

## **Componente informático para el cálculo de volumen en imágenes de tomografía axial computarizada**

Ceruto Marrero, Gerardo <sup>1</sup>  
Ramírez Pérez, José Felipe <sup>2</sup>  
Castro Limones, Alberto Narciso <sup>3</sup>  
Pérez Delgado, Beatriz <sup>4</sup>

1 Universidad de las Ciencias Informáticas/Centro de Informática Médica. La Habana, Cuba, gceruto@uci.cu

2 Universidad de las Ciencias Informáticas/Centro de Informática Médica. La Habana, Cuba, jframirez@uci.cu

3 Universidad de Guayaquil/Facultad de Matemática y Física. Guayaquil, Ecuador, alberto.castroli@ug.edu.ec

4 Universidad de las Ciencias Informáticas/Facultad 3. La Habana, Cuba, bdelgado@estudiantes.uci.cu

**Resumen:** La tomografía axial computarizada es un examen rápido y preciso que permite estudiar cualquier región del cuerpo humano. Para un mejor diagnóstico mediante imágenes de tomografía el especialista suele auxiliarse de valores de densidad, área y volumen, permitiéndole la detección temprana de varios tipos de cáncer, como el de pulmón, mama, próstata, entre otros; asegurando un mayor índice de supervivencia en los pacientes. El volumen es utilizado, entre otras funciones, para conocer el tamaño de hematomas intracraneales y para la planificación de radioterapia. Actualmente el cálculo de volumen solo se puede realizar en Cuba en las estaciones de trabajo de los equipos modernos de tomografía y Planificación de Radioterapia, lo que provoca problemas de accesibilidad, estando solamente presentes en un grupo reducido de hospitales de cabecera. El visor de imágenes médicas del sistema XAVIA PACS, desarrollado en Cuba por el Centro de Informática Médica (CESIM) de la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI), no cuenta con una funcionalidad que permita realizar el cálculo de volumen. Es por ello que el objetivo de la investigación es desarrollar un componente informático para el cálculo de volumen en imágenes de tomografía axial computarizada, que permita extender su uso en las estaciones de trabajo de los especialistas médicos. En este trabajo, además del componente informático desarrollado, se presenta un algoritmo para el cálculo de volumen en imágenes de tomografía axial computarizada. Este componente será integrado al visor de imágenes médicas digitales XAVIA PACSViewer, el que se encuentra desplegado en más de 12 hospitales cubanos.

**Palabras clave:** cálculo de volumen, componente informático, PACS, tomografía axial computarizada.

## I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años la tecnología ha tenido un avance circunstancial en todas las esferas de la sociedad. Una de estas esferas es la medicina, donde los médicos han podido diagnosticar a los pacientes mediante dispositivos de exploración radiológica, tales como la Tomografía Axial Computarizada (CT, por sus siglas en inglés), obteniendo imágenes de zonas pertenecientes al interior del cuerpo del paciente de forma menos invasiva a las tradicionales, con importante información clínica. (1)

La tomografía computarizada fue descrita y puesta en práctica por Godfrey Hounsfield en 1972. La CT es la base del diagnóstico por imágenes de muchos sistemas, incluidos los pulmones, el abdomen y la columna vertebral; conservando un papel dominante en el diagnóstico de afecciones neurológicas, así como en la detección temprana de varios tipos de cáncer. La capacidad de las imágenes de CT de brindar información clave tanto sobre el diagnóstico como sobre la estructura anatómica permite a los cirujanos planear las operaciones con mayor precisión y anticiparse a las limitaciones y complicaciones con las que se podrían encontrar. (2)

Para un mejor diagnóstico mediante imágenes CT el especialista suele auxiliarse de valores de densidad, longitud, área y volumen; estos valores le permiten conocer con precisión exacta el tamaño y ubicación de lesiones o regiones de interés. Específicamente el volumen es utilizado, entre otras funciones, para conocer el tamaño de hematomas intracraneales y para la planificación de radioterapia, donde es necesario conocer el volumen de la región a tratar y de sus órganos adyacentes para minimizar la dosis a los órganos sensibles, maximizando la dosis al tumor. (3)

El cálculo de volumen solo se puede realizar en Cuba en las estaciones de trabajo de los equipos modernos de tomografía y planificación de radioterapia, lo que provoca problemas de accesibilidad, estando solamente presentes en un grupo reducido de hospitales de cabecera. El software que poseen estos equipos para el análisis de las imágenes viene integrado al sistema, por lo que no es posible acceder a su código fuente, documentación o replicación. Los visores de imágenes médicas convencionales más usados en las instituciones cubanas carecen de un componente para el cálculo de volumen de cuerpos irregulares, para ello los radiólogos aproximan el cálculo de volumen utilizando fórmulas de cuerpos geométricos conocidos como la esfera y el elipsoide.

En el Centro de Informática Médica (CESIM) de la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI) se desarrolló un sistema informático para la visualización, almacenamiento y transmisión de imágenes médicas (PACS, por sus siglas en inglés), registrado bajo el nombre XAVIA PACS, el cual implementa el estándar establecido para el manejo de imágenes digitales en medicina: DICOM (*Digital Imaging and Communication in Medicine*) (4). Su desarrollo inicial tuvo un propósito general, para poder procesar a un nivel básico las imágenes médicas de varias modalidades.

Actualmente, se han ido integrando al mismo en forma de complementos, varios componentes para el procesamiento específico de algunos datos en diferentes modalidades de imágenes, pero no cuenta con una funcionalidad que permita realizar el cálculo de volumen. Este trabajo tiene como objetivo general desarrollar un componente informático para el cálculo de volumen en imágenes de tomografía axial computarizada, que permita extender su uso en las estaciones de trabajo de los especialistas médicos, el cual será integrado al sistema XAVIA PACSViewer.

## II. MÉTODO

La investigación es de tipo observacional descriptiva en organizaciones e instituciones de salud. El Hospital Clínico-Quirúrgico “Hermanos Ameijeiras” y la Clínica 43 del MININT fueron utilizadas como escenario de aplicación, para la realización de las pruebas funcionales al componente informático desarrollado. Para ello se incorporó el componente desarrollado al sistema XAVIA PACS, en uso por ambas instituciones desde el 2007 y 2013, respectivamente. El periodo de prueba estuvo comprendido entre noviembre de 2016 y diciembre de 2017.

Los métodos utilizados durante el desarrollo y prueba del componente, son descritos a continuación:

Como métodos científicos se utilizó:

- La entrevista: Mediante su aplicación al personal asistencial se obtuvo toda la información necesaria para un correcto desarrollo del algoritmo y componente, a partir de las características de este tipo de cálculo y su utilización en la medicina. Se tuvo en cuenta los referentes teóricos, tendencias y buenas prácticas utilizadas a nivel internacional. Se utilizó para ello una guía de desarrollo.
- La encuesta: Mediante su aplicación al personal asistencial de mayor experiencia y conocimiento en las instituciones, se obtuvo criterios de gran importancia, que constituyen los constructos y bases del algoritmo y componente a desarrollar. Además, se tuvieron en cuenta los criterios dados para una mejor usabilidad y experiencia de usuario por parte de técnicos, radiólogos y demás especialistas que hacen uso de la funcionalidad para el cálculo de volumen en imágenes de tomografía axial computarizada.
- El análisis documental: Se empleó para el estudio de los referentes teóricos de la investigación, para determinar las principales fórmulas matemáticas utilizadas para el cálculo de volumen, sus características y ventajas. Además, se empleó este método para analizar otros sistemas PACS que implementan cálculo de regiones de interés como áreas, perímetros y volumen, su representación y opciones de visualización. Se realizó consulta de libros y de artículos científicos digitales, preferentemente de los últimos cinco años.
- Herramientas y tecnologías: Para el desarrollo del sistema propuesto se empleó como patrón arquitectónico Modelo-Vista-Controlador (MVC), como ambiente de desarrollo integrado se utilizó Visual Studio 2015 y como lenguaje de programación C#. El gestor de base de datos utilizado es PostgreSQL en su versión 9.4 y como cliente gráfico para la administración de las bases de datos se empleó pgAdmin en su versión 1.2.

Ética: la investigación es de conocimiento de la Universidad de las Ciencias Informáticas, el Hospital Clínico-Quirúrgico “Hermanos Ameijeiras” y la Clínica 43 del MININT, si bien mejora las funcionalidades del sistema XAVIA PACS, a ser utilizado en las instituciones y organizaciones de salud. Resultó de vital importancia el intercambio con los especialistas de la salud, los cuales cooperaron en todo momento para que los aspectos medulares de la investigación fueran recogidos.

## III. RESULTADOS

Para la implementación del algoritmo para el cálculo de volumen se realizó un estudio de los métodos matemáticos para el cálculo de volumen de cuerpos irregulares. Un método que permite estimar volúmenes a partir de imágenes es el basado en el principio de *Cavalieri*, que consiste básicamente en la determinación del área aproximada en una imagen de CT, para luego relacionarla con el grosor del corte y así obtener un volumen de dicho corte.

El principio de *Cavalieri* (5) permite calcular el volumen de cualquier estructura de forma irregular, seccionada de manera sistemática, si se conocen los valores del área que ocupa cada corte y el grosor de ellos, dado por la fórmula:

$$\text{Volumen cuerpo} = \sum \text{Volumen de los segmentos del cuerpo}$$

El método para el cálculo de volumen consta de dos fases, primeramente, se procede al segmentado o delimitación de los contornos de la región de interés en cada una de las imágenes donde esta aparece. Luego se procede al cálculo de volumen de cada una de las secciones. El volumen de cada segmento se calcula mediante la fórmula:  $V = A * H$ , donde A es el área de la región y H el grosor del corte, este valor se obtiene de la metadata de la imagen en formato DICOM.

El área de cada sección se calcula por la fórmula del área de un polígono dada las coordenadas de los puntos de sus vértices  $(x_1, y_1)(x_2, y_2) \dots (x_n, y_n)$ . (6)

$$A(S) = \frac{1}{2} * \left[ \left[ \sum_{i=1}^{i=n-1} (x_i * y_{i+1} - y_i * x_{i+1}) \right] + (x_n * y_1 - y_n * x_1) \right]$$

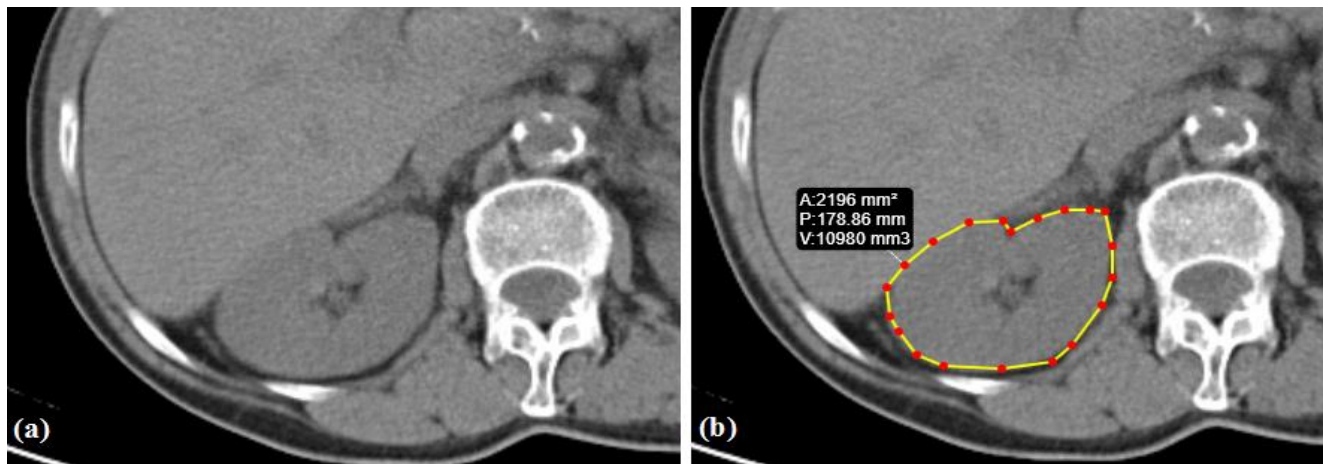
Luego el volumen total de la región de interés se calcula por la fórmula:

$$V = \sum_{i=1}^{i=n} A(S_i) * H$$

Siendo  $A(S)$  el área de cada sección y H el grosor del corte.

### Algoritmo implementado en el componente informático

Una vez cargado el estudio de tomografía por el especialista o radiólogo en el visor de imágenes médicas se procede a la localización de la lesión, órgano o región de interés de la cual se quiere conocer el volumen, ver figura 1, inciso (a). En cada imagen de la serie el especialista delimita punto a punto los bordes de la región de interés. Al concluir este proceso se le muestran los valores de área, perímetro y volumen parcial del corte, ver figura 1, inciso (b).



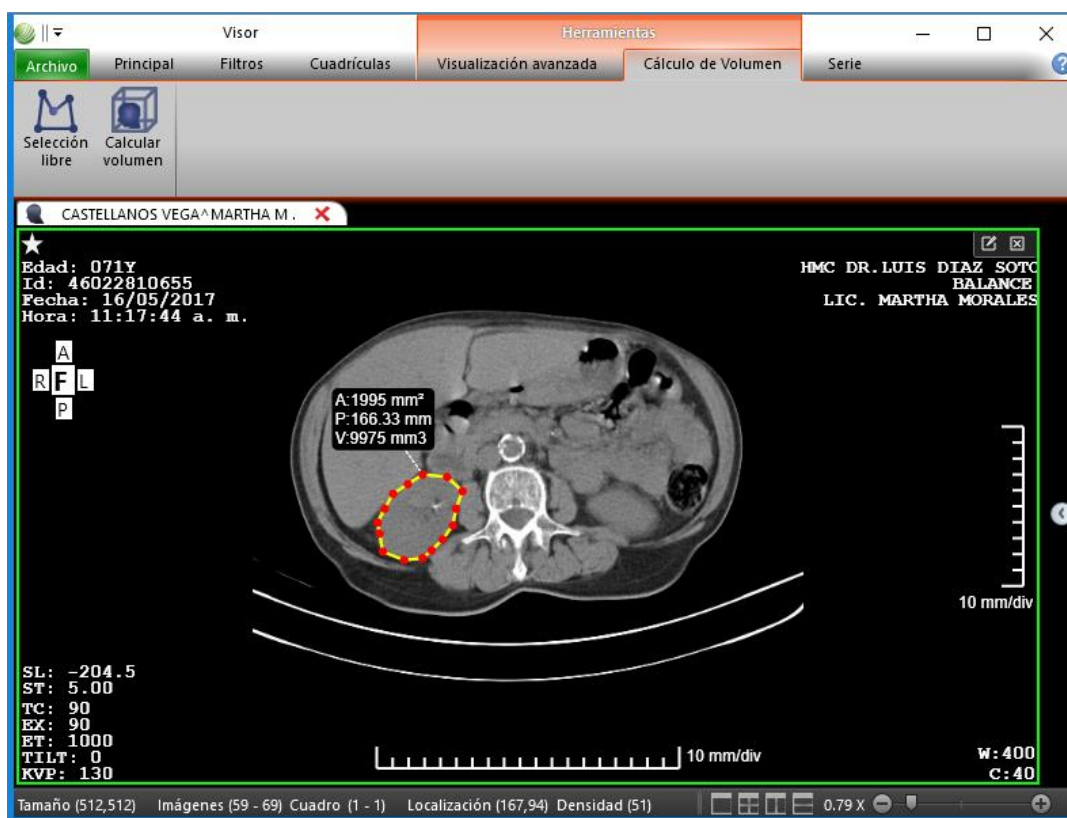
**Figura 1.** Imagen de tomografía axial computarizada. Inciso (a) Corte inicial con región de interés. Inciso (b) Selección de la región de interés. Fuente elaboración propia.

En el proceso de delimitación, el especialista puede saltarse cortes donde considere que la región no sufre cambios significativos. El área de estas regiones se aproxima promediando la del corte anterior y posterior más cercano, ver Tabla 1.

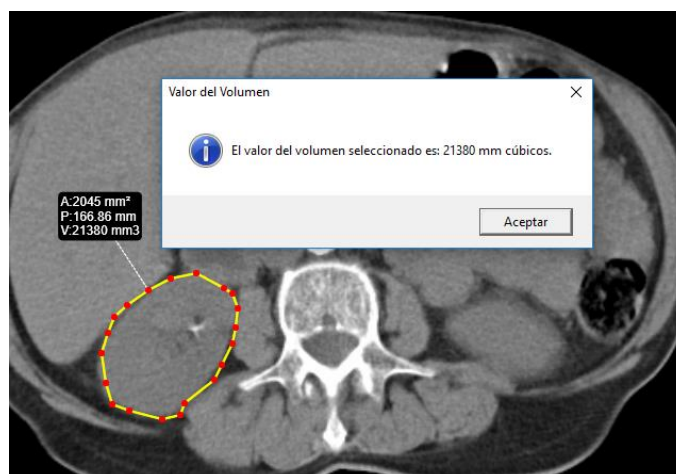
**Tabla 1.** Algoritmo implementado para el cálculo de volumen. Fuente: elaboración propia.

Nombre	Cálculo de volumen
Entradas	Serie de imágenes con regiones de interés delimitadas
Salidas	Valor del volumen
Descripción	Permite calcular el volumen de un región a partir de su delimitación en una serie de imágenes de TAC.
INICIO	
1. volumen_total := 0	
2. corte_imagen := -1	
3. area_previa := 0	
4. area_actual := 0	
5. Para cada imagen <i>m</i> de la serie que contiene región delimitada hacer	
5.1. Si $corte\_imagen == -1$ entonces	
5.1.1. $area\_previa := AreaRegión(m)$	
5.1.2. $corte\_imagen := NúmeroDeCorte(m)$ sino	
5.1.3. $area\_actual := AreaRegión(m)$	
5.1.4. $corte\_actual := NúmeroDeCorte(m)$	
5.1.5. $volumen\_total := volumen\_total +$ $((area\_actual + area\_previa) / 2) * (corte\_actual - corte\_previo - 1) * grosor\_corte$	
5.1.6. $area\_previa := corte\_actual$	
5.1.7. $corte\_imagen := corte\_actual$	
5.2. Fin si	
5.3. $volumen\_total := volumen\_total + area\_previa * grosor\_corte$	
6. Fin hacer	
7. Retornar volumen_total	
FIN	

El componente implementado cuenta con dos funcionalidades para su uso por el especialista médico, ver figura 2. La funcionalidad *selección libre* permite delimitar la región de interés sobre la imagen mediante puntos. La opción *calcular volumen* muestra una ventana con el resultado del volumen del cuerpo formado por las regiones marcadas, ver figura 3.



**Figura 2.** Vista del componente integrado al sistema XAVIA PACSViewer. Fuente: elaboración propia.

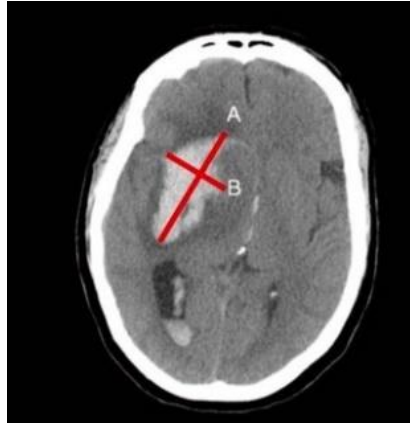


**Figura 3.** Resultado de la visualización. Fuente: elaboración propia.

Los valores obtenidos con el componente implementado permiten obtener de manera más aproximada el volumen de regiones de interés, sin importar la estructura que tengan estas. Unos de los métodos con los que tradicionalmente se calcula el volumen es el de la fórmula:

$$V = \frac{A \cdot B \cdot C}{2}$$

Donde A y B representan los mayores diámetros de la región y C el grosor del corte multiplicado cantidad de cortes donde está presente (7), ver figura 4.



