enlace a las aplicaciones. En la parte superior se muestra la imagen seleccionada en la pantalla anterior la cual será procesada.

Se recomienda primero aplicar algún tipo de operador morfológico a la imagen seleccionada para luego comprender con más facilidad las aplicaciones disponibles. Al seleccionar una de las opciones en pantallas, se podrá visualizar

el Operador Morfológico que se va aplicar, con sus respectivos elementos estructurante, tanto en su forma, (numero con el cual se va realizar la muestra) y estructura.

Al seleccionar la opción “dilatación” se nos presenta la siguiente pantalla. Aquí visualizamos el operador Dilatación, de lado izquierdo mostramos la imagen con la que se está trabajando, y en el lado derecho visualizaremos la imagen modificada. En esta instancia debemos seleccionar los elementos estructurantes respectivos para observar la modificación. En primer lugar se debe seleccionar el número del elemento estructurante y luego seleccionar la estructura del mismo, con la que se va a trabajar, la modificación en la imagen se visualiza cuando se escoge alguna de las estructuras, por ejemplo: al presionar unas de estas opciones línea, octágono, etc. El botón guardar nos permite almacenar la imagen modificada en una carpeta determinada para luego poder compararla o realizar algún tipo de extracción.

Al seleccionar cualquiera de los operadores presentados en la opciones sean estos erosión, apertura y cerradura, la pantalla presentara las mismas opciones mencionadas en la dilatación y estéticamente son parecidas, la diferencia radica en la programación interna correspondiente al operador que se está aplicando.

En la pantalla inicial de los operadores tenemos la opción de Aplicación, presionando sobre este ítem se mostrara las tres aplicaciones que realiza nuestro aplicativo. Es en esta pantalla donde podemos realizar las aplicaciones con los diferentes operadores morfológicos, como por ejemplo: Contar los objetos que presenta una imagen, determinar el perímetro y el área de todas las estructuras que visualizamos en la pantalla.

La opción “Contar\_Objetos” y “Areas\_Perímetros”, como sus nombres los indican estas opciones permiten contar el número de formas y calcular el área y perímetro de las formas que se encuentran en la imagen respectivamente, estas opciones van a depender del operador morfológico que se emplee, donde vamos apreciar que el contador va a variar a menudo ya que el operador es aplicado a la imagen en estudio es decir la imagen procesada, se recomienda que para realizar un buen conteo las formas estén separadas ya que caso contrario el aplicativo las definirá como una sola estructura.

Los botones en la parte inferior son los operadores morfológicos más utilizados, cabe recalcar que estas funciones tienen un elemento estructurante ya definidos en la programación interna de la herramienta, al presionar estos botones la imagen será modificada de acuerdo al operador escogido, de esta forma se podrá

comprobar que una mala aplicación de estos, conllevaría a perder información de la imagen, esto podría ser un inconveniente para el análisis que se esté realizando, he aquí la gran importancia del buen uso de los operadores.

Esta imagen nos muestra las características de las células analizadas con el aplicativo, se puede visualizar las áreas y perímetros de cada célula que contiene la imagen, así como un conteo de las mismas.

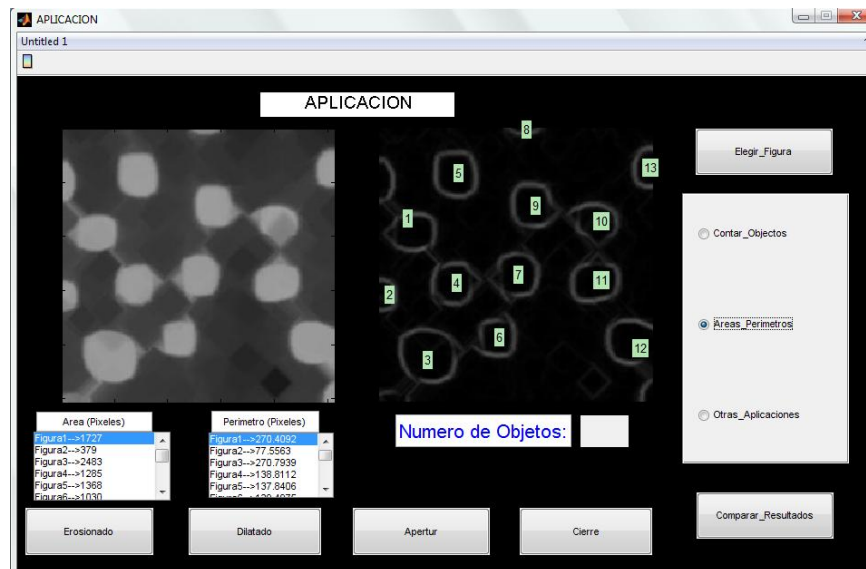


FIGURA 3.2 APLICACIÓN. OBTENER PERIMETRO Y AREA

La opción Otras\_Aplicaciones, consiste en una imagen de un texto escaneado que se encuentra algo borrosa, en la parte derecha se muestra la misma imagen luego

de pasar por un proceso de dilatación que mejora los contornos de las letras, facilitando así la lectura por parte del usuario.

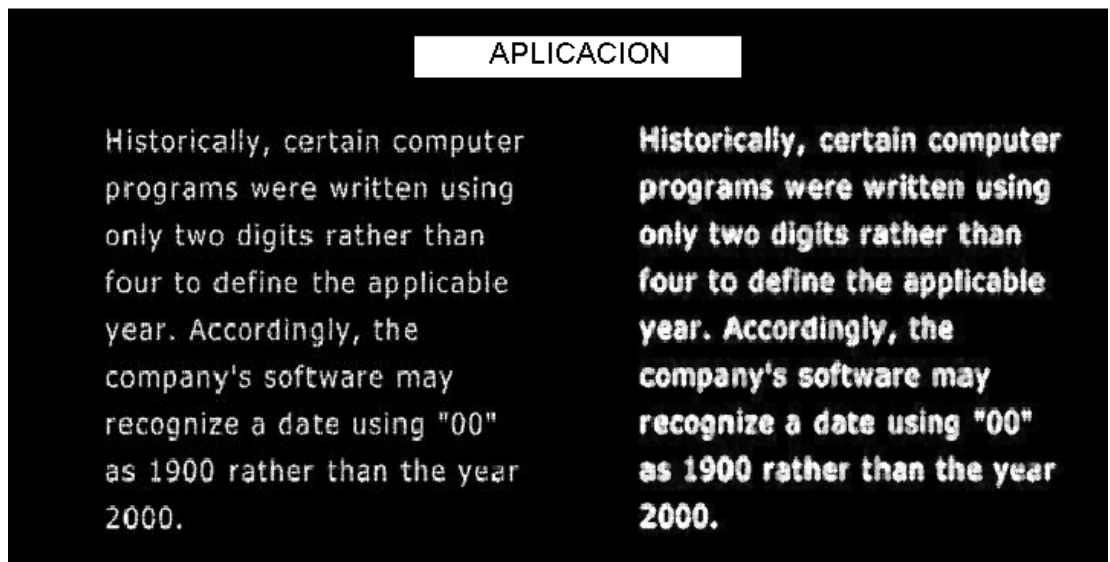


FIGURA 3.3 OPCION OTRAS APLICACIONES

# CAPÍTULO 4

## 4. PRUEBAS Y RESULTADOS DE LA HERRAMIENTA DIDÁCTICA

En este capítulo desarrollaremos diferentes tipos de pruebas que permitirán establecer el grado de exactitud de la aplicación en el conteo de formas y estructuras, además de conocer el grado de dificultad y de aceptación de la herramienta con los usuarios que interactuaron con ella y la correcta aplicación de los operadores morfológicos en estudio en las diferentes imágenes que se requieren analizar.

### 4.1 PRUEBAS DILATACIÓN

Para las pruebas de la dilatación, analizaremos el cambio de una imagen celular, en el cual se variara la estructura pero mantendremos fijo el número de pixeles, para este caso se fijó el elemento estructurante en 4. Esperamos que el resultado de la imagen modificada aplicando la dilatación aumente el tamaño de los objetos de las imágenes que la conforman, dependiendo de la estructura y el tamaño del elemento estructural esta se engrosa más que en otros casos.

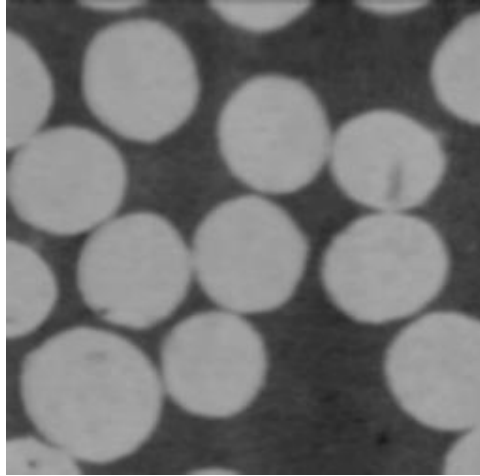


FIGURA 4.1 IMAGEN CELULAR 1

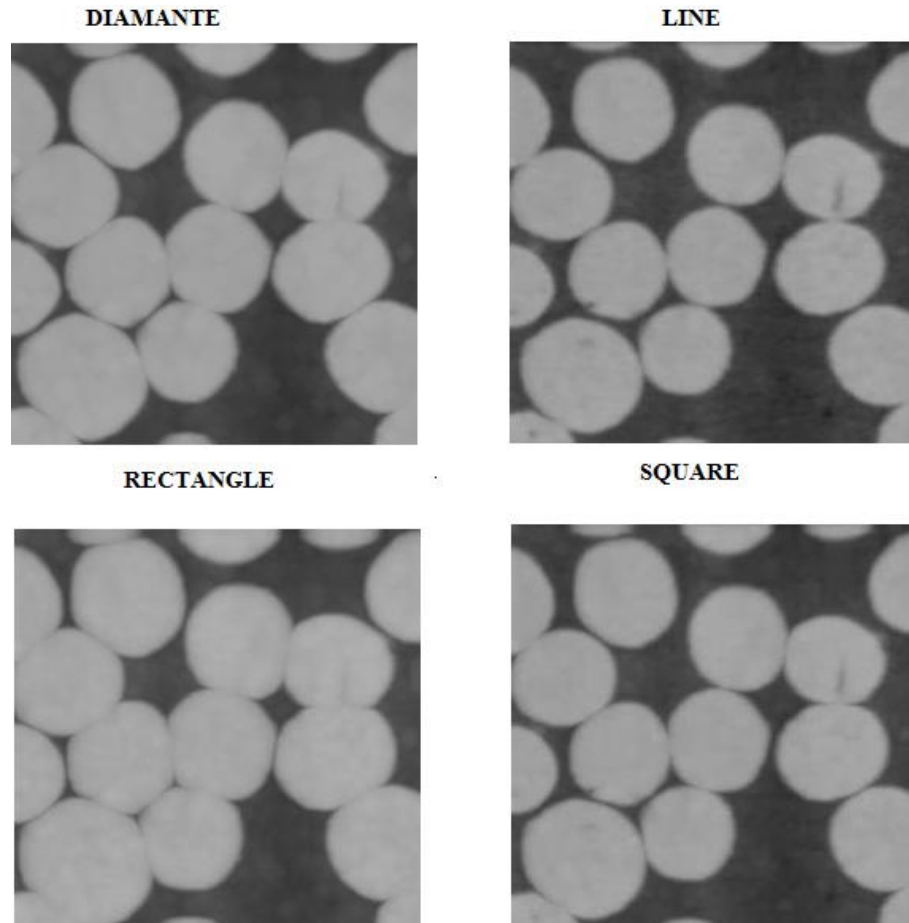


FIGURA 4.2 PRUEBA DILATACION CON DIFERENTE ESTRUCTURAS

Como podemos observar dependiendo del tipo del elemento estructurante que se emplea la imagen se ensancha y en algunos casos las células se juntan debido al proceso de la dilatación. Si aumentamos el tamaño del elemento estructurante se define y se visualiza la forma de la estructura que se emplea.

Para la segunda prueba de la dilatación mantendremos la estructura línea en este caso y solo se variara el tamaño de la muestra del elemento estructurante.



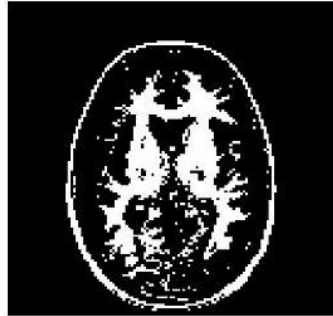


FIGURA 4.3 IMAGEN CELULAR 2

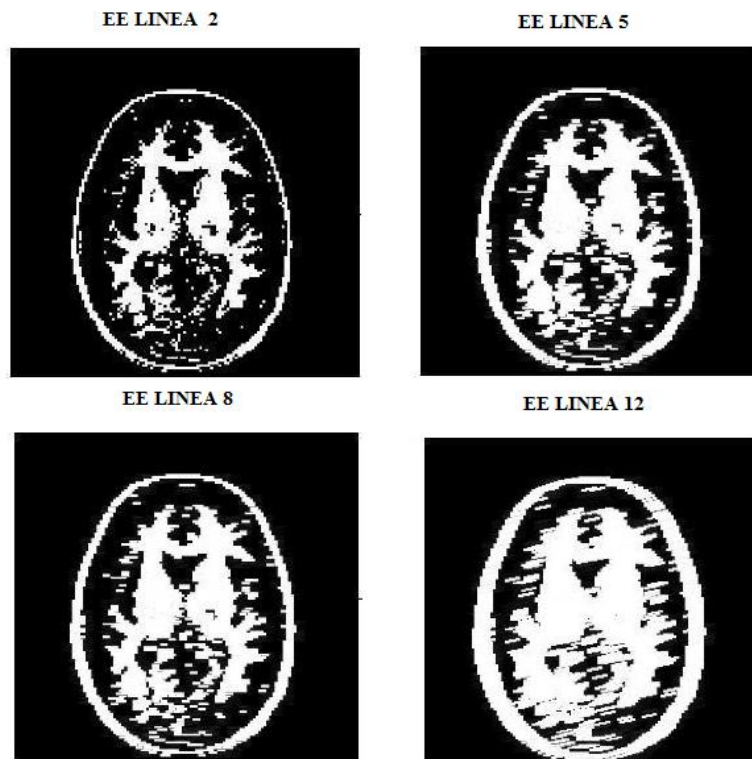


FIGURA 4.4 RESULTADO DILATACION CON ELEMENTO ESTRUCTURANTE LINEA

En esta prueba apreciamos claramente el elemento estructurante línea mientras se aumenta el tamaño más se ensancha la imagen escogida .

