



Título del artículo.

**Segmentación de imágenes tomográficas.**

Título del artículo en idioma Inglés.

**Segmentation of tomographic images.**

Autores.

Cristino Ramirez Santos  
Roberto Ferro Escobar

Referencia bibliográfica:

MLA

Ramirez Santos, Cristino y Roberto Ferro Escobar. Segmentación de imágenes tomográficas. *Tlamati* 9.2, (2018): 14-19. Print.

APA

Ramirez Santos, C. y Ferro Escobar, R. (2018). Segmentación de imágenes tomográficas. *Tlamati*, 9(2), 14-19.

---

ISSN: 2007-2066.

Publicado el 31 de diciembre del 2018

© 2018 Universidad Autónoma de Guerrero

Dirección General de Posgrado e Investigación

Dirección de Investigación

*TLAMATI*, es una publicación semestral de la Dirección de Investigación de la Universidad Autónoma de Guerrero. El contenido de los artículos es responsabilidad exclusiva de los autores y no refleja de manera alguna el punto de vista de la Dirección de Investigación de la UAGro. Se autoriza la reproducción total o parcial de los artículos previa cita de nuestra publicación.



## Segmentación de imágenes tomográficas

Cristino Ramirez Santos<sup>1</sup>  
 Roberto Ferro Escobar<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Guerrero. Facultad de Ingeniería. Av. Lázaro Cárdenas s/n. C.U. Zona Sur. Chilpancingo de los Bravo. Guerrero. México. C. P. 39087. Tel: (+52) 747 4727943

<sup>2</sup>Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Facultad de Ingeniería. Centro de Investigaciones Redes y Electrónica. Carrera 70, 53-40. Edificio A. Bogotá D.C, Colombia. Tel: (+57) 1 423 2839

\*Autor de correspondencia  
[chris\\_leo@hotmail.com](mailto:chris_leo@hotmail.com)

### Resumen

En el campo de la medicina, el uso de la Tomografía Axial Computarizada [TAC] es de gran ayuda para detectar afecciones en el cuerpo del paciente. Las imágenes TAC se originan a través de un haz de rayos X que atraviesa el cuerpo humano u objeto. Sin embargo para la interpretación de estas imágenes se requiere de mucha especialización. El rápido desarrollo tecnológico en el campo de la ingeniería y radiología ha dado lugar a la aparición de nuevos métodos de estudio y análisis de las estructuras anatómicas, tanto del cuerpo humano como de objetos. Uno de estos métodos es la segmentación que en el campo de la visión artificial es el proceso de dividir una imagen digital en varias partes (grupos de píxeles) y su principal objetivo es simplificar y/o cambiar la representación de una imagen en otra más significativa y más fácil de analizar. La segmentación se usa tanto para localizar objetos como para encontrar los límites de estos dentro de una imagen. Una de las tantas aplicaciones que esta tiene es la de realizar simulaciones de materiales y estudiar sus fenómenos, por ejemplo, el envejecimiento de la mezcla de asfalto en el campo de la ingeniería civil. Para realizar la segmentación se usaron dos herramientas ITK SNAP y SEG3D, software libre que proporcionan una gran gama de herramientas para llevar a cabo una correcta segmentación.

**Palabras clave:** Segmentación, Imágenes TAC, software libre, visión artificial, digital

### Abstract

Use of Computerized Axial Tomography [CAT] in medical area is a great help to detect conditions in patient's body. CAT images are originated through an X-ray beam that traverses human body or object. However, interpretation of these images requires a lot of specialization. Rapid technological development in the field of engineering and radiology has led to emergence of new methods of study and analysis of anatomical structures, both of human body and objects. One of these methods is the segmentation that in the field of Artificial Vision is a process of dividing a digital image into several parts (groups of pixels) and its main objective is to simplify and/or change the representation of one image in another more meaningful and easier to analyze. Segmentation is used both to locate objects and to find boundaries of these objects within an image. One of many applications that this method has is to perform simulations of materials and study their phenomena. For example, aging of mixture of asphalt related to the field of civil engineering. In order to carry out this segmentation, ITK SNAP and SEG3D tools were used as free software that provide a wide range of tools to carry out a correct segmentation.

**Keywords:** segmentation, TAC images, free software, artificial vision

### Como citar el artículo:

Ramirez Santos, C. y Ferro Escobar, R. (2018). Segmentación de imágenes tomográficas. *Tlamati*, 9(2), 14-19.

## Introducción

El análisis de imágenes comprende todos los métodos y técnicas que se utilizan para extraer información de una imagen. El primer paso para ello lo constituye la segmentación de imágenes que se ocupa de descomponer una imagen en sus partes constituyentes, es decir, los objetos de interés y el fondo, basándose en ciertas características locales que nos permiten distinguir un objeto del fondo y objetos entre sí. La mayoría de las imágenes están constituidas por regiones o zonas que tienen características homogéneas (nivel de gris, textura, momentos, etc.). Generalmente estas regiones corresponden a objetos de la imagen. La segmentación de una imagen consiste en la división o partición de la imagen en varias zonas o regiones homogéneas y disjuntas a partir de su contorno, su conectividad, o en términos de un conjunto de características de los píxeles de la imagen que permitan discriminar unas regiones de otras (Departamento de Lenguajes y Ciencias de la Computación, 2009). En base a esto se ha hecho necesario el uso del computador para facilitar el procesamiento y análisis de estas. En particular, los algoritmos para el delineamiento de estructuras anatómicas y otras regiones son un componente clave para asistir y automatizar ciertas tareas radiológicas. Estos algoritmos de segmentación de imágenes juegan un papel importante en numerosas aplicaciones biomédicas de tratamiento de imágenes y en la ingeniería civil (Coto, 2003).

La segmentación terminará cuando se hayan detectado todos los objetos de interés para la aplicación. En general, la segmentación automática es una de las tareas más complicadas dentro del procesamiento de imagen. La segmentación va a dar lugar en última instancia al éxito o fallo del proceso de análisis. En la mayor parte de los casos, una buena segmentación dará lugar a una solución correcta, por lo que, se debe poner todo el esfuerzo posible en la etapa de segmentación (Martín, 2004).

Los métodos para llevar a cabo las segmentaciones varían ampliamente dependiendo de la aplicación específica, tipo de la imagen, y otros factores. Por ejemplo, la segmentación del tejido del cerebro tiene diferentes requerimientos que la segmentación de un hígado. Otros factores como el ruido, volúmenes parciales y movimientos en la imagen, también pueden tener consecuencias significativas en el desempeño de los algoritmos de segmentación. Más aún, cada tipo de imagen tiene un conjunto de características propio con el cual luchar. Actualmente no existe un método de segmentación que alcance resultados aceptables para todo tipo de imagen médica como de mezcla asfáltica en ingeniería civil (Coto, 2003), no obstante existen gran variedad de métodos de segmentación de imágenes, pero en este caso nos enfocaremos a los métodos existentes más comunes y aplicables para imágenes TAC o monocromáticas imágenes con la cual estamos trabajando, estos métodos son dos: método de crecimiento de regiones (véase figura 2) y *Threshold*.

## Materiales y Métodos

Una imagen es una colección de medidas o valores en el espacio bidimensional (2D) o tridimensional (3D). Una imagen tomográfica es una imagen a escala de grises o monocromática de un corte a través del cuerpo u objeto. La palabra “tomografía” viene del griego: tomos significa

rebanada, “grafía” significa escribir. Así, la tomografía literalmente significa escritura en rodajas. En el campo de la medicina las estructuras y las lesiones que antes era imposible visualizar ahora se pueden ver con una claridad excepcional. El principio detrás de TAC [Tomografía Axial Computarizada] consiste en un haz colimado delgado de rayos X pasa a través del cuerpo a un detector que mide la intensidad transmitida. El colimador es un conjunto de tubos de plomo estrecho o una serie de pequeños agujeros en una placa de plomo, lo que resulta en un haz delgado y recto de rayos X. Las mediciones se realizan en un gran número de puntos mientras la fuente y el detector se mueven conjuntamente. El aparato se gira ligeramente alrededor del eje del cuerpo u objeto mientras escanea. Estos se repiten en intervalos de 1° a 180° (Yáñez, 2016). Las imágenes TAC se generan en tres secciones o planos como se observa en la figura 1.

Los métodos empleados para realizar la segmentación de estas imágenes fueron el de crecimiento de regiones y *threshold*, ambos métodos funcionan para imágenes con el modelo RGB (sigla en inglés de *Red, Green, Blue*, en español «rojo, verde y azul») y con imágenes a escala de grises como es el caso de las imágenes TAC. La selección del criterio de similitud depende no solo del problema considerado, sino también del tipo de imagen disponible en imágenes a color o multispectrales (fotografías desde satélite, por ejemplo) se pueden emplear propiedades de similitud en los diferentes canales disponibles. Sin embargo, en general, lo habitual es trabajar con imágenes de intensidad con un único canal disponible. En este caso las propiedades se basan en descriptores locales a partir de una única imagen como son la intensidad y propiedades espaciales (basadas momentos y textura).

### a). Método de crecimiento de regiones

El crecimiento de regiones es un procedimiento mediante el cual se agrupan píxeles o subregiones en regiones mayores. El procedimiento más sencillo se denomina agregación de píxeles, que comienza a partir de un conjunto de

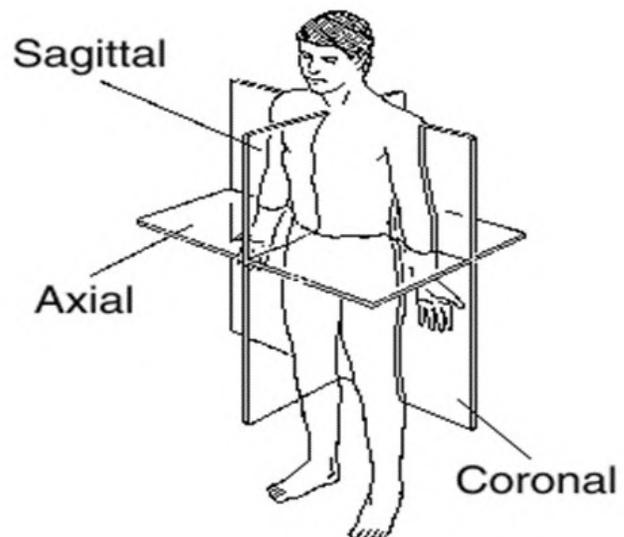


Figura 1: Planos de las imágenes TAC (Tomografía Axial Computarizada) en sus tres vistas.

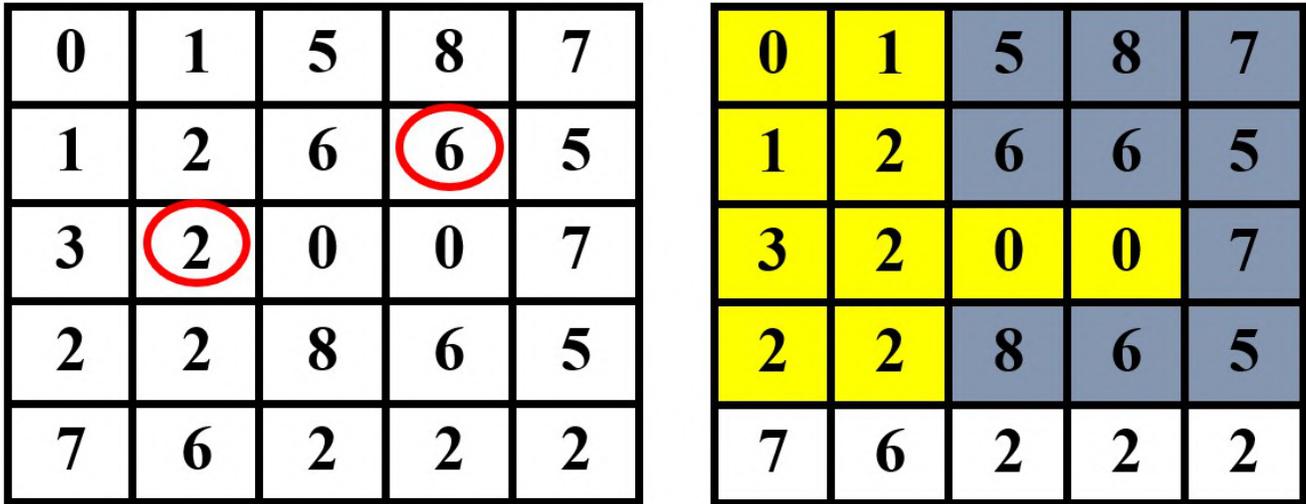


Figura 2: Representación gráfica del método crecimiento de regiones.

pixeles semilla, de forma que a partir de cada semilla se crecen regiones añadiendo pixeles a dicha semilla de entre aquellos pixeles vecinos que tienen propiedades similares. El resultado de la segmentación dará lugar como mucho a tantas regiones como semillas haya. Sin embargo, puede darse el caso de que dos de esas semillas correspondan a pixeles de la misma región. En este caso el crecimiento

desde una de las semillas absorberá a la otra, que en este caso deberá ser descartada (Martín, 2004).

El método se basa en el siguiente modelo, Sea  $R$  la región correspondiente a la imagen a segmentar. Vamos a ver el proceso de segmentación como un proceso en el cual dividimos la región  $R$  en  $n$  subregiones  $R_1, R_2, \dots, R_n$ , tal que

Donde  $P(\cdot)$  es un predicado lógico definido sobre la partición de  $R$  y  $\emptyset$  es el conjunto vacío.

