

**Reducir el ruido en imágenes de tomografía computarizada: mejorando la calidad a través
del postproceso**

David Santiago Soacha

Ingrid Milena Rodríguez

Miguel Ángel Contreras

Yury Nataly Sánchez

Asesor

Cristian Andrés Marín Mora

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias de la Salud - ECISA

Tecnología en Radiología e Imágenes Diagnósticas

2024

Dedicatoria

A la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), su compromiso con la educación de calidad ha sido un pilar fundamental para aquellos que buscan crecer en el ámbito académico, personal y profesional. La oportunidad de aprender en un ambiente donde el conocimiento es accesible a todos, sin importar las distancias, género o etnia, es un testimonio de la misión de la UNAD de formar profesionales íntegros y comprometidos con el desarrollo de su entorno.

Al tutor, su acompañamiento y orientación han sido fundamentales para el éxito de este proceso, la paciencia, dedicación y claridad con que aborda cada tema son invaluable, y su esfuerzo por guiar el aprendizaje es profundamente apreciado.

A la directora del curso, Edna Rocío Jamaica, su visión y liderazgo han permitido crear un espacio propicio para el aprendizaje significativo. Gracias a su gestión, disposición y evidentes participaciones en foros, webs y guía cada estudiante ha encontrado las herramientas necesarias para avanzar y superarse.

A Milena Rodríguez, Nataly Sánchez, David Soacha y Miguel Contreras su esfuerzo y dedicación han sido una fuente constante de motivación, su profesionalismo y constante lucha por salir adelante y apoyo han enriquecido el proceso educativo, permitiendo que los conocimientos se afiancen y se transformen en habilidades útiles para el futuro.

Gracias a todos por su labor incansable en la formación.

Agradecimientos

Agradecemos a Dios por permitirnos terminar esta etapa de aprendizaje y consolidar lo aprendido en prácticas y otras materias, así como adquirir nuevos conceptos importantes para nuestro desarrollo laboral.

A nuestros familiares y amigos que en cada momento nos apoyaron a pesar de las dificultades que iban surgiendo durante el desarrollo del proyecto, con sus consejos y una voz de aliento, esto permitía que siguiéramos con el propósito firme de terminar a tiempo y con todo lo exigido.

También agradecemos al docente por su asesoría y correcciones para cumplir con éxito la elaboración del proyecto y finalmente a la UNAD por tener como misión un eje de inclusión y permitir la formación de los estudiantes de una manera virtual.

Resumen

El proyecto tiene como objetivo optimizar las técnicas para reducir el ruido en tomografías computarizadas (TC) sin afectar la calidad de la imagen ni aumentar la dosis de radiación al paciente. Para lograrlo, analiza métodos avanzados de postproceso como los filtros bilaterales, filtros kernel, modificación miliamperaje (mA), el uso de redes neuronales convolucionales (RNC) y el eliminador de ruido QuantaStream. Estas técnicas destacan por su capacidad para mejorar la relación señal-ruido y preservar detalles anatómicos críticos en la calidad de la imagen por TC. Se observa la necesidad de corregir artefactos y variaciones en las tomografías, de allí la importancia de la calidad para la interpretación médica y seguridad del paciente, se recomienda variaciones en el mAs y las condiciones de operación para minimizar el ruido del equipo.

Este proyecto demuestra que, mediante técnicas avanzadas de postproceso y tecnología de inteligencia artificial, es posible mejorar la precisión en TC, reducir la exposición innecesaria a radiación y facilitar el proceso de diagnóstico en radiología. Los resultados confirman la eficacia de estos métodos, sugiriendo su implementación en la práctica clínica para mejorar la calidad de las imágenes diagnósticas y la seguridad. Esto se puede comprobar comparando los resultados obtenidos utilizando una combinación de métricas de mejora de imagen e imagen básica. Se dice que estas medidas son importantes para preservar la seguridad y el bienestar de los pacientes, evitando pruebas innecesarias y reduciendo la dosis de radiación.

Palabras Clave: tomografía, postproceso, ruido, imágenes, calidad de imagen

Abstract

The project aims to optimize techniques for reducing noise in computed tomography (CT) scans without affecting image quality or increasing the patient's radiation dose. To achieve this, it analyzes advanced post-processing methods such as bilateral filters, kernel filters, milliampere (mA) modification, the use of convolutional neural networks (CNN), and the QuantaStream noise eliminator. These techniques are notable for their ability to improve the signal-to-noise ratio and preserve critical anatomical details in CT image quality. The need to correct artifacts and variations in the scans is observed, highlighting the importance of quality for medical interpretation and patient safety. Variations in mAs and operating conditions are recommended to minimize equipment noise.

This project demonstrates that through advanced post-processing techniques and artificial intelligence technology, it is possible to improve CT accuracy, reduce unnecessary radiation exposure, and facilitate the diagnostic process in radiology. The results confirm the effectiveness of these methods, suggesting their implementation in clinical practice to enhance the quality of diagnostic images and safety. This can be verified by comparing the results obtained using a combination of image enhancement metrics and basic images. These measures are said to be important for preserving patient safety and well-being, avoiding unnecessary tests, and reducing radiation doses.

Keywords: Tomography, post-processing, noise, images, image quality

Tabla de Contenido

Introducción.....	9
Planteamiento del Problema	11
Justificación	13
Objetivos.....	16
Objetivo General.....	16
Objetivos Específicos.....	16
Marco Teórico.....	17
Metodología.....	33
Resultados.....	38
Conclusiones.....	48
Referencias	50

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Frecuencia de Pico y Cálculo de la Varianza a Través de las Expresiones (6) y (7) para el Espectro de Potencias del Ruido Total Determinado a Partir de Imágenes Adquiridas con Técnica Helicoidal de Pitch 1 y Reconstruidas con Diferentes Filtros..</i>	28
Tabla 2 <i>Área Bajo la Curva ROC y LROC Antes y Después de Aplicar el filtro a las Imágenes.....</i>	40

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Imagen de una TC Cerebral de los Orígenes de la Técnica en una Matriz de 160 x 160 Píxeles (Izquierda), e Imagen de un Plano Similar Obtenida con una TC Actual, en una Matriz de 512 x 512 Píxeles.....</i>	18
Figura 2 <i>Evolución de la Cobertura de los Equipos Multidetector con el Aumento de las Filas Activas Disponibles.....</i>	19
Figura 3 <i>TC de Hígado con Contraste.....</i>	20
Figura 4 <i>Espectro dePotencias del Ruido 2D Total Obtenido a Partir de Imágenes Adquiridas con Técnica Helicoidal de Pitch 1 para Diferentes Filtros de Reconstrucción: FC01, FC03, FC05, FC11, FC13, FC15, FC30 y FC52.....</i>	22
Figura 5 <i>Relación entre MAs y CTDIVOL.....</i>	24
Figura 6 <i>Arquitectura Básica de Aprendizaje Profundo a CNN. FC; Totalmente Conectada. B. Gan. C. Transformador</i>	26
Figura 7 <i>Espectro dePotencias del Ruido 1D Total Asociado al Filtro de Reconstrucción FC03 y sus Componentes Aleatoria y Estructural.....</i>	27
Figura 8 <i>Tomografía Craneo Simple . a) 336 MAs; b) 272 MAs; c) 209 MAs; d) 45MAs.....</i>	29

Introducción

La tomografía computada es una técnica de exploración radiológica, que facilita visualizar las estructuras del organismo humano en diversos planos (axial, coronal, sagital, oblicuo y tridimensional o 3d). Esta técnica de imagen es muy utilizada para diagnosticar fracturas, hematomas, problemas cardíacos, patologías oncológicas etc., ya que ofrece imágenes de alta nitidez que permiten una mejor visualización de las estructuras a estudiar.

En 1972, Sir Godfrey Hounsfield y Allan Cormack crearon el primer tomógrafo, iniciando la historia de esta tecnología. Hounsfield, ingeniero británico, creó una máquina que combinaba rayos X y una computadora para obtener imágenes detalladas del cerebro humano en secciones. Hounsfield y Cormack ganaron el Premio Nobel de Medicina en 1979 por este logro. Desde entonces, la tecnología ha progresado significativamente, ofreciendo imágenes de alta calidad diagnóstica, respetando los principios de protección radiológica al paciente. Esto ha convertido a la tomografía computarizada en una herramienta fundamental en la medicina actual. (Bosch, 2004)

La calidad de las imágenes es crucial en el ámbito radiológico, pues constituye el elemento principal para un diagnóstico adecuado. Es por ello importante identificar que, uno de los problemas más comunes asociado a esta calidad, es el ruido. Este defecto puede presentarse por diversas razones, como la limitación técnica, las interferencias externas y, en especial, por la reducción de dosis.

Dentro del contexto específico de la tomografía computarizada, es de vital importancia reducir la dosis de radiación al paciente sin que se vea afectada la calidad de la imagen médica. Se ha demostrado que las técnicas de postproceso son una técnica factible para mejorar la calidad

de las imágenes capturadas utilizando algoritmos avanzados que filtran y suavizan el ruido sin perder nitidez.

A pesar de los avances en las técnicas de postproceso, la optimización de estas sigue siendo un área de investigación activa. Este estudio se enfocará en explorar y analizar las técnicas y estrategias de reducción de ruido en imágenes de TC, a partir de una búsqueda exhaustiva de información científica actualizada, con el objetivo de contribuir a futuros trabajos e investigaciones.

Planteamiento del Problema

La calidad de la imagen en tomografía computarizada es crucial para un diagnóstico médico riguroso. Uno de los problemas más comunes es el ruido en las imágenes, cuya consecuencia es la afectación tanto en la interpretación como en el diagnóstico. El ruido se asocia a varios factores como las fallas del equipo, limitantes de tipo tecnológico y, en especial, a la disminución de la dosis, lo cual conlleva una reducción perceptible en la calidad visual de la imagen médica.

Así pues, uno de los principales desafíos consiste en equilibrar la reducción de la dosis de radiación y la calidad de imagen. Al reducir la dosis que recibe el paciente, se están minimizando los riesgos asociados a la radiación, sin embargo, existe afectación sustancial en la nitidez y visualización de estructuras, lo que ocasiona pérdida de información de importancia para el proceso de lectura de las imágenes.

Dado que la precisión del diagnóstico es fundamental en el tratamiento de enfermedades complejas como el cáncer, las enfermedades huérfanas y las enfermedades cardiovasculares, es importante encontrar soluciones que mejoren la calidad de la imagen sin comprometer la protección del paciente. En este contexto, existe la necesidad de analizar y optimizar métodos de postproceso para reducir eficazmente el ruido sin perder los detalles anatómicos necesarios para un diagnóstico preciso.

El postproceso digital, que implica mejorar las imágenes computacionales, es una técnica de reducción de ruido ampliamente utilizada. Sin embargo, los métodos actuales enfrentan el desafío de lograr un equilibrio óptimo entre eliminar eficazmente el ruido y preservar detalles importantes. Una mala optimización de estas técnicas puede provocar una corrección excesiva, lo

que resulta en una pérdida de detalles del diagnóstico, o una corrección insuficiente, lo que deja un ruido residual significativo. (Zhou et al., 2021)

Una solución para reducir el ruido en las imágenes de TC es una combinación de técnicas avanzadas de postproceso basadas en inteligencia artificial y métodos tradicionales. Los métodos tradicionales que combinan técnicas de suavizado pueden proporcionar un equilibrio óptimo entre la disminución de ruido y la preservación de los detalles anatómicos. (Chen et al., 2017)

El presente estudio plantea la necesidad de abordar los estudios e investigaciones acerca de técnicas de postproceso que han sido utilizadas para reducir el ruido en imágenes de tomografía de forma eficaz, así, surge como pregunta de investigación ¿Cómo pueden optimizarse las técnicas de postproceso para reducir de manera eficaz el ruido en imágenes de tomografía computarizada, mejorando así la calidad de las imágenes y la precisión diagnóstica?

Justificación

La optimización del postproceso en imágenes diagnósticas, como la tomografía computarizada (TC), es clave para garantizar diagnósticos precisos, ya que el ruido en estas imágenes puede conducir a interpretaciones erróneas. Reducir el ruido sin perder detalles críticos es esencial para mejorar la precisión clínica, evitando la repetición de estudios y reduciendo la exposición a radiación. Las técnicas avanzadas de post proceso, como los algoritmos basados en inteligencia artificial y el filtrado multiescala, han demostrado ser eficaces al equilibrar la calidad de la imagen y la conservación de información diagnóstica relevantes.

La radiología digital permite ajustar los factores de exposición, lo que contribuye al manejo adecuado de las dosis de radiación. Sin embargo, garantizar imágenes de alta calidad sin comprometer la seguridad del paciente requiere considerar límites de dosis absorbida y optimizar los parámetros técnicos. Técnicas como algoritmos basados en inteligencia artificial y filtrado multiescala facilitan el análisis de estructuras anatómicas y funcionales, permite optimizar la calidad de las imágenes manteniendo la integridad de la información diagnóstica. Esta optimización no solo facilita una interpretación más precisa, sino que también disminuye la necesidad de repetir estudios, lo que disminuye costos y exposición innecesaria a radiación.

La relación entre el ruido y la intensidad de la señal es determinante para la calidad de la imagen, ya que imágenes con dosis bajas tienden a presentar mayores niveles de ruido. Esto implica que “los métodos matemáticos e informáticos utilizados en el postproceso deben enfocarse en mejorar parámetros como la resolución espacial y el contraste sin incrementar sustancialmente la dosis de radiación” (Vega et al., 2016).

Para dar solución a este problema, se han establecido métodos matemáticos e informáticos destinados a mejorar la imagen sin llegar a modificar de manera sustancial la dosis de radiación. Estos métodos, estudian, modifican y mejoran los elementos más relacionados con la imagen, como la resolución espacial y la definición del contraste. Hoy es importante tener claro el principio ALARA (tan bajo como sea razonablemente posible) ya que aseguramos reducir al máximo las radiaciones ionizantes sin condicionar la resolución en la imagen y precisión diagnóstica.

Cuando se hace referencia a las imágenes diagnósticas, se identifican medios como la resonancia, la radiología convencional, la tomografía computarizada, entre otros, cuya utilidad varía según lo que el especialista desee en el contexto de la enfermedad del paciente. La tomografía computarizada es de las más solicitadas por los médicos, ya que ofrece facilidades en cuanto a accesibilidad, además de ofrecer imágenes completas y detalladas. En algunos estudios se habla que la TC es el estudio Gold Standard. Un ejemplo de ello es que en el año 2021 Miguel Arribas publicó en el estudio “Sensibilidad y especificidad de la TC de tórax en el diagnóstico de la COVID-19- Dada la escasa sensibilidad en los primeros días de infección por SARS-CoV-2, la TC puede tener un papel relevante y la alta sensibilidad de la TC de tórax en la neumonía por SARS-CoV-2, siendo especialmente útil en estadios más iniciales, aquellos mismos en los que la RT-PCR presenta una menor sensibilidad”. (Arribas, 2021)

Otro caso menciona que:

En la actualidad existe consenso en la literatura en que el tratamiento conservador (TC) es de elección en todos los pacientes con TH con independencia del grado de la lesión y la única excepción la constituyen aquellos pacientes con inestabilidad hemodinámica inicial refractaria al TC. Esta estrategia basada en el TC ha resultado en una reducción

significativa en el número de procedimientos quirúrgicos requeridos y, por lo tanto, en una reducción de la mortalidad (Gander et al., 2016, p. 3).

En el año 2023, Ramírez en su tesis quiso determinar si la tomografía computarizada abdominal es eficaz en el diagnóstico de apendicitis aguda y encontró que:

la tomografía computarizada tiene ventajas tales como su gran exactitud, facilidad de uso, independencia del operador, rentabilidad, mejor evaluación de las complicaciones y capacidad para detectar otras causas de dolor abdominal. En pacientes que presentan dolor abdominal con sospecha de apendicitis aguda, el objetivo final del uso de la tomografía computarizada es tener un diagnóstico rápido y reducir el retraso de la apendicectomía, ya que cualquier retraso aumenta el riesgo de perforación, complicaciones post operatorias o aumento en gastos médicos. (p. 12)

Objetivos

Objetivo General

Identificar las técnicas más eficientes de post proceso para reducción de ruido en tomografía computarizada y su relación con la calidad de la imagen y las bajas dosis de radiación

Objetivos Específicos

Investigar las técnicas actuales de post proceso para la reducción de ruido en imágenes de tomografía computarizada, analizando sus ventajas y limitaciones.

Realizar una revisión extensa de la literatura relacionada con las técnicas de post proceso de imagen en tomografía computarizada

Establecer, a partir de la literatura, los métodos de post proceso más útiles en tomografía computarizada teniendo en cuenta la mejora de la calidad de imagen y la reducción de dosis recibida.

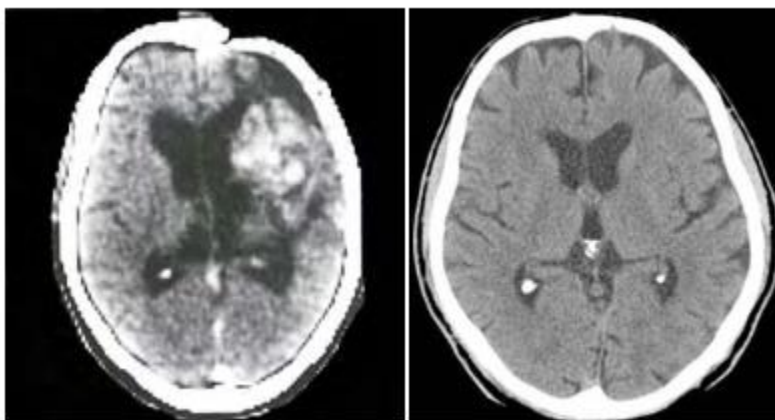
Marco Teórico

La Tomografía Computarizada (TC)

Es un método de exploración radiológica la cual facilita la reconstrucción de estructuras anatómicas a través de diferentes planos, como lo son: coronal, sagital, axial y reconstrucciones tridimensionales (3D), que son altamente efectivos a la hora de diagnosticar patologías, fracturas óseas, hematomas, patologías oncológicas, etc. Empleando radiación ionizante como eje fundamental; su historia empieza con Cormack Allan aproximadamente en el año 1963, quien dio a conocer los resultados de modelos matemáticos y sus investigaciones, para informar como dentro del cuerpo humano actuaban los coeficientes de atenuación de los rayos X, en 1967 Godfrey N. Hounsfield, ingeniero de EMI en Inglaterra tuvo la idea, que tendría la forma, usando varias proyecciones de rayos X de saber el contenido de una caja, y durante los años 1971-1979 va evolucionando las generaciones de los tomógrafos de primera a quinta generación, entre 1987 y 1998 aparecen los TC Helicoidal y Multicorte que al mejorar su método de adquisición y avances tales como la rotación rápida y continua del tubo de rayos X, al igual que la inclusión de un hardware tan veloz que pueda reconstruir imágenes en tiempo real, permitía obtener imágenes con alta resolución espacial y la disminución de artefactos ya que se realizan cortes axiales muy pequeños. (Costa, & Soria, 2015)

Figura 1

Imagen de una TC Cerebral de los Orígenes de la Técnica en una Matriz de 160 X 160 Píxeles (Izquierda), e Imagen de un Plano Similar Obtenida con una TC Actual, en una Matriz de 512 X 512 Píxeles



Nota. La calidad de la imagen ha mejorado considerablemente con los equipos actuales, especialmente en la resolución espacial y la resolución de bajo contraste. Tomado de *Tomografía computarizada. Evolución, principios técnicos y aplicaciones* (p.1). por Calzado & Geleijns, 2010., Revista de Física Médica.

Formas de Adquisición de la Imagen

Hay tres formas en las que se puede adquirir las imágenes en los equipos de tomografía helicoidal.

Localizador

Es una adquisición sin rotación del tubo con baja dosis de radiación que sirve para acotar el estudio que se quiere realizar, se obtiene una imagen en un plano. Es necesario obtener al menos un localizador en cada estudio sobre el cual se delimitará el FOV, el grosor de corte, el pitch, la angulación del haz de rayos X y los demás parámetros. En él debe estar incluida la totalidad del área anatómica a estudiar. (Costa & Soria, 2015, p. 27)

Adquisición Secuencial

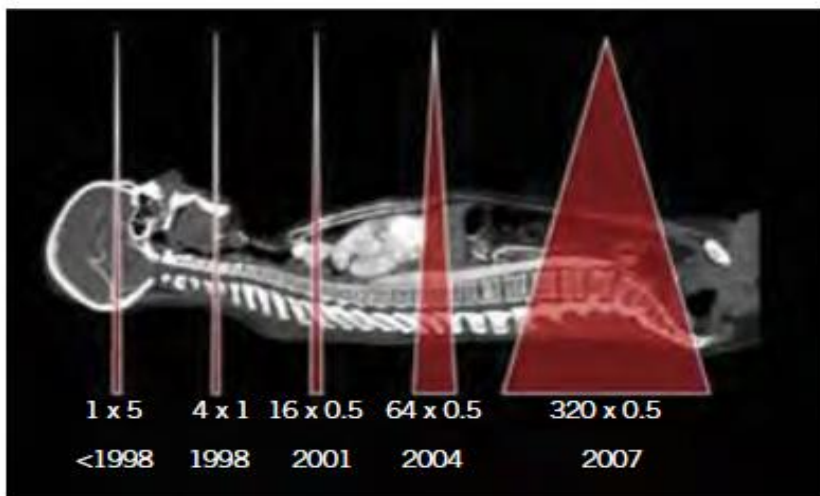
La exposición de radiación, el movimiento de la mesa y la adquisición de los datos se realizan de forma secuencial, es decir de corte a corte. Entre cada corte hay un periodo de tiempo llamado retraso entre corte (ISD, Inter Scan Delay), que el aparato utiliza para la reconstrucción y visualización de la imagen.

Adquisición Helicoidal

La exposición de radiación, el movimiento de la mesa y la adquisición de los datos son realizados continuamente para adquirir un volumen entero. No hay retraso entre corte y corte. (Costa & Soria, 2015, p., 27,28)

Figura 2

Evolución de la Cobertura de los Equipos Multidetector con el Aumento de las Filas Activas Disponibles



Nota. Con la introducción de escáneres multidetector de rotación rápida, se produjo un enorme avance en la tecnología de TC que facilitó la aparición de nuevas aplicaciones clínicas. Tomado de *Tomografía computarizada. Evolución, principios técnicos y aplicaciones* (p.6). por Calzado, & Geleijns, 2010, Revista de Física Médica.

Factores de Calidad de la Imagen

En la calidad de la imagen intervienen varios factores y esta se conoce como la exactitud en que una imagen muestra la región anatómica estudiada.

Resolución Espacial

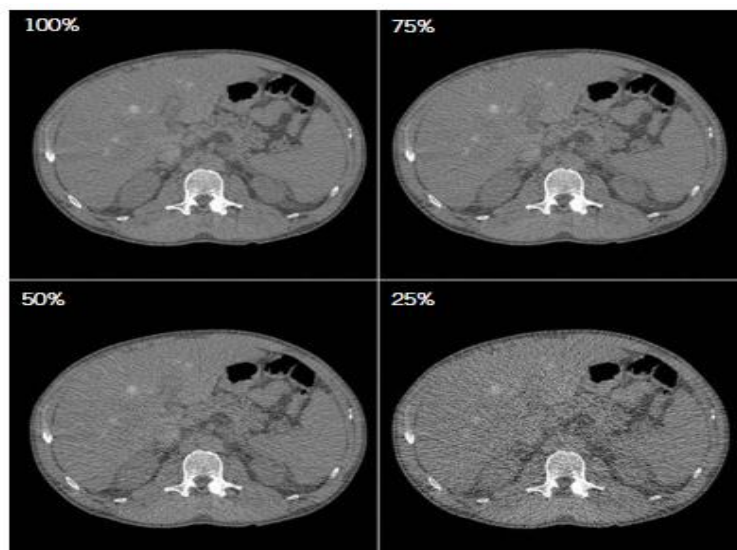
Es la capacidad de todo método de imagen para discriminar imágenes de objetos pequeños muy cercanos entre sí, y es un valor dependiente de píxel y del vóxel. (Costa & Soria, 2015)

Resolución de contraste

Es la capacidad para distinguir estructuras de diferente densidad. Traduce la exactitud de los valores de absorción de los rayos X por el tejido en cada vóxel o píxel. (Costa & Soria, 2015)

Figura 3

TC de Hígado con Contraste



Nota. La imagen del 100% se obtuvo en la adquisición clínica real. Los datos brutos de la adquisición clínica han sido procesados con un algoritmo de simulación de bajas dosis, que les añade ruido para simular la calidad de imagen de las adquisiciones. Se simula, respectivamente, con el 75%, 50% y 25% de la corriente del tubo en la adquisición clínica. Tomado de *Tomografía computarizada. Evolución, principios técnicos y aplicaciones* (p.12) por Calzado & Geleijns, 2010, Revista de Física Médica.

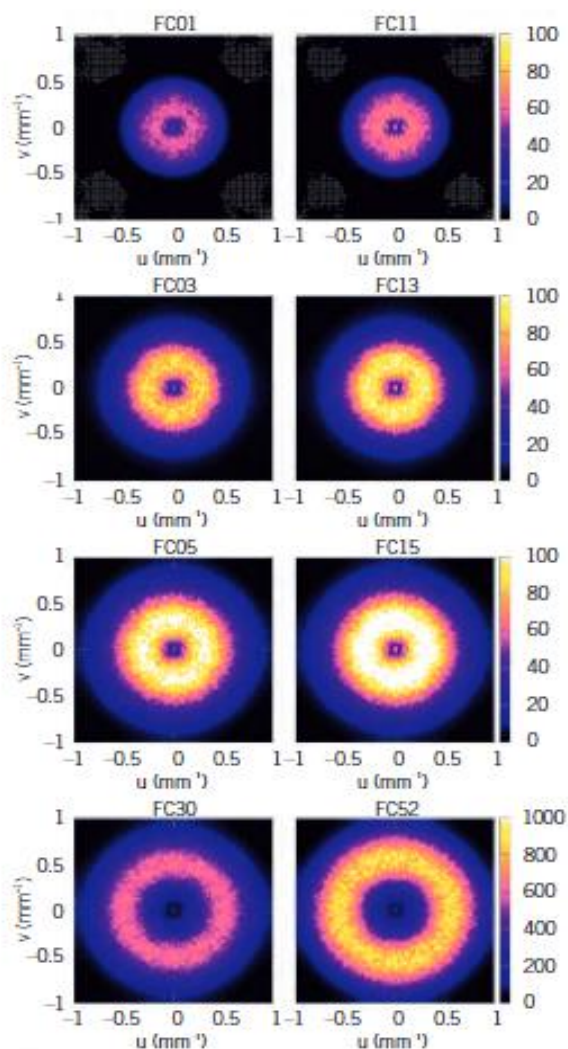
Ruido del Sistema

Es el granulado que existe en la imagen, puede oscurecer y difuminar los bordes de las estructuras, con la consiguiente pérdida de definición. Depende del número de fotones que llegan a los detectores (colimación y mA), ruido inherente al equipo. (Costa & Soria, 2015)

El ruido en las imágenes médicas es un problema persistente y reducir eficazmente el ruido sin afectar la calidad de la imagen y el diagnóstico es esencial para mejorar los resultados clínicos. El ruido en las imágenes de TC puede deberse a muchos factores, incluida la dosis de radiación utilizada, las características del equipo y el estado del paciente, lo que puede afectar a la calidad de estas. Como otro método actual de cómo reducir el ruido y adquirir una buena imagen tomográfica, es volumétricamente, en la cual se requieren segundos para obtener un volumen grueso (>8 ml) con alta resolución.

Figura 4

Espectro de Potencias del Ruido 2D Total Obtenido a Partir de Imágenes Adquiridas con Técnica Helicoidal de Pitch 1 para Diferentes Filtros de Reconstrucción: FC01, FC03, FC05, FC11, FC13, FC15, FC30 y FC52.



Nota. Se muestran los espectros de potencias del ruido, NPS_{total} , en 2D para todos los filtros estudiados. La técnica de adquisición es la misma en todos los casos, helicoidal con valor de pitch 1. Se puede observar que los espectros obtenidos presentan simetría rotacional, sin apreciarse ninguna dirección privilegiada. Tomado de *Medida y análisis del espectro de potencias del ruido en imágenes de tomografía computarizada* (p.5). por Castro P., & Roca, J, 2014, Revista de Física Médica.

El ruido en la TC se debe principalmente a la interacción de varios factores técnicos, incluida la dosis de radiación, el tiempo de adquisición y la sensibilidad del detector (Diwacar y Kumar, 2018). Además, las técnicas de adquisición de datos en paralelo, donde la información se recopila simultáneamente desde diferentes ángulos, esto puede afectar la relación señal-ruido (Cárdenas, 2023).

En entornos clínicos, los niveles elevados de ruido pueden provocar errores de diagnóstico, lo que destaca la importancia de optimizar las técnicas de reducción de ruido. La relación entre ruido y calidad de imagen es inversamente proporcional; Las dosis de radiación más bajas suelen dar lugar a imágenes ruidosas. Sin embargo, “el uso de técnicas avanzadas de eliminación de ruido en el postproceso puede minimizar este impacto sin afectar la precisión del diagnóstico” (Chen et al., 2017).

Estos métodos incluyen algoritmos basados en modelos físicos, técnicas de filtrado de imágenes como se propone en un sistema de TC volumétrico de geometría inversa para adquirir un volumen de 15 ml en una rotación con artefactos de haz cónico, el sistema utiliza una fuente escaneada de área grande y una matriz de detectores más pequeña. Esta nota describe dos investigaciones de viabilidad. La primera examina en los planos transversales y la segunda predice la señal - ruido en comparación con un escáner convencional. La suficiencia de datos y enfoques avanzados de inteligencia artificial (IA), Entre las diferentes técnicas podemos encontrar:

Filtros Bilaterales

Los filtros bilaterales son una técnica popular para la reducción de ruido, ya que permiten suavizar las imágenes mientras preservan los bordes y estructuras anatómicas. Adame & Clemente (2012) analizaron la calidad de las imágenes de TC las cuales fueron procesadas con

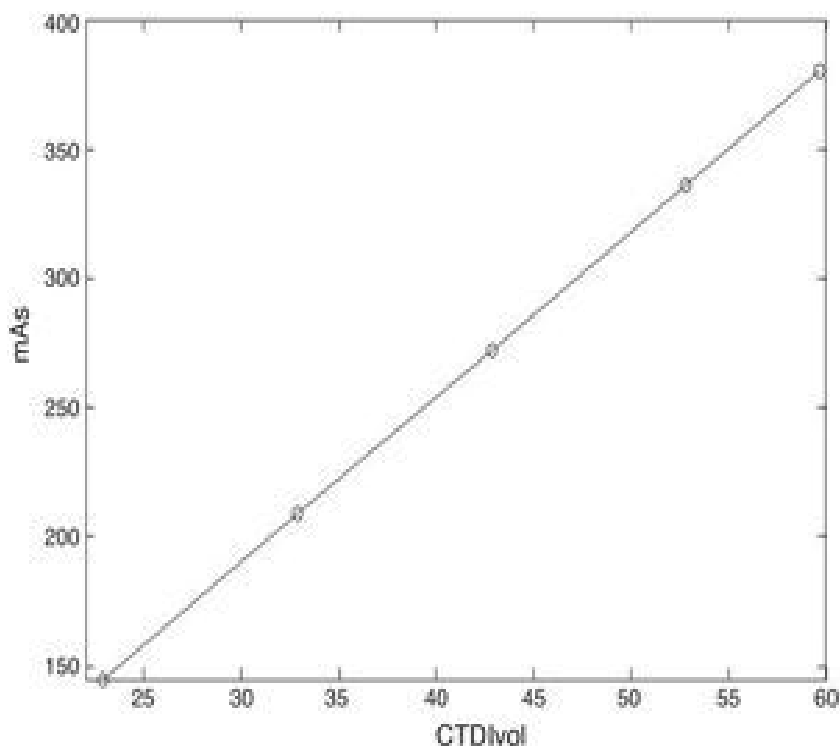
una técnica de filtro bilateral, encontrando que esta técnica mejora significativamente la calidad diagnóstica

Modificación del mA

Estos algoritmos son ampliamente utilizados en la práctica clínica. (Andisco et al., 2010) demostraran que la optimización de los protocolos de TC mediante la variación del mA y la comprobación del ruido en la imagen puede mejorar la calidad de estas.

Figura 5

Relación entre MAs y CTDIVOL



Nota. Los valores de mAs obtenidos para la simulación fueron de 380, 336, 272, 209 y 145, los cuales corresponden a valores de CTDIVOL de 59,66; 52,82; 42,65; 32,88 y 22,90 mGy respectivamente. En la se observa la relación entre estos parámetros. Tomado de *Análisis de la calidad de imagen diagnóstica en tomografía computarizada procesadas con un filtro bilateral* (p.4) por Adame & Clemente, 2012, Imagen Diagnóstica, vol. 3.

Redes Neuronales Convolucionales

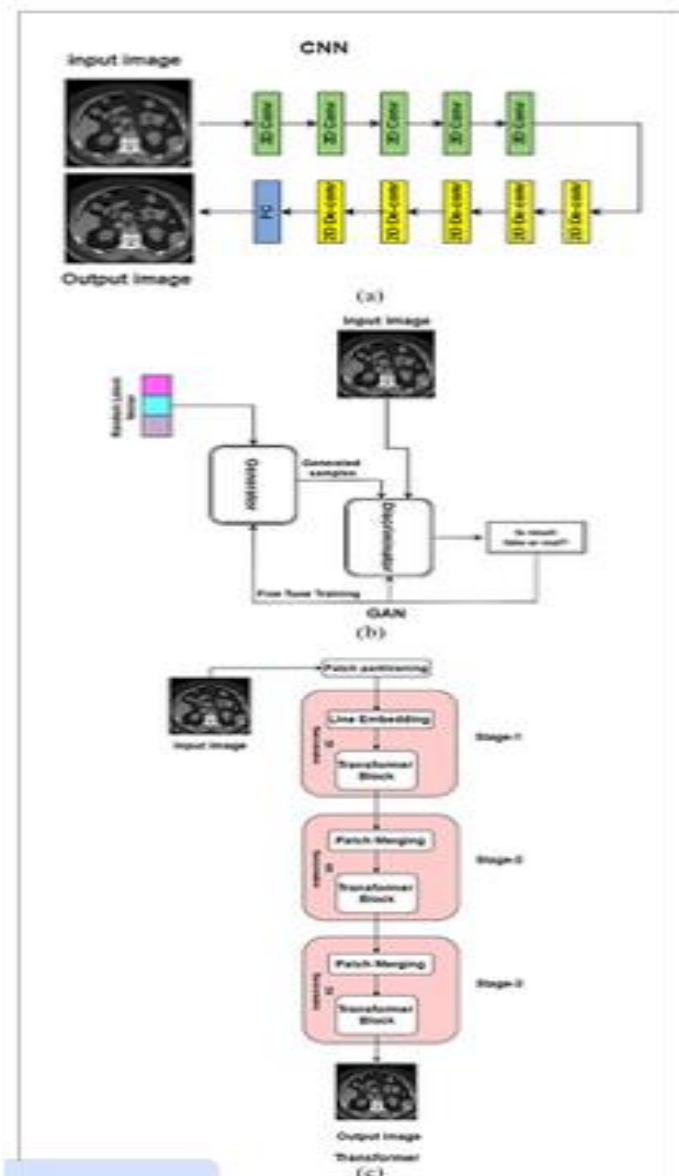
La inteligencia artificial ha dejado al descubierto nuevas posibilidades en la reducción de ruido. Chen et al., (2017) “proponen el uso de una red neuronal convolucional para la TC de baja dosis, logrando una reducción significativa del ruido sin comprometer la calidad de la imagen”.

Varios estudios han arrojado como resultado que el efecto del ruido en la precisión del diagnóstico es parte crucial. Por ejemplo, en el contexto de las tomografías computarizadas de tórax utilizadas para diagnosticar COVID-19, “el hecho de tener ruido puede influir significativamente la sensibilidad y especificidad de las imágenes” (Arribas, 2021).

En este contexto, la optimización de las técnicas de postproceso no solo mejora la calidad de la imagen, sino que también puede afectar directamente la precisión del diagnóstico y, en última instancia, la calidad de la imagen.

Figura 6

Arquitectura Básica de Aprendizaje Profundo a CNN. FC; Totalmente Conectada. B. Gan. C. Transformador



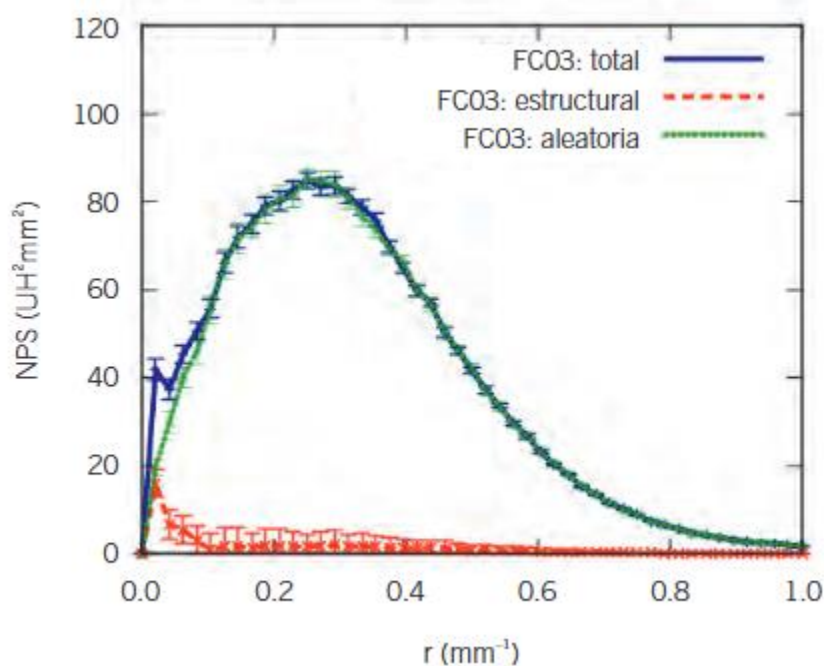
Nota. Arquitectura básica de CNN. Contribución a la disminución del ruido en las imágenes de TC, con la ayuda de la extracción y la finura progresiva en las estructuras anatómicas. Tomado de *Métodos de eliminación de ruido de imágenes de TC para mejorar la calidad de la imagen Mejora y reducción de la dosis de radiación* (p.5) por Sadia et al., 2023, Física Médica.

El Post - Proceso de Imágenes

Se ha convertido en una técnica importante para reducir el ruido y optimizar la precisión del diagnóstico sin aumentar la dosis de radiación, protegiendo así la seguridad del paciente. El concepto de reducción de ruido en imágenes médicas puede abordarse desde muchas perspectivas tecnológicas. En la tomografía computarizada, uno de los principales desafíos es encontrar un equilibrio entre la reducción del ruido, la claridad y la precisión de los detalles en estructuras anatómicas del cuerpo humano.

Figura 7

Espectro de Potencias del Ruido 1D Total Asociado al Filtro de Reconstrucción FC03 y sus Componentes Aleatoria y Estructural



Nota. Para cada espectro de ruido se presentan las barras de incertidumbre que indican el intervalo de confianza del 95%. Tomado de *Medida y análisis del espectro de potencias del ruido en imágenes de tomografía computarizada* (p.6) por Castro & Roca, 2014, Revista de Física Médica.

Tabla 1

Frecuencia de Pico y Cálculo de la Varianza a Través de las Expresiones (6) y (7) para el Espectro de Potencias del Ruido Total Determinado a Partir de Imágenes Adquiridas con Técnica Helicoidal de Pitch 1 y Reconstruidas con Diferentes Filtros

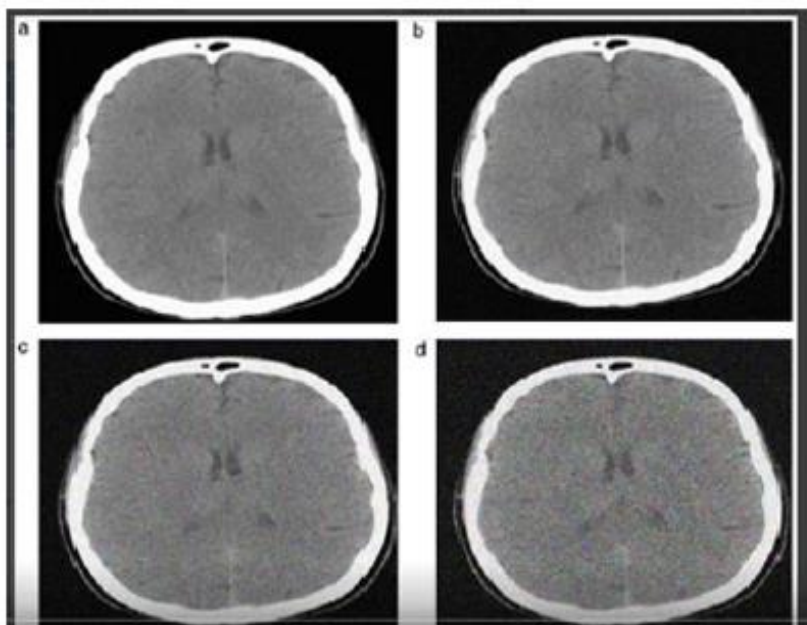
Filtro	Frecuencia pico NPStotal (mm-1)	Integral NPStotal (1D) (ecuación 7) (UH)	Integral NPStotal (2D) (ecuación 6) (UH)	Varianza (UH)
FC01	0.17+/-0.02	35.1 (34.3. 35.9)	34.3 (34.2. 34.4)	34.3 (34.2. 34.5)
FC03	0.25+/-0.02	83.5 (81.8. 85.2)	81.7 (81.4. 81.9)	81.7 (81.5. 82.0)
FC05	0.29+/-0.02	132 (129.134)	129.7 (129.4. 130.1)	129.7 (129.4. 130.1)
FC11	0.17+/-0.02	39.8 (38.9. 40.7)	38.4 (38.2. 38.5)	38.3 (38.2. 38.5)
FC13	0.25+/-0.02	92.1 (90.3. 94.0)	90.1 (89.8. 90.4)	90.1 (89.8. 90.3)
FC15	0.29+/-0.02	145 (143.148)	143.2 (142.8. 143.6)	143.3 (142.9. 143.7)
FC30	0.50+/-0.02	1046 (1029. 1063)	1043 (1040. 1046)	1043 (1040. 1045)
FC52	0.54+/-0.02	1627 (1602. 1653)	1628 (1624. 1633)	1628 (1624. 1632)

Nota Se muestra el valor promedio de las varianzas de las ROI de las imágenes originales para evidenciar el grado de coincidencia con el valor obtenido a partir de las integrales correspondientes. La incertidumbre asignada a la frecuencia de pico se corresponde con la resolución en frecuencia del sistema. Para la varianza y las integrales se aporta el valor promedio y el intervalo de confianza del 95%. Tomado de *Medida y análisis del espectro de potencias del ruido en imágenes de tomografía computarizada* (p.6). por Castro & Roca, 2014, Revista de Física Médica.

Otra técnica importante es la reconstrucción iterativa (técnicas de proceso avanzado en TC, estos métodos no solo mejoran la calidad de las imágenes, sino que también ayudan a reducir la exposición a la radiación al permitir obtener imágenes más claras con menos dosis de radiación.), que ha sido ampliamente utilizada en la práctica clínica. Este enfoque permite optimizar la dosis de radiación al ajustar parámetros como los miliamperios (mA) y el tiempo de adquisición, reduciendo así el nivel de ruido (Andisco et al., 2010). Esta técnica es particularmente efectiva para mejorar la calidad de la imagen en entornos de baja dosis de radiación.

Figura 8

Tomografía Cráneo Simple. a) 336 MAs; b) 272 MAs; c) 209 MAs; d) 145MAs



Nota. Las imágenes originales obtenidas a los niveles de referencia fueron procesadas a través del software Image J 1.43u. Este software modifica las imágenes ya adquiridas agregando el ruido a partir de la desviación estándar para generar las imágenes simuladas a diferentes valores de mAs. Tomado de *Análisis de la calidad de imagen diagnóstica en tomografía computarizada procesadas con un filtro bilateral* (p.4) por Adame & Clemente, 2012, Imagen Diagnóstica, vol. 3.

Para abordar este problema, el postproceso de imágenes ha surgido como una solución crucial. Esta técnica permite reducir el ruido en las imágenes de TC, teniendo un impacto significativo en la práctica clínica diaria sin necesidad de incrementar la dosis de radiación, donde la reducción de la radiación se convierte en una prioridad.

En lugar de ajustar los parámetros de obtención de la imagen en tiempo real, el postproceso interviene después de que se ha generado la imagen, aplicando métodos para eliminar o reducir el ruido, lo que a su vez mejora la claridad y la precisión de la imagen. sin comprometer la seguridad del paciente.

Se pueden adquirir más formas de postproceso tales como:

Reconstrucciones multiplanares MPRS

“Es la reconstrucción básica a través de un reformateo geométrico de un volumen de datos, sirve para ver la anatomía en planos ortogonales (sagital y coronal)” (Azpeitia et al., 2016).

Proyección de máxima intensidad MIP

“Es un tipo específico de reconstrucción tridimensional en la que los vóxeles más brillantes (con números TC más altos) se proyectan en una imagen bidimensional. Esta reconstrucción se utiliza mucho en la angiografía por TC” (Azpeitia, et al., 2016).

Proyección de mínima intensidad mini IP

“Se seleccionan los valores TC más bajos para realzar las estructuras de baja atenuación. Son especialmente útiles para estudiar estructuras con aire en su interior como la tráquea y los bronquios (parénquima pulmonar)” (Azpeitia, et al., 2016).

Reconstrucciones volumétricas o 3D

“Permiten realizar reconstrucciones en tres dimensiones. Se ve una imagen tridimensional que se puede girar para observarla desde cualquier punto de vista de un volumen de datos formado por el apilamiento de las imágenes axiales” (Azpeitia, et al., 2016).

Han surgido diversos enfoques que permiten optimizar este proceso y, con ellos, mejorar la calidad de las imágenes. Estas técnicas varían en complejidad, pero comparten el objetivo común de preservar los detalles anatómicos importantes mientras reducen el ruido, permitiendo una visualización más clara de las estructuras internas.

Un factor esencial en la mejora de las imágenes de TC es la preservación de los bordes anatómicos durante el proceso de reducción de ruido. Los bordes son áreas donde se produce una transición entre diferentes estructuras, como entre órganos o entre tejidos de distintas densidades. En el contexto del TC, preservar estos bordes es esencial para impedir la pérdida de información crítica y analítica que podría comprometer el diagnóstico. Las técnicas avanzadas de postproceso han demostrado ser capaces de suavizar las áreas homogéneas de una imagen, donde el ruido es más prominente, al tiempo que mantienen intactos los bordes de las estructuras anatómicas.

La recopilación de datos simultáneamente desde varios ángulos, aunque ofrece ventajas en términos de velocidad y resolución, “puede aumentar el ruido en la imagen debido a las complejidades en la reconstrucción de los datos” (Cárdenas, 2023). En este sentido, la integración de técnicas de postproceso adecuadas puede corregir estos efectos adversos, mejorando la calidad de la imagen final.

Otro aspecto relevante para considerar en la reducción de ruido es la influencia del estado del paciente durante la adquisición de la imagen. Factores como el movimiento involuntario del paciente, la capacidad para permanecer quieto durante el examen o las condiciones fisiológicas

pueden la calidad de las imágenes de TC. Por ejemplo, pacientes con dificultades respiratorias o con limitaciones para mantenerse inmóviles, las imágenes pueden presentar artefactos adicionales, que se suman al ruido natural de la imagen. En estos casos, las técnicas de postproceso también desempeñan un papel importante, ya que pueden corregir ciertos artefactos y mejorar la visualización de las estructuras afectadas por el movimiento. La reducción del ruido en las imágenes de TC también tiene implicaciones éticas y de salud pública. hoy en día nos surge una serie de preocupación que van en aumento por los efectos acumulativos de la exposición a la radiación ionizante sosteniendo la calidad de la imagen mediante técnicas de postproceso, es fundamental para proteger a estos pacientes de los riesgos asociados con la exposición prolongada a la radiación.

El desarrollo continuo de estas técnicas de reducción de ruido es crucial para el avance de la medicina diagnóstica. A medida que la tecnología sigue evolucionando, se espera que las soluciones de postproceso se vuelvan más sofisticadas, permitiendo la reducción de ruido de manera más eficiente y precisa. En este sentido, la combinación de técnicas de adquisición avanzadas con métodos de postproceso efectivos tiene el potencial de transformar la práctica clínica, brindando a los médicos imágenes más claras y detalladas que mejoren la precisión diagnóstica sin poner en riesgo la salud del paciente ni la integridad del profesional.

Metodología

La metodología propuesta para la investigación sobre Reducir el Ruido en Imágenes de Tomografía Computarizada: Mejorando la Calidad a través del Postproceso, se basa en un enfoque cualitativo basado en análisis de textos y revisión bibliográfica encontradas en revistas indexadas y bases de datos académicas como: Scielo, Elsevier, PubMed, Scopus y Google Scholar, esto con el fin de obtener una interpretación integral de las técnicas de postproceso para la reducción de ruido en imágenes de tomografía computarizada (TC).

Se emplean diversas técnicas de recopilación y análisis de datos para evaluar y optimizar las técnicas de postproceso destinadas a la reducción de ruido en imágenes de tomografía computarizada (TC) preservando los detalles anatómicos del área de estudio.

Tipo de Enfoque

El enfoque de la presente investigación es de tipo cualitativo, en donde se revisan documentos que exponen diferentes técnicas de reducción de ruido en imágenes de tomografía computarizada que permite evaluar ventajas y desventajas de cada una de las diferentes técnicas.

Este enfoque facilita una comprensión integral del problema, abarcando tanto los datos numéricos como la interpretación de estudios teóricos y aplicados.

Se encuentran documentos que combinan la validez estadística con la experiencia práctica, aunque aumenta la complejidad del análisis y la integración de resultados, este enfoque y los textos elegidos permiten no solo evaluar el impacto de las técnicas de manera objetiva, sino también contextualizar su uso en entornos clínicos reales.

Tipo de Investigación

El tipo de investigación es descriptivo y textual, ya que se enfoca en describir las principales técnicas utilizadas para la reducción de ruido en imágenes de tomografía

computarizada. Esta investigación también explora nuevas técnicas que pueden ser implementadas en el postproceso de imágenes.

Justificación del Enfoque

Se justifica el enfoque descriptivo y textual debido a la complejidad inherente a la mejora de imágenes de tomografía computarizada, ya que este problema requiere tanto la interpretación de estudios previos (enfoque cualitativo que exponen algunos autores) como la comparación numérica de las diferentes técnicas disponibles (enfoque cuantitativo el cual corresponde a datos encontrados en las revisiones bibliográficas). El uso combinado de ambos enfoques permite una visión más completa de la efectividad y limitaciones de las técnicas analizadas.

Tipo de Análisis

El tipo de análisis será comparativo y estadístico, ya que se realizará una comparación entre las técnicas actuales de reducción de ruido en imágenes de tomografía. Este análisis permitirá cuantificar la efectividad de cada técnica, utilizando métricas de calidad de imagen como la relación señal-ruido (SNR) y el contraste de resolución.

Proceso de Análisis y Depuración de la Información

La investigación se centrará en revisar de forma minuciosa la literatura que haya evaluado diferentes técnicas de postproceso para determinar cuáles son más efectivas y consistentes con otros métodos diferentes en imágenes computarizadas. Esta optimización podría conducir a un uso generalizado de estas técnicas en la práctica clínica, mejorando así la calidad de la imagen sin aumentar la dosis de radiación del paciente

El enfoque de la presente investigación es textual y descriptivo ya que emplea los buscadores de información previamente mencionados. Como base inicial del proyecto, se

seleccionaron 56 artículos que abordan temas como el ruido, las técnicas de postproceso, la optimización de protocolos, los factores de exposición y la sensibilidad, entre otros.

El proyecto posee una bibliografía suficientemente amplia para abarcar diferentes puntos de vista sobre el tema de investigación, sin embargo, al ir indagando cada uno de ellos se han depurado un poco más de la mitad, esta depuración inicia con la lectura detallada de estos, lo que permite viabilizar cuáles se ajustan al proyecto de investigación y al tema disminución de ruido y técnicas de postproceso. Para esto los artículos fueron explorados y evaluados, revisando la relevancia de las fuentes, priorizando aquellas más actualizadas y confiables ya que las fuentes seleccionadas están alineadas con los objetivos y las preguntas de investigación. Eliminando duplicados y enfocando la búsqueda en información específica y relevante. Así mismo, cabe resaltar que se toma como referencia la fecha de publicación de cada referencia hallada, ya que si posee una fecha reciente puede contener información actualizada. Luego, se organiza los datos en pro de su claridad, precisión y aplicación directa al tema de interés, destacando lo más importante para el desarrollo del trabajo.

Al proyecto aportan significativamente 26 artículos los cuales tienen un impacto significativo para el soporte del proyecto, se asegura de que cada fuente bibliográfica tenga fácil acceso. Estos artículos exponen diferentes técnicas y procesos que permiten observar y comparar cuales son más efectivas para reducir el ruido, y también para preservar detalles anatómicos esenciales. Algunas de esas investigaciones utilizaron imágenes adquiridas con dosis estándar de radiación y aquellas obtenidas con dosis reducidas, detallando el impacto en la calidad diagnóstica del paciente. En conclusión, la bibliografía posee un proceso que asegura su temática en solo fuentes confiables, relevantes y actuales ya que forman parte de la base teórica.

El proceso de análisis y depuración de la información se realizará en varias etapas. Primero, se seleccionarán artículos y estudios relevantes mediante una revisión sistemática de la literatura. Luego, los estudios serán filtrados según criterios de calidad metodológica y pertinencia al tema. Finalmente, se procederá con el análisis de los resultados para identificar las técnicas más efectivas en la reducción de ruido.

Fases de la Investigación

Fase 1. Revisión de la Literatura

Se identificarán y analizarán artículos de estudios previos que abordan la reducción de ruido en imágenes de tomografía.

Fase 2. Análisis Comparativo

Se seleccionarán y evaluarán las principales técnicas de reducción de ruido.

Fase 3. Resultados

Se analizarán las técnicas seleccionadas y se obtendrán los resultados frente a la calidad de estas.

Fase 4. Conclusiones

Basados en la comparación, se identificarán las técnicas más eficaces y se establecerán las recomendaciones pertinentes

Técnica e Instrumentos

Para mejorar la calidad de los estudios de tomografías computarizadas mediante la reducción de ruido, se implementarán técnicas avanzadas de postproceso de imágenes digitales.

Este proceso se basa en el análisis exhaustivo de la información recopilada en estudios previos, empleando artículos relevantes como instrumento principal para la revisión. Las técnicas que se utilizaran incluyen algoritmos de filtrado y métodos de inteligencia artificial, así como el

filtrado multiescala, que permiten una reducción efectiva del ruido y una mejora en la precisión de los detalles de las imágenes.

Esta revisión se basa en investigaciones realizadas por autores como: Adame y Clemente (2012), quienes examinarán el uso de filtros bidimensionales para mejorar la calidad del diagnóstico y Andisco et al., (2010), quienes estudiarán la optimización de protocolos de TC variando parámetros como los miliamperios (mA). Además, se determinarán importantes parámetros técnicos de calidad de imagen como: relación señal-ruido, preservación de detalles anatómicos y dosis de radiación que fueron aprobadas y determinan mejores resultados en la calidad de la imagen y seguridad del paciente.

Para este proyecto se tendrán presentes las siguientes técnicas: Filtros Bilaterales que son una técnica de reducción de ruido. Modificación del mA: que son los cambios que se realizan manualmente en un equipo de TC para aumentar la calidad de la imagen. Redes Neuronales Convolucionales: las cuales proponen el uso de una red neuronal convolucional para la TC de baja dosis, que lograrían reducir de manera significativa el ruido en la imagen, así como las diferentes técnicas de post proceso que se han venido implementando.

Los resultados de esta fase de la investigación permiten validar la efectividad de las técnicas de postproceso en un contexto clínico y ofrecerán información valiosa sobre su aplicabilidad en la práctica diaria. Además, permitirá identificar posibles limitaciones en la implementación de estas técnicas y áreas donde aún es necesario avanzar en la investigación.

Resultados

En el presente proyecto se investigan las técnicas de postproceso para la reducción de ruido en imágenes de tomografía computarizada (TC), esto con el fin de mejorar la precisión en los diagnósticos médicos con imágenes de mayor calidad. Durante la búsqueda bibliográfica se encontró que el científico Godfrey Hounsfield en el año 1978 aproximadamente, ya mencionaba los avances que alcanzaría la TC, lo que se evidencia en la actualidad, como la opción de visualizar las arterias coronarias, algo que se realiza de manera cotidiana y no invasiva.

Se evidencia el desarrollo de nuevos algoritmos de reconstrucción de las imágenes junto con los nuevos desarrollos técnicos con una calidad superior a décadas anteriores permitiendo procesar más información en un tiempo menor, un indicador de esos cambios es que los equipos en la década de los 80, efectuaban un corte de 1 cm de grosor, con un tiempo de giro de 1 segundo y requerían 20-30 segundos, para reconstruir la imagen de dicho corte. Actualmente existen equipos capaces de efectuar 64 cortes, submilimétricos, en 1/2 segundo, todos los cuales son reconstruidos en forma instantánea, se encuentran varias ventajas de los nuevos equipos una de ellas, permitir reconstruir los volúmenes de datos adquiridos en cualquier plano del espacio llevando a cabo una capacidad multiplanar (Bosch,2004, p. 3)

Otra publicación rectifica cómo ha sido de importante la evolución que ha tenido los tomógrafos a través de los años, cuando llegó la adquisición helicoidal fue con la creación de nuevos algoritmos de reconstrucción es esencial para aprovechar los avances en tomografía computarizada, donde la adquisición de datos se realiza con la camilla en movimiento continuo. Esto permite explorar grandes volúmenes anatómicos en menos tiempo, mejorando la resolución temporal y reduciendo los artefactos de movimiento (como respiración o latidos). Además,

facilita la generación retrospectiva de cortes de diferentes grosores y mejora las imágenes de postproceso en reconstrucciones multiplanares y 3D, gracias a la resolución. (Patoni et al., 2006)

Las técnicas de postproceso actuales, como el filtrado bilateral, han demostrado eficacia en el análisis de la calidad de imagen diagnóstica (Adame y Clemente, 2012), gracias a su capacidad para suavizar el ruido en las imágenes preservando los bordes y detalles anatómicos. Este método se basa en un enfoque que combina información de intensidad de píxeles con su resolución espacial, lo que permite que el filtro se adapte localmente a las características de la imagen.

En el este estudio de filtrado bilateral utilizaron 100 imágenes, todas con presencia de accidentes cerebrovasculares, de las cuales 56 casos eran de pacientes con presencia de algún proceso patológico y 44 de pacientes sanos. De cada imagen se tienen datos clínicos e información acerca del tamaño, localización anatómica, diagnóstico y resultados de otros exámenes. Compararon la evaluación realizada por los observadores antes y después de aplicar el filtro a las imágenes. La detección y localización de lesiones se ve afectada por la disminución del valor de mAs. Después de aplicar el filtro a las imágenes, la disminución del ruido ayuda a mejorar la detección y localización de las lesiones. Las diferencias medias entre la evaluación antes y después de aplicar el filtro fueron de 0,06 unidades de área para el área bajo la curva ROC(ABCROC) lo cual significa que la capacidad de clasificar correctamente una lesión aumentó un promedio del 6%. La diferencia media para el área bajo la curva (ABCLROC) es de 0,10 unidades de área (aumenta en un 10%). (Adame y Clemente, 2012, p. 3)

Tabla 2

Área Bajo la Curva ROC y LROC Antes y Después de Aplicar el Filtro a las Imágenes

mAs	ABCROC+/-EE		ABCLROC+/-EE	
	Antes	Después	Antes	Después
336	0.90+/-0.05	0.94+/-0.05	0.87+/-0.05	0.90+/-0.06
272	0.85+/-0.07	0.91+/-0.06	0.80+/-0.05	0.88+/-0.07
209	0.80+/-0.08	0.87+/-0.07	0.75+/-0.06	0.89+/-0.07
145	0.77+/-0.1	0.85+/-0.07	0.67+/-0.08	0.87+/-0.07

Nota. ABCLROC. Área bajo la curva LROC; ABCROC: área bajo la curva ROC; EE: error estándar; mAs: miliamperaje × segundo. Compara la evaluación realizada por los observadores antes y después de aplicar el filtro a las imágenes. Tomado de *análisis de la calidad de imagen diagnóstica en tomografía computarizada procesadas con un filtro bilateral* (p.4) por Adame y Clemente, 2012, Imagen Diagnóstica, vol. 3.

Además, la aplicación del filtrado bilateral muestra una mejora significativa en las métricas objetivas de calidad de la imagen, como la relación señal-ruido y el índice de calidad estructural, lo que respalda su implementación en el período de postproceso de imágenes médicas. Otra técnica para tener en cuenta es la optimización de protocolos mediante modificaciones en el mAs y el control del ruido (Andisco et al., 2010), destacando que el control del ruido mediante regulación de mAs permite obtener imágenes con mejor contraste y resolución, facilitando la identificación de detalles anatómicos importantes para el diagnóstico. Adicional, así como enfoques más recientes que incorporan redes neuronales convolucionales (RNC) para reducir la dosis de radiación sin comprometer la calidad de imagen (Chen et al., 2017 y Zhang, 2024).

En el artículo Métodos de eliminación de ruido de imágenes de TC para mejorar la calidad de la imagen y reducir la dosis de radiación, “proporcionaron una distribución de los métodos tradicionales de eliminación de ruido en imágenes de TC y según la encuesta realizada por ellos en PubMed, hay 65 publicaciones hasta 2022, siendo la más antigua de 2004, algunos de esos métodos son: Filtros lineales y no lineales (13 estudios), Métodos de variación (11 estudios), Filtros de medias bilaterales y no locales (13 estudios), Eliminación de ruido basada en wavelets (13 estudios), Eliminación de ruido basada en dependencias intra e inter escala (2 estudios), Coincidencia de bloques y filtrado 3D (BM3D) (4 estudios)” , etc. (Chen et al., 2017)

Otra técnica importante es el filtro kernel que es una pequeña matriz cuadrada (generalmente de 3x3, 5x5, etc.) que contiene una serie de valores que se usan para calcular nuevos valores de píxeles en la imagen. Se "mueve" a lo largo de la imagen, realizando operaciones matemáticas (convolución) entre los valores de la imagen original y los valores del kernel. Este proceso afecta el contraste, la nitidez o el nivel de detalle de la imagen resultante disminuyendo el ruido, realzando los detalles específicos y mejorando la calidad de la imagen haciendo más visibles las estructuras anatómicas (*Tomografía Computarizada Dirigida a Técnicