



Desarrollo de un Visor de Archivos DICOM: Transformando la Enseñanza en la Carrera de Tecnologías de la Información

Noé Toledo González

Universidad Tecnológica de Matamoros, Tamaulipas, México.

ORCID: 0000-0003-0034-8376

Maira Selene Ríos Gomez

Universidad Tecnológica de Matamoros, Tamaulipas, México.

ORCID: 0009-0001-0896-4061

Lidia Elena Requena Hernández

Universidad Tecnológica de Matamoros, Tamaulipas, México.

ORCID: 0000-0003-4314-2335

Hugo Alberto Solís Martínez

Universidad Tecnológica de Matamoros, Tamaulipas, México.

ORCID: 0000-0002-8030-966X

Luisa Mariana López Olvera

Instituto Mexicano del Seguro Social, Tamaulipas, México.

ORCID: 0009-0001-9113-9862

Recepción: 26 de septiembre de 2024.

Aceptación: 6 de noviembre de 2024.

Diciembre 2024 • número de revista 11 • <https://doi.org/10.22201/dgtic.26832968e.2024.11.36>

Desarrollo de un Visor de Archivos DICOM: Transformando la Enseñanza en la Carrera de Tecnologías de la Información

Resumen

Dentro del marco de la digitalización y la incorporación de tecnologías avanzadas en las Instituciones de Educación Superior (IES), las ciencias de la computación juegan un papel fundamental en la formación de profesionales en carreras como Tecnologías de la Información. Una de las áreas críticas, en la cual el manejo de datos y la tecnología convergen, es el tratamiento de imágenes médicas, particularmente en el formato DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine), esencial para el diagnóstico y la investigación en el sector salud.

Este artículo presenta el desarrollo de un visor de archivos DICOM, un proyecto diseñado para apoyar a los estudiantes de la carrera de Tecnologías de la Información en el manejo y procesamiento de estos archivos. El visor, cuyo desarrollo contó con el apoyo de la Unidad Médica Diagnóstica 24 horas en Matamoros, Tamaulipas, fue ideado como una herramienta educativa funcional a implementar. Su objetivo es proporcionar a los estudiantes una experiencia práctica en el tratamiento de imágenes médicas, integrando conocimientos tecnológicos con aplicaciones en el ámbito clínico y de investigación.

Palabras Clave: Información científica, Información y desarrollo, Programa de ordenador, Enseñanza superior, Transferencia de tecnología.

Development of a DICOM File Viewer: Transforming the Teaching in the Information Technology Career

Abstract

Within the framework of digitalization and incorporation of advanced technologies in Higher Education Institutions, computer science plays a fundamental role in the training of professionals in fields such as Information Technology. One of the critical areas in which data management and technology converge is in the processing of medical images, particularly in the DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) format, which is essential for diagnosis and research in the healthcare sector.

This article presents the development of a DICOM file viewer, a project designed to support Information Technology students in managing and processing these files. The viewer, whose development had the support of the 24-hour Diagnostic Medical Unit in Matamoros, Tamaulipas, was conceived as a functional educational tool to be implemented. Its objective is to provide students with practical experience in medical image processing, integrating technological knowledge with applications in the clinical and research field.

Keywords: *Scientific information, Information and development, Computer program, Higher education, Technology transfer.*

Introducción

En las últimas décadas, la rápida evolución de las tecnologías digitales ha transformado profundamente el entorno académico y científico en las Instituciones de Educación Superior (IES). En particular, las carreras relacionadas con Tecnologías de la Información han experimentado una creciente demanda de conocimientos técnicos que les permitan a los estudiantes adaptarse a un mundo, donde la digitalización y el procesamiento de datos son esenciales en casi todos los campos, incluyendo la salud. La capacidad de manejar grandes

volúmenes de datos, analizar información compleja y aplicar tecnologías avanzadas es cada vez más relevante para preparar a los futuros profesionales para los retos del siglo XXI [1].

En este contexto, el formato DICOM (*Digital Imaging and Communications in Medicine*), representa un estándar internacional que define el almacenamiento de imágenes médicas y un protocolo para permitir y facilitar la comunicación de datos entre sistemas [2]. Éste se ha convertido en un estándar multidisciplinario al utilizarse en diversas disciplinas médicas como la radiología, la cardiología y la oncología [3]. Sin embargo, el acceso a este tipo de software como herramienta especializada en el entorno académico es una limitación, ya que los impedimentos financieros y la falta de conocimientos de desarrollo pueden dificultar que los estudiantes cumplan con los requisitos de sus programas académicos [4].

De igual manera, a causa de la creciente complejidad de estos estándares, ha surgido la necesidad de herramientas que puedan manipular y almacenar información DICOM. Estas imágenes generadas requieren del desarrollo de sistemas avanzados para su almacenamiento, procesamiento y visualización [5], lo cual representa un desafío para la formación de estudiantes en disciplinas como Tecnologías de la Información, quienes necesitan familiarizarse con este tipo de datos para poder desarrollar soluciones tecnológicas aplicables al sector de la salud [6].

Este artículo presenta el desarrollo de un visor de archivos DICOM, un proyecto educativo orientado a ofrecer a los estudiantes de la carrera de Tecnologías de la Información una experiencia práctica en la gestión y análisis de imágenes médicas. El objetivo principal del proyecto es proporcionar una herramienta funcional e implementada que permita a los estudiantes trabajar con archivos DICOM en un entorno real, desarrollando así las habilidades necesarias para integrar la tecnología en el sector salud.

El Impacto del aprendizaje basado en problemas se ha visto notablemente fortalecido con el desarrollo de las tecnologías digitales [7], al permitir que los estudiantes interactúen con datos reales y se fomenten tanto el pensamiento crítico como las habilidades de resolución de problemas [8], esenciales para preparar a los futuros profesionales. Para lograr esto, el visor fue desarrollado en colaboración con la Unidad Médica Diagnóstica 24 horas en Matamoros, Tamaulipas, donde se realizaron pruebas para garantizar su funcionalidad y aplicabilidad en un entorno clínico.

El desarrollo del visor DICOM también pone de manifiesto la importancia de la colaboración entre las instituciones educativas y el sector salud. A medida que las IES continúan adoptando tecnologías avanzadas, proyectos como éste son fundamentales para garantizar que los estudiantes adquieran las competencias necesarias para sobresalir en un mundo donde la intersección entre la tecnología y la salud es cada vez más relevante [9].

Desarrollo

El visor de archivos DICOM ha sido desarrollado con un propósito exclusivamente educativo, orientado a facilitar el aprendizaje de estudiantes en el manejo y comprensión de la estructura de archivos DICOM. Esta herramienta permite explorar las funcionalidades básicas de un visor de imágenes médicas sin pretender ser un recurso para diagnósticos clínicos o análisis médico profesional. Con este objetivo, el *software* no sustituye ni compete con aplicaciones certificadas en el ámbito de la salud; su uso está limitado al contexto académico y formativo, asegurando que su enfoque se mantenga en el desarrollo de habilidades prácticas para los estudiantes.

El proyecto se dividió en varias etapas que incluyen el análisis de requerimientos, diseño de la arquitectura del sistema, desarrollo de las funcionalidades principales, desarrollo de un modelo matemático para la evaluación del rendimiento, pruebas en entornos clínicos, comparación con otros visores DICOM y evaluación de resultados.

1. Análisis de Requerimientos.

El primer paso en el desarrollo del visor de archivos DICOM fue el análisis de las necesidades tanto educativas como clínicas. Se identificaron dos principales grupos de usuarios: estudiantes de Tecnologías de la Información y profesionales de la salud. Se establecieron los siguientes requerimientos:

- Visualización de imágenes médicas en formato DICOM.

- Herramientas de manipulación básica de imágenes (zoom, ajuste de brillo/contraste).
- Interfaz gráfica de usuario (GUI, por sus siglas en inglés) intuitiva y de fácil navegación

2. Diseño de la Arquitectura del Sistema.

El diseño de la arquitectura del sistema se enfocó en asegurar un rendimiento óptimo en el manejo de archivos DICOM, manteniendo tanto una alta capacidad de respuesta como escalabilidad. El visor de archivos DICOM está estructurado en tres capas principales:

- Capa de Presentación, que ofrece una interfaz gráfica intuitiva para facilitar la navegación y manipulación de imágenes médicas.
- Capa Lógica de Aplicación, encargada de gestionar el procesamiento de los archivos DICOM.
- Capa de Persistencia, que garantiza el almacenamiento seguro de las imágenes en servidores locales o remotos, asegurando la integridad de los datos.

3. Desarrollo de Funcionalidades Principales

El visor de archivos DICOM fue desarrollado para funcionar en el sistema operativo Windows debido a varios factores que hacen de esta plataforma una elección óptima para el proyecto. En primer lugar, Windows es ampliamente utilizado en entornos educativos y en laboratorios de informática, lo que facilita su integración y accesibilidad para estudiantes y profesores. Además, el lenguaje C#, elegido para el desarrollo del visor, tiene un rendimiento optimizado y una compatibilidad nativa con Windows en sus versiones 8.1, 10 y 11, lo que permite aprovechar al máximo sus bibliotecas avanzadas para el procesamiento de imágenes médicas y facilita la creación de interfaces gráficas eficientes [10].

3.1 Carga y Visualización de Archivos DICOM

El visor de archivos DICOM utiliza la biblioteca fo-dicom, una herramienta en C# para el manejo de archivos DICOM [11]. Esta biblioteca permite la lectura y carga eficiente de imágenes DICOM, lo que facilita la extracción de imágenes y sus metadatos correspondientes. La visualización se realiza mediante un visor incorporado, que permite a los usuarios observar las imágenes en alta resolución.

3.2 Manipulación de Imágenes

El visor de archivos DICOM también permite realizar diversas operaciones sobre las imágenes cargadas. Las funcionalidades clave incluyen:

- Zoom: Permite ampliar o reducir las imágenes para un análisis más detallado.
- Metadatos: Los usuarios pueden visualizar la información general
- Brillo y Contraste: El sistema permite ajustar el brillo y el contraste para mejorar la visibilidad de las características relevantes en la imagen médica.

Del mismo modo, el visor de archivos DICOM integra un procedimiento para almacenar imágenes en formato PNG, lo que permite a los usuarios guardar estudios para su análisis futuro de manera sencilla. Este proceso se ha implementado teniendo en cuenta aspectos de seguridad y privacidad, de modo que las imágenes almacenadas se mantengan protegidas y accesibles únicamente para los usuarios autorizados desde el acceso principal de Windows. Esto asegura que los datos sensibles estén resguardados conforme a las mejores prácticas, promoviendo un entorno seguro para el estudio y la revisión de los archivos DICOM en un contexto educativo.

4. Desarrollo de un modelo matemático para la evaluación del rendimiento.

El modelo matemático permite evaluar el rendimiento del visor de archivos DICOM en función del tiempo de carga de imágenes, tiempo de procesamiento de operaciones, tasa de

transferencia de datos y eficiencia general del sistema. Estos modelos son fundamentales para identificar las capacidades y limitaciones del sistema en un entorno académico y clínico.

$$TC = \frac{S_{img}}{C_{Proc}} + \epsilon$$

Donde

- T_c representa el tiempo de carga de la imagen (en segundos).
- S_{img} es el tamaño de la imagen DICOM (en megabytes).
- C_{Proc} es la capacidad de procesamiento del sistema (en megabytes por segundo).
- ϵ es una constante que representa la latencia del sistema debida a factores externos (en segundos).
- Este modelo permite calcular de manera precisa el tiempo requerido para cargar imágenes de diferentes tamaños, evaluando el impacto de la capacidad de procesamiento del sistema en entornos con imágenes médicas complejas.