**Figura 4.** Método para el cálculo de volumen  $ABC/2$ . Fuente: (James M. Gebel, 1998).

En la siguiente tabla se muestran algunas ventajas del método implementado con respecto al conocido como  $ABC/2$ .

**Tabla 2.** Comparación entre el método implementado y  $ABC/2$ .

	<b>Método implementado</b>	<b>Método <math>ABC/2</math></b>
<b>Tipo de estructura a aplicar</b>	Cualquiera	Hematomas intracraneales y tumores.
<b>Exactitud del valor volumen</b>	Depende de la correcta delimitación de los cortes.	No se ajusta al valor real en cuerpos irregulares.
<b>Cortes a analizar en el estudio</b>	Varios cortes	Un corte (el de mayor visibilidad de la región)

#### IV. CONCLUSIONES

El análisis de las tendencias actuales y métodos matemáticos utilizados para el cálculo de volumen, permitió seleccionar el método basado en el principio de Cavalieri como base para la investigación, ya que con él se puede calcular el volumen de cualquier estructura de forma irregular, seleccionada de manera sistemática. Ello posibilita la obtención de resultados satisfactorios en el dominio de aplicación.

El algoritmo implementado para el cálculo de volumen de una región, a partir de su delimitación en una serie de imágenes de TAC, presenta ventajas que facilitan su utilización por la comunidad médica. Además, puede ser aplicado a cualquier estructura y la exactitud de su valor depende de la correcta delimitación de los cortes.

La integración de este componente al visor de imágenes médicas XAVIA PACSViewer permitirá a los técnicos, radiólogos y especialistas médicos, contar con nueva información sobre volumen de regiones de interés en imágenes de tomografía, mejorando el diagnóstico sobre los estudios realizados al paciente.

El componente informático desarrollado para el cálculo de volumen en imágenes de tomografía axial computarizada, permitió extender su uso en las estaciones de trabajo de los especialistas médicos.

## REFERENCIAS

1. RadiologyInfo. [en línea] 2018. [Consulta: 13 de enero de 2018] Disponible en: <https://www.radiologyinfo.org/sp/submenu.cfm?pg=ctscan>
2. Sanmiguel, R. E. Radiología: un siglo de desarrollo. [en línea] 2007. [Consulta: 13 de enero de 2018] Disponible en: [http://www.cinvestav.mx/Portals/0/SiteDocs/Sec\\_Difusion/RevistaCinvestav/enero-marzo2007/radiologia.pdf](http://www.cinvestav.mx/Portals/0/SiteDocs/Sec_Difusion/RevistaCinvestav/enero-marzo2007/radiologia.pdf)
3. Delgado Gutiérrez Dénise, G. M. Valor predicativo del comando volumen en la hemorragia intraparenquimatosas por hipertensión arterial. Rev Cub Med Mil [en línea] 2003. [Consulta: 14 de enero de 2018]; 32(4). Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0138-65572003000400007](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0138-65572003000400007)
4. DICOM Standard. [en línea] 2018. [Consulta: 12 de enero de 2018] Disponible en: <https://www.dicomstandard.org/about/>
5. Coronado, C. Estimación del volumen orbitario mediante imágenes de TAC y el principio de Cavalieri. Revista Chilena de Radiología [en línea] 2010. [Consulta: 14 de enero de 2018]; 16(2), 59-63. Disponible en: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-93082010000200004](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-93082010000200004)
6. Arteaga, F. Cálculo del área de un polígono simple. [en línea] 2012. [Consulta: 13 enero de 2018]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/292075920\\_Calculo\\_del\\_area\\_de\\_un\\_poligono\\_simple](https://www.researchgate.net/publication/292075920_Calculo_del_area_de_un_poligono_simple)
7. James M. Gebel, C. A. (1 de septiembre de 1998). Comparison of the ABC/2 Estimation Technique to Computer-Assisted Volumetric Analysis of Intraparenchymal and Subdural Hematomas Complicating the GUSTO-1 Trial. Stroke. [en línea] 1 de septiembre de 1998. [Consulta: 13 de enero de 2018] Disponible en: <http://stroke.ahajournals.org/content/29/9/1799.short>