

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

CC3102 - Informe de Proyecto

Sección 10
Ing. Alan Reyes



Proyecto Visión por Computadora

Ana Paola De León Molina 20361
Gabriela Paola Contreras Guerra 20213
Diego Córdova

GUATEMALA, 29 de Febrero de 2024

Índice

| | |
|----------------------|-----------|
| Marco Teórico | 3 |
| Desarrollo | 4 |
| Resultados | 6 |
| Parte 2 | 7 |
| Conclusiones | 14 |
| Bibliografía | 14 |
| Anexos | 15 |

Marco Teórico

La umbralización de Otsu es un procedimiento en donde se selecciona el umbral óptimo que maximiza la varianza entre clases mediante una búsqueda exhaustiva (Magro, 2013).

Evaluación de algoritmos:

Algunas de las variables generalmente utilizadas para la evaluación de algoritmos de binarización son los siguientes:

- *Precisión (accuracy)*: Mide cuántas predicciones fueron correctas, tanto positivas como negativas.
- *F1 Score*: Medida que combina precisión y sensibilidad y es útil cuando las clases están desbalanceadas.
- *Sensibilidad (Recall)*: Indica la capacidad del modelo de identificar correctamente los verdaderos positivos.
- *Especificidad*: Mide la capacidad del modelo para identificar correctamente los verdaderos negativos.
- *Precisión*: Evalúa cuántas de las identificaciones positivas fueron realmente positivas.

El algoritmo de Lee es una técnica utilizada para reducir el ruido en imágenes, este funciona examinando pequeñas áreas de la imagen y comparando los niveles de gris de los píxeles vecinos. Si el nivel de gris de un píxel está muy alejado de los niveles de gris de sus vecinos, se considera ruido y se corrige asignándole un nuevo valor basado en los niveles de gris de los píxeles cercanos (El Camino Más Corto En un Laberinto – Algoritmo de Lee, 2022)

Desarrollo

Para el primer ejercicio se realizó una binarización con distintos algoritmos con el fin de evaluar las métricas obtenidas al realizar una comparación entre los ground truth (imágenes etiquetadas manualmente por expertos) y la binarización generada por los mismos.

El primer método utilizado fue el de Otsu en donde se realiza una segmentación mediante el cálculo de un umbral calculado en una imagen en escala de grises. Este umbral lo que busca es maximizar la varianza entre clases mediante una búsqueda exhaustiva lo cual lo convierte en un método más lento pues a medida que el número de clases de una imagen aumenta, este método requiere de más tiempo para seleccionar un umbral multinivel adecuado (Serquen, 2005).

El tercer y último algoritmo fue la binarización de Sauvola la cuál es efectiva para imágenes con variaciones locales de iluminación y contraste. Algunas de las consideraciones tomadas en la implementación fue el ajuste del tamaño de la ventana; este valor fue evaluado con distintos tamaños pues este es crucial para controlar el grado de adaptabilidad del umbral. Un tamaño de ventana más grande significa que el umbral se calcula basándose en un mayor número de píxeles, lo que puede suavizar las variaciones locales pero también hace que el umbral sea menos sensible a las variaciones de intensidad más pequeñas. Por otro lado, una ventana más pequeña puede identificar detalles locales pero también puede hacer este más sensible al ruido.

Asimismo se utilizaron distintas técnicas de preprocesamiento como la ecualización de histograma y la filtración bilateral para mejorar la identificación de arterias al mejorar el contraste entre las arterias y el tejido o ruido alrededor de ellas. Por otro lado, se implementó un umbral mínimo de intensidad para evitar que el algoritmo analice las áreas totalmente oscuras de los rayos X.

Para el segundo ejercicio se optó por utilizar la librería de scikit image para realizar la esqueletización de las imágenes. Además, se utilizó el algoritmo de Lee para dicho proceso. Luego se realizó un algoritmo manual para encontrar los puntos de interés. Dicho algoritmo recorre todos los píxeles de la imagen y genera grids de 2x2, 3x3 y 4x4 alrededor del punto que se analiza para realizar las siguientes validaciones.

- **Bordes:**

Si el grid de 3x3 tiene exactamente un pixel blanco y dicho pixel son “los extremos de la cruz”. Este pixel es un borde. Además, cada píxel que se

agregue al banco de bordes debe tener una distancia euclíadiana mayor a 5 de cualquier trifurcación o bifurcación. Esta validación se realiza al final del algoritmo.

- Bifurcaciones

- Si el grid de 3x3 tiene exactamente 4 pixeles blancos. Se compara el grid con un banco de configuraciones de pixeles donde se generan bifurcaciones. Si el grid se encuentra en el banco, este píxel es una bifurcación.
- Si el grid de 3x3 tiene exactamente 5 pixeles blancos. Se compara el grid con un banco de configuraciones de pixeles donde se generan bifurcaciones. Si el grid se encuentra en el banco, este píxel es una bifurcación.

Además, cada píxel que se agregue al banco de bifurcaciones debe tener una distancia euclíadiana mayor a 5 de cualquier trifurcación.

- Trifurcaciones

- Si el grid de 3x3 tiene exactamente 5 pixeles blancos. Se compara el grid con un banco de configuraciones de pixeles donde se generan trifurcaciones. Si el grid se encuentra en el banco, este píxel es una bifurcación.
- Si el grid de 3x3 tiene exactamente 5 pixeles blancos. Se compara el grid con un banco de configuraciones de pixeles donde se generan bifurcaciones. Si el grid se encuentra en el banco, este píxel es una bifurcación.

- Nodos internos:

- Si el grid de 2x2 tiene exactamente 2 pixeles blancos. Se compara el grid con un banco de configuraciones de pixeles donde se generan nodos internos. Si el grid se encuentra en el banco, este píxel es un nodo interno.
- Si el grid de 32x2 tiene exactamente 3 pixeles blancos. Se compara el grid con un banco de configuraciones de pixeles donde se generan nodos internos. Si el grid se encuentra en el banco, este píxel es un nodo interno.
- Además, cada nodo debe tener una distancia euclíadiana mayor a 10 de cualquier bifurcación, otro nodo intermedio, trifurcación o borde para ser considerado un nodo interno.

- Aristas

- Para la detección de bordes en la imagen, se empleó la biblioteca measure de scikit-image, la cual facilitó la identificación del contorno completo de la imagen, destacando únicamente aquellos píxeles con un valor igual a 255. Este proceso se centró en resaltar la vena, visualizada en color amarillo; posteriormente, se llevó a cabo un proceso de filtración con la finalidad de excluir aquellas coordenadas que ya estaban categorizadas en las listas de bifurcaciones, trifurcaciones, puntos intermedios y bordes.

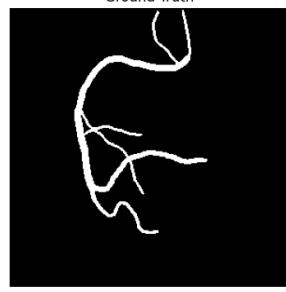
Resultados

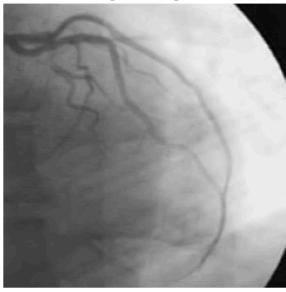
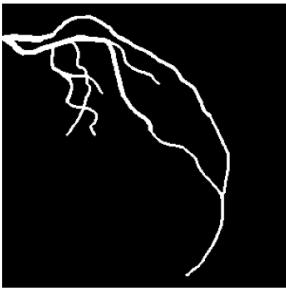
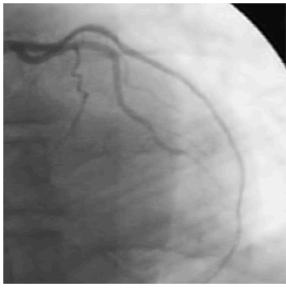
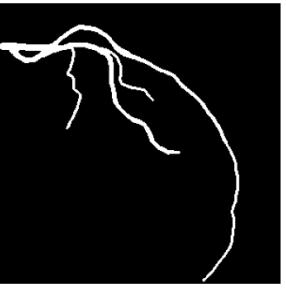
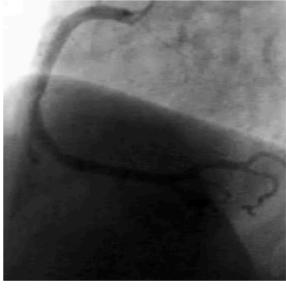
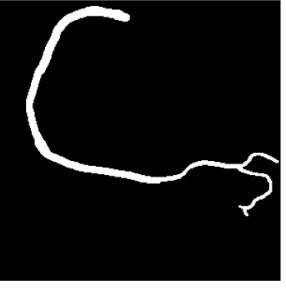
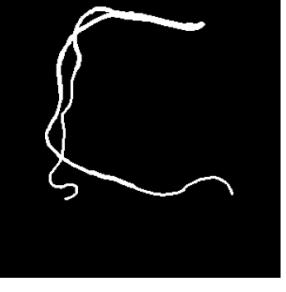
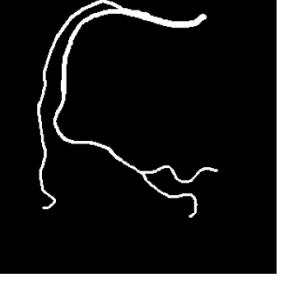
Parte 1

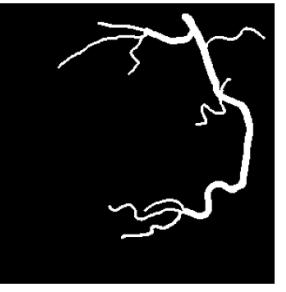
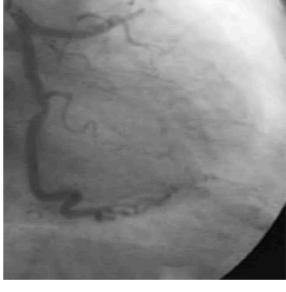
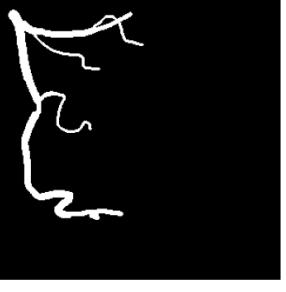
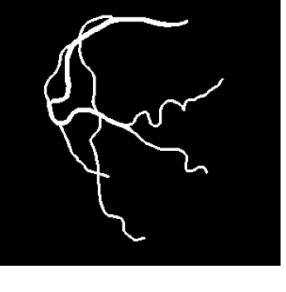
| Algoritmo | Otsu Binarization | Adaptive Binarization | Sauvola Binarization |
|--------------------|-------------------|-----------------------|----------------------|
| Accuracy | 0.5405 | 0.9559 | 0.8905 |
| F1-Score | 0.1445 | 0.5583 | 0.2011 |
| Recall/Sensitivity | 0.7621 | 0.5953 | 0.0567 |
| Specificity | 0.5281 | 0.9745 | 0.9542 |
| Precision | 0.0802 | 0.5454 | 0.1449 |

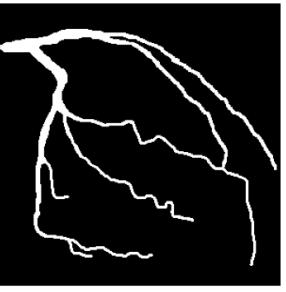
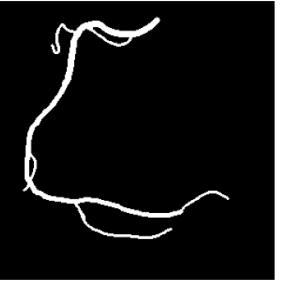
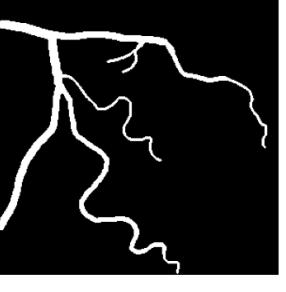
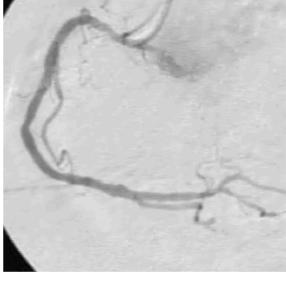
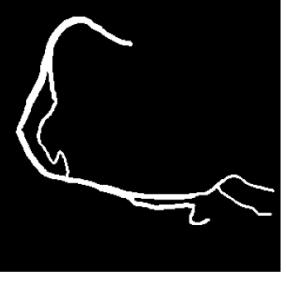
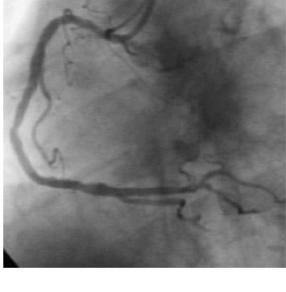
Tras analizar los tres resultados obtenidos se puede concluir que el algoritmo con las mejores métricas es Adaptive Binarization.

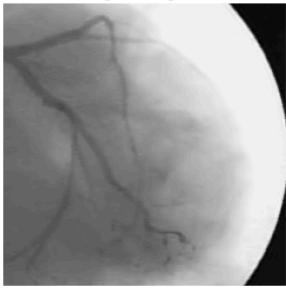
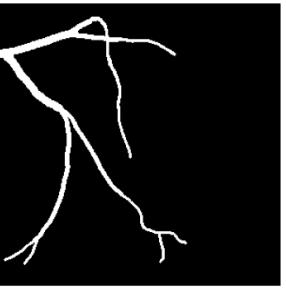
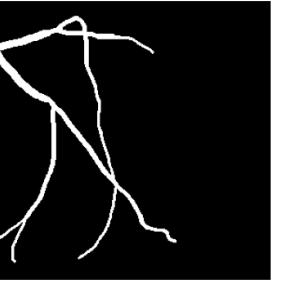
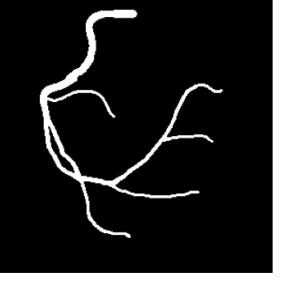
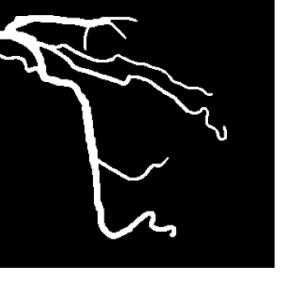
Imágenes algoritmo de Otsu

| Archivo | Resultado de binarización | | |
|---------|---|---|---|
| 1.pgm |  Original Image 1 |  Otsu Binarization |  Ground Truth |

| | | | |
|-------|---|---|---|
| 2.pgm | Original Image 2  | Otsu Binarization  | Ground Truth  |
| 3.pgm | Original Image 3  | Otsu Binarization  | Ground Truth  |
| 4.pgm | Original Image 4  | Otsu Binarization  | Ground Truth  |
| 5.pgm | Original Image 5  | Otsu Binarization  | Ground Truth  |
| 6.pgm | Original Image 6  | Otsu Binarization  | Ground Truth  |

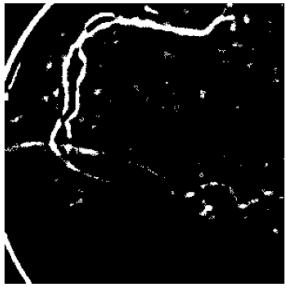
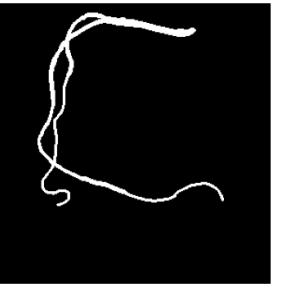
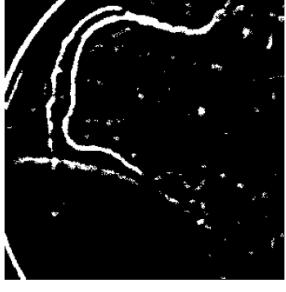
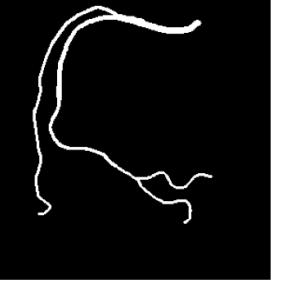
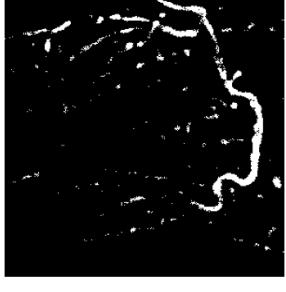
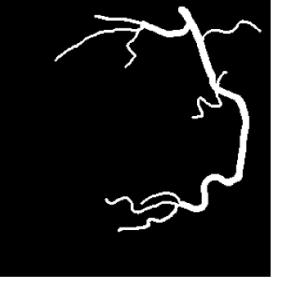
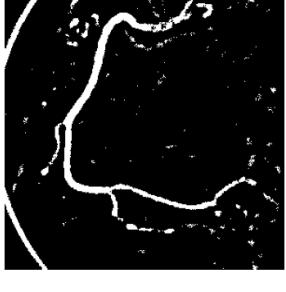
| | | | |
|--------|--|---|---|
| 7.pgm | Original Image 7  | Otsu Binarization  | Ground Truth  |
| 8.pgm | Original Image 8  | Otsu Binarization  | Ground Truth  |
| 9.pgm | Original Image 9  | Otsu Binarization  | Ground Truth  |
| 10.pgm | Original Image 10  | Otsu Binarization  | Ground Truth  |
| 11.pgm | Original Image 11  | Otsu Binarization  | Ground Truth  |

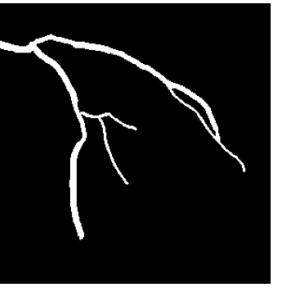
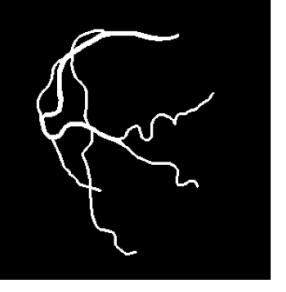
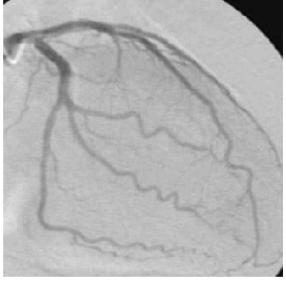
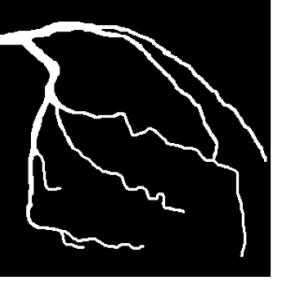
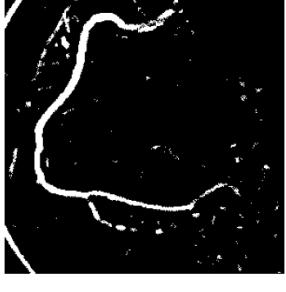
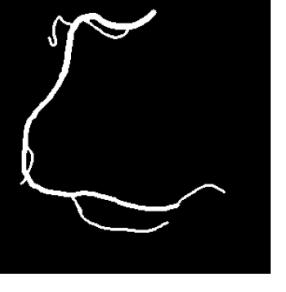
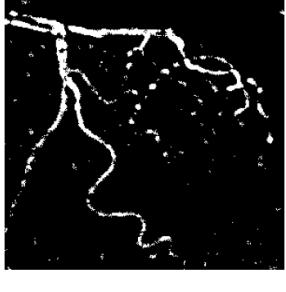
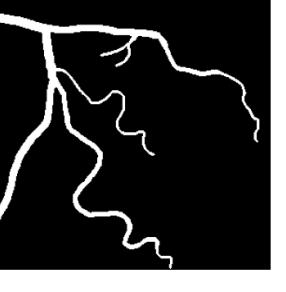
| | | | |
|--------|--|---|---|
| 12.pgm | Original Image 12  | Otsu Binarization  | Ground Truth  |
| 13.pgm | Original Image 13  | Otsu Binarization  | Ground Truth  |
| 14.pgm | Original Image 14  | Otsu Binarization  | Ground Truth  |
| 15.pgm | Original Image 15  | Otsu Binarization  | Ground Truth  |
| 16.pgm | Original Image 16  | Otsu Binarization  | Ground Truth  |

