

Caso grupal: Usos reales de filtros espaciales y morfológicos. Percepción Computacional

Adrián del Río Cañamares

Javier Taborda Acevedo

Jesús Tomás Almansa Fernández

Álvaro Martínez Morales

Universidad Internacional de la Rioja

Resumen—Este informe propone una posible solución para el laboratorio de la asignatura “Percepción Computacional”, que cubre los temas 7 y 8. Sin embargo, se llevará a cabo utilizando los conocimientos adquiridos en el tema 8, que se centra en operaciones elementales.

El objetivo de estas operaciones es revelar elementos que no son visibles en las imágenes originales, mejorar su visibilidad para una mejor percepción y destacar características de interés para futuras operaciones sobre estas imágenes.

Se utilizarán varias técnicas de mejora de imágenes para abordar los problemas presentes en cuatro imágenes relativas a medicina, industriales, científica y satélite.

Debido a estos resultados, se considera que se ha hecho un buen uso de las transformaciones elementales y los operadores morfológicos al analizar las imágenes.

Índice de Términos—Dilatación, erosión, apertura, clausura, binaria, gradiente, operadores, Canny.

I. INTRODUCCIÓN

En este trabajo se ha realizado un análisis comprensivo sobre los operadores morfológicos y topológicos más comúnmente utilizados en la literatura científica. Para ello hemos aplicado estos operadores a imágenes de distintos ámbitos, como son: imágenes tomadas por satélites, industriales, médicas y científicas.

II. MARCO TEÓRICO

A continuación, se procederá a explicar los métodos que se han utilizado para el procesado de las diferentes imágenes.

- **Suavizado:** se utiliza para reducir las variaciones de intensidad entre píxeles vecinos en una imagen mediante filtros paso bajo, lo que permite eliminar el ruido y los detalles no deseados antes de realizar operaciones como la segmentación de un objeto de interés.
- **Bordes, operador de Sobel:** se utilizan para la detección de bordes mediante el cálculo del gradiente de la intensidad de la imagen. La diferencia principal radica en que los operadores de Sobel otorgan más peso a los píxeles cercanos al píxel de interés (centro de la máscara) para el cálculo de diferencias.
- **Bordes, algoritmo de Canny:** el propósito del filtro en el procesamiento de imágenes es identificar los bordes de la imagen de manera precisa, minimizando la identificación de falsos negativos y falsos positivos. Esto implica que el punto identificado como borde debe corresponderse

con el centro de la estructura de borde en la imagen, evitando la identificación repetida de un mismo borde y procurando que el ruido presente en la imagen no genere falsos bordes.

- **Dilatación:** en el procesamiento de imágenes binarias tiene como objetivo realzar y ampliar los contornos de una imagen, aumentando la prominencia de los detalles e incluso permitiendo la fusión de objetos originalmente separados en la imagen.
- **Erosión:** el objetivo como operador morfológico es el de eliminar detalles, reducir contornos y, en algunos casos, desunir objetos.
- **Apertura:** se utiliza para segmentar objetos al eliminar los detalles presentes en la imagen en función del elemento estructural.
- **Clausura:** suele emplearse para reafirmar y consolidar formas dentro de una imagen.
- **Gradiente morfológico:** se define como la diferencia entre la dilatación y la erosión. La idea intuitiva es la de detectar bordes en la imagen; ya que la dilatación aumenta una imagen y la erosión la disminuye, la diferencia ha de ser similar a los bordes de una imagen.
- **Top Hat:** se define como la diferencia entre la imagen original y el operador morfológico apertura. Proporciona una imagen que muestra solo los detalles que la apertura ha eliminado. Esta transformada es útil para la detección de texto dentro de una imagen, como la lectura de marcas en una moneda, ya que se centra en los detalles. Sin embargo, si se quisiera contar el número de monedas, esta transformada no sería útil.

III. ESCENARIOS

A continuación, se mostrarán los resultados tras el procesado en MATLAB y Python para las imágenes relativas a satelital, industrial, científica y médica.