## 4.2 PRUEBA EROSIÓN

Para las pruebas de la erosión, analizaremos el resultado del cambio provocado por una imagen en la que cambiaremos la forma del elemento estructurante, y se variara el tamaño de la estructura.



FIGURA 4.5 IMAGEN HUESOS.

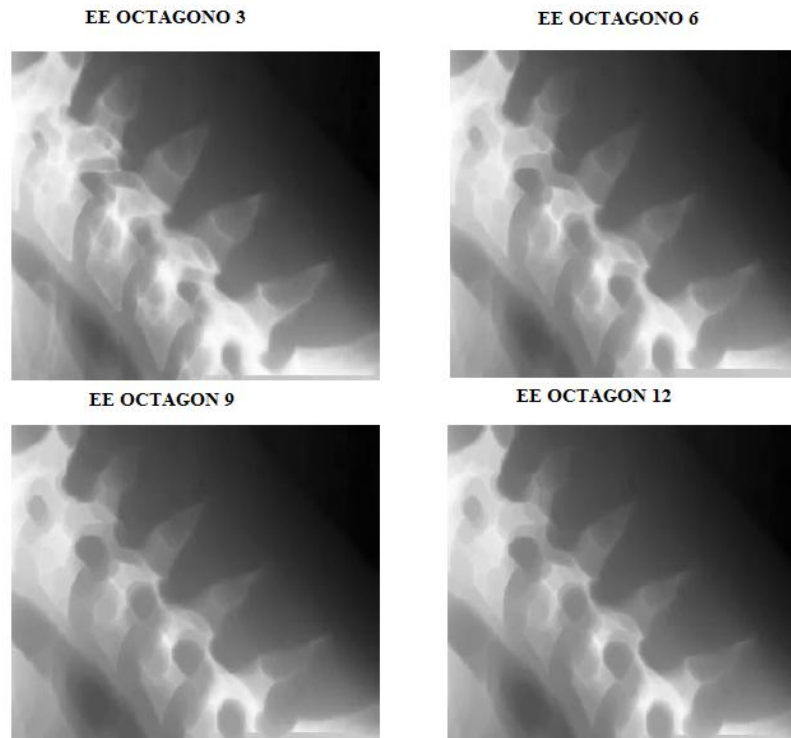


FIGURA 4.6 PRUEBAS EROSION CON ELEMENTO ESTRUCTURANTE OCTAGONO VARIANDO EL TAMAÑO DE LA ESTRUCTURA

Se visualiza el cambio de la imagen, nos damos cuenta que los objetos se aíslan y redondea las estructuras y si se aplican erosiones repetitivas sobre la misma imagen entonces nos permitirá separar las formas que se visualizan en la imagen. Este operador nos ayuda en la aplicación de conteo de formas ya que su función principal es de separar las formas de una imagen y nos permitirá contar con cierta precisión los objetos.

Para esta prueba fijaremos el tamaño del elemento estructurante con 5 píxeles y seleccionaremos varias estructuras para visualizar el cambio que genera el operador erosión.

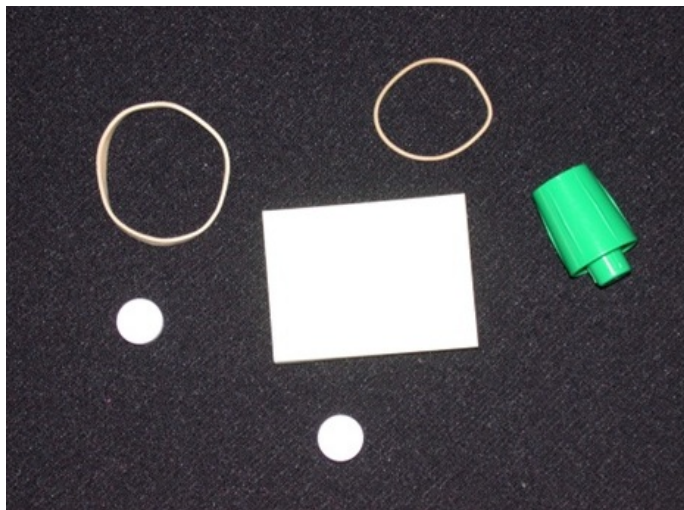


FIGURA 4.7 IMAGEN FIGURAS GEOMETRICAS.

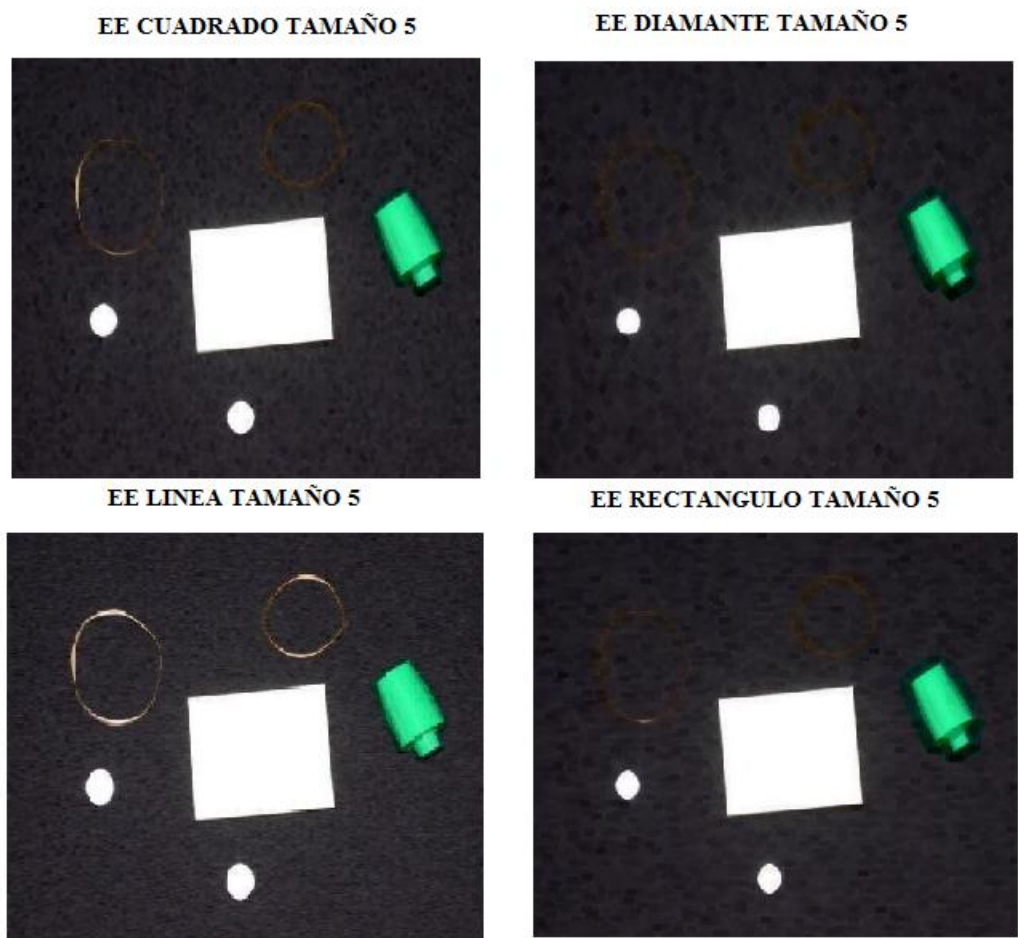


FIGURA 4.8 PRUEBA EROSION CON DIFERENTES ESTRUCTURAS

Visualizando los resultados dependiendo de las estructura, ciertas figuras son eliminadas debido a que la erosión extrae contornos de la periferia de la imagen y de acuerdo a la estructura aplicada en cuanto a la forma, nos permitirá analizar ciertos objetos que otras estructuras descartan, ya sea por la estructura o debido a la configuración realizada en la elaboración de la herramienta, filtrando ciertos

elementos que en algunos casos ayudaran en nuestro análisis y en otros puedan afectar nuestra precisión en el conteo ya que podrían ser estructuras constituidas por pocos pixeles.

### **4.3 PRUEBA APERTURA**

La apertura es una combinación de operadores morfológicos, en este caso se aplica una erosión seguida de una dilatación, este operador en muchos casos y con unas pequeñas modificaciones es muy utilizado como filtro. En esta prueba seleccionaremos una imagen en la que se establece un tamaño determinado y se variara la estructura y compararemos las diferencias entre los resultados luego de aplicar la operación morfológica.

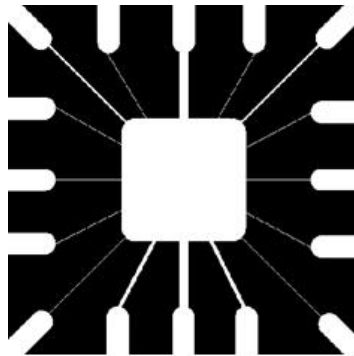


FIGURA 4.9 IMAGEN FIGURA APERTURA.

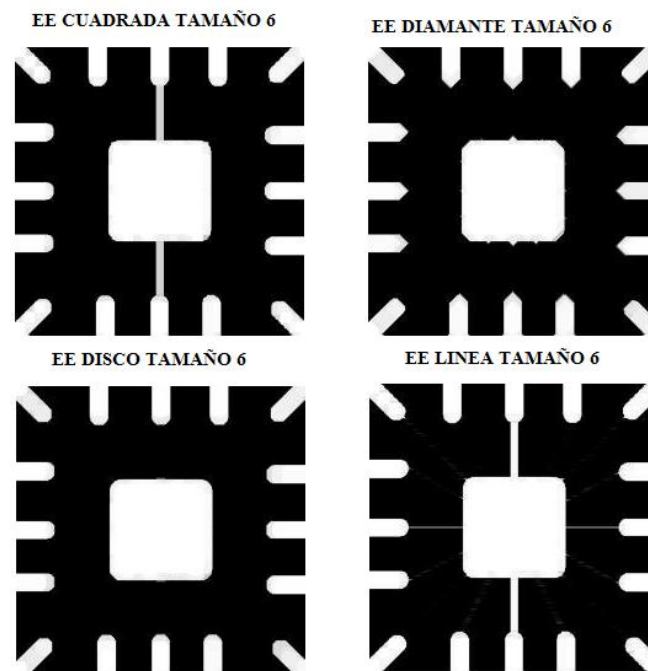


FIGURA 4.10 PRUEBA APERTURA CON DIFERENTES ESTRUCTURAS

Este ejemplo nos ayuda a visualizar la utilidad de la apertura para aislar las formas que presenta la imagen.

En esta prueba utilizaremos la imagen de la FIGURA 4.1, donde determinamos la estructura disco y variamos el tamaño de la estructura.

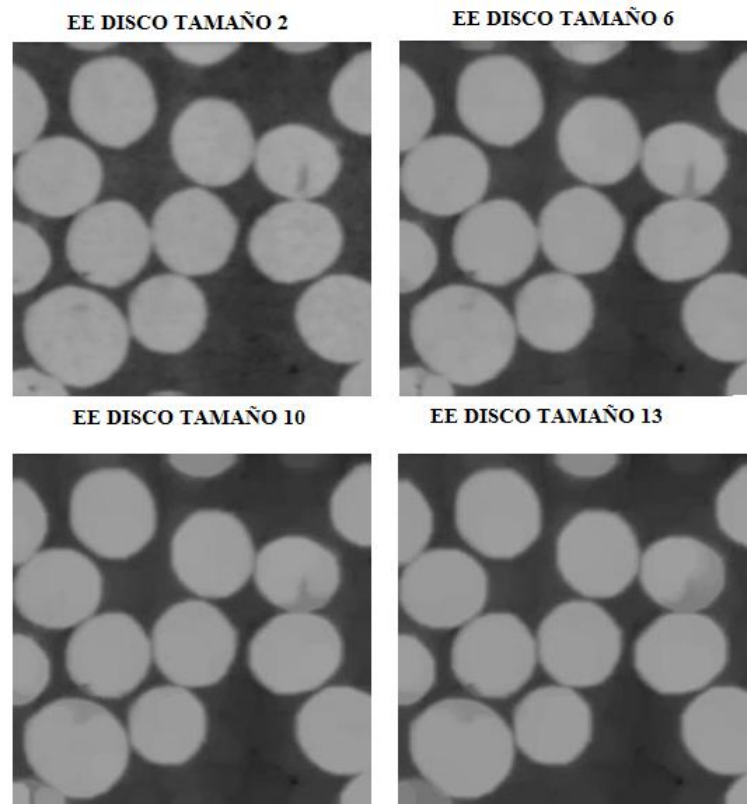


FIGURA 4.11 PRUEBA APERTURA ELEMENTO ESTRUCTURANTE DISCO VARIANDO EL TAMAÑO DE LA MUESTRA.