El modelo matemático se implementó en un algoritmo, el cual fue codificado en el entorno de programación del visor de archivos DICOM, donde, utilizando la clase Stopwatch en C#, se logró determinar el tiempo transcurrido de ejecución de una manera precisa. (ver Figura 1).

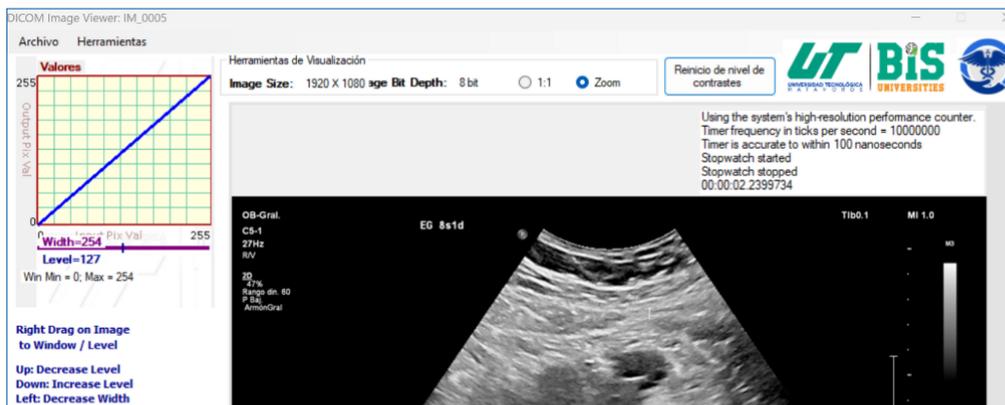


Figura 1. Implementación del modelo matemático a través de un algoritmo para análisis de tiempo en carga de archivos DICOM en el visor, con una imagen de 1920 x 1080 de 8bit y una tamaño de 1.97 MB

Los resultados fueron altamente positivos, donde se analizaron 200 imágenes de diferentes estudios: Rayos X, Ultrasonidos y Resonancias magnéticas con resoluciones de (512 x 512) (1920 x 1080) de 8 y 16 bits, con tamaños variados por la cantidad de información, demostrando que el sistema es capaz de manejar eficientemente los archivos DICOM sin pérdida de calidad ni retrasos significativos en la carga de las imágenes (ver Tabla 1).

Tabla 1. Resultados de las pruebas de rendimiento.

Prueba	Resultado
Tiempo de Carga de un Archivo DICOM (Ultrasonido de 512x512)	2.3 segundos en promedio
Tiempo de Carga de un Archivo DICOM (Rayos x de 1920 x1080)	2.6 segundos en promedio

5. Evaluación del Visor de archivos DICOM en Entornos Clínico y Académico

Una vez desarrollado el sistema, se llevaron a cabo pruebas exhaustivas en la Unidad Médica Diagnóstica 24 horas de Matamoros, Tamaulipas, utilizando estudios de imágenes médicas como rayos X, tomografías y resonancias magnéticas. Estas pruebas tuvieron como objetivo evaluar tanto el rendimiento técnico como la usabilidad del visor en un entorno clínico real.

En el contexto académico, la implementación del visor de archivos DICOM ha tenido un impacto significativo en la formación de los estudiantes de la carrera de Tecnologías de la Información. Este visor se incorporó dentro de un enfoque pedagógico centrado en el aprendizaje práctico y basado en la resolución de problemas, permitiendo a los estudiantes aplicar sus conocimientos tecnológicos en la manipulación de formatos complejos, como DICOM.

Los resultados mostraron una mejora sustancial en la comprensión y manejo del formato DICOM, fortaleciendo habilidades clave como la resolución de problemas, el

pensamiento analítico y la colaboración interdisciplinaria. Además, al exponer a los estudiantes a datos clínicos reales, el visor de archivos DICOM facilitó un aprendizaje más profundo, conectando de manera tangible la teoría con su aplicación en el mundo real. Este proyecto ha sido fundamental en la transformación educativa de la institución, alineándose con los nuevos modelos pedagógicos de las universidades tecnológicas y politécnicas, que promueven la integración de tecnologías avanzadas en los programas educativos de nivel técnico superior universitario y licenciatura.

Esta propuesta sirve como un ejemplo tangible de cómo las tecnologías aplicadas en el sector salud pueden integrarse de manera efectiva en la educación superior, impulsando una transformación institucional que sitúa a los estudiantes en el centro de un proceso educativo innovador y basado en la realidad profesional. (ver Figura 2).

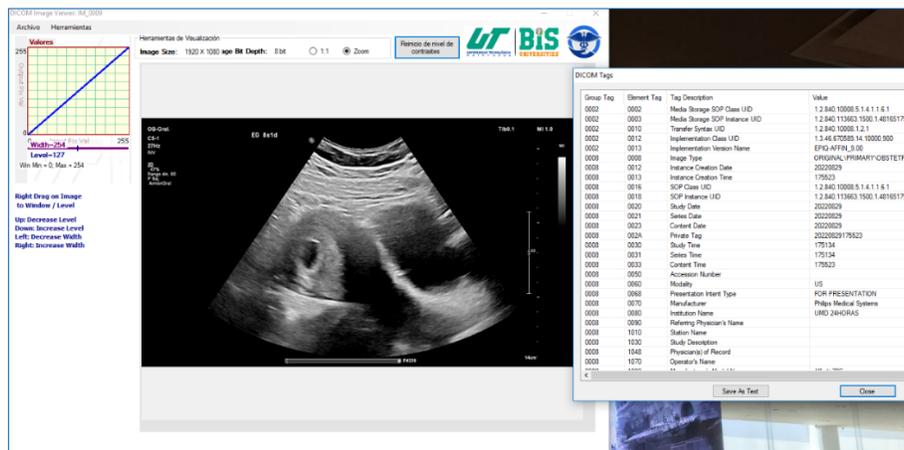


Figura 2. Entorno de trabajo del Visor de archivos DICOM utilizando una radiografía con formato DICOM, visualizando sus respectivos metadatos.

6. Comparación con otros visores DICOM

Finalmente, se comparó el visor desarrollado con otras herramientas disponibles en el mercado. El visor de archivos DICOM destaca en el contexto educativo frente a otros visores comerciales como Centricity DICOM, AGFA y Weasis, al estar diseñado específicamente para

el aprendizaje y práctica de estudiantes en el manejo de imágenes DICOM. Su propósito educativo se refleja en una interfaz sencilla e intuitiva, facilitando su uso sin distracciones. A diferencia de otros visores que requieren licencias, el visor DICOM ofrece una solución accesible y sin costo, ideal para instituciones educativas. Con un tiempo de carga optimizado de 2.3 segundos y un código personalizable, el visor brinda a los estudiantes una herramienta versátil que les permite profundizar en la estructura y el procesamiento de imágenes médicas en un entorno académico.

Conclusión

El desarrollo del visor de archivos DICOM ha demostrado ser un paso significativo en la intersección entre la educación y la tecnología, particularmente en la carrera de Tecnologías de la Información. El visor de archivos DICOM ofrece una variedad de funcionalidades esenciales, como la visualización y manipulación de imágenes médicas. Estas características enriquecen el proceso de aprendizaje, permitiendo a los estudiantes interactuar con datos reales y relevantes. Las pruebas de usabilidad y rendimiento realizadas durante el proyecto han mostrado resultados positivos.

Asimismo, este proyecto resalta la necesidad de fortalecer la colaboración entre las IES y el sector salud. Al trabajar juntos, estas entidades pueden desarrollar soluciones innovadoras que respondan a las demandas del entorno médico actual. Esta colaboración no solo enriquece la experiencia educativa, sino que también promueve una cultura de innovación que puede beneficiar a la comunidad en general. A medida que la tecnología continúa avanzando, es vital que los programas educativos se adapten y evolucionen para incorporar estas innovaciones.

De cara al futuro, hay un amplio margen para la expansión y mejora de este proyecto. Investigaciones adicionales podrían explorar la integración de tecnologías avanzadas, como la inteligencia artificial, para el análisis automatizado de imágenes y el desarrollo de algoritmos que faciliten la identificación de patrones y diagnósticos. Asimismo, se podría considerar la expansión de la herramienta a otros campos de la salud y la inclusión de módulos educativos que aborden temas relacionados con la ética y la privacidad en el

manejo de datos médicos. El visor de archivos DICOM no sólo representa un avance en la enseñanza de Tecnologías de la Información, sino que también tiene el potencial de transformar la forma en que se interactúa con las imágenes médicas en un contexto clínico. Al continuar desarrollando y mejorando estas herramientas, podemos asegurar que los futuros profesionales estén bien equipados para contribuir de manera efectiva y responsable al campo de la salud.

Referencias

- [1] M. Pérez, *BIG DATA-Técnicas, herramientas y aplicaciones*. Mexico: Alfaomega Grupo Editor, 2015.
- [2] M. Larobina, «Thirty years of the DICOM standard.,» in *Tomography*, vol. 9, n° 5, 2023, pp. 1829-1838.
- [3] F.J. Alañón Fernández, M. Alañón Fernández, F. Alañón Cárdenas, B. Marín González, and V. Cueva López, «Mejora de la planificación de las cirugías lagrimales a partir de imágenes tridimensionales con el visualizador DICOM Horos®,» in *Archivos de la Sociedad Española de Oftalmología*, vol. 96, n° 10, pp. 509-514., 2021.
- [4] S. Khritish, *Enhancing Educational Accessibility: A Case Study on Overcoming Software Access Barriers in Database Management Systems Courses*. US: U.S. Department of Education, 2024.
- [5] H. Medellín Castillo, and M. Ochoa Alfaro, «Desarrollo de un sistema de visualización y reconstrucción 3D de modelos anatómicos a partir de imágenes médicas,» *MEMORIAS DEL XVII CONGRESO INTERNACIONAL ANUAL DE LA SOMIM*, p. 173, 2011.
- [6] A. Martínez, *Bases metodológicas para evaluar la viabilidad y el impacto de proyectos de telemedicina*. Madrid: American Health Org, 2001.
- [7] M.I. Quiroz Moreira, «Impacto del Aprendizaje Basado en Proyectos con Tecnología Digitales en el Desarrollo de Habilidades de Pensamiento Crítico en Estudiantes de

Educación Básica.,» in *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, vol. 8, nº 5, pp. 476-498, 2024.

- [8] D. Besa, «Active learning and effective teaching strategies,» *International Journal of Advanced Natural Sciences and Engineering Researches*, vol. 7, nº 4, pp. 136-142, 2023.
- [9] M. E. Morais de Araujo Pinheiro, Artist, *Estudio sobre la importancia comparativa de la marca como un diferencial competitivo en Institución de Educación Superior Privada en la selección de Administración del curso en Brasilia, la capital federal de Brasil*. [Art]. Universidad de Ciencias Empresariales y Sociales, 2014.
- [10] J. Hugon, *C# 7: desarrolle aplicaciones Windows con Visual Studio 2017*. Barcelona: Ediciones Eni, 2018.
- [11] M. Mantri, S. Taran, and G. Sunder, «DICOM integration libraries for medical image interoperability: a technical review,» in *IEEE Reviews in Biomedical Engineering* 15, vol. 15, pp. 247-259, 2020.