III-A. Procesado de imagen satelital

En la Figura 1, en la parte izquierda, se puede apreciar la imagen seleccionada para realizar el procesado de las operaciones espaciales y morfológicas. Esta se ha obtenido de una zona agrícola heterogénea empleando el sensor TIRS II de Landsat 9. La parte de la derecha hace referencia a la imagen tras aplicarle la conversión a escala de grises.



Figura 1. Imagen original / Imagen en escala de grises

III-A1. Operación de suavizado: En la Figura 2 se puede apreciar como se eliminaría el ruido presente en la imagen original, pero a costa de producir una imagen más desenfocada, ya que el promediado se computa a partir de un mayor número de píxeles.

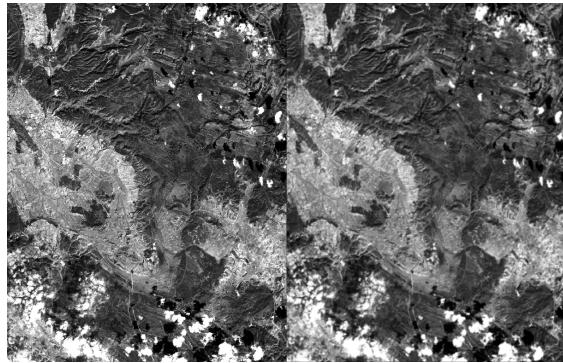


Figura 2. Imagen en escala de grises / Imagen aplicando el suavizado

III-A2. Operación de erosión binaria: En la Figura 3 se puede apreciar como se eliminan los detalles y se reducen los contornos, dejando la imagen con las estructuras principales.

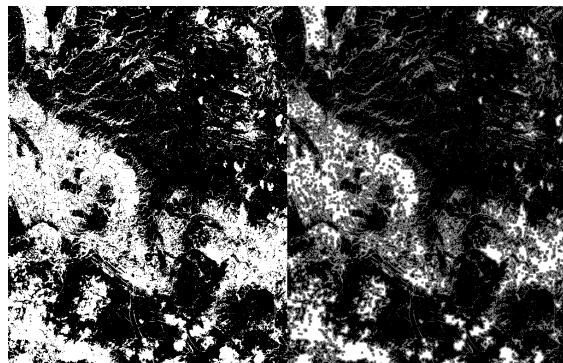


Figura 3. Imagen binaria / Imagen erosión binaria

III-A3. Operación de apertura - erosión: En la Figura 4 se puede observar como eliminamos los detalles y consolidamos un elemento estructural. En la parte inferior derecha se observa como nos quedamos con las zonas blancas que corresponden a las nubes.

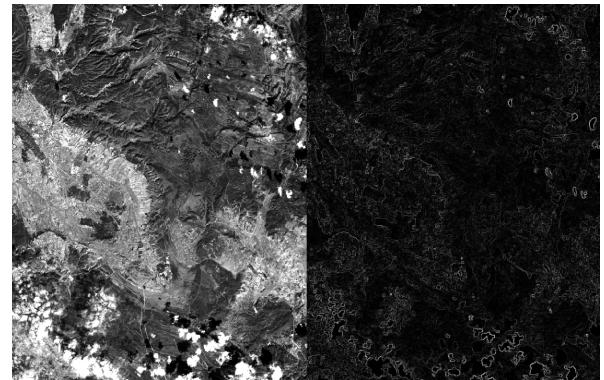


Figura 4. Imagen en escala de grises / Imagen apertura - erosión

III-B. Procesado de imagen industrial

En la Figura Fig. 5 se puede apreciar la imagen seleccionada para realizar el procesado de las operaciones espaciales y morfológicas.



Figura 5. Imagen industrial original

El tratamiento de una imagen termográfica en un entorno industrial implica el análisis y procesamiento de datos capturados mediante cámaras termográficas. Estas cámaras detectan la radiación infrarroja emitida por objetos y convierten esa información en imágenes térmicas.

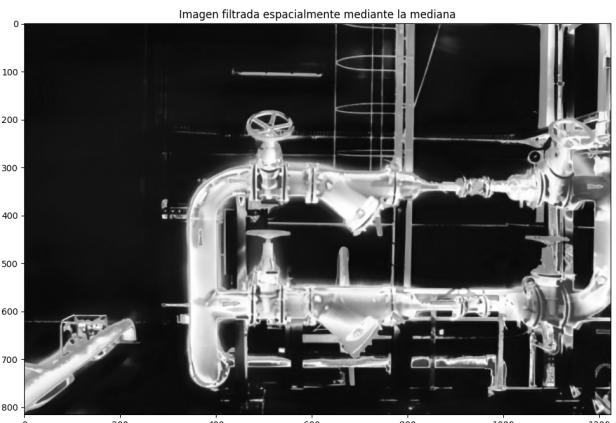


Figura 6. Filtro de la mediana

III-B1. Filtro de la mediana: Esta técnica facilita la clara visualización de las tuberías [Fig. 6], destacando de manera evidente su mejora cuando se emplea este método. La variación de temperatura en estas tuberías, capturada en la imagen termográfica y resaltada mediante esta transformación, proporciona un resultado destacado para la identificación de áreas cruciales en un entorno industrial donde el monitoreo preciso de la temperatura adquiere relevancia.

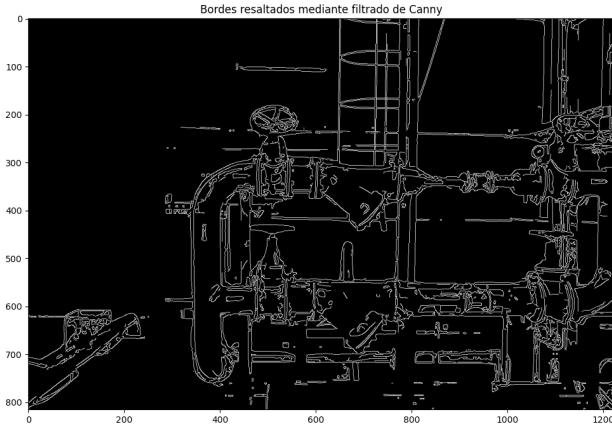


Figura 7. Filtro de Canny

III-B2. Filtro de Canny: Esta técnica resalta de manera notable los contornos de las tuberías [Fig. 7], ofreciendo una mejora evidente al utilizar este enfoque. La imagen termográfica, junto con esta transformación, proporciona un resultado excepcional para detectar claramente las áreas de interés en un entorno industrial.

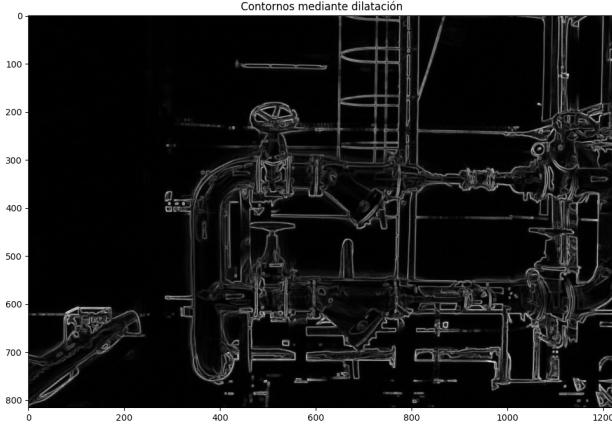


Figura 8. Aplicación del contorno de dilatación

III-B3. Contorno de dilatación: Esta operación permite diferenciar las estructuras [Fig. 8] de interés del fondo de la imagen, permitiendo ver de un vistazo las tuberías que se muestran en la imagen termográfica.

III-C. Procesado de imagen científica

Como ejemplo de esta categoría hemos escogido imágenes generadas mediante microscopio electrónico. Para ello, recurrimos a una foto de un cristal de óxido de zinc [5], la

cual, antes de nada, transformamos a escala de grises [Fig. 9] para trabajar sobre ella.