#### **4.4 PRUEBA CERRADURA**

Para poder comparar la utilidad de los operadores secundarios vamos a realizar las pruebas del operador cerradura con la misma imagen que se utilizó en la prueba apertura (FIGURA 4.9 y FIGURA 4.1), basado en los resultados hallaremos la diferencia que existe entre ellos.

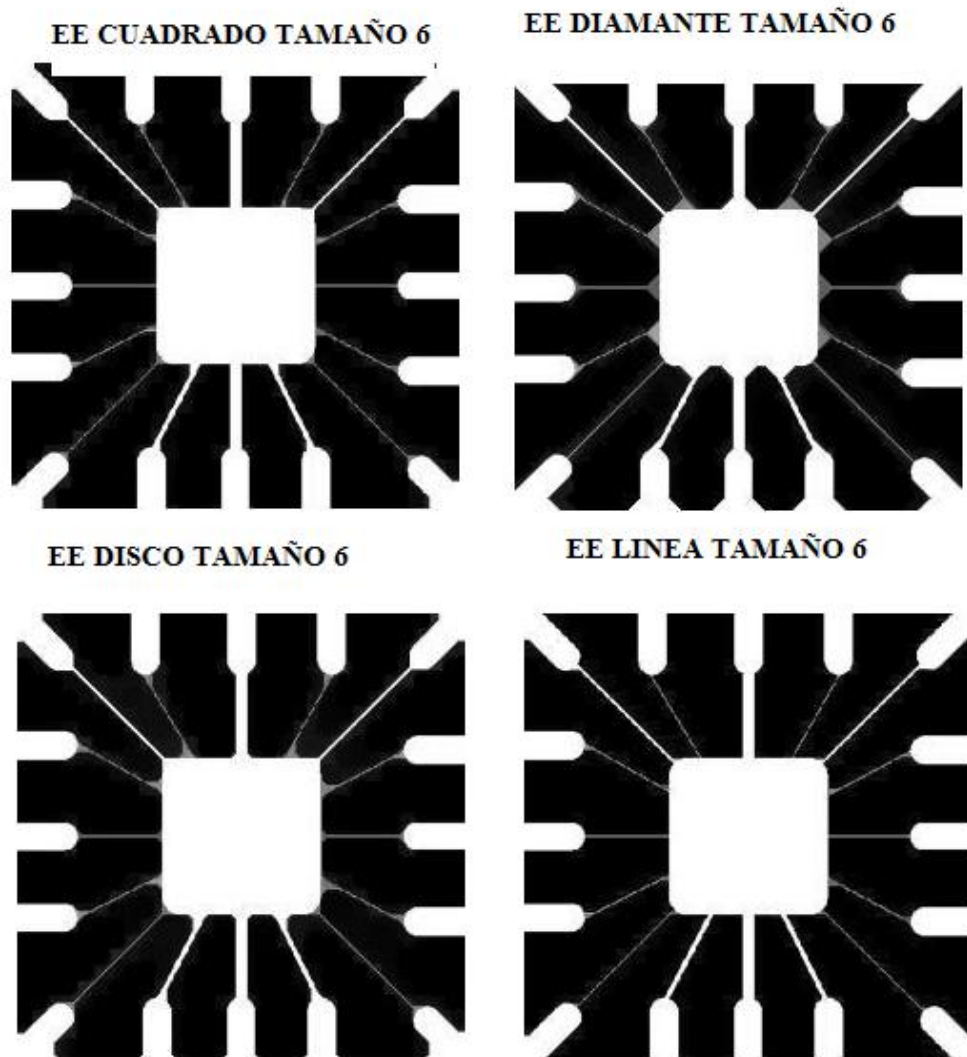


FIGURA 4.12 PRUEBA CERRADURA VARIANDO LA ESTRUCTURA CON TAMAÑO 6

A diferencia de lo mostrado en la apertura aquí las formas no pierden las líneas que conectan las diversas estructuras y agrega pixeles en la imagen de conexión,



esta prueba concluirá el concepto de cerradura donde las formas se unen entre si conectándose entre ellos.

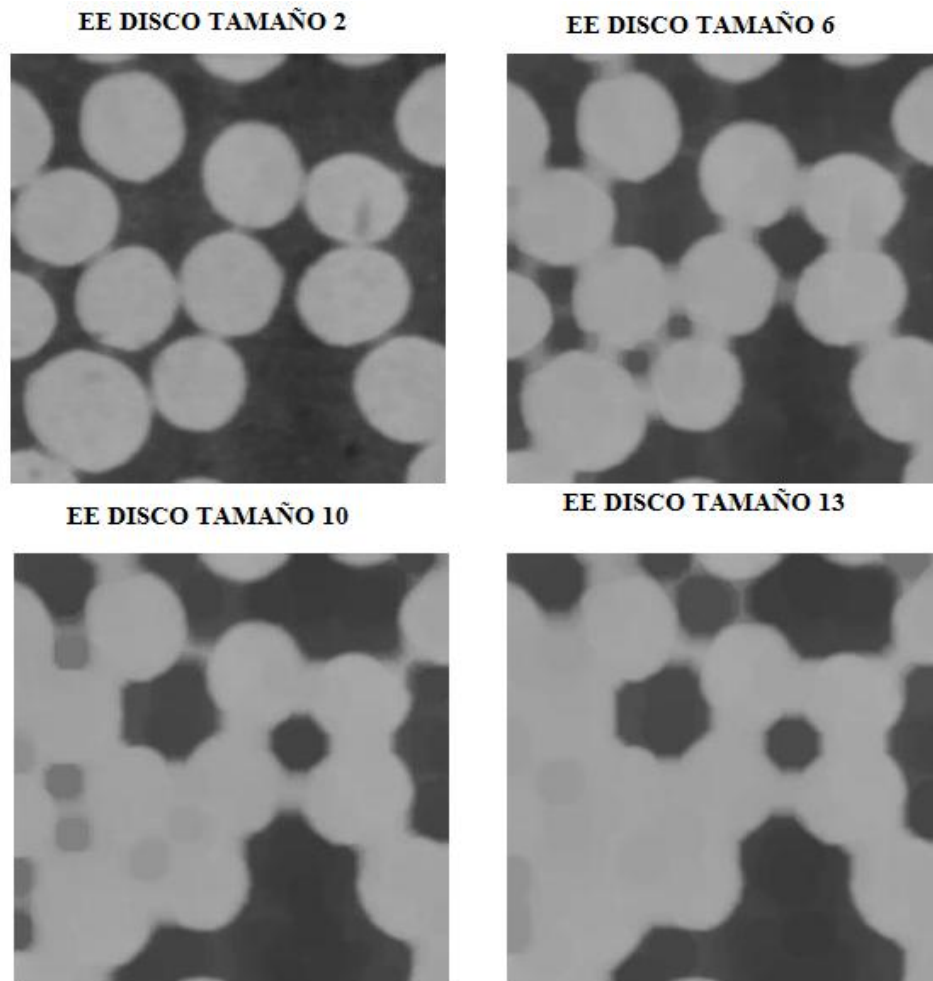


FIGURA 4.13 PRUEBAS CERRADURA CON ELEMENTO ESTRUCTURANTE DISCO VARIANDO EL TAMAÑO DE LA ESTRUCTURA.

Se nota una gran diferencia en esta imagen ya que las células se unen al aplicar algún tipo de estructura cerradura caso contrario al aplicar el operador apertura,

al igual que la dilatación y la erosión estos operadores morfológicos secundarios son duales entre sí, uno separa las formas de las imágenes y el otro hace lo contrario une las estructuras.

#### 4.5 PRUEBA DE APLICACIONES

Las pruebas de aplicación se realizara con cuatro imágenes donde se aplicara un operador definido previamente en la programación interna, y cuantificaremos el margen de efectividad que presenta cada imagen para contar. Para este ejemplo se va utilizar la imagen celular (FIGURA 4.1). Para realizar el cálculo del porcentaje de error emplearemos la siguiente ecuación:

$$\%ERROR = \frac{\#Formas_{Reales} - \#Formas_{Procesadas}}{\#Formas_{Reales}} * 100 \quad [9]$$