La ecuación 1 indica que la segmentación debe ser completa en cada una de las regiones, desde la subregión 1 hasta  $n$ , es decir, que todo pixel debe estar en una región. La ecuación 2 requiere que todos los pixeles pertenecientes a una región estén conectados, desde la porción del pixel 1 hasta  $n$  de esa región. La ecuación 3 lleva consigo regiones disjuntas, por ejemplo en la región  $R_i$  y  $R_j$  no puede haber pixeles cuyo entorno  $3 \times 3$  no contenga ningún otro pixel de la región, por eso mismo, los conjuntos de pixeles  $R_1, R_2, \dots, R_n$  son una partición de  $R$ . La ecuación 4 se refiere a la propiedad que deben cumplir los pixeles dentro de cada región segmentada. Por ejemplo,  $P(R_i) = \text{CIERTO}$  si todos los pixeles de  $R_i$  tienen el mismo nivel de gris dentro de una cierta tolerancia. Finalmente, la ecuación 5 indica que las regiones adyacentes  $R_i$  y  $R_j$  deben ser distintas con respecto a la propiedad  $P$  (Martín, 2004).

*b). Ejemplo grafico*

Una manera más precisa de representar el método de crecimiento de regiones es simulando una imagen con dos tres regiones con un nivel de intensidad distinta como en el siguiente ejemplo.

Considerar el siguiente ejemplo donde las dos semillas introducidas están marcadas por un subrayado y considerar que se ha definido que un punto y una semilla original son similares si y sólo si su diferencia de nivel de intensidad es menor o igual que 2, véase la figura 1,

**Método de Threshold**

Un ejemplo sencillo, pero muy usado en la práctica de similitud es la diferencia absoluta en el nivel de gris. Fija-

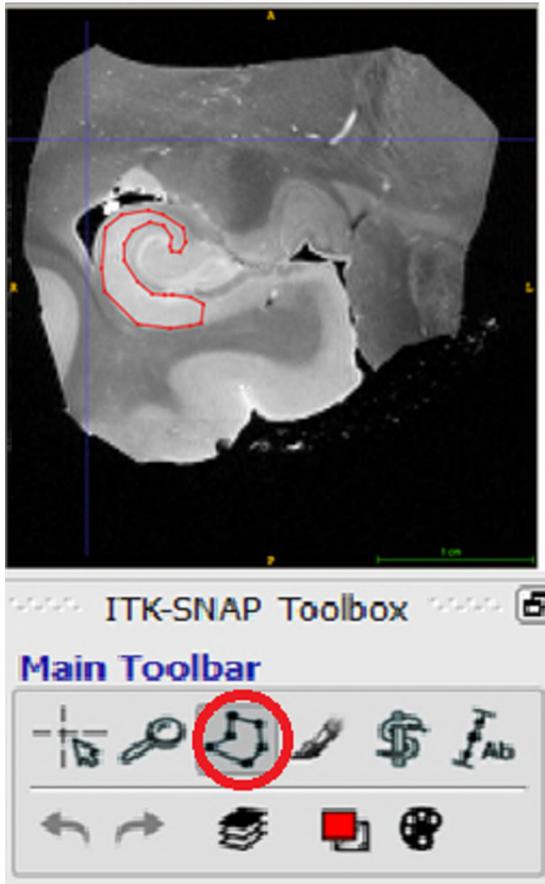


Figura 3. Segmentación manual con la herramienta polígono en ITK SNAP

$$\cup_{i=1}^n Ri = R \tag{1}$$

$$Ri \text{ Es una regi3n conectada, } i = 1, 2, \dots, n \tag{2}$$

$$Ri \cap Rj = \emptyset \text{ Para todo } i \text{ y } j \text{ con } j \neq i \tag{3}$$

$$P(Ri) = \text{CIERTO Para } i = 1, 2, \dots, n \tag{4}$$

$$P(Ri \cup Rj) = \text{FALSO Para todo } i \text{ y } j \text{ adyacentes con } j \neq i \tag{5}$$

$$g(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{si } f(x, y) < T \\ 0 & \text{si } f(x, y) \geq T \end{cases} \tag{7}$$

do un umbral **T** se va calculando la diferencia en valor absoluto del nivel de gris del p3xel en cuesti3n (en el vecindario de la regi3n crecida hasta el momento) con respecto al nivel de gris de la semilla y si no se supera ese umbral **T** se a3ade a la regi3n.