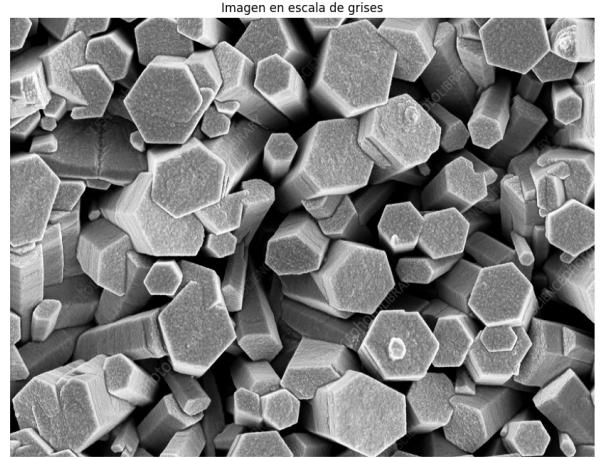


Figura 9. Imagen científica en escala de grises

A día de hoy, como podemos ver en otras referencias [6], las imágenes obtenidas por estas técnicas cuentan con una gran nitidez y nivel de detalle, no dejando del todo claro de qué manera sería posible mejorar estas imágenes.

Sin embargo, tras aplicar todo el repertorio de transformaciones, recopilamos una serie de resultados interesantes, que si bien no mejoran la calidad de la imagen de si, resaltan características de interés:

III-C1. Filtro de Sobel: Mediante la aplicación de filtrado mediante el operador de Sobel [Fig. 10], podemos aislar el contorno de los cristales. Sobre este filtrado se puede aplicar una binarización, mediante la cual obtendríamos resultados similares a los de gradientes multidireccionales.

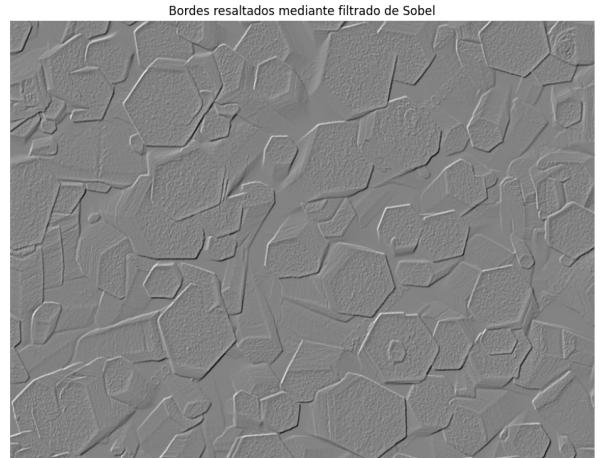


Figura 10. Imagen científica tras filtrado de Sobel

III-C2. Filtro de Canny: Con el filtrado de este operador podemos ver [Fig. 11] cómo, aparte de los bordes en sí, vemos que se destacan las regiones que podríamos considerar de superficie orientadas en perpendicular al punto de vista de la toma de la imagen.

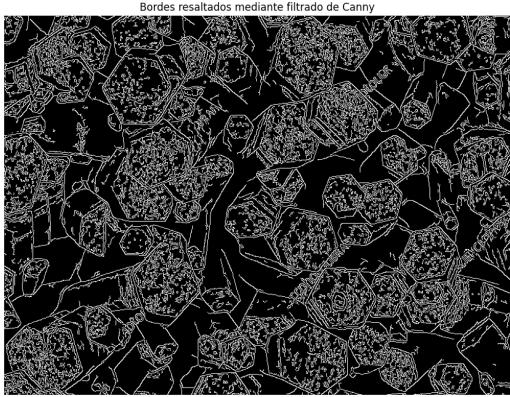


Figura 11. Imagen científica tras filtrado de Canny

III-C3. Operación de erosión: Si bien, como hemos dicho al principio, la imagen tiene una calidad, en términos generales, bastante alta, mediante la aplicación del operador morfológico de erosión [Fig. 12], conseguimos no sólo una separación ligeramente más marcada entre los distintos cristales, si no que también conseguimos reducir el ruido que se sucede debido a las imperfecciones en la superficie del cristal.

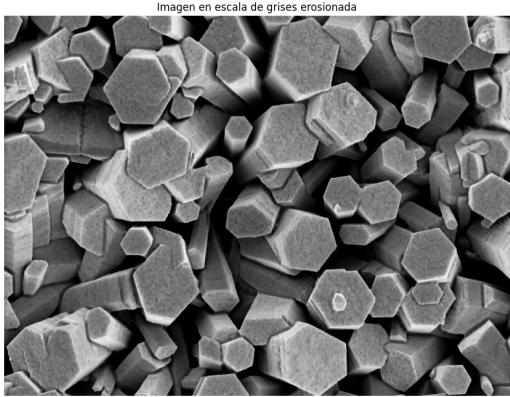


Figura 12. Imagen científica tras operación morfológica de erosión

III-C4. Detección de contornos mediante el operador de apertura: Aunque con los diversos gradientes [Fig. 13] se puede llevar a cabo una detección de bordes bastante eficiente.

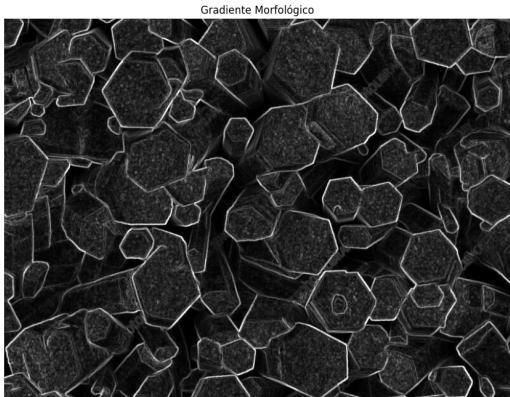


Figura 13. Aplicación del gradiente morfológico sobre la imagen

Es con la detección de contornos mediante el operador de apertura [Fig. 14], basada en la substracción de la imagen erosionada a la imagen resultante mediante el operador de apertura, que realmente conseguimos un caso de detección de bordes que minimiza la presencia de ruido debido a la presencia de imperfecciones en la superficie del cristal.

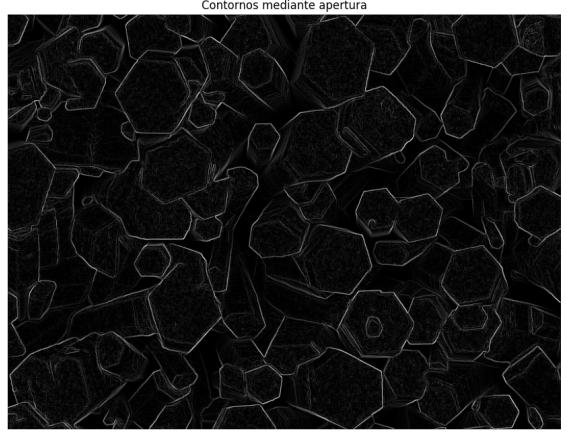


Figura 14. Detección de contornos de la imagen científica a través del resultado de la operación de apertura

III-D. Procesado de imagen médica

Para la demostración del procesamiento de imágenes en el escenario médico, se ha seleccionado una imagen que resulta de tomar una Tomografía Axial Computarizada (TAC) de un torso humano [Fig. 15]. [8]

Primeramente incrementamos el contraste aplicando las técnicas de la actividad primera. Siendo estas: ecualización de la imagen, corrección de gamma y filtrado logarítmico.

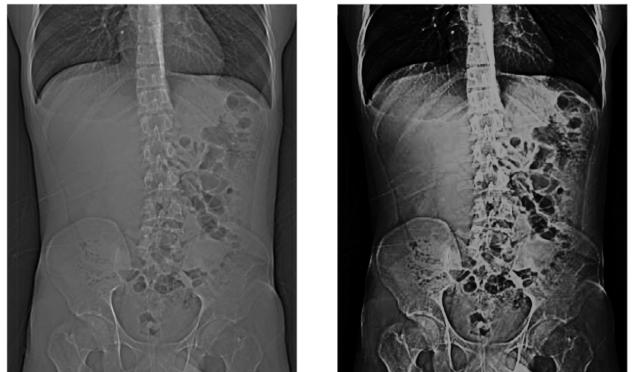


Figura 15. Imagen original TAC / Contraste incrementado

Esta servirá como base para el resto de transformaciones. El incremento de contraste en las imágenes médicas es una tarea común ya que muchas de ellas presentan un contraste pobre [8] [9]. A diferencia del escenario con imágenes científicas, en el caso de las imágenes médicas, la mejora de contraste es el punto de partida. La bibliografía es extensa en cuanto a qué técnicas aplicar que además varía en función de caso de uso. Sin embargo, se logra apreciar que varias operaciones son la

base de la práctica común por su frecuencia en la literatura científica. A continuación, empleando la imagen con contraste incrementado como base común, exponemos algunas de estas técnicas:

III-D1. Escala de grises: Convertir la imagen a escala de grises es una operación básica que se emplea como base de otras muchas transformaciones aunque como se puede observar en la figura [Fig. 16], por si sola esta acción mejora la claridad de la imagen.

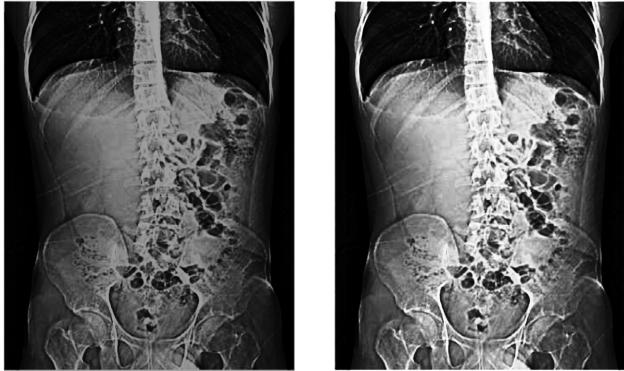


Figura 16. Contraste incrementado TAC / Escala de grises

III-D2. Escala de grises dilatada: A continuación, empleamos un operador morfológico que se emplea comúnmente como herramienta para la mejora del contraste [8]. Este es un operador que se puede aplicar n veces hasta que el resultado resulte óptimo para el caso de uso. En este ejemplo, además de aplicarlo sobre la imagen en escala de grises con contraste incrementado, lo hacemos empleando la función dilate de OpenCV con una sola iteración ya que más iteraciones pueden llegar a distorsionar la imagen demasiado. Tras la transformación [Fig. 17] se puede apreciar una mejora adicional en la claridad de la imagen con un contraste mucho mayor sobre todo en la zona que podría ser de mayor interés para el diagnóstico.

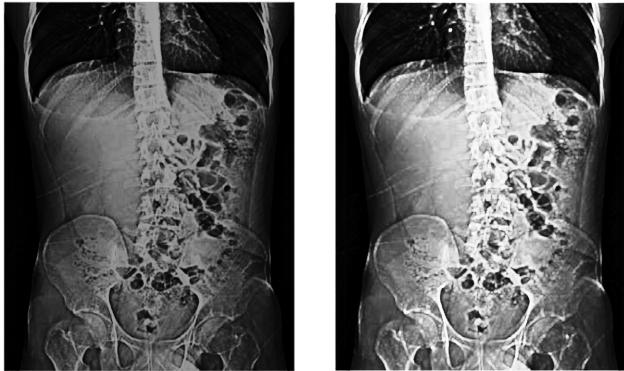


Figura 17. Contraste incrementado TAC / Escala de grises con dilatación

III-D3. Contornos con dilatación: A veces resulta de interés el análisis de una imagen en base al contorno observable. Para ello primeramente empleamos el operador de dilatación sobre la imagen base en escala de grises. A esta

imagen le restaremos los valores resultantes de transformar la misma imagen base con el operador morfológico de erosión.

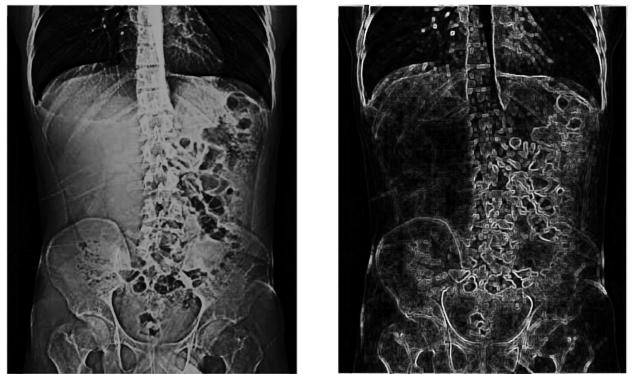


Figura 18. Contraste incrementado TAC / Contornos con dilatación

$$Ao = (2 * Ad) - (2 * Ae) \quad (1)$$

Para reproducir resultados similares a los aquí presentados es importante tener en cuenta que el número de iteraciones de dilatación realizadas en la imagen debe ser el mismo que de erosión. En este caso en particular realizamos dos iteraciones.

IV. CONCLUSIÓN

A lo largo de la práctica hemos podido comprobar como los operadores morfológicos son de gran utilidad para procesar y transformar imágenes de distintos contextos y dominios, de una manera consistente y confiable, a mapas de características que podríamos utilizar para enriquecer nuestros entendimiento y capacidades de interpretación de las imágenes, así incluso a modo de entrada para algoritmos de aprendizaje automático, bien como características de entrada de algoritmos clásicos o para acotar el espacio de entrada de una red neuronal.

Es particularmente interesante descubrir cómo se puede combinar, en referencia al caso médico, las técnicas con operadores morfológicos de esta actividad con las técnicas de pre-procesado de imágenes de la actividad anterior como para conseguir las visualizaciones enriquecidas de una imagen cuyas características de interés se encontraban ocultas en la imagen original.

REFERENCIAS

- [1] Moujahid, Abdelmalik (2024). Procesamiento de Imagen - Operaciones espaciales. Percepción Computacional, UNIR.
- [2] Moujahid, Abdelmalik (2024). Procesamiento de imagen - Morfología matemática. Percepción Computacional, UNIR.
- [3] Scikit-image (15 de enero de 2024). Examples. https://scikit-image.org/docs/stable/auto_examples/
- [4] MathWorks (15 de enero de 2024). Segmentación y análisis de imágenes — Ejemplos. <https://es.mathworks.com/help/images/examples.html?category=image-analysis>
- [5] SCIENCE PHOTO LIBRARY. Zinc oxide crystals, SEM. <https://www.sciencephoto.com/media/668923/view/zinc-oxide-crystals-sem>
- [6] Kempf EK, Wikipedia (15 de enero de 2024). Surface of a kidney stone. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Surface_of_a_kidney_stone.jpg
- [7] LandsatLook (15 de enero de 2024). USGS. <https://landsatlook.usgs.gov/explore>

- [8] Using morphological transforms to enhance the contrast of medical images (15 de Enero de 2012). *Science Direct*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378603X15000054?via%3Dihub>
- [9] Morphological Operations in Medical Image Pre-Processing Research Gate. https://www.researchgate.net/profile/Rajesh-Muthu/publication/323280279_Morphological_Operations_in_Medical_Image_Pre-Processing/links/5a94e75ca6fdccecff072ce9/Morphological-Operations-in-Medical-Image-Pre-Processing.pdf
- [10] Unleash additional saving potential (15 de enero de 2024). CEFEP Association. <https://www.cefep.net/index.php/en/>