### DILATACION

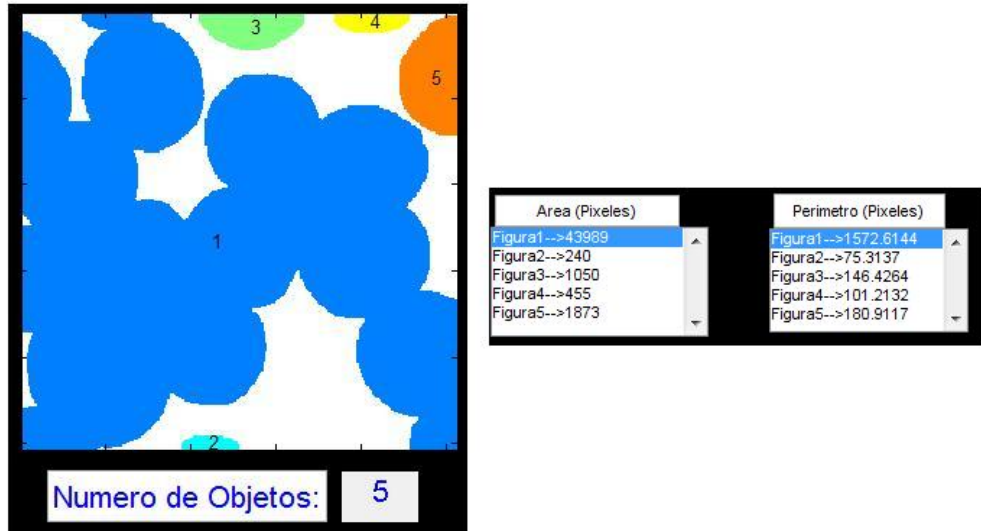


FIGURA 4.14 CONTEO CELULAR APLICANDO DILATACION

### EROSION

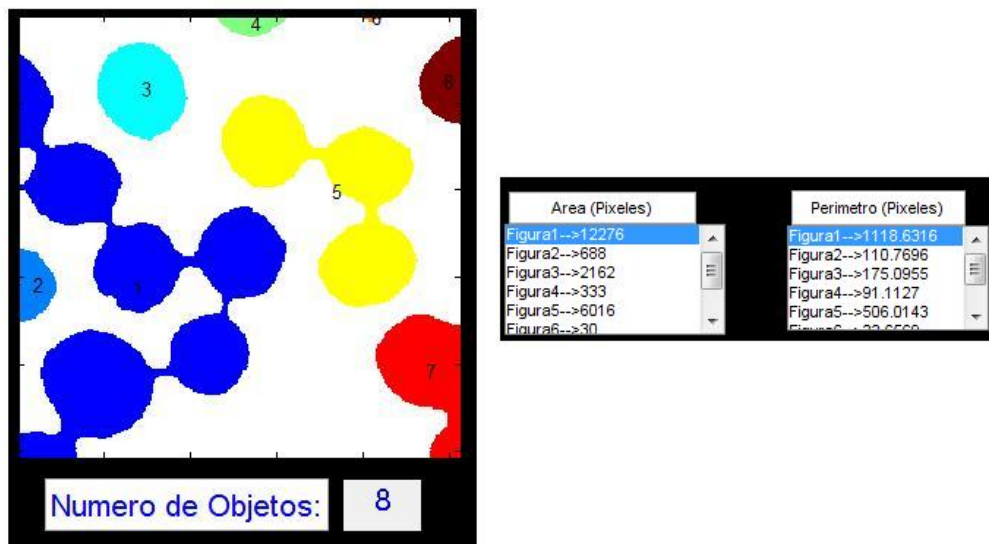


FIGURA 4.15 CONTEO CELULAR APLICANDO EROSION

### APERTURA



FIGURA 4.16 CONTEO FORMAS APLICANDO APERTURA

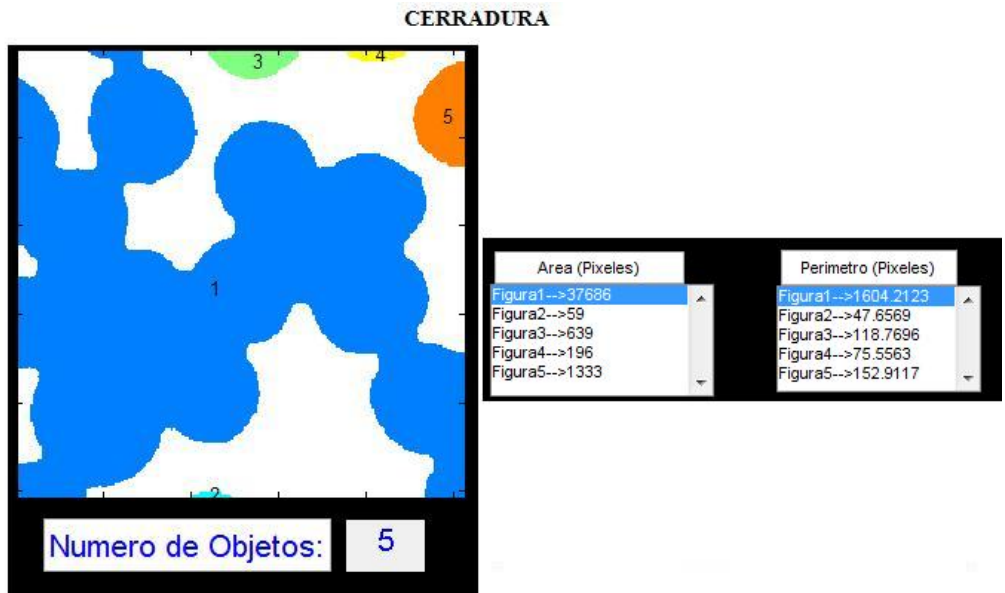


FIGURA 4.17 CONTEO CELULAR APLICANDO CERRADURA

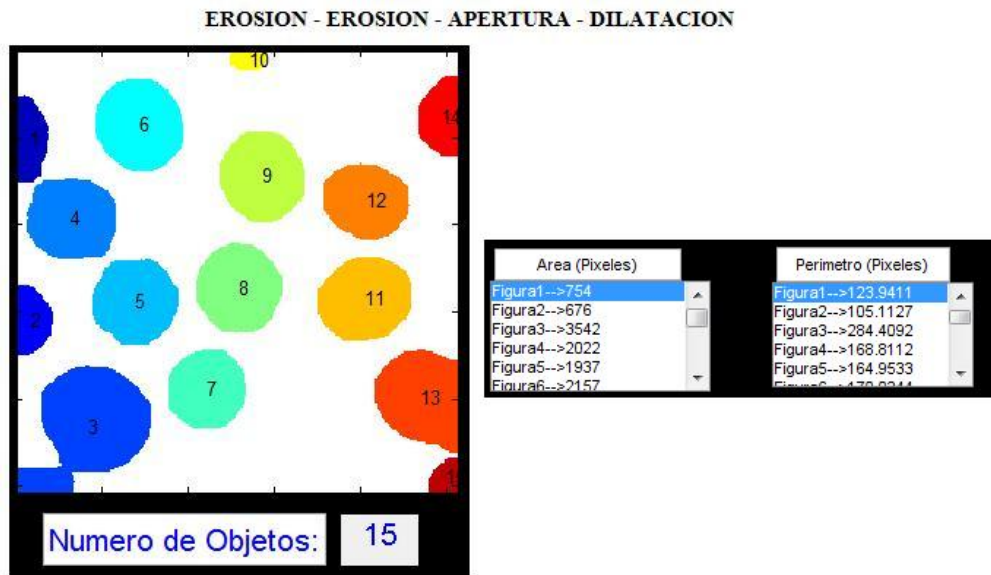


FIGURA 4.18 CONTEO CELULAR APLICANDO COMBINACIONES DE OPERADORES

### EROSION - EROSION - APERTURA

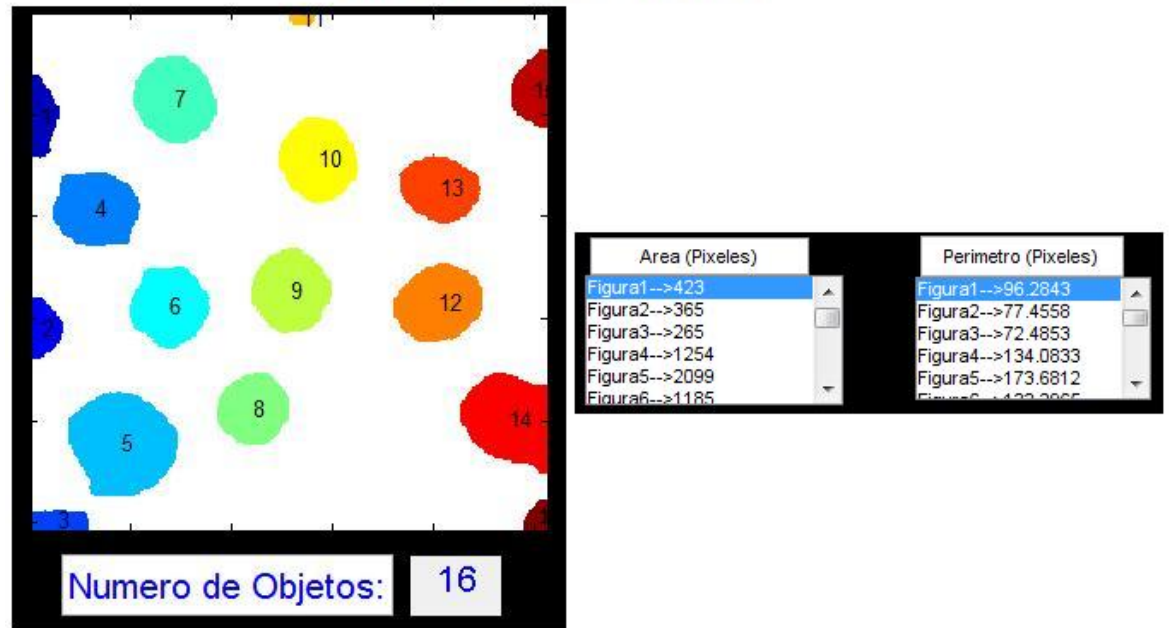


FIGURA 4.19 CONTEO DE CELULAS

En la siguiente tabla se detallan los diferentes resultados obtenidos en el conteo celular, aplicando los diferentes operadores morfológicos y las combinaciones entre ellos que permitirán que la herramienta cuantifique con una mayor precisión el conteo.

<b>% OPERADOR APLICADO</b>	<b>% DE ERROR</b>
DILATACION	70,59
EROSION	52,94

APERTURA	47,06
CERRADURA	70,59
EROSION-EROSION-APERTURA- DILATACION	11,76
EROSION-EROSION-APERTURA	5,88

TABLA 4.1 RESULTADOS DEL % DE ERROR DEL CONTEO

Como se visualiza en la tabla 4.1, el mejor conteo se lo obtuvo al combinar los operadores morfológicos Erosión y Apertura que tienen la particularidad de separar las formas y definir las estructuras periféricas de las imágenes. Esta prueba permite concluir que para el conteo de células se requiere que estas no estén unidas o compartan algún pixel en común y de esta forma se asegura un porcentaje de error aceptable, es decir una mayor exactitud. Los otros métodos presentan porcentaje de error que oscila entre 11.76 y 70.59



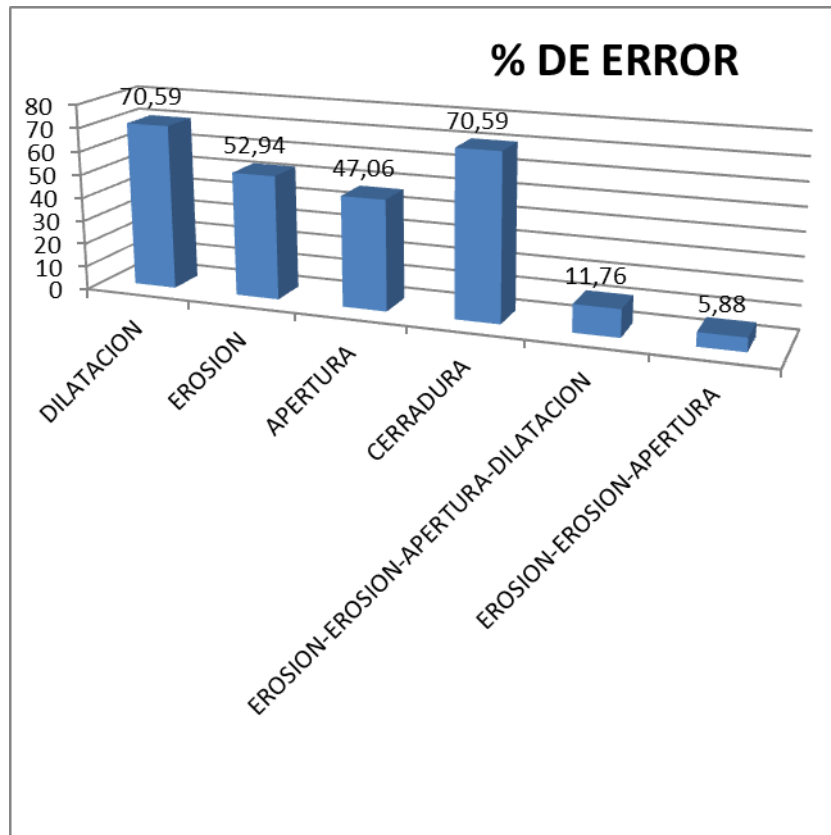


FIGURA 4.20 CUADRO ESTADISTICO % ERROR DE CONTEO CELULAR

En esta prueba se procesara una imagen de tipo biológico, se espera obtener el conteo de las diversas estructuras que tiene la imagen, considerando que la herramienta no considera las formas menores a 30 pixeles. La imagen a procesar hace referencia a la FIGURA 4.3 del capítulo anterior.

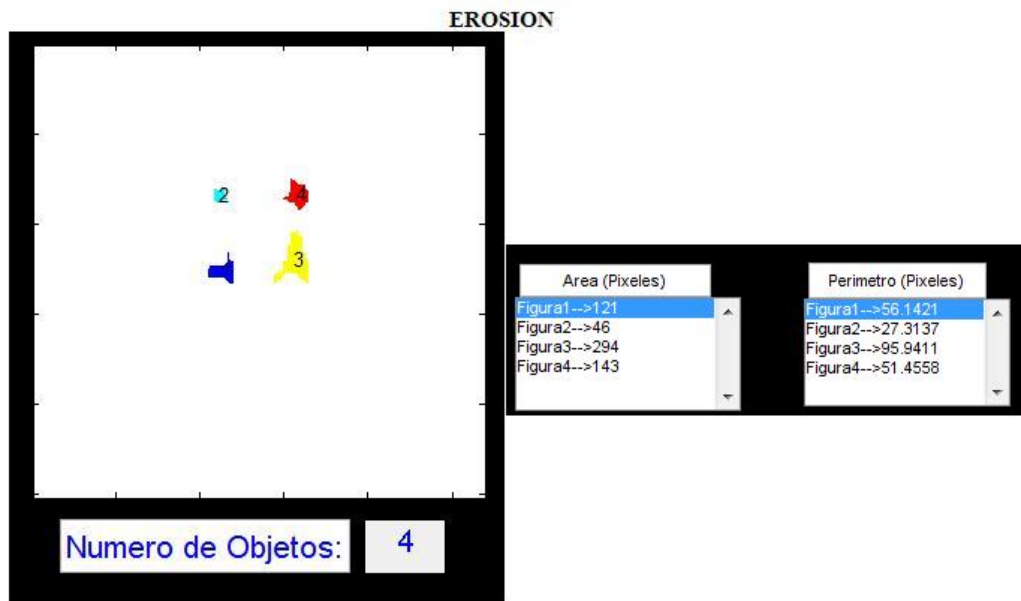


FIGURA 4.21 PRUEBA IMAGEN CON EROSION

### DILATACION Y CERRADURA



FIGURA 4.22 PRUEBA APLICANDO DILATACION Y CERRADURA

### APERTURA

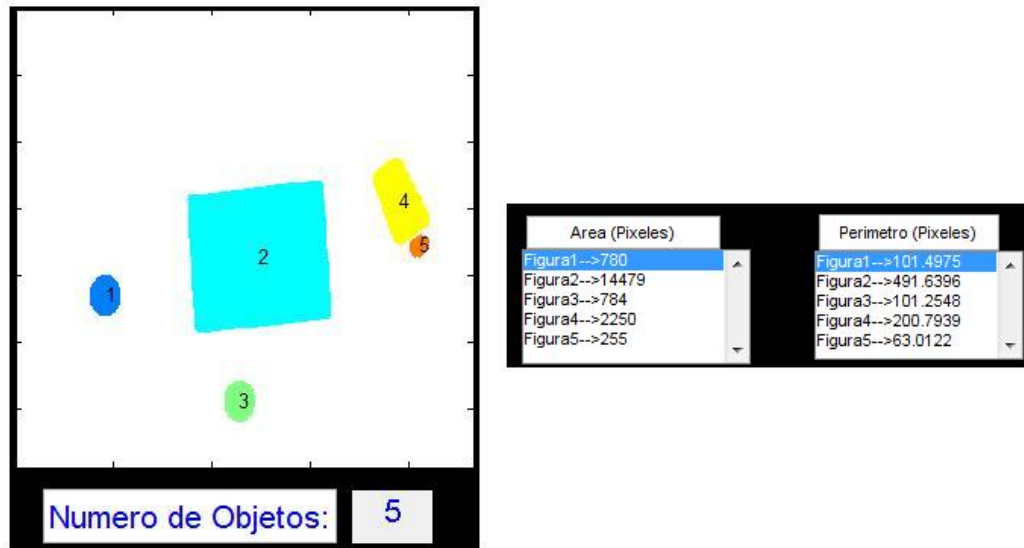


FIGURA 4.23 PRUEBA APLICANDO APERTURA A LA IMAGEN CELULAR

### APERTURA - EROSION - DILATADO

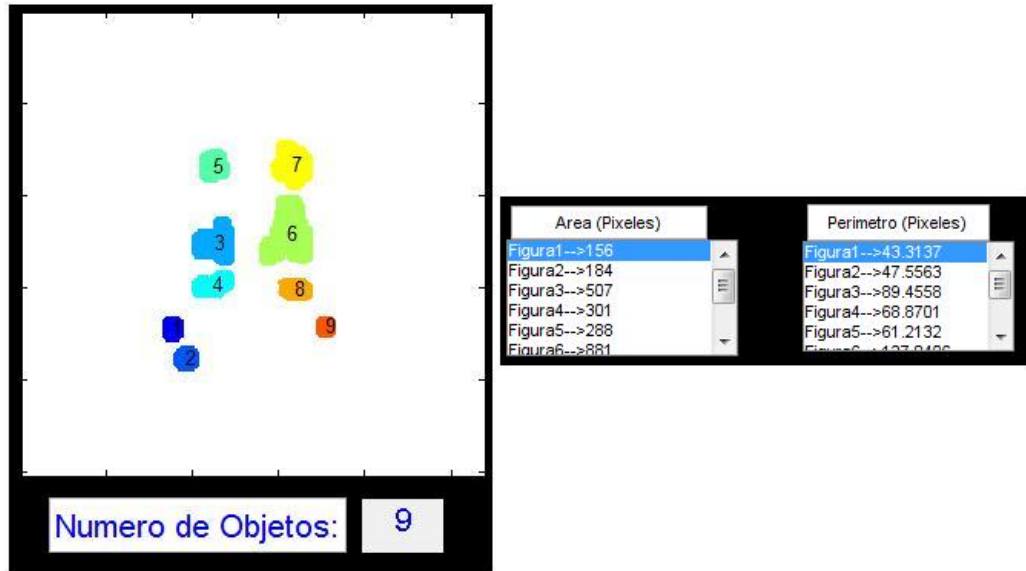


FIGURA 4.24 PRUEBA APLICANDO COMBINACION DE OPERADORES A LA IMAGEN CELULAR

Se muestra una verdadera utilidad de la dilatación, el primer operador separo las estructuras de la imagen, luego se eliminó los píxeles de la periferia de cada forma y la dilatación, nos engroso las estructuras para que no se eliminen por ser estructuras menores a la establecidas en la implementación de la herramienta.