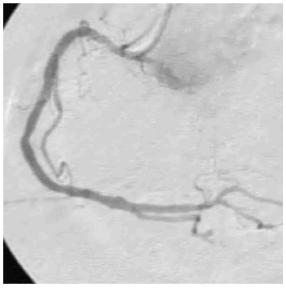
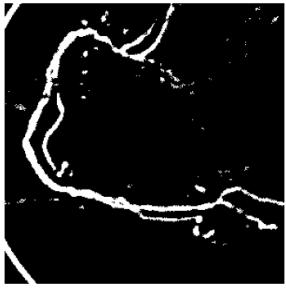
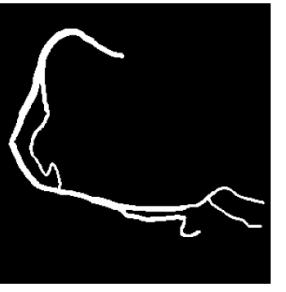
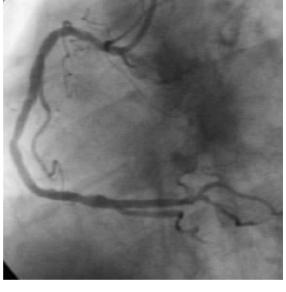
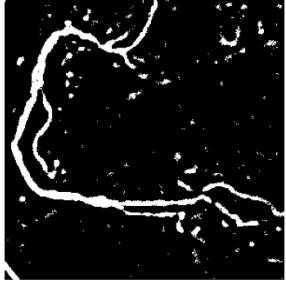
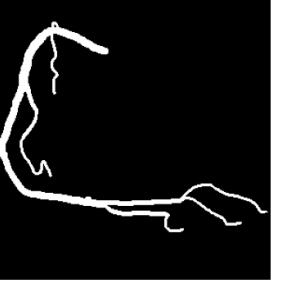
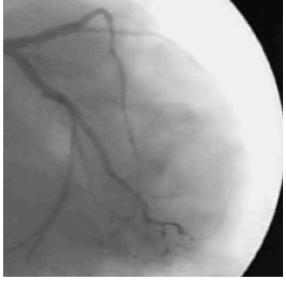
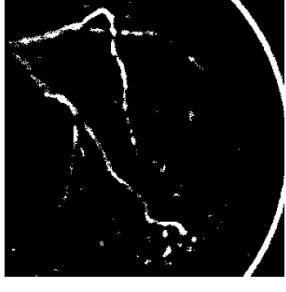
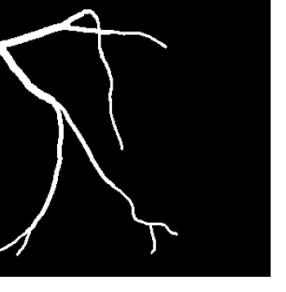
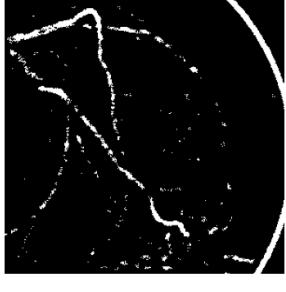
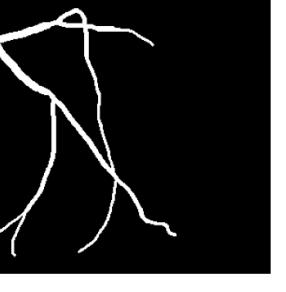
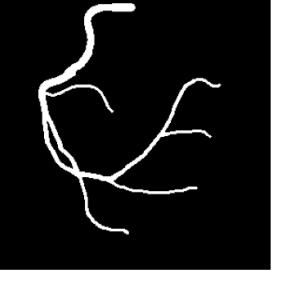
| | | | |
|--------|--|---|---|
| 17.pgm | Original Image 17  | Otsu Binarization  | Ground Truth  |
| 18.pgm | Original Image 18  | Otsu Binarization  | Ground Truth  |
| 19.pgm | Original Image 19  | Otsu Binarization  | Ground Truth  |
| 20.pgm | Original Image 20  | Otsu Binarization  | Ground Truth  |

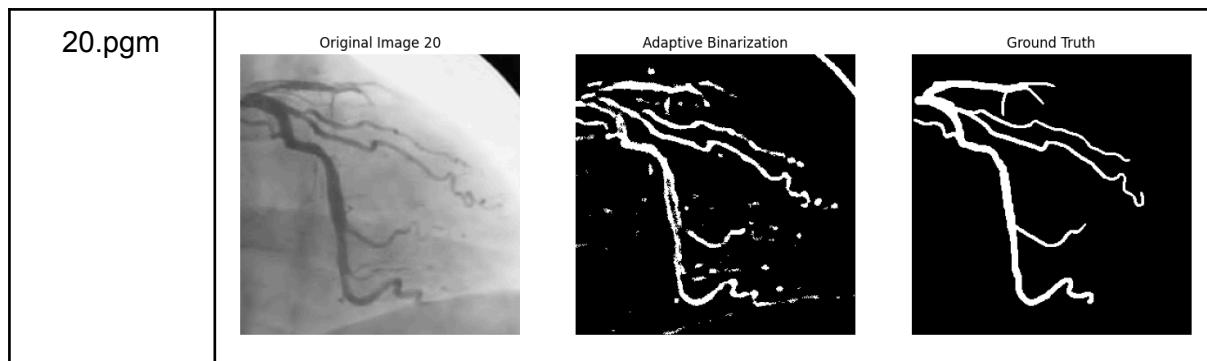
Imágenes binarización adaptativa

| Archivo | Resultados de binarización | | |
|---------|----------------------------|-----------------------|--------------|
| 1.pgm | Original Image 1 | Adaptive Binarization | Ground Truth |
| 2.pgm | Original Image 2 | Adaptive Binarization | Ground Truth |
| 3.pgm | Original Image 3 | Adaptive Binarization | Ground Truth |
| 4.pgm | Original Image 4 | Adaptive Binarization | Ground Truth |

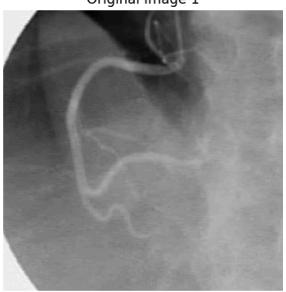
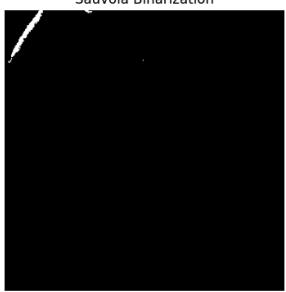
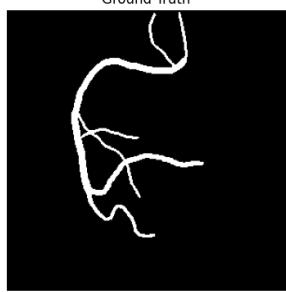
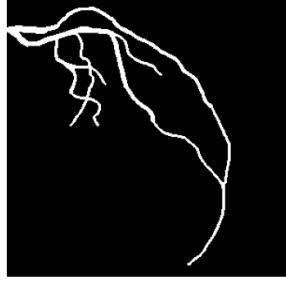
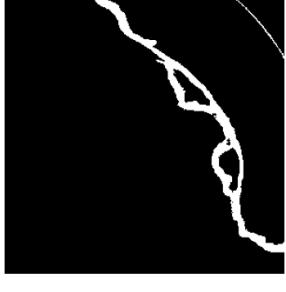
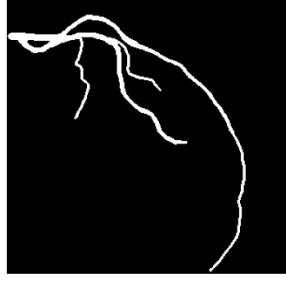
| | | | |
|-------|---|---|---|
| 5.pgm | Original Image 5  | Adaptive Binarization  | Ground Truth  |
| 6.pgm | Original Image 6  | Adaptive Binarization  | Ground Truth  |
| 7.pgm | Original Image 7  | Adaptive Binarization  | Ground Truth  |
| 8.pgm | Original Image 8  | Adaptive Binarization  | Ground Truth  |
| 9.pgm | Original Image 9  | Adaptive Binarization  | Ground Truth  |