Al aplicar un umbral, **T**, la imagen en escala de grises, **f(x,y)**, quedar3 binarizada; etiquetando con '1' los p3xeles correspondientes al objeto y con '0' aquellos que son del fondo. Por ejemplo, si los objetos son claros respecto del fondo, se aplicar3 la ecuaci3n 6

$$g(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{si } f(x, y) > T \\ 0 & \text{si } f(x, y) \leq T \end{cases} \tag{6}$$

En el caso de que los objetos sean oscuros respecto del fondo, la asignaci3n ser3 a la inversa, de acuerdo con la ecuaci3n 7:

la posici3n (**x,y**) del p3xel, se denominar3 din3mico (Universidad de Quilmes, 2005)

a). *Herramientas utilizadas para la segmentaci3n*

Para realizar la segmentaci3n se utilizaron las herramientas ITK SNAP y SEG3D, programas de sencillo manejo, gran accesibilidad y de libre distribuci3n. Estas herramientas ofrecen cuatro vistas: axial, coronal, sagital y 3D. Los programas son compatibles con diversos formatos de imagen, incluido el DICOM. En comparaci3n con otras herramientas de an3lisis de im3genes de c3digo abierto m3s grandes, el dise3o de ITK-SNAP se centra espec3ficamente en el problema de la segmentaci3n de im3genes y las caracter3sticas extra3as o no relacionadas se mantienen al m3nimo. El dise3o tambi3n hace hincapi3 en la interacci3n y la facilidad de uso, con la mayor parte del esfuerzo de desarrollo dedicado a la interfaz de usuario.

El umbral puede depender de **f(x,y)**, de alguna propiedad local del p3xel, **p(x,y)**, y hasta de su propia posici3n, de acuerdo a la ecuaci3n 8:

$$T = T(f(x, y), p(x, y), x, y) \tag{8}$$

Si el umbral s3lo depende de **f(x,y)** se dice que es un umbral global; en el caso de que adem3s dependa de **p(x,y)**, por ejemplo, el valor medio de los p3xeles vecinos, el umbral es denominado local; y si depende tambi3n de

La segmentaci3n que ofrece ITK SNAP, se puede llevar a cabo manualmente como autom3tica, la segmentaci3n manual consiste en la definici3n de los l3mites directamente sobre las im3genes como lo muestra la figura 3, las herramientas disponibles en esta interfaz son dos que se deben trabajar conjuntamente, primero la herramienta *Pol3gono* para trazar los l3mites a segmentar y pincel para afinar los detalles en la segmentaci3n de una regi3n.

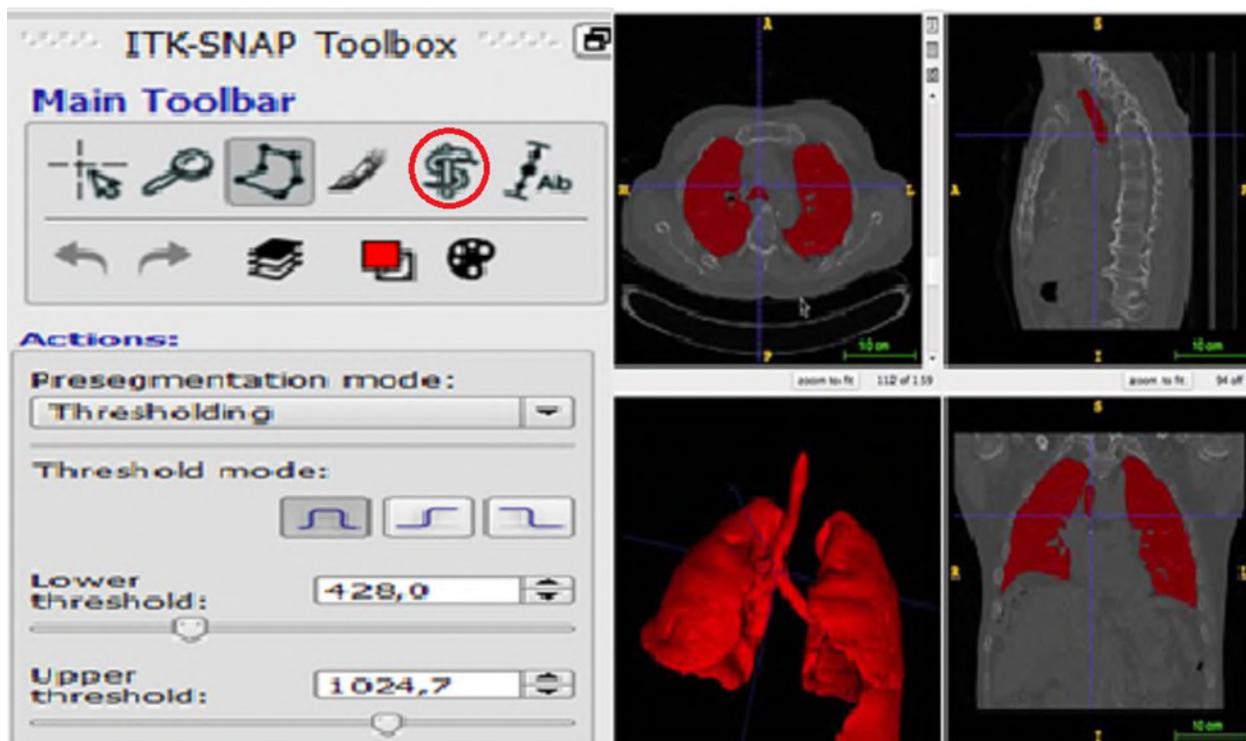


Figura 4: Segmentaci3n autom3tica en las cuatro vistas, con el m3todo thershold en ITK SNAP.

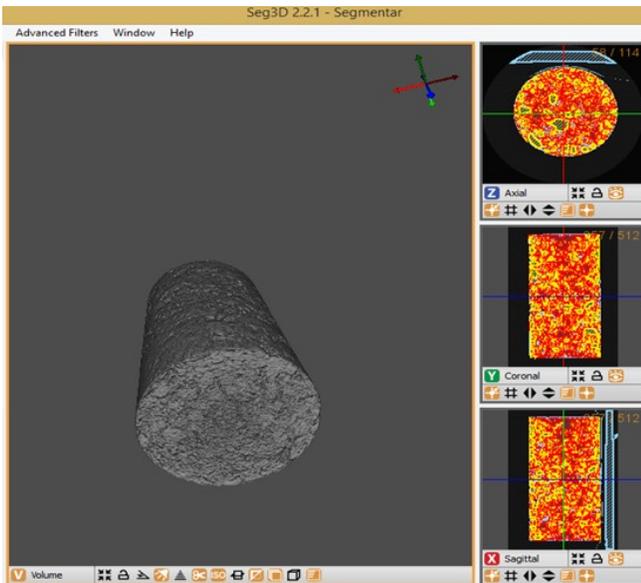


Figura 5: Segmentación automática en las cuatro vistas, con el método *threshold* automático en Seg3D y las capas generadas tras aplicar el *threshold* automático.

La segmentación automática se basa en la colocación de marcadores en el interior de la zona de interés, estos marcadores detectan y señalan los vóxeles adyacentes que presentan una densidad similar al marcado inicialmente véase la siguiente imagen (véase la figura 4) (Ros Mendoza, Cuartero, Avellanas y Olmos Gassó, 2009).

Sin embargo, esta herramienta presenta limitaciones para llevar a cabo la segmentación automática a través del método *threshold*, esto sucede en imágenes donde se es difícil detectar diferentes regiones o en imágenes donde existen diversos elementos aislados, como es el caso de una muestra de mezcla asfáltica. Debido a que uno de los propósitos es llevar a cabo la segmentación de la mezcla asfáltica se optó por utilizar el software Seg3D. La herramienta Seg3D combina una interfaz de segmentación manual flexible con poderosos algoritmos de procesamiento de imágenes. Algunas de las funciones que proporciona este software es, Interfaz totalmente 3D con varios volúmenes gestionados como capas, Segmentación automática integrada con contorno manual, Representación de volumen

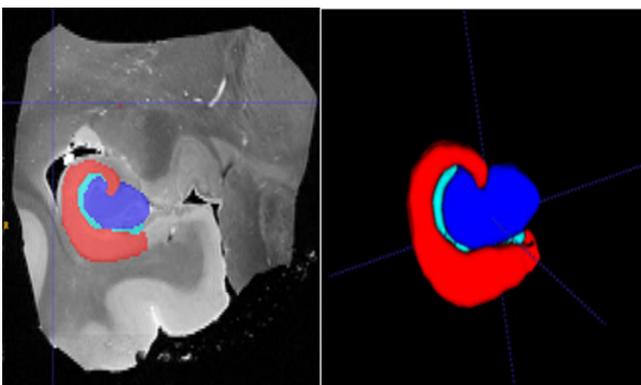


Figura 6: Hipocampo segmentado manualmente en su vista axial y 3D utilizando la herramienta ITK SNAP.

con manipulación de la función de transferencia 2D en tiempo real, Soporta muchos formatos comunes de imagen biomédica, 64 bits habilitado para manejar volúmenes grandes en máquinas de memoria grande (Seg3D, 2017). Además, esta herramienta cuenta con la determinación automática del umbral de segmentación, la cual facilita la determinación rápida de las regiones de una imagen tomográfica de una mezcla asfáltica (véase la figura 5).

Seg3D contiene funciones para redimensionar y aplicarle volumen a las imágenes, además de contar con un gran número de herramientas de modificación, como lo es *Clipping planes*, herramienta que sirve para recortar y cambiar tamaño a una imagen.

## Resultados

En la figura 6, se observa la segmentación manual del hipocampo con ITK SNAP, utilizando la herramienta polígona y afinamos detalles con la herramienta pincel los píxeles similares.

La figura 7 muestra la segmentación automática del hígado aplicando el método *threshold* en la herramienta ITK SNAP.

La segmentación de las mezclas asfálticas se realizó en la herramienta Seg3D. La figura 8 nos muestra de manera volumétrica la imagen tomográfica y su vista axial. La figura 9 muestra la vista coronal de la mezcla y su segmen-

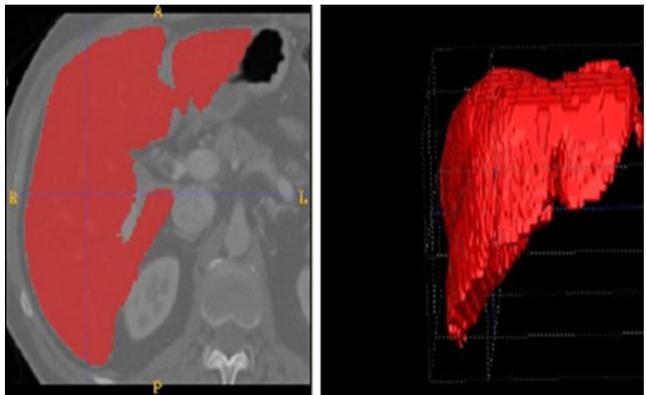


Figura 7: Hígado segmentado automáticamente con el método *threshold* en su vista coronal y 3D utilizando la herramienta ITK SNAP.

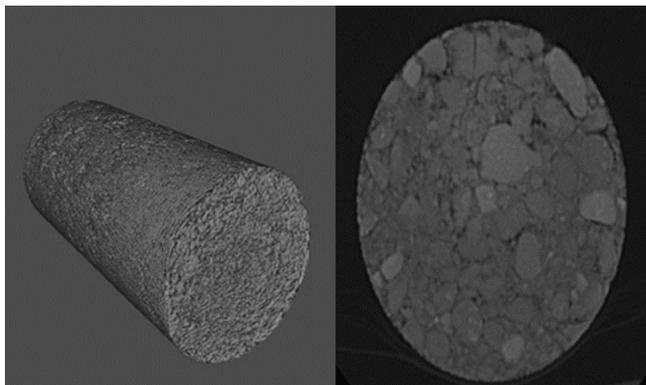


Figura 8: Muestra asfáltica en su vista volumétrica 3D y vista axial.

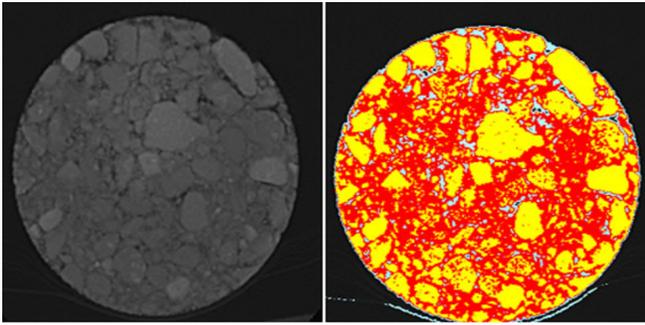


Figura 9: Segmentación de una muestra asfáltica en su vista axial

tación a través del método de threshold automático proporcionado por la herramienta.

### Discusión y conclusiones

Las investigaciones futuras en la segmentación de imágenes de mezclas asfálticas estarán dirigidas hacia la determinación de información de esta misma, así como la obtención de datos precisos a través de un proceso que conlleve la reconstrucción de las imágenes segmentadas para posteriormente procesarlas en un software de elementos finitos llamado Abacus.

A través de la segmentación se dedujeron varias afectaciones y anomalías en imágenes TAC medicas del cuerpo humano tomadas de varios archivos de la web y otras proporcionadas por el investigador, además de la observación de ellas en su vista 3D para llevar a cabo un mayor análisis de las mismas, esta actividad se llevó a cabo en la herramienta ITK SNAP a través de segmentación manual y automática, las imágenes tomográficas del cuerpo humano que proporcionan múltiples regiones con niveles de intensidades distintas y solo se quiere extraer una de ellas es recomendable usar la segmentación manual debido a que esta facilita al usuario trazar la región de interés. La segmentación de las mezclas asfálticas se realizó en el software Seg3D debido a que proporciona herramientas que facilitan la segmentación de las tres capas (rocas, mastic y vacíos de aire), este software contiene el método *threshold* automático, método proporcionado por dicha herramienta que ayuda al usuario encontrar el umbral adecuado sin necesidad de buscarlo, se realizaron distintos ejemplos de segmentación de mezclas asfálticas las cuales fueron verificadas por este mismo software. La segmentación automática proporciona la facilidad de reducir la cantidad de interacción manual con el software. La precisión y exactitud puede ser mejorada incorporando información previa de mapas o plantillas y combinando los métodos discretos y continuos. Para incrementar la eficiencia computacional, los métodos paralelizables o de procesamiento multiescala como las redes neurales parecen ser técnicas muy prometedoras. La eficiencia computacional será particularmente importante en aplicaciones de procesamiento en tiempo real (Coto, 2003). Los métodos de segmentación ya han demostrado su utilidad en aplicaciones de investigación y en este momento están ganando popularidad en el diagnóstico por computador y el planeamiento de radioterapias. Es improbable que los métodos de segmentación automática reemplacen alguna vez a los fisiólogos, pero si es probable

que se conviertan en elementos cruciales para el análisis de imágenes médicas. Los métodos de segmentación serán particularmente valiosos en áreas como la cirugía asistida por computador y en simulaciones para el análisis de las mezclas asfálticas un claro ejemplo es detectar el envejecimiento de una muestra asfáltica.

### Agradecimientos

A Dios por permitirme vivir esta experiencia llena de aprendizaje.

A mis padres, hermanos, amigos por brindarme todo su apoyo, orientarme, reanimarme en todo momento.

A mi asesor e investigador por apoyarme dirigiendo este trabajo y estar pendiente aclarando todas las dudas surgidas.

A los encargados de los laboratorios y salas de estudios de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Francisco José de Caldas, por permitimos el acceso a ellos y llevar a cabo nuestras actividades.

A la coordinadora del hotel donde me hospedaba Carmen Rosa Hurtado Rodríguez por brindarme las atenciones necesarias.

Al CONACYT y la UAGro por seguir fomentando actividades de investigación.

Al asesor de mis compañeros de trabajo por brindarme las herramientas para solucionar algunas prácticas de mi trabajo de investigación.

A la asistente de mi investigador por brindarnos su atención en todo momento respecto a las actividades a realizar.

### Referencias

- Coto, E. (2003). *Métodos de Segmentación de Imágenes Médicas*. Universidad Central de Venezuela. Obtenido de: <http://ccg.ciens.ucv.ve/~ernesto/nds/CotoND200305.pdf>
- Yáñez, A. (Agosto 25, 2016). *Formación de imagen en TC*. Obtenido de: <https://es.slideshare.net/beleeny/formacin-de-imagen-en-tc>
- Martín, M. (2004). *Técnicas Clásicas de Segmentación de Imagen*. Obtenido de <http://lmi.bwh.harvard.edu/papers/pdfs/2003/martin-fernandezCOURSE03b.pdf>
- Seg3D (August 25, 2017). (Version 2) [Computer software]. Obtenido de: <http://www.sci.utah.edu/cibc-software/seg3d.html>
- Departamento de Lenguajes y Ciencias de la Computación. (2009). *Segmentación de imágenes 6.1 Introducción*. UMA. Obtenido de: [http://www.lcc.uma.es/~munozp/documentos/procesamiento\\_de\\_imagenes/temas/pi\\_cap6.pdf](http://www.lcc.uma.es/~munozp/documentos/procesamiento_de_imagenes/temas/pi_cap6.pdf)
- Ros Mendoza, L. H., Cuartero, J. M., Avellanas, E. A. y Olmos Gassó, S. (2009). Estudio anatómo-radiológico mediante segmentación de los núcleos cerebrales caudado, putamen y pálido. *Revista argentina de radiología*, 73(4). Obtenido de: [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1852-99922009000400012](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1852-99922009000400012)
- Universidad Nacional de Quilmes (Octubre de 2005). *Segmentación por Umbralización – Método de Otsu*. Obtenido de: <http://iaci.unq.edu.ar/materias/vision/archivos/apuntes/Segmentación por umbralización - Método de Otsu.pdf>