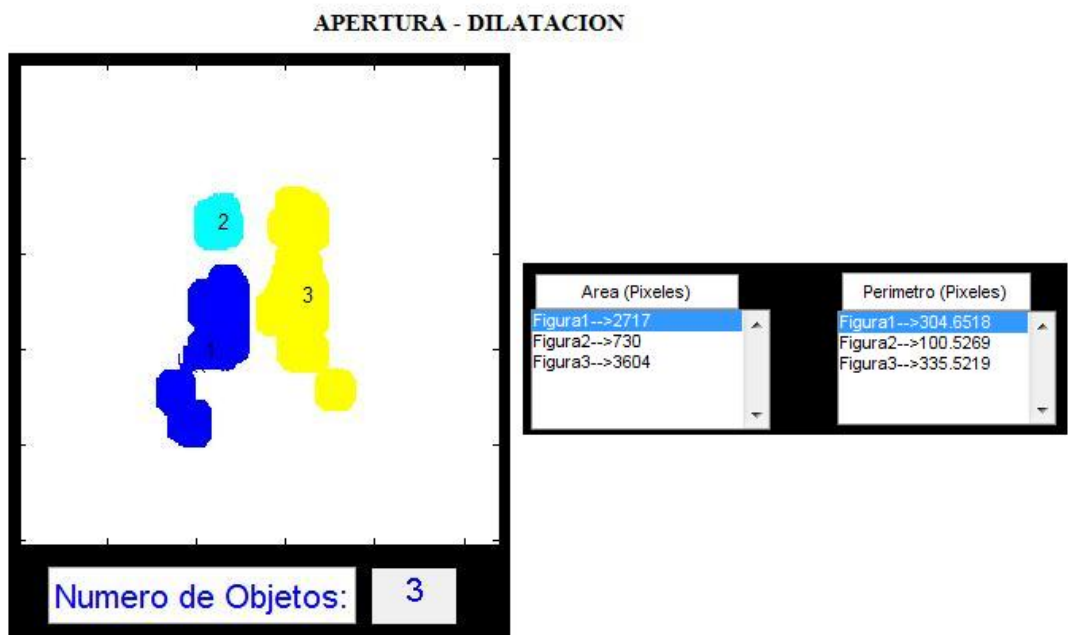


FIGURA 4.25 PRUEBA APLICANDO APERTURA SEGUIDO DE DILATACION A LA IMAGEN CELULAR

Esta prueba sirvió para comprobar mediante el análisis visual la función de los diferentes operadores, ya que no tenemos cuantificado el número de estructura que componen la imagen, se comprobó que estructuras pequeñas no son consideradas debido a la programación que se efectuó en la implementación de la herramienta, descartando formas o estructuras menores a 30 píxeles.

Para esta prueba tenemos una imagen con figuras geométricas que están distantes entre si, por lo que se espera que la exactitud del conteo sea precisa (FIGURA 4.7

IMAGEN FIGURAS GEOMETRICAS). El porcentaje de error se calculara con la ecuación [9], los resultados los visualizaremos en la tabla 4.2.



FIGURA 4.26 CONTEO DE ESTRUCTURAS APLICANDO EROSION

### DILATAION

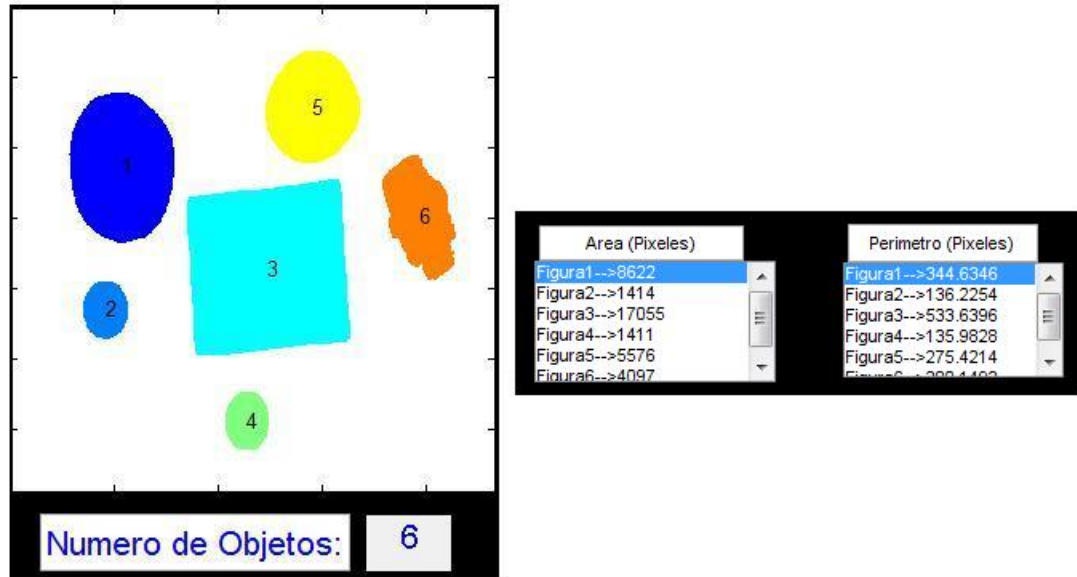


FIGURA 4.27 CONTEO DE ESTRUCTURAS APLICANDO DILATAION

### APERTURA

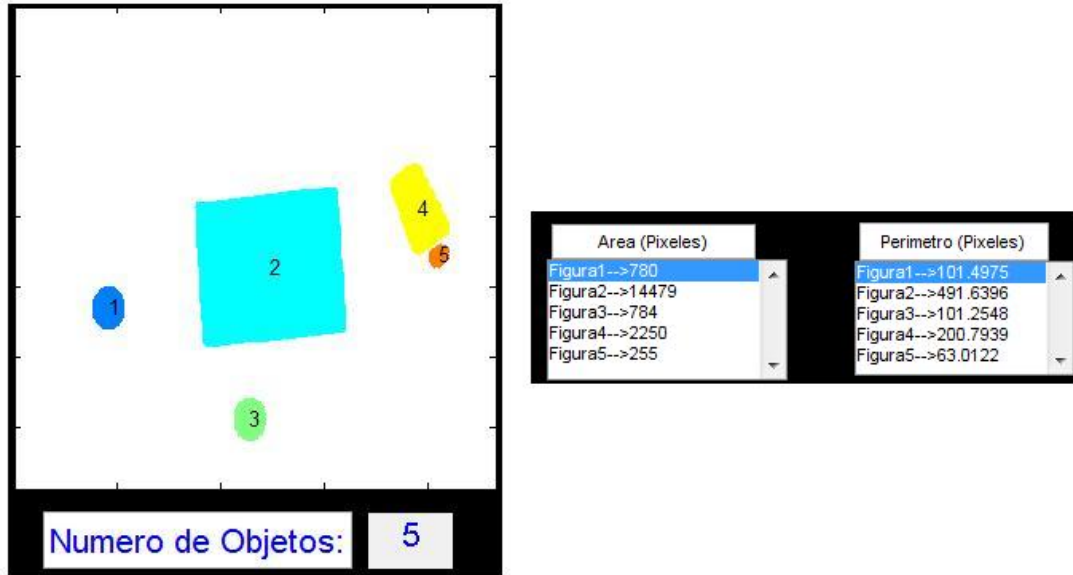


FIGURA 4.28 CONTEO DE ESTRUCTURAS APLICANDO APERTURA

### CERRADURA

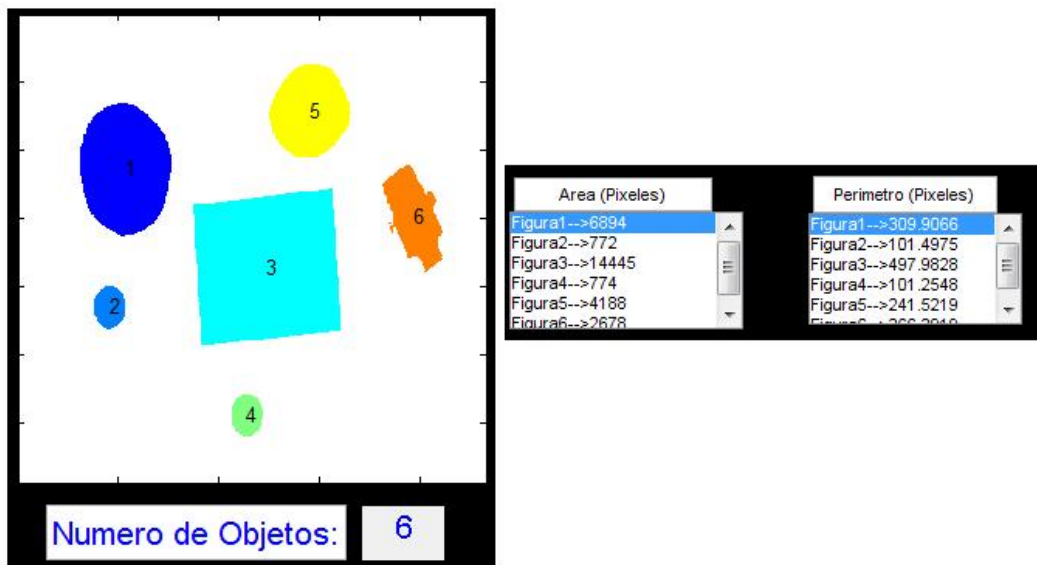


FIGURA 4.29 CONTEO DE ESTRUCTURAS APLICANDO CERRADURA



En la siguiente tabla se adjunta los resultados del cálculo de los diferentes porcentajes de error, en la imagen de las figuras geométricas:

<b>OPERADOR APLICADO</b>	<b>% DE ERROR</b>
DILATACION	0
EROSION	16,66
APERTURA	16,66
CERRADURA	0

TABLA 4.2 RESULTADOS DEL % DE ERROR DEL CONTEO 2

Se visualiza en la tabla 4.2, el mejor conteo se lo obtuvo con los operadores morfológicos Dilatación y Cerradura, este análisis difiere de la prueba anterior, debido a que en la imagen se presentan estructuras distantes entre sí y se visualiza una estructura que en los casos de la erosión y apertura no se la considera, como la circunferencia que se perdió al aplicar estos operadores, por este motivo es que estos métodos presentan porcentaje de error de 16,66.

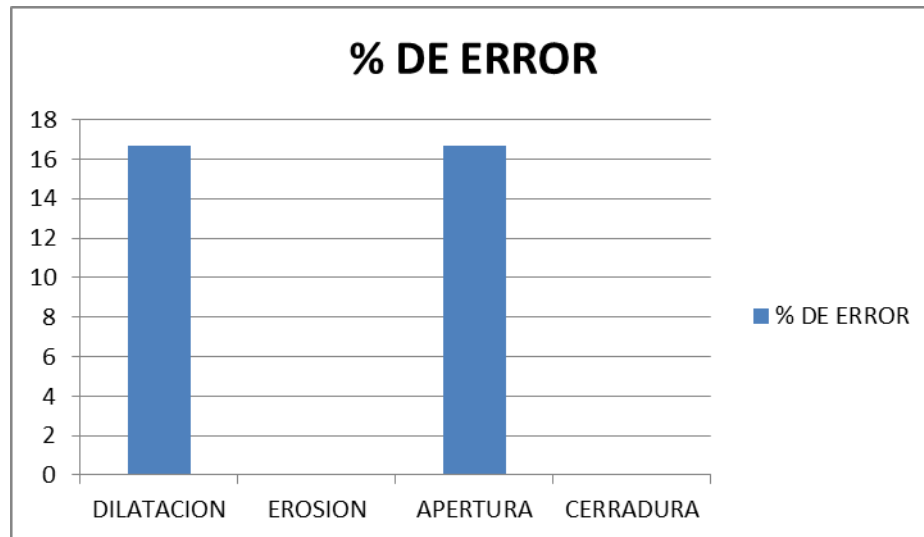


FIGURA 4.30 RESULTADOS % ERROR CONTEO 2

Se determinó que cuando las figuras geométricas están separadas y no tienen píxeles en común el grado de exactitud de conteo es muy alto, dependiendo solo de que el tamaño de la estructura sea mayor a 30 píxeles para que la imagen sea procesada, en este caso, como los círculos no estaban bien marcados entonces no se los consideraba para el proceso, sin embargo si previamente se le realiza una dilatación este aumenta su pixelaje y se procesan sin inconvenientes, el tipo de estructura que se utilizó fue disco con tamaño 6, esta estructura también influyó que en algunos casos los círculos no sean considerados. El resultado de la prueba fue un éxito.

