

Imágenes y Visión - Taller 6 B: Taller práctico de procesamiento de imágenes: Operadores básicos de la morfología matemática

José Francisco Molano Pulido
jf.molano1587@uniandes.edu.co

Sergio Daniel Hernández Charpak
sd.hernandez204@uniandes.edu.co

May 3, 2016

Contents

1	Etiquetado de objetos	2
2	Imagen de distancia	5
3	Esqueleto y adelgazamiento de una imagen	7
4	Ejercicios de Síntesis	13
4.1	Ejercicio 1	13
4.2	Ejercicio 3	15

1 Etiquetado de objetos

En esta sección se presentan los resultados del etiquetamiento de objetos aplicado sobre la imagen sic.png (figura 1).

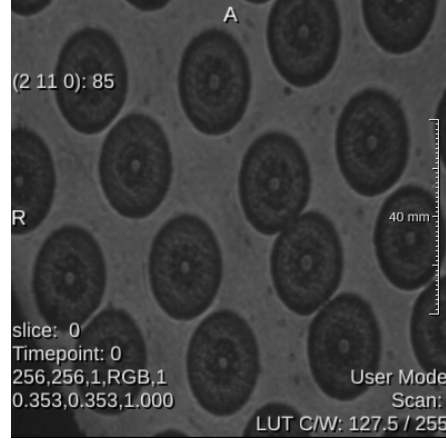


Figure 1: Imagen sic.png original

En primer lugar, se aplica una umbralización sobre la imagen original para obtener una primera aproximación a la separación de las estructuras, en este caso las células. El resultado es presentado en la figura 2.

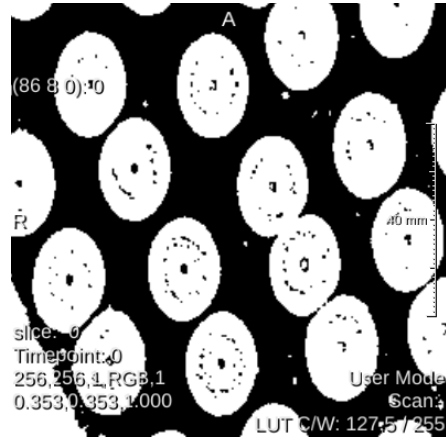


Figure 2: Resultado de umbralización de la imagen sic.png (valor de umbral = 60)

En la imagen resultante presentada en la figura 2 se observa que el umbral aplicado permitió una separación aceptable de las estructuras y el fondo. Sin embargo, las células identificadas aun presentan huecos y algunas de ellas se encuentran unidas, este factor impide realizar un proceso de conteo automático. Por lo tanto, los siguientes pasos realizados se enfocaron en la corrección de dichos aspectos. En primer lugar, se aplica un proceso de dilatación con el propósito de rellenar los huecos en las estructuras. Los resultados son presentados en la figura 3.

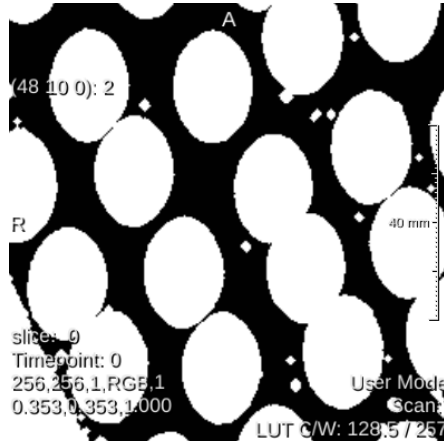


Figure 3: Resultado de dilatación de la imagen en figura 2 (máscara en cruz 3x3)

En la figura 3 se observa que el proceso de dilatación aplicado efectivamente permitió realizar una corrección efectiva de los huecos en la imagen, sin embargo se observa un incremento del tamaño de estructuras secundarias que no corresponden a células. Adicionalmente, se observa un incremento en la unión de las estructuras identificadas. Por este motivo, se emplea un proceso de erosión, empleando una máscara oblicua. Los resultados son presentados en la figura 4.