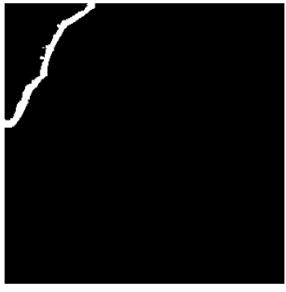
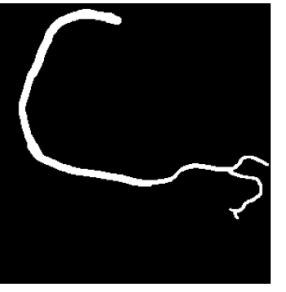
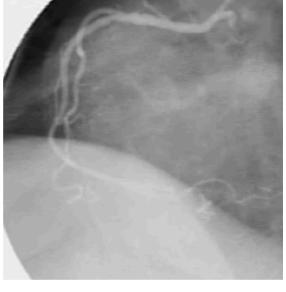
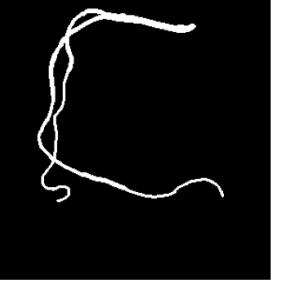
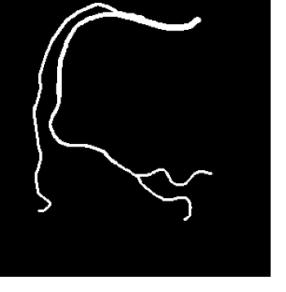
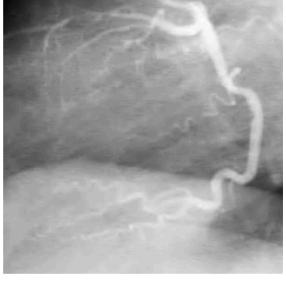
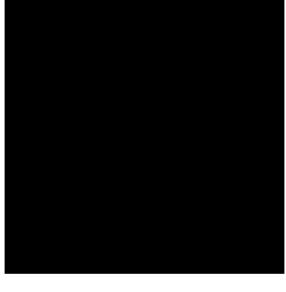
| | | | |
|--------|--|---|---|
| 10.pgm | Original Image 10  | Adaptive Binarization  | Ground Truth  |
| 11.pgm | Original Image 11  | Adaptive Binarization  | Ground Truth  |
| 12.pgm | Original Image 12  | Adaptive Binarization  | Ground Truth  |
| 13.pgm | Original Image 13  | Adaptive Binarization  | Ground Truth  |
| 14.pgm | Original Image 14  | Adaptive Binarization  | Ground Truth  |

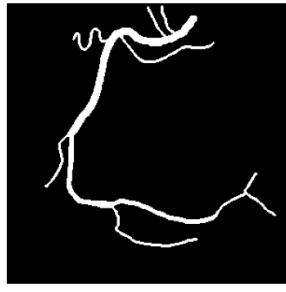
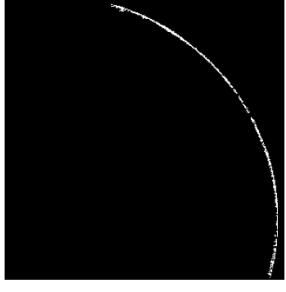
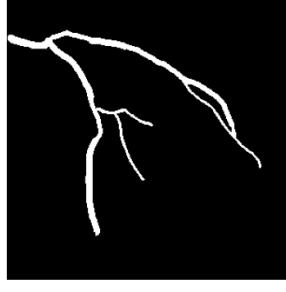
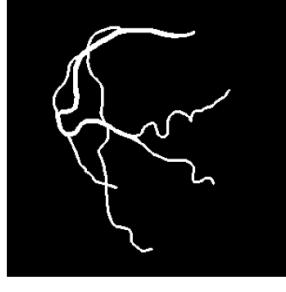
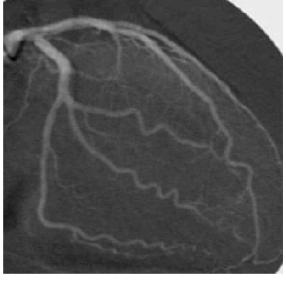
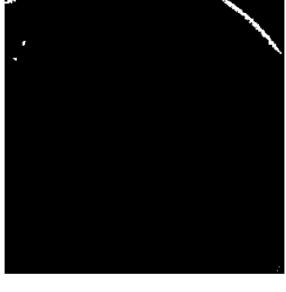
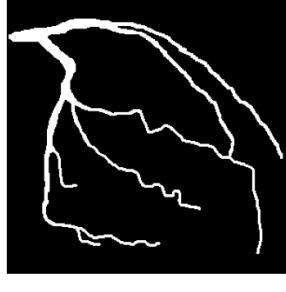
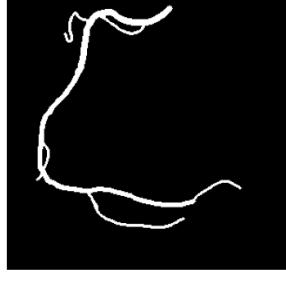
| | | | |
|--------|--|---|---|
| 15.pgm | Original Image 15  | Adaptive Binarization  | Ground Truth  |
| 16.pgm | Original Image 16  | Adaptive Binarization  | Ground Truth  |
| 17.pgm | Original Image 17  | Adaptive Binarization  | Ground Truth  |
| 18.pgm | Original Image 18  | Adaptive Binarization  | Ground Truth  |
| 19.pgm | Original Image 19  | Adaptive Binarization  | Ground Truth  |

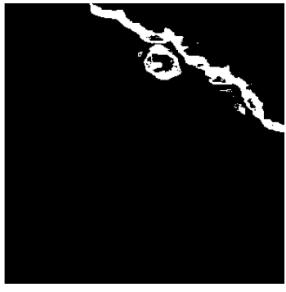
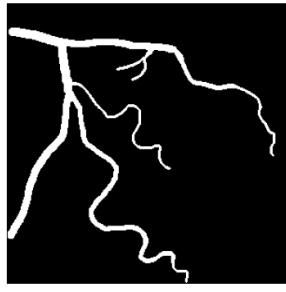
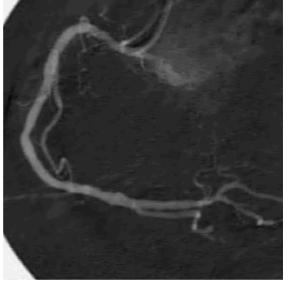
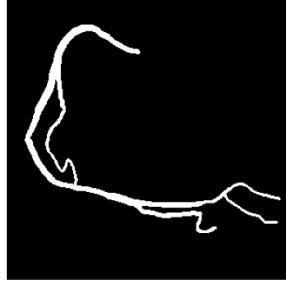
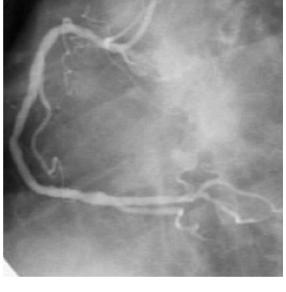
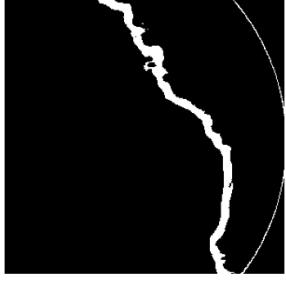
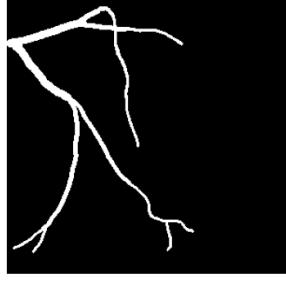
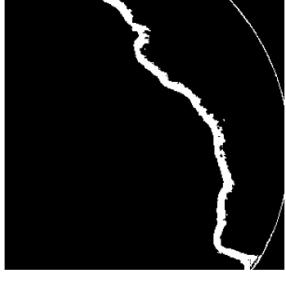
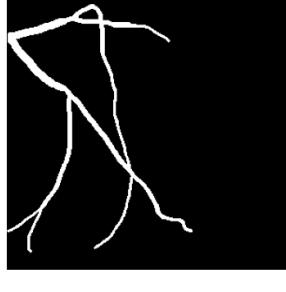


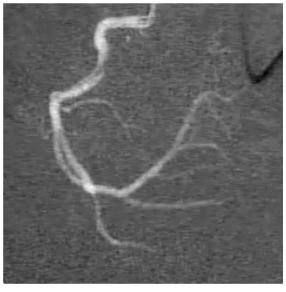
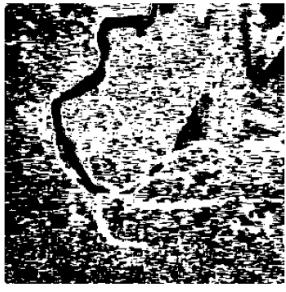
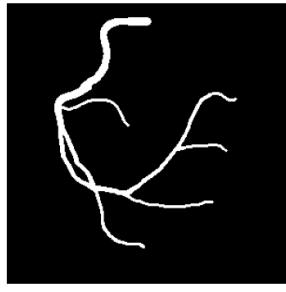
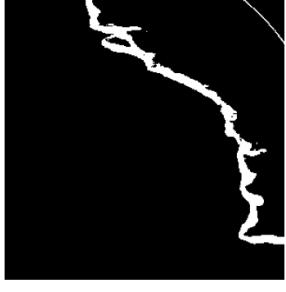
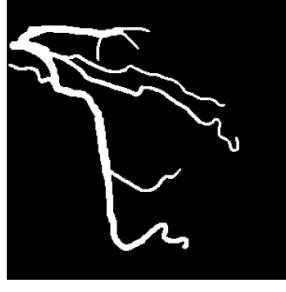
Imágenes Binarización por Sauvola

| Archivo | Resultados de binarización | | |
|----------------|---|--|---|
| 1.pgm |  Original Image 1 |  Sauvola Binarization |  Ground Truth |
| 2.pgm |  Original Image 2 |  Sauvola Binarization |  Ground Truth |
| 3.pgm |  Original Image 3 |  Sauvola Binarization |  Ground Truth |

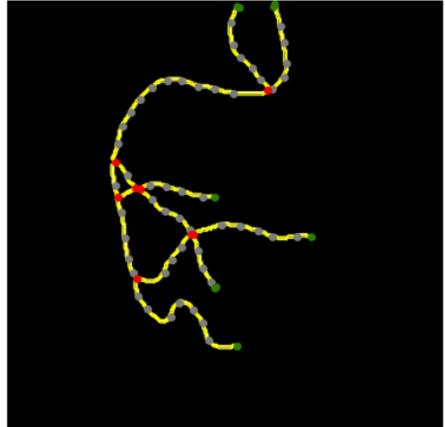
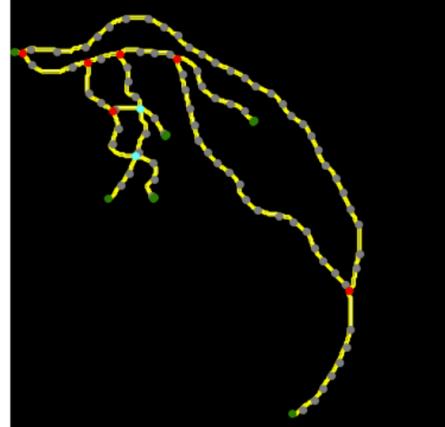
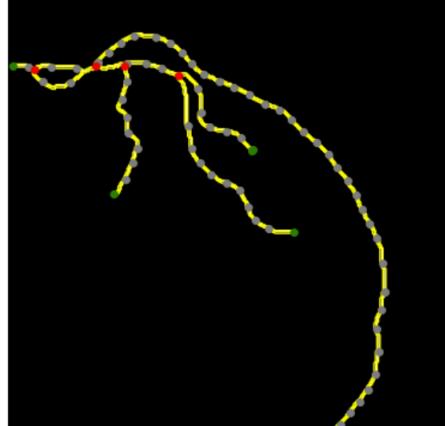
| | | | |
|-------|---|--|---|
| 4.pgm | Original Image 4  | Sauvola Binarization  | Ground Truth  |
| 5.pgm | Original Image 5  | Sauvola Binarization  | Ground Truth  |
| 6.pgm | Original Image 6  | Sauvola Binarization  | Ground Truth  |
| 7.pgm | Original Image 7  | Sauvola Binarization  | Ground Truth  |
| 8.pgm | Original Image 8  | Sauvola Binarization  | Ground Truth  |

| | | | |
|--------|--|--|---|
| 9.pgm | Original Image 9  | Sauvola Binarization  | Ground Truth  |
| 10.pgm | Original Image 10  | Sauvola Binarization  | Ground Truth  |
| 11.pgm | Original Image 11  | Sauvola Binarization  | Ground Truth  |
| 12.pgm | Original Image 12  | Sauvola Binarization  | Ground Truth  |
| 13.pgm | Original Image 13  | Sauvola Binarization  | Ground Truth  |

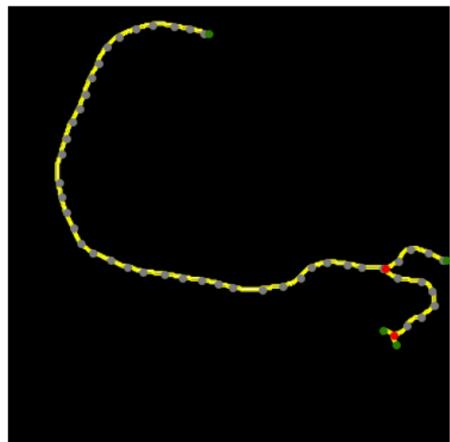
| | | | |
|--------|--|--|---|
| 14.pgm | Original Image 14  | Sauvola Binarization  | Ground Truth  |
| 15.pgm | Original Image 15  | Sauvola Binarization  | Ground Truth  |
| 16.pgm | Original Image 16  | Sauvola Binarization  | Ground Truth  |
| 17.pgm | Original Image 17  | Sauvola Binarization  | Ground Truth  |
| 18.pgm | Original Image 18  | Sauvola Binarization  | Ground Truth  |

| | | | |
|--------|--|--|---|
| 19.pgm | Original Image 19  | Sauvola Binarization  | Ground Truth  |
| 20.pgm | Original Image 20  | Sauvola Binarization  | Ground Truth  |

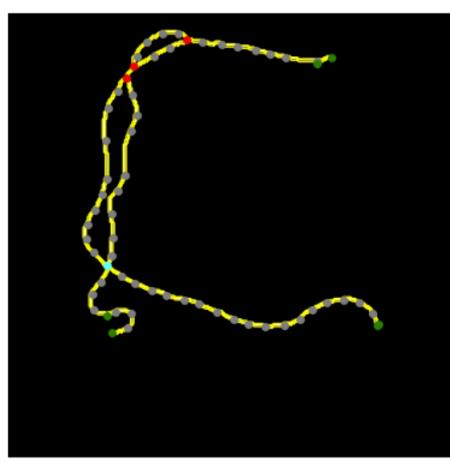
Parte 2

| Nombre de la imagen | Imagen |
|---------------------|--|
| 1_gt.pgm |  |
| 2_gt.pgm |  |
| 3_gt.pgm |  |

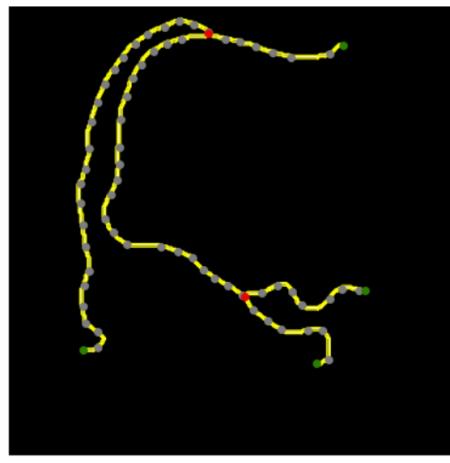
4_gt.pgm



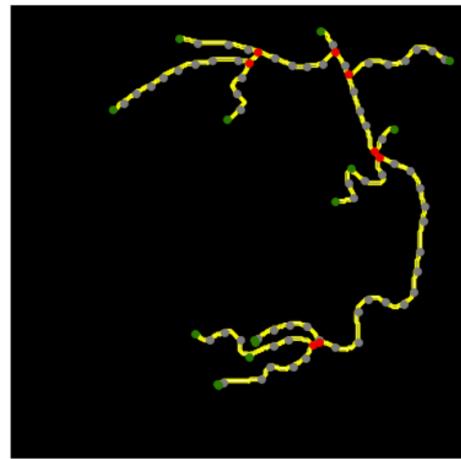
5_gt.pgm



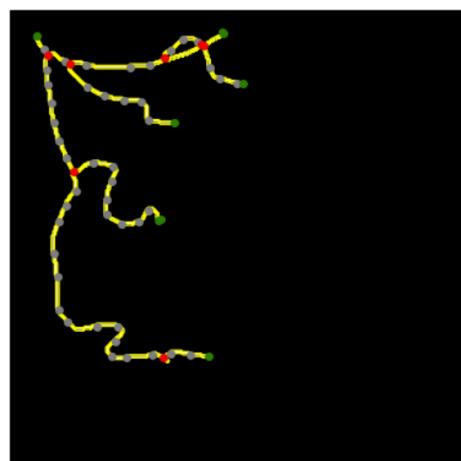
6_gt.pgm



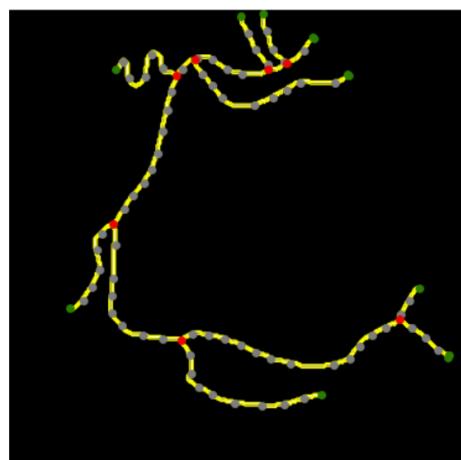
7_gt.pgm



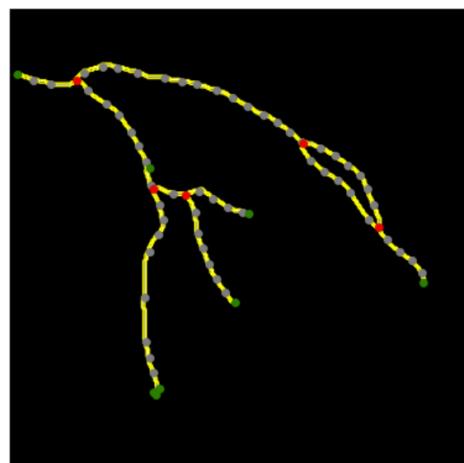
8_gt.pgm



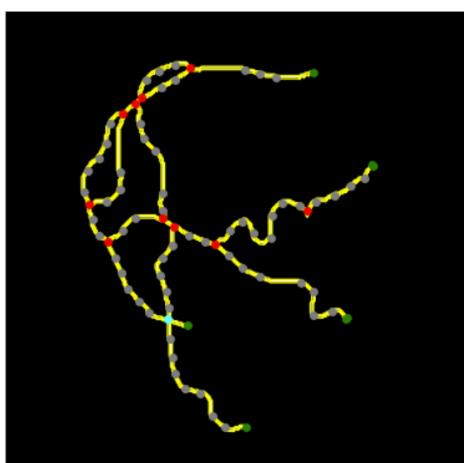
9_gt.pgm



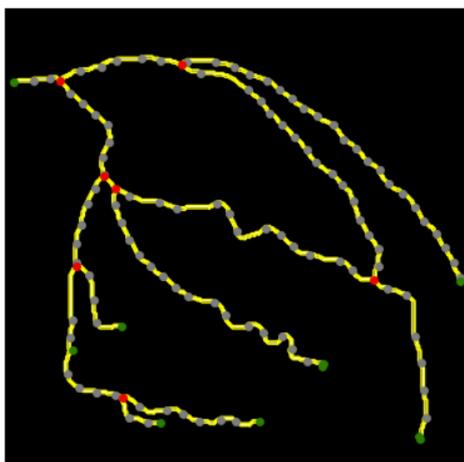
10_gt.pgm



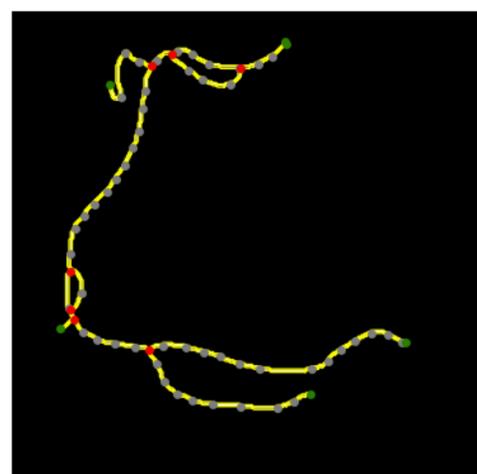
11_gt.pgm



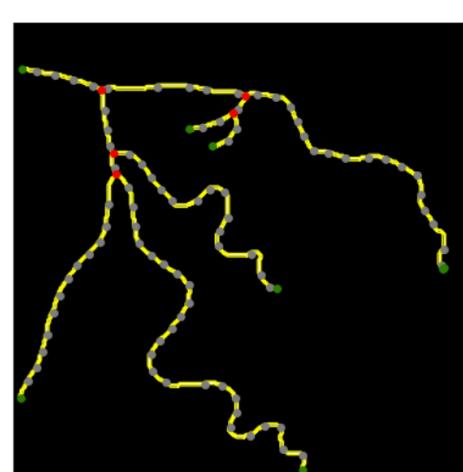
12_gt.pgm



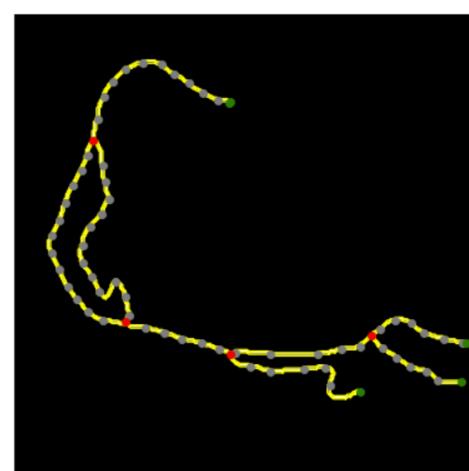
13_gt.pgm



14_gt.pgm



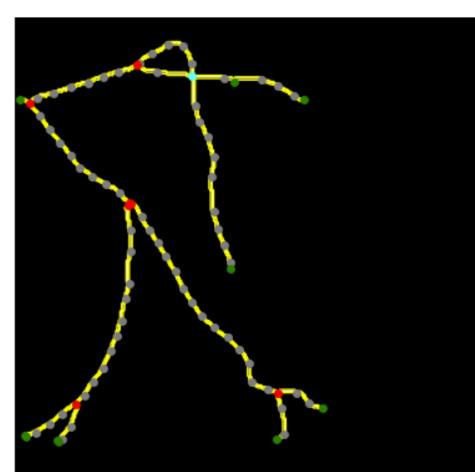
15_gt.pgm



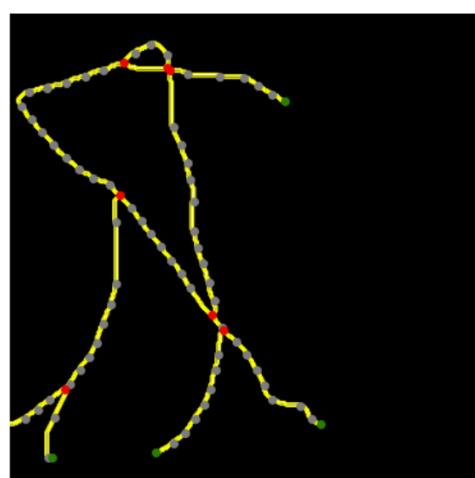
16_gt.pgm



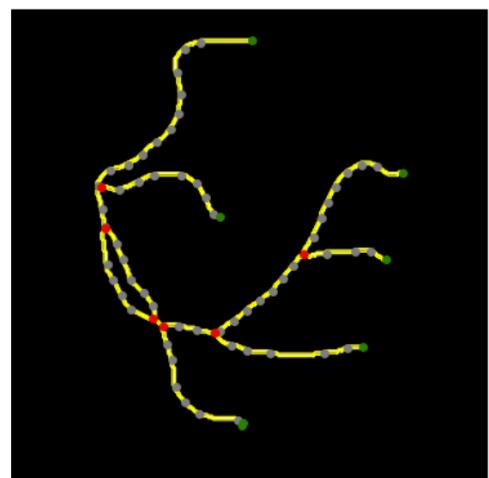
17_gt.pgm



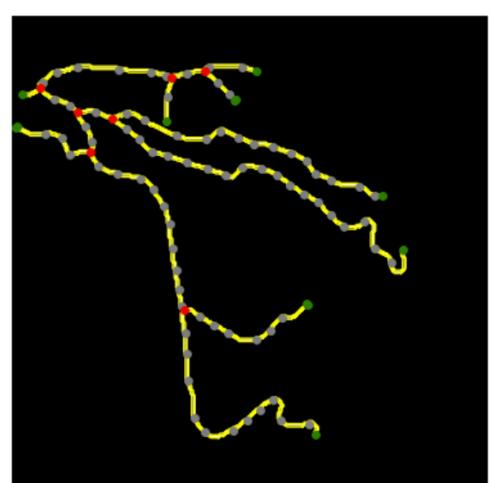
18_gt.pgm



19_gt.pgm



20_gt.pgm



Conclusiones

- ❖ El algoritmo que presentó mejores resultados de binarización fue la Binarización Adaptativa pues al analizar las métricas se identifica que el margen de error en cada uno de los casos es bajo.
- ❖ El dominio de los elementos estructurales, especialmente en lo que respecta a su forma , fue fundamental para complementar y simplificar la detección de diversas características clave las cuales eran requeridas dentro de la imagen.
- ❖ Aplicar los conocimientos adquiridos para el procesamiento de una imagen contribuyó al desarrollo de algoritmos más eficientes y precisos para la detección de nodos.
- ❖ Para futuras prácticas, se recomienda investigar los temas vistos en clase antes de aplicar otros algoritmos o procesamientos de imágenes, minimizando confusiones y optimizando el tiempo de trabajo.

Bibliografía

Magro, R. (2013). *Binarización de imágenes digitales y su algoritmia como herramienta aplicada a la ilustración entomológica*. Boletín de la sociedad entomológica Aragonesa, 53, 443-464.

El camino más corto en un laberinto – Algoritmo de Lee. (2022).
<https://www.techiedelight.com/es/lee-algorithm-shortest-path-in-a-maze/>

Anexos

Imagen No. 1: Métricas de evaluación de algoritmo de Otsu para la identificación de arterías coronarias en fotografías de rayos X.

```
Métricas Otsu:  
Accuracy: 0.5405588888888889  
F1: 0.14451850783838455  
Recall/Sensitivity: 0.7620887760222257  
Specificity: 0.5281121660168863  
Precision: 0.08019746844154482
```

Imagen No. 2: Métricas de evaluación de algoritmo de Binarización Adaptativa para la identificación de arterías coronarias en fotografías de rayos X.

```
Métricas Adaptive:  
Accuracy: 0.9559838888888889  
F1: 0.5582561798082633  
Recall/Sensitivity: 0.5952780088847546  
Specificity: 0.9745154082141104  
Precision: 0.5454212708163103
```

Imagen No. 3: Métricas de evaluación de algoritmo de Sauvola para la identificación de arterías coronarias en fotografías de rayos X.

```
Métricas sauvola:  
Accuracy: 0.8905211111111109  
F1: 0.2011833981197712  
Recall/Sensitivity: 0.05674913874099593  
Specificity: 0.9542002535460566  
Precision: 0.14485668263021018
```