## 4.6 Encuesta

La encuesta fue realizada a 25 estudiantes del IGAD (Instituto Grafico de Artes Digitales), quienes poseen conocimientos previos en el procesamiento digital de imágenes y señales, con la finalidad de analizar la respuesta del estudiante luego de manipular la herramienta didáctica.

Los datos de esta muestra nos permiten cuantificar el grado de aceptación de la herramienta implementada, la cual fue manipulada desde una laptop.

En las figuras 4.31 a 4.37 se muestran los resultados de cada una de las preguntas de la encuesta (ANEXO B).

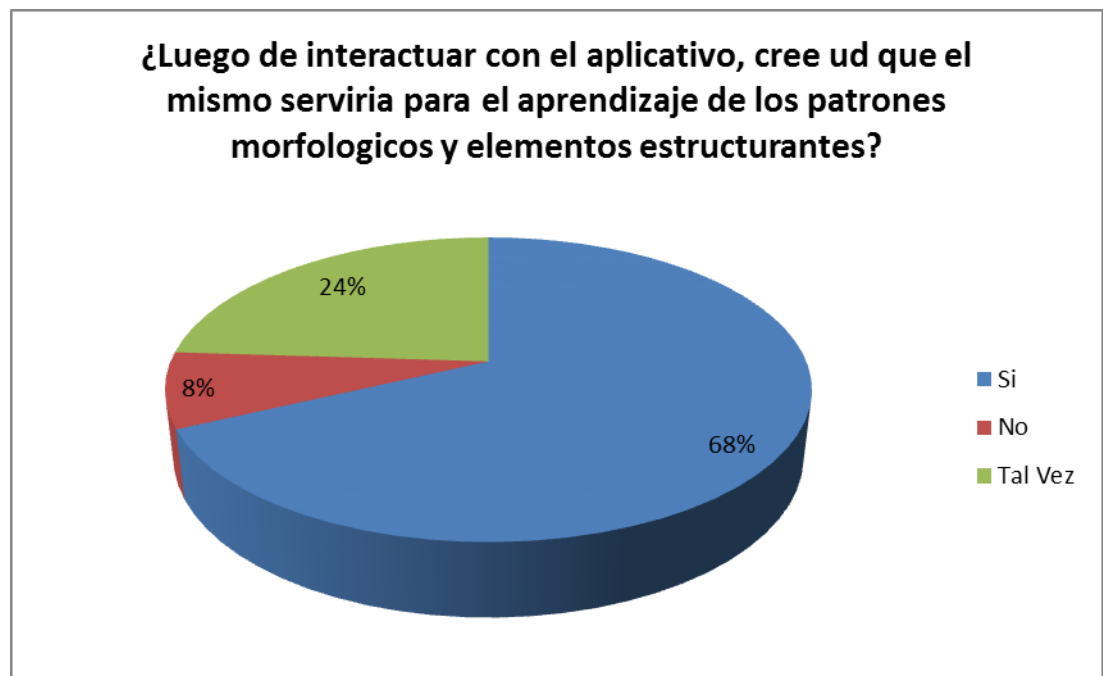


FIGURA 4.31 RESULTADOS DE LA ENCUESTA. PRIMERA PREGUNTA

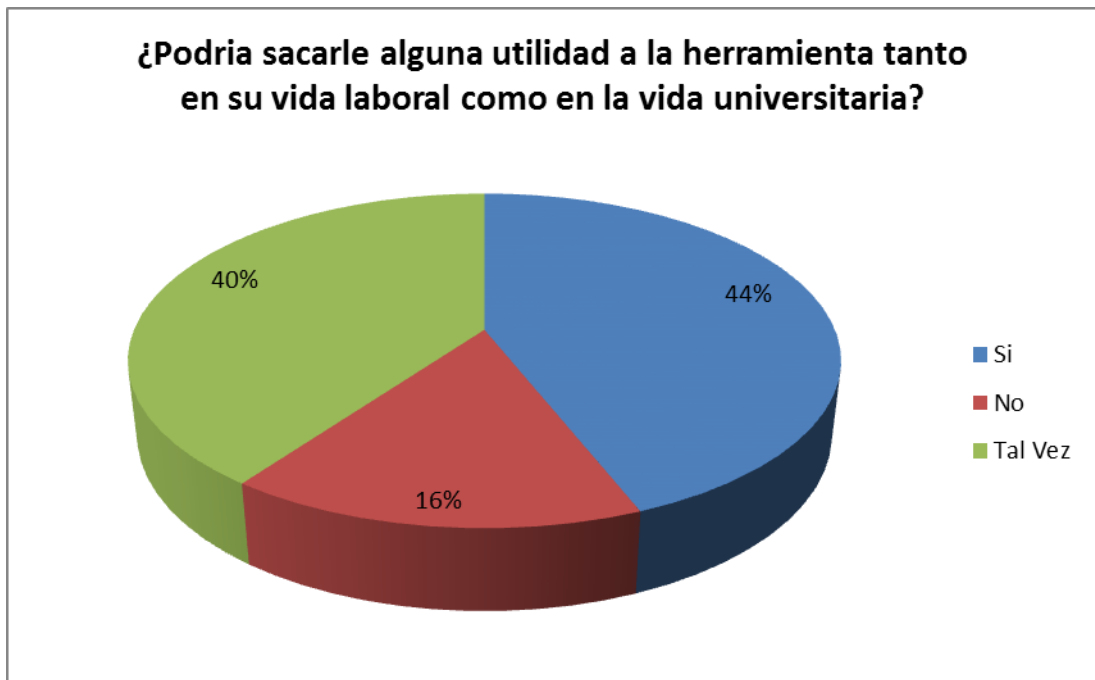


FIGURA 4.32 RESULTADOS DE LA ENCUESTA. SEGUNDA PREGUNTA

**¿Cree usted que el proceso de Erosión y Apertura aplicado a esta imagen medica (FIGURA 4.1), facilita el análisis de la misma?**

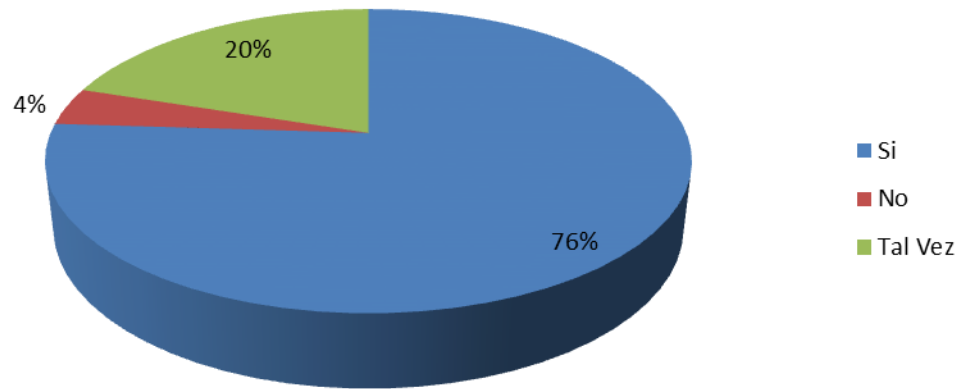


FIGURA 4.33 RESULTADOS DE LA ENCUESTA. TERCERA PREGUNTA

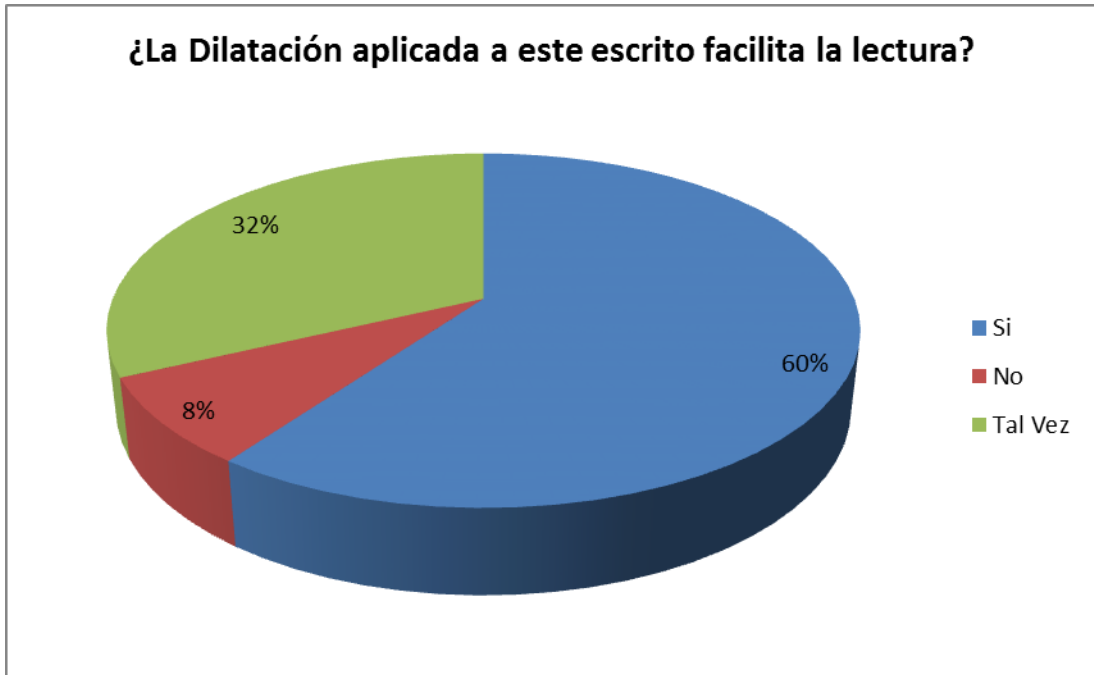


FIGURA 4.34 RESULTADOS DE LA ENCUESTA. CUARTA PREGUNTA

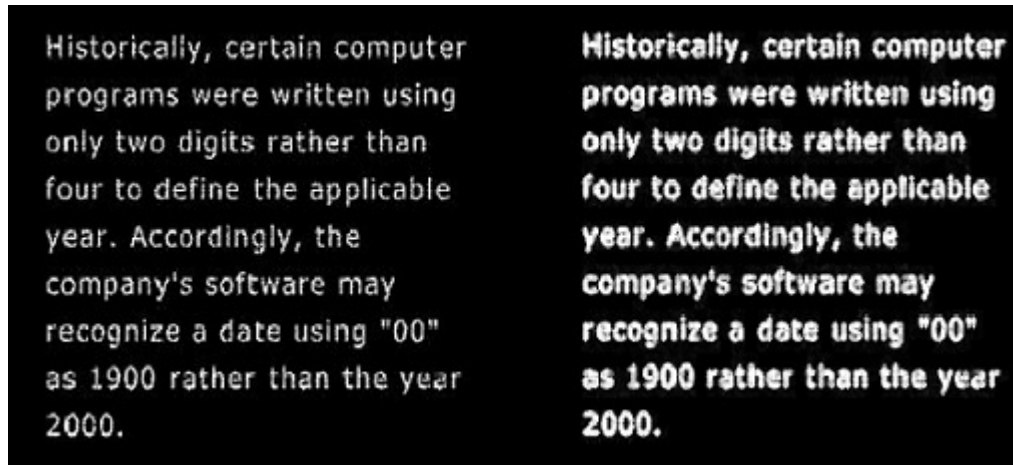
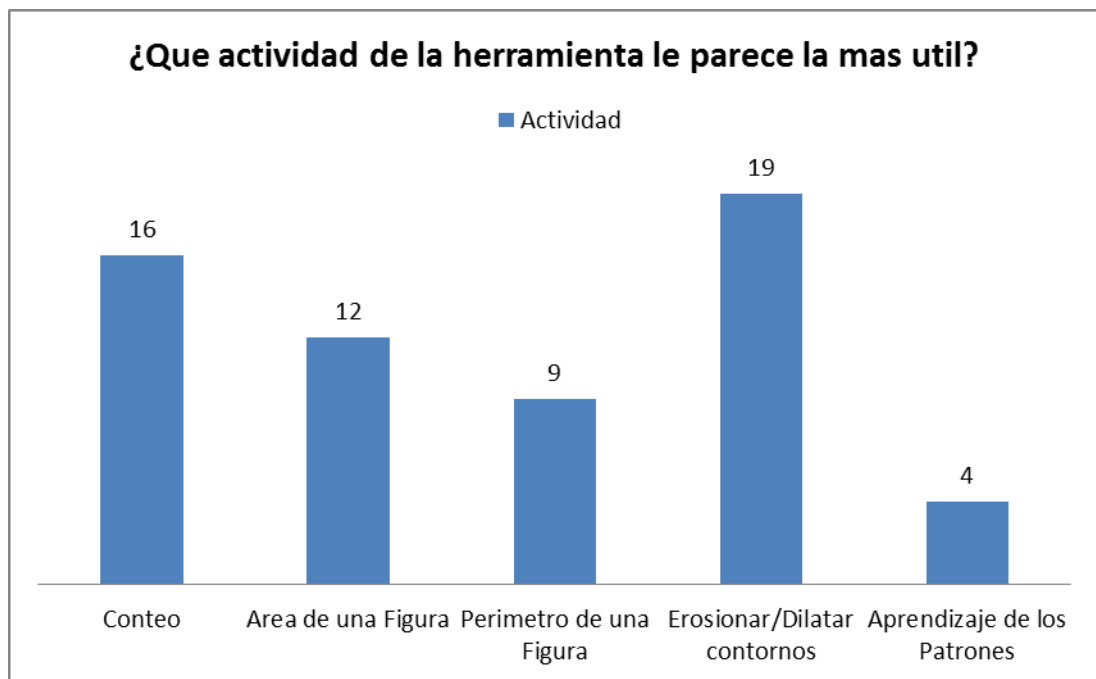


FIGURA 3.3 (Hace referencia a esta imagen en la encuesta).



**FIGURA 4.35 RESULTADOS DE LA ENCUESTA. QUINTA PREGUNTA**

Según los resultados obtenidos en la encuesta dentro del Anexo B, podemos llegar a la conclusion de que la mayor parte de las personas encuestadas coinciden en que la herramienta didactica es optima para el aprendizaje de los patrones morfologicos y elementos estructurantes, siempre y cuando refrenden sus conocimientos teoricos durante o antes de interactuar con la misma.

La implementación de una herramienta didáctica que permita la alteración de la estructura de una imagen fue de mucho interés por parte de el segmento encuestado ya que su aplicación podría ser útil en el ámbito profesional en carreras como Medicina, Arquitectura, Ing. Civil, Odontología, Ing. Eléctrica, Diseño y Multimedia.

Se realizaron preguntas específicas relacionadas a una imagen modificada mediante procesos dentro de la aplicación, obteniendo respuestas favorables las cuales determinan que la aplicación tiene su margen de errores pero facilita el análisis de aspectos específicos que el usuario desea verificar.

Realizando preguntas más específicas pudimos determinar que el interés de los usuarios para con la herramienta es más específico en actividades como conteos, erosiones, dilataciones y áreas.



# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las conclusiones obtenidas de la implementación de la herramienta son:

- 1) De acuerdo a la experiencia obtenida en la implementación de la herramienta, esta facilita la enseñanza de las características morfológicas de imágenes, ya que al visualizar los cambios que generan los diferentes operadores, se afianzan los conceptos y características de cada uno, las diferentes personas que fueron entrevistadas y que interactuaron con la herramienta al finalizar de esta, distinguían la aplicación y beneficio de cada operador y en qué situación nos conviene aplicar alguno de ello.
  
- 2) El análisis y las pruebas realizada de la FIGURA 4.6 nos dio a conocer a criterio personal que el mejor elemento estructurante está conformado de la estructura disco de tamaño número 6, con este elemento estructurante se obtienen los mejores resultados con cada uno de los operadores morfológicos, que se implementó en la herramienta.
  
- 3) Comprobamos que el análisis de las características morfológicas de las imágenes, desempeñan un papel importante en el área de la biología y las moléculas donde es necesario extraer información de las formas, tamaño y conteo de las formas, (Prueba realizada con la FIGURA 4.1 IMAGEN CELULAR) que ayudaran a la identificación de algún inconveniente que muestre la imagen de estudio.

4) De acuerdo a la encuesta realizada se concluye que la herramienta didáctica tiene una buena aceptación por parte de los usuarios considerando que la mayoría no tenía ningún conocimiento previo de los caracteres morfológicos y/o estudios de edición de imágenes. Los resultados determinaron que la posibilidad de poder cuantificar el número de objetos que forman parte de una imagen agradó a los usuarios, dándonos a conocer la importancia de esta herramienta en el campo de la ingeniería donde se precisa contar objetos y formas. Por otra parte gran porcentaje de encuestados comprendió la aplicación y diferencia entre los operadores primarios.

5) En base a los estudios realizados mediante la herramienta implementada, se puede determinar una relación aproximada para la conversión de pixeles a centímetros tanto en el caso del perímetro como las aéreas.

Se tomó como referencia una figura geométrica conocida sobre la cual se pudieron concluir las siguientes formulas bajo un muestreo con un porcentaje de error de +/- 5%:

$$\text{Area (cm}^2\text{)} = \frac{\sqrt{\text{Area (pixeles)}}}{0.015 * (\text{DF (cm)})}$$

[10]

$$\text{Perimetro (cm)} = \frac{\text{Perimetro (pixeles)}}{0.19 * (\text{DF (cm)})}$$

[11]

DF = Distancia Focal (tomada desde el centro de la figura al foco de la cámara)

Las recomendaciones son:

- 1) Tomar en consideración la imagen que se desea analizar ya que los contornos influyen mucho en la extracción de características morfológicas. Si analizamos una imagen cargada desde el programa, se recomienda al usuario posicionar los objetos para el análisis sobre un fondo estático, procurando utilizar colores fijos que contrasten con los elementos.
- 2) Se recomienda esperar a que el aplicativo procese cualquier petición y la muestre en pantalla antes de realizar otra, ya que dependiendo de la velocidad de la computadora, las funciones pueden ciclarse, paralizando de esta forma a la herramienta.
- 3) Se recomienda guardar los cambios en las figuras alteradas para que de esta forma el usuario pueda entender con mayor facilidad la implementación de los patrones morfológicos.
- 4) Tratar de utilizar los patrones morfológicos para aislar los contornos de los elementos que serán analizados para asegurar la eficiencia del conteo y evitar que dos o más elementos se agrupen.

## BIBLIOGRAFÍA

1. OMAR SANCHEZ. OPERACIONES MORFOLÓGICAS Y CONECTIVIDAD. [DOCUMENTO EN LINEA]. 2008 <[HTTP://OMARSANCHEZ.NET/OPEMORF.ASPX](http://omarsanchez.net/opemorf.aspx)>. CONSULTA [8 DE ENERO DEL 2011]
2. MATEMÁTICA MORFOLÓGICA. ING. AUCCAHUASI AIQUIPA WILVER INTRODUCCIÓN AL PROCESAMIENTO DE IMÁGENES. [DOCUMENTO EN LINEA]. 2010 <[HTTP://WWW.SLIDESHARE.NET/BALFIER/OPERACIONES-MORFOLOGICAS](http://www.slideshare.net/balfier/operaciones-morfoologicas)>. CONSULTA [8 DE ENERO DEL 2011]
3. ZAMORA 2002. FUNDAMENTO DE MORFOLOGÍA MATEMÁTICA. <[HTTP://WWW.LLUISVIVES.COM/SERVLET/SIRVEOBRAS/57915842105571617400080/008591\\_3.PDF](http://www.lluisvives.com/servlet/SIRVEOBRAS/57915842105571617400080/008591_3.PDF)>. CONSULTA [15 ENERO DEL 2011]
4. INTRODUCCIÓN A MATLAB APLICACIÓN CON LA INTERFAZ GRAFICA GUI, <

[HTTP://WWW.YOUTUBE.COM/WATCH?V=Y4Y8VRKUVMG](http://www.youtube.com/watch?v=Y4Y8VRKUVMG)>.

CONSULTA [17 DE ENERO 2011]

5. RECONOCIMIENTOS DE FORMAS CON MATLAB.

<[HTTP://WN.COM/RECONOCIMIENTO DE FORMAS CON MATLAB](http://wn.com/reconocimiento-de-formas-con-matlab)

>. CONSULTA [8 DE MAYO DEL 2011]

6. CONTEO DE POROTOS Y ARROZ ENTEROS Y PARTIDOS. 2004.

<[HTTP://IIE.FING.EDU.UY/INVESTIGACION/GRUPOS/GTI/TIMAG/TRAB](http://iie.fing.edu.uy/investigacion/grupos/gti/timag/trabajos/2004/conteo_porotos/index.html)

[AJOS/2004/CONTEO POROTOS/INDEX.HTML](http://iie.fing.edu.uy/investigacion/grupos/gti/timag/trabajos/2004/conteo_porotos/index.html)>. CONSULTA [15 DE

MAYO DEL 2011].

7. ELEMENTO DEL PROCESO MORFOLÓGICO.

<[HTTP://WWW.TSC.UC3M.ES/IMAGINE/CURSO PROCESADOMORFOLO](http://www.tsc.uc3m.es/Imagine/Curso_ProcesadoMorfologico/Contenido/Elementos/Elementos.html)

[GICO/CONTENIDO/ELEMENTOS/ELEMENTOS.HTML](http://www.tsc.uc3m.es/Imagine/Curso_ProcesadoMorfologico/Contenido/Elementos/Elementos.html)>. CONSULTA [24

DE MAYO DEL 2011].

8. JOSÉ LUIS ALBA, FERNANDO MARTÍN ABRIL 2006.

MORFOLOGÍA MATEMÁTICA, APLICACIÓN A PROCESADO DE

IMÁGENES BINARIAS Y MONOCROMÁTICAS.

<[HTTP://WWW.GTS.TSC.UVIGO.ES/PI/MORFOLOGIA\\_MATEMATICA.PDF](http://www.gts.tsc.uvigo.es/pi/morfologia_matematica.pdf)>. CONSULTADO [24 DE MAYO DEL 2011].

9. CARLOS PLATERO. PROCESAMIENTO MORFOLÓGICO. *APUNTES DE VISIÓN ARTIFICIAL. CAPÍTULO 6: PROCESAMIENTO MORFOLÓGICO.*

<[HTTP://ISA.UMH.ES/ASIGNATURAS/RVC/CAP6VAPROCMORF.PDF](http://isa.umh.es/asignaturas/rvc/cap6vaprocMorf.pdf)>. CONSULTADO [28 DE MAYO DEL 2011].

10. OMAR SÁNCHEZ 2008. OPERACIONES MORFOLÓGICAS. <[HTTP://WWW.SLIDESHARE.NET/OMARSPP/IMAGEN-MORFOLOGICAS](http://www.slideshare.net/omarspp/imagen-morfologicas)>. CONSULTADO [28 DE MAYO DEL 2011].

11. PABLO RONCAGLIOLO B 2007. PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES. TRATAMIENTO DE IMÁGENES EN EL DOMINIO DE LAS FRECUENCIAS. <[WWW2.ELO.UTFSM.CL/~ELO328/PDF1DPP/PDI08\\_FRECUENCIA\\_1DPP.PDF](http://www2.elo.utfsm.cl/~elo328/pdf1dpp/pdi08_frecuencia_1dpp.pdf)>. CONSULTADO [28 DE MAYO DEL 2011].

# **ANEXOS**

# Manual Para el correcto uso del Aplicativo



## Facultad de Ingeniería Eléctrica y Computación

Realizado por:

Walter Villalta

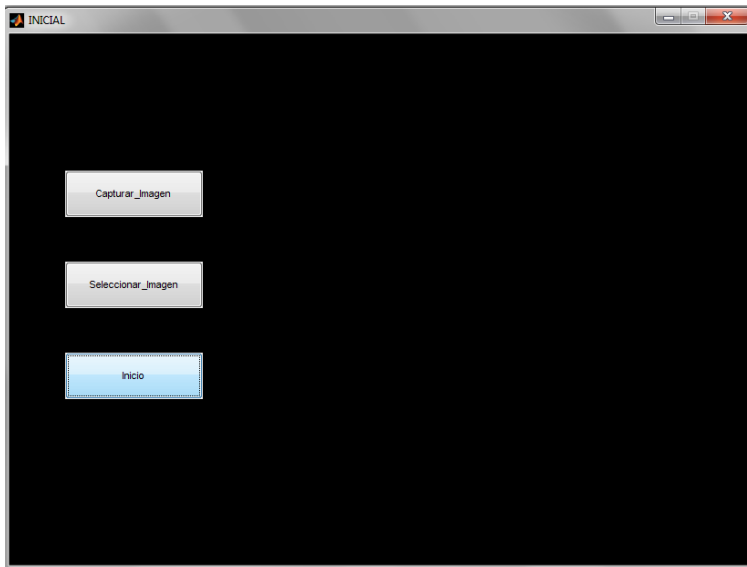
Juan José Fondevila



## Introducción:

El aplicativo le permitirá comprender de una forma interactiva la implementación de diferentes patrones morfológicos en las imágenes a ser analizadas, mentalizar las herramientas a ser utilizadas al momento de elaborar las aplicaciones.

## Inicial



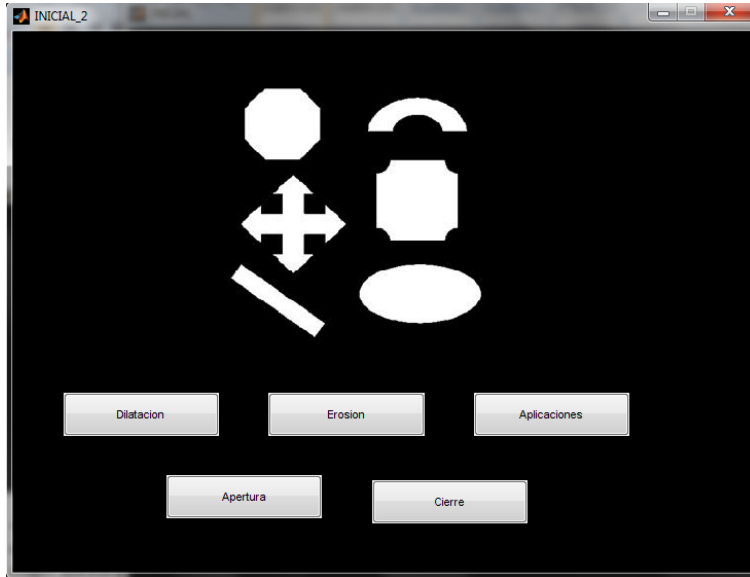
*En la pantalla inicial aparecerán  
3 opciones:*

- ➔ Capturar\_Imagen
- ➔ Seleccionar\_Imagen
- ➔ Inicio

➔**Captura\_Imagen:** El aplicativo permite realizar una captura desde cualquier cámara web que se encuentre conectada o adherida al equipo donde se esté trabajando, luego de la captura la imagen aparecerá en la parte derecha junto a los botones.