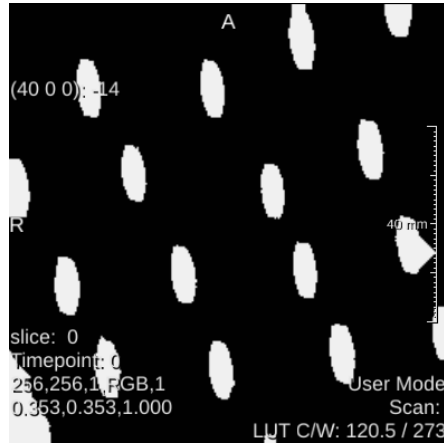


Figure 4: Resultado de erosión de la imagen en figura 3 (máscara oblicua 3x3)

Al observar el resultado de las erosiones aplicadas (figura 4), se afirma que se consiguió el propósito de separar las distintas células en la imagen. A pesar de que las estructuras sufrieron una distorsión notable debido a la operación de morfología, el resultado obtenido es suficiente para aplicar el proceso de etiquetamiento y definición del número de células. Adicionalmente, se observa que las estructuras menores que no correspondían a células en la imagen fueron eliminadas satisfactoriamente. De esta manera, se procede a realizar el proceso de etiquetamiento. Los resultados obtenidos son presentados en la figura 5.

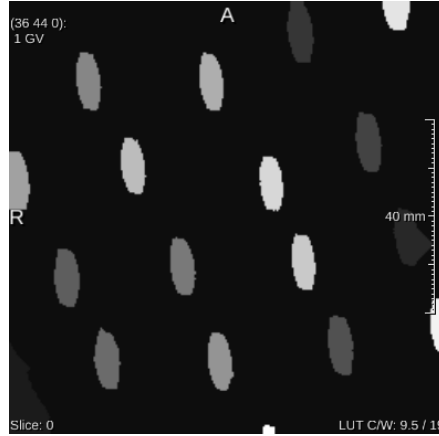


Figure 5: Resultado de etiquetamiento sobre la imagen en figura 4

En la figura 5 se observa el resultado del proceso de etiquetamiento. En este caso, el algoritmo asigna un valor de intensidad distinto a los píxeles correspondientes a cada uno de los objetos identificados (al fondo de la imagen le es asignado un valor de 0). Finalmente, se realiza un análisis de histograma sobre el resultado obtenido con la finalidad de facilitar el proceso de conteo de las células. El resultado es presentado en la figura 6.

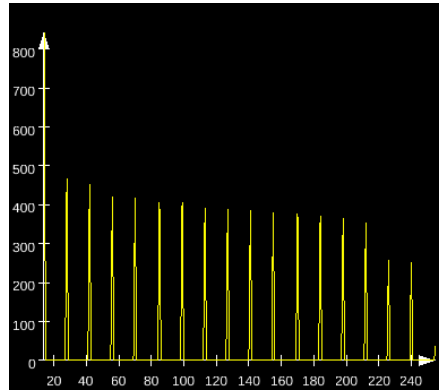


Figure 6: Histograma de la imagen en figura 5

En la figura 6 se observa el histograma de la imagen obtenida en el proceso de etiquetamiento, luego de aplicar una calibración de las intensidades. En este caso se excluye la tonalidad correspondiente al fondo (0) para facilitar el análisis. A partir de la distribución observada es posible realizar el conteo de estructuras identificadas. En este caso, se etiquetaron 18 células. Se debe destacar que mediante este análisis también es posible realizar un estudio más detallado de las estructuras. Por ejemplo, es posible determinar, para cada célula, la proporción del tamaño respecto a la imagen y a las demás estructuras.

A pesar de que este método resultó efectivo identificar las células en la imagen, se puede observar que hubo una pérdida leve de información al aplicar la serie de erosiones, principalmente en los bordes de la imagen. En particular, se perdió la información correspondiente a seis células. También se destaca que en el resultado hay una distorsión notable en la forma del borde de las células respecto a la imagen original.

2 Imagen de distancia

El objetivo de este punto es de obtener una imagen de distancia. El ejercicio se realiza sobre la imagen 7.

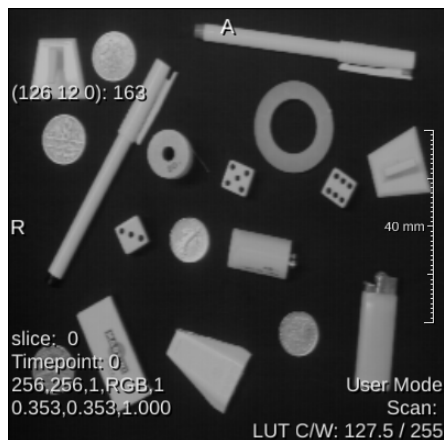


Figure 7: Imagen Objects original

Primero que todo se debe pasar esta imagen desde una imagen RGB a una imagen en escala de niveles de gris. Para ellos usamos el módulo ColorModelConverter (que será muy útil en los ejercicios de la sección 4. Luego procedemos a una umbralización con umbral 70 y obtenemos los objetos en blanco en la figura 8.

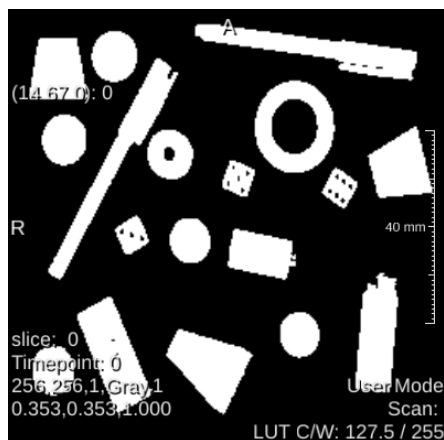


Figure 8: Imagen Objects umbralizada

Una vez umbralizada procedemos a calcular las distancias entre los puntos blancos en la imagen. Por lo tanto los objetos aparecerán como negros (al ser blancos, las distancias internas son 0, lo que equivale al negro) y las regiones entre objetos reflejarán las distancias entre estos. Podemos observar el resultado efectivo en la figura 9

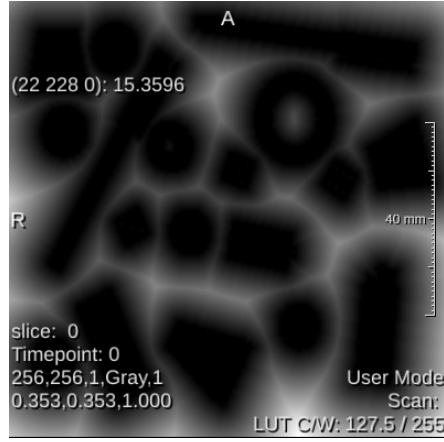


Figure 9: Distancias entre los objetos, con expansión del contraste para facilitar su observación

Finalmente calculamos el máximo entre la figura umbralizada 8 y la imagen de distancia 9 (sin la expansión del contraste). El resultado son los objetos en blanco y en escala de gris (con 0 la distancia mínima y 255 la distancia máxima) las distancias entre los objetos. Este resultado se puede observar en la figura 10.



Figure 10: Objetos, con las distancias entre ellos

La distancia mínima en la figura 10 entre los lápices equivale entonces al nivel de gris más claro entre ellos en la sección en donde se encuentran más cercanos multiplicado por el tamaño de un pixel. Este punto se puede observar en la figura 11, sus coordenadas son (102, 24) y su nivel de gris es aproximadamente 4.02. La distancia mínima será entonces: $d_{min}(lapi z_1, lapi z_2) = 4.02 size_{pixel}$

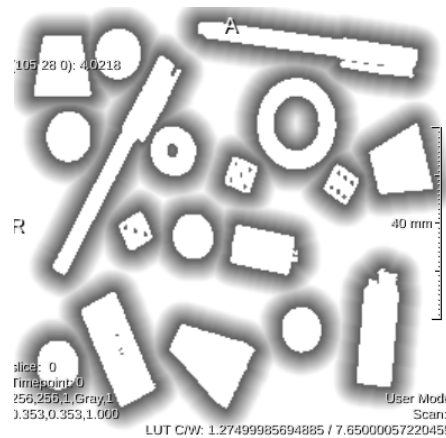


Figure 11: Distancias entre los objetos, los números en la esquina superior izquierda muestran el punto de distancia mínima entre los lápices

3 Esqueleto y adelgazamiento de una imagen

En esta sección se presentan los resultados de aplicar operaciones de esqueletización y adelgazamiento sobre imágenes de prueba. En primer lugar, se realiza el análisis sobre la imagen rect.png (figura 12) con la finalidad de evaluar el comportamiento de las operaciones mencionadas sobre una imagen básica.

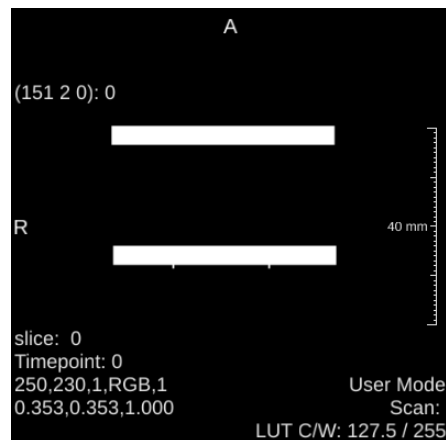


Figure 12: Imagen rect.png original

En primer lugar, se aplica la esqueletización a la imagen de prueba, los resultados obtenidos son presentados en la figura 13.

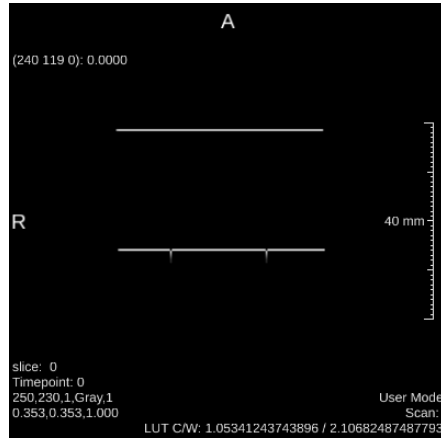


Figure 13: Resultado de esqueletización en imagen rect.png

A partir de los resultados obtenidos se observa que la funcionalidad del módulo DtfSkeletonization corresponde a obtener el esqueleto, el cual corresponde a la línea central de un objeto. Esta estructura corresponde al conjunto de puntos que son equidistantes a, por lo menos, dos puntos en la frontera del objeto. Dicho proceso se realiza mediante erosiones sucesivas aplicadas sobre los píxeles superficiales del objeto hasta que sólo se preserve el esqueleto del mismo. Estas erosiones son aplicadas teniendo en cuenta tres criterios principales:

- La erosión de los píxeles no debe alterar la topología de la estructura original. El número de objetos conectados, cavidades, entre otros, debe permanecer igual.
- La erosión debe ser aplicada de forma simétrica para garantizar una posición central del esqueleto.
- Las superficies ruidosas no deben conllevar a líneas de esqueleto irrelevantes que puedan ser interpretadas como ramas del esqueleto principal [2].

Posteriormente, se realiza el mismo proceso de esqueletización pero en este caso, se anula la selección de la opción Skeleton Only. Los resultados son presentados en la figura 14.

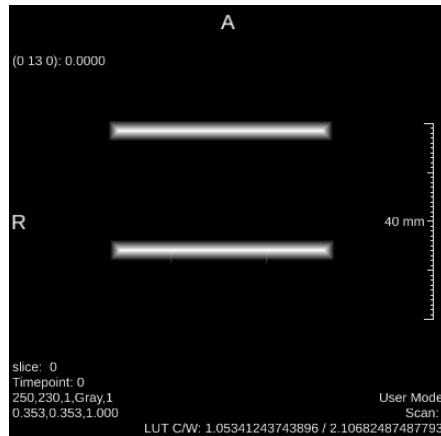


Figure 14: Resultado de esqueletización sin opción Skeleton Only en imagen rect.png

En la figura 14 se observa que el resultado obtenido no corresponde únicamente al esqueleto del objeto en cuestión. En este caso se aprecia la inclusión de niveles adicionales de gris. Según la documentación del software MeVisLab, la no selección de este parámetro en las opciones del módulo realiza la inclusión de las distancias (en milímetros) a la línea central [1]. Es por este motivo que se observa que las tonalidades más altas están concentradas hacia el esqueleto en cuestión. Luego, se procede a aplicar un adelgazamiento sobre la imagen con el propósito de comparar el desempeño de ambas técnicas. Los resultados obtenidos son presentados en la figura 15.

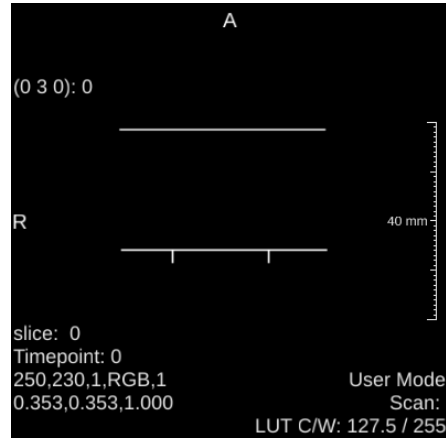


Figure 15: Resultado de adelgazamiento en imagen rect.png

En este caso se observa un resultado similar al obtenido mediante esqueletización. Sin embargo, se observan diferencias sutiles en las regiones del rectángulo que presentan salidas. En el caso de la esqueletización, se observa una línea central con curvaturas. Por otro lado, en el caso del adelgazamiento, se observa un esqueleto con trazos netamente rectos. Adicionalmente, en el caso de la erosión, se obtiene una imagen con distintos niveles de intensidad, dadas por las distancias de erosión medidas en milímetros. En el caso del adelgazamiento, se obtiene como resultado una imagen binaria. Una vez concluido el análisis sobre la imagen básica, se procede a aplicar el mismo procedimiento sobre una imagen de mayor complejidad, en este caso, angio.png (figura 16).

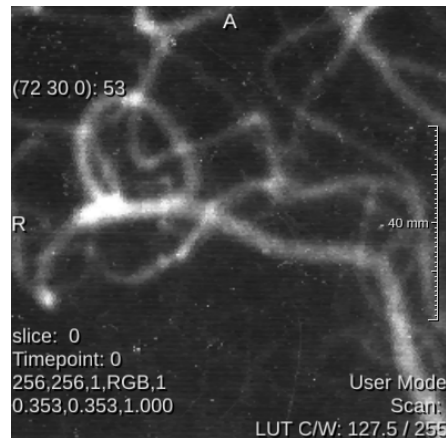


Figure 16: Imagen angio.png original

En primer lugar, se realiza una preparación previa de la imagen. Se realiza una umbralización mediante OTSU con el objetivo de realizar una diferenciación inicial del fondo y el objeto. El resultado es presentado en la figura 17.

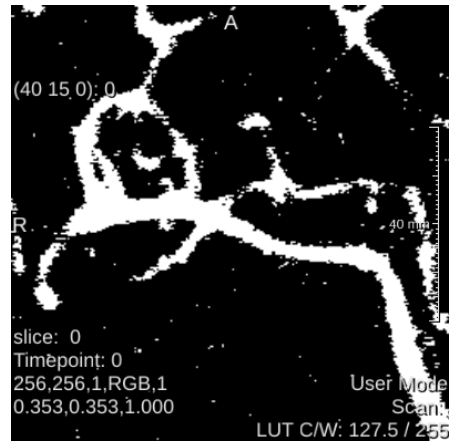


Figure 17: Resultado de umbralización OTSU sobre angio.png

Posteriormente, se procede a aplicar un cierre y una apertura sobre el resultado de la umbralización con el propósito de eliminar irregularidades sobre los bordes de la estructura principal y reducir la cantidad de estructuras menores que no corresponden al objeto de interés. Los resultados son presentados en las figuras 18 y 19, respectivamente.

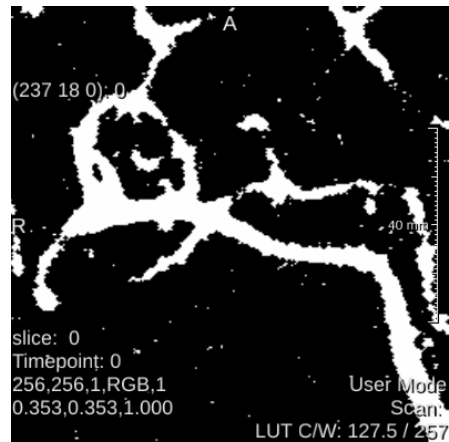


Figure 18: Resultado de cierre sobre la imagen umbralizada

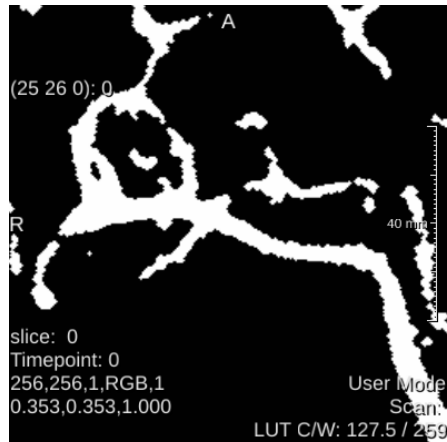


Figure 19: Resultado de apertura sobre la imagen sometida al cierre

Finalmente, se procede a realizar las operaciones de esqueletización (con y sin opción de Skeleton Only) y adelgazamiento. Los resultados son presentados en las figuras 20, 21 y 22, respectivamente.

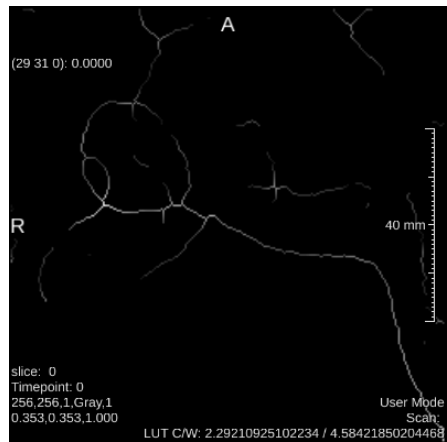


Figure 20: Resultado de esqueletización con opción Skeleton Only en imagen angio.png procesada

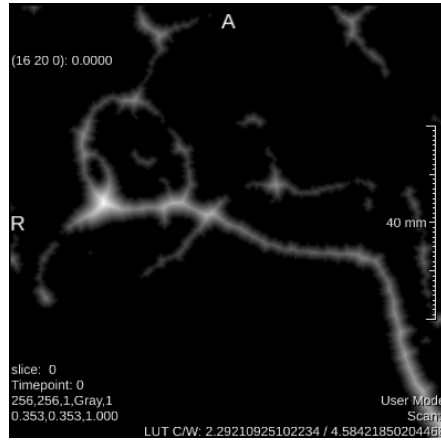


Figure 21: Resultado de esqueletización sin opción Skeleton Only en imagen angio.png procesada

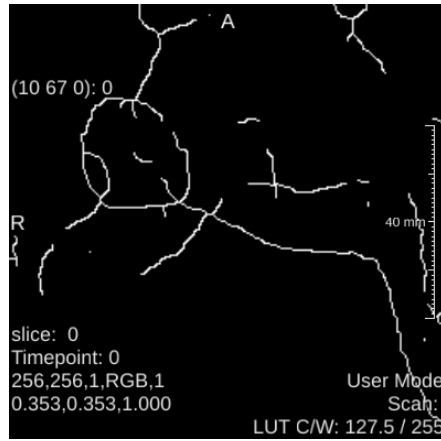


Figure 22: Resultado de adelgazamiento en imagen angio.png procesada

Al comparar los resultados de los procesos de esqueletización y adelgazamiento, se observa que en general se obtienen productos similares. Sin embargo, también es posible apreciar ciertas diferencias. En particular, se observa que el proceso de esqueletización tiene como resultado una línea central con trazos más irregulares. El proceso de adelgazamiento presenta trazos más rectos. Adicionalmente, se observa que el proceso de esqueletización omite algunos segmentos de la línea central que sí son incluidos en el resultado del adelgazamiento. Finalmente, se realiza una superposición del resultado obtenido mediante el proceso de adelgazamiento sobre la imagen original, con la finalidad de observar la ubicación de las líneas centrales. Los resultados son presentados en la figura 23.

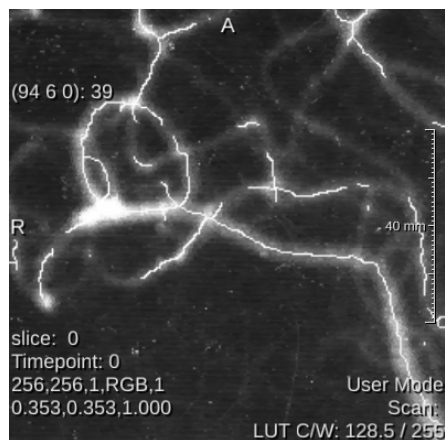


Figure 23: Superposición de esqueleto sobre la imagen original angio.png

En esta imagen se observa que efectivamente, el algoritmo de adelgazamiento da una buena aproximación a la línea central del objeto estudiado. Sin embargo, se puede apreciar que en ciertos tramos se presentan discontinuidades en el esqueleto obtenido que no corresponden a la morfología real de la imagen. Es por este motivo que se sugiere la utilización de técnicas más refinadas que permitan realizar la inclusión de los segmentos omitidos.

4 Ejercicios de Síntesis

4.1 Ejercicio 1

El enunciado para este ejercicio es: *Realice las operaciones necesarias (incluyendo operaciones morfológicas y de segmentación) sobre la imagen objects.png para conservar únicamente los dos bolígrafos preservando sus niveles de gris originales (el resto de la imagen debe quedar negra).* La imagen a analizar es la siguiente:

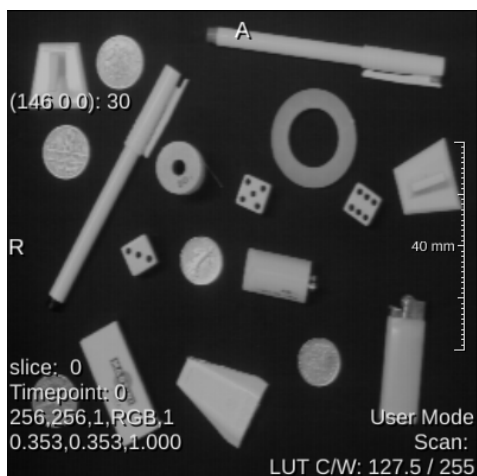


Figure 24: Imagen Objects original

Al estar configurada en RGB es importante que le cambiemos la configuración a niveles de grises para que nuestra solución sea visible.

Al ser una imagen 24 de objetos relativamente uniformes cada uno, podemos aplicar el módulo (algoritmo) de detección de regiones por acreción de grupo directamente sobre esta imagen. Para ello escogemos las semillas en la figura 25, dos para ser precisos, una sobre cada uno de los bolígrafos.



Figure 25: Semillas sobre la imagen Objects

Una vez aplicadas las semillas podemos aplicar el módulo (algoritmo) y obtenemos los resultados deseados en la figura 26. Podemos reconocer nuestros dos bolígrafos. Se configuró el módulo para que los valores de los objetos sean de 255 (valor máximo).

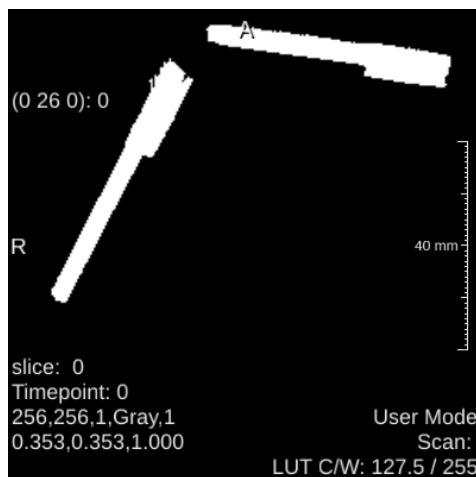


Figure 26: Objetos detectados sobre la imagen Objects

Aplicamos finalmente la operación AND entre la figura 26 de los objetos detectados y la figura original 24. Obtenemos así el resultado deseado en la figura 27, los dos bolígrafos con sus valores de niveles de gris originales.

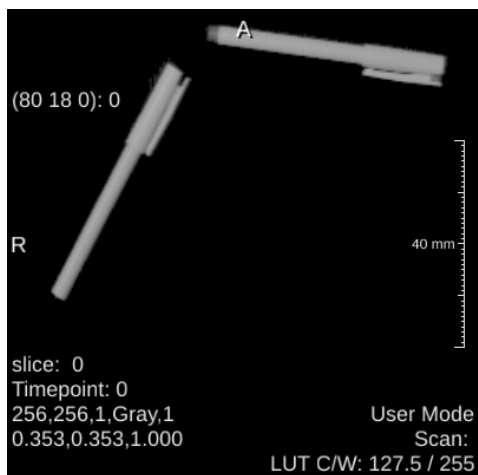


Figure 27: Resultado final, los dos bolígrafos

4.2 Ejercicio 3

El enunciado para este ejercicio dice: *Realice las operaciones necesarias (incluyendo operaciones morfológicas y de segmentación) sobre la imagen meb.png para conservar únicamente las partículas pequeñas.* La imagen a analizar es la siguiente:

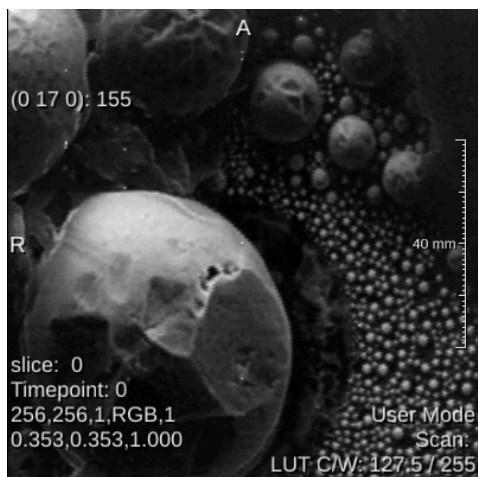


Figure 28: Imagen Meb original

Al no tener objetos relativamente uniformes en la imagen 28 y al observar que las partículas pequeñas tienen valor de gris relativamente alto la umbralizamos con valor mayor a 100 y obtenemos la figura 29.

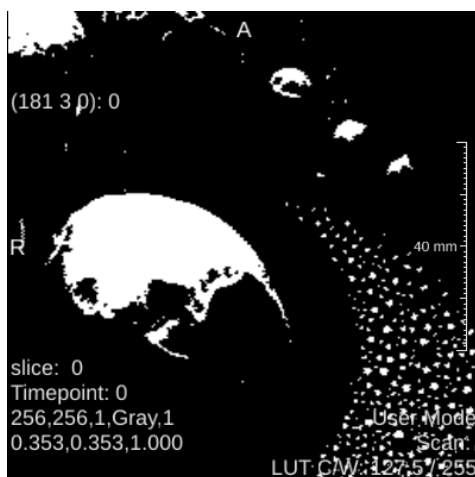


Figure 29: Imagen Meb umbralizada

Ya teniendo esta imagen umbralizada 29 escogemos las semillas en las partículas grandes en la figura 30.

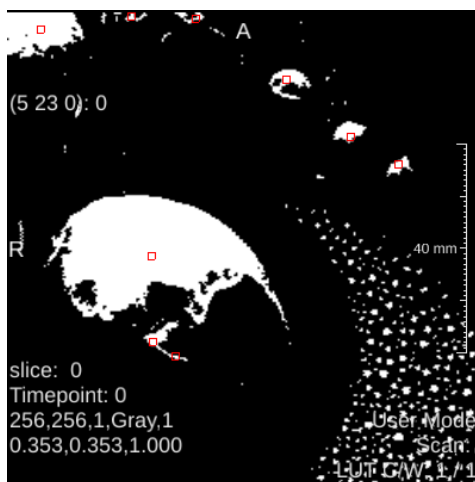


Figure 30: Imagen Meb umbralizada con las semillas

Aplicamos así el módulo (algoritmo) de detección de regiones por acreción de grupo y obtenemos así los objetos de las partículas grandes en la figura 30.

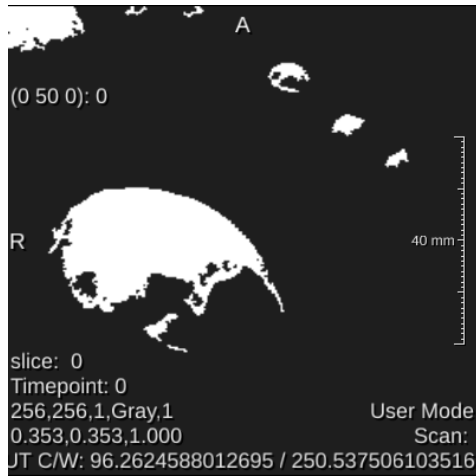


Figure 31: Objetos detectados Imagen Meb umbralizada

Le restamos estos objetos detectados en la figura 31 a la imagen umbralizada 29 y así obtenemos el resultado final en la figura 32 deseado en donde tenemos las partículas pequeñas umbralizadas.

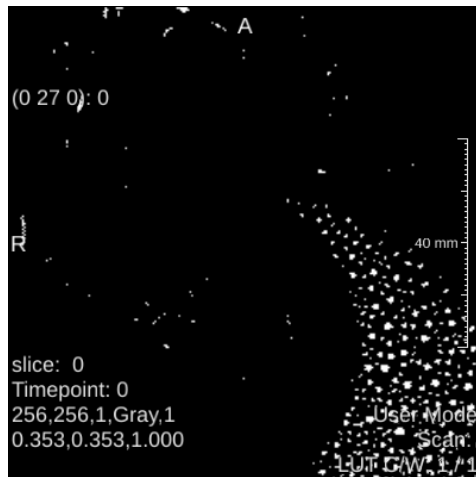


Figure 32: Resultado final, las partículas pequeñas

References

- [1] D. MeVisLab, 2016.
- [2] D. Selle, B. Preim, A. Schenk, and H. O. Peitgen. Analysis of vasculature for liver surgical planning. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 21(11):1344–1357, Nov 2002.