➔**Seleccionar\_Imagen:** Al hacer click en este botón se abrirá una pestaña donde podrá examinar la imagen que desea cargar en el aplicativo.

→ **Inicio:** Se debe hacer click en este botón un vez ya cargada/elegida la imagen que se va a procesar, si se presiona inicio sin antes cargar una imagen automáticamente se abrirá la última imagen que fue analizada.



## Inicial\_2

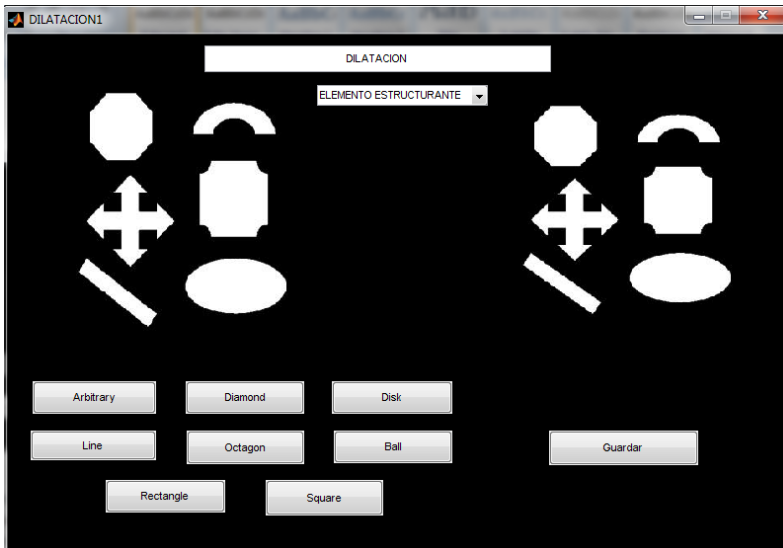
En esta ventana aparecerán las opciones:

- Dilatación
- Erosión
- Aplicaciones
- Apertura
- Cierre

Dilatación, Erosión, Apertura y Cierre corresponden a los diferentes caracteres morfológicos que se utilizan para el análisis de las imágenes cargadas en el aplicativo, estas opciones pueden permitir al usuario a interactuar con estos diversos patrones para visualizar el comportamiento y cambio durante la alteración de los valores pre-establecidos.

La opción de aplicación transporta al usuario a un menú interactivo donde se podrá experimentar la implementación de las herramientas previamente analizadas.

## Dilatación/Erosión/Apertura/Cierre



En esta ventana aparecerán las opciones:

- Arbitrary
- Diamond
- Disk
- Line
- Octagon
- Ball
- Rectangle
- Square
- Guardar
- Elemento Estructurante

→ **Arbitrary:** Aplica la dilatación con el elemento estructurante de arbitrariedad

→ **Diamond:** Aplica la dilatación con el elemento estructurante diamante

→ **Disk:** Aplica la dilatación con el elemento estructurante disco

→ **Line:** Aplica la dilatación con el elemento estructurante Linea

→ **Octagon:** Aplica la dilatación con el elemento estructurante Octagono

→ **Ball:** Aplica la dilatación con el elemento estructurante Bola

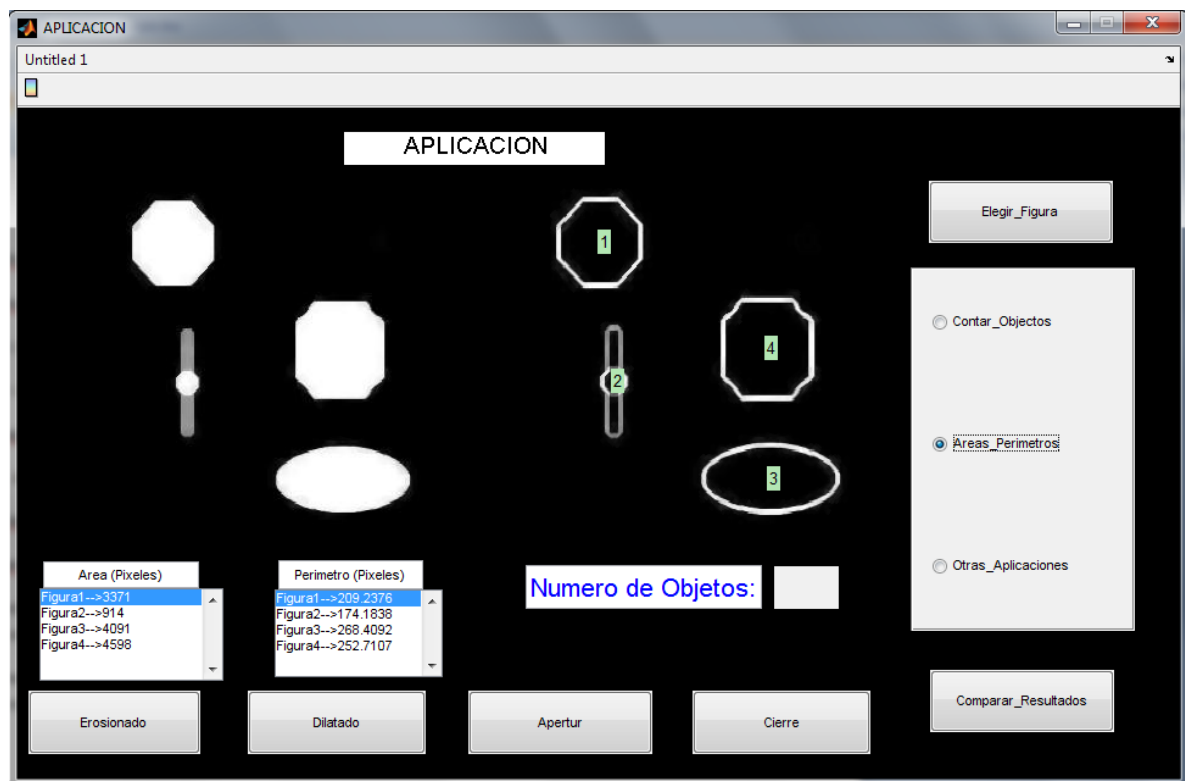
→ **Rectangle:** Aplica la dilatación con el elemento estructurante Rectangulo

→ **Square:** Aplica la dilatación con el elemento estructurante Cuadrado

→ **Guardar:** Una vez aplicados los cambios en la imagen, el usuario puede presionar guardar y se abrirá una pestaña donde podrá determinar la ruta y nombre del archivo a ser salvado.

→ **Elemento Estructurante:** Modificar este número altera la intensidad con la cual se aplica el elemento estructurante dentro de cada carácter morfológico elegido.

## Aplicación



En esta ventana aparecerán las opciones:

- ➔ Elegir\_Figura
- ➔ Erosionado
- ➔ Dilatado
- ➔ Apertur
- ➔ Cierre
- ➔ Comparar\_Resultados
- ➔ Contar\_Objetos

- Areas\_Perimetros
- Otras\_Aplicaciones

→ **Elegir\_Figura:** Permite examinar una imagen desde archivo para analizarla con las aplicaciones dentro de la ventana.

→ **Erosionada:** Permite erosionar la imagen cargada con un elemento estructurante establecido por el creador del programa

→ **Dilatada:** Permite dilatar la imagen cargada con un elemento estructurante establecido por el creador del programa

→ **Apertur:** Permite aperturar la imagen cargada con un elemento estructurante establecido por el creador del programa

→ **Cierre:** Permite cerrar la imagen cargada con un elemento estructurante establecido por el creador del programa

→ **Comparar\_Resultados:** Presionando este botón, el usuario podrá percatar la diferencia que existió en la última alteración que se le realizó a la imagen, de esta forma el podrá ayudarse a tomar futuras decisiones y visualizar el comportamiento de los patrones.

→ **Contar\_Obejetos:** Seleccionando este radio Button, el usuario podrá contar la cantidad de objetos que se reconozcan en la figura, cada uno será seleccionado con un diferente color y aparecerá el total en la parte inferior derecha del aplicativo.

→ **Areas\_Perimetros:** Seleccionando este radio Button, el usuario podrá visualizar en la parte superior izquierda las areas y perímetros de las figuras establecidas y marcadas en pixeles.

→ **Otras\_Aplicaiones:** Esta opción es pre-establecida y explica la aplicación de la dilatación para poder interpretar un documento mal escaneado.

**ENCUESTA REALIZADA A 25 PERSONAS DESDE EL DÍA  
20/08/2011 HASTA EL DÍA 22/08/2011.**

**CARACTERES MORFOLÓGICOS**

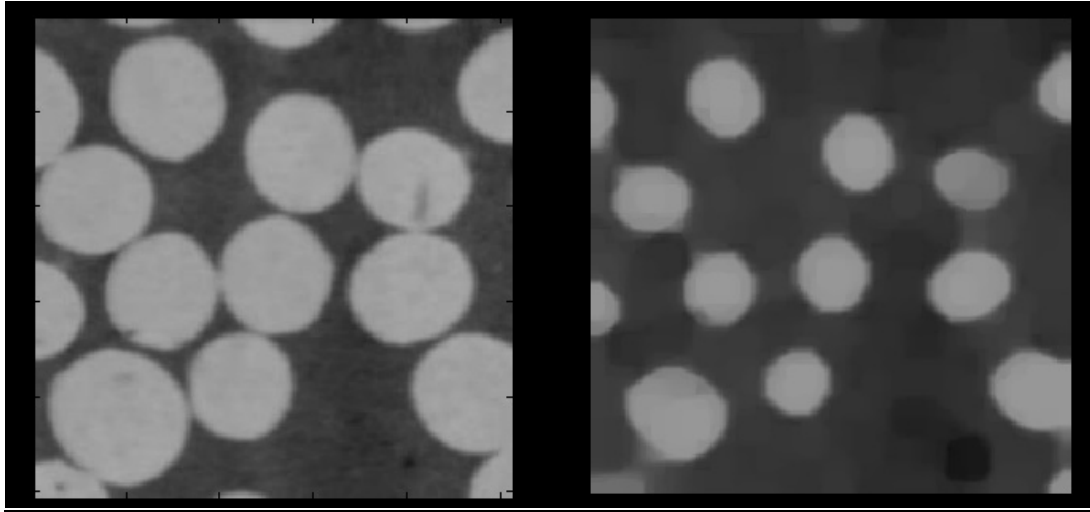
Se realiza esta encuesta con la finalidad de conocer la aceptación de una herramienta didáctica que permita al usuario interactuar con imágenes para el reconocimiento y edición de sus patrones morfológicos, utilizando operadores con sus respectivos elementos estructurantes.

**1. ¿Luego de interactuar con el aplicativo, cree ud que el mismo serviría para el aprendizaje de los patrones morfológicos y elementos estructurantes?**

- Si
- No
- Tal vez

**2. ¿Podría sacarle alguna utilidad a la herramienta tanto en su vida laboral como en la vida universitaria?**

- Si
- No
- Conocimientos Básicos



**3. ¿Cree usted que el proceso de Erosión y Apertura aplicado a esta imagen medica, facilita el análisis de la misma?**

- Si
- No
- Tal vez

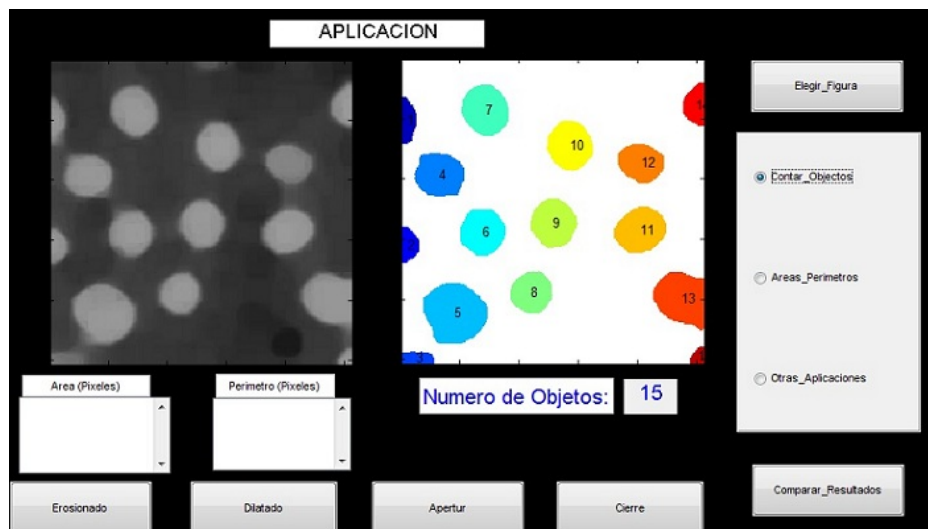


Historically, certain computer programs were written using only two digits rather than four to define the applicable year. Accordingly, the company's software may recognize a date using "00" as 1900 rather than the year 2000.

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.

**4. ¿La Dilatación aplicada a este escrito facilita la lectura?**

- Si
- No
- Tal vez



**5. ¿Que actividad de la herramienta le parece la mas util?**

- Conteo
- Área de una Figura
- Perímetro de una Figura
- Erosionar / Dilatar contornos
- Aprendizaje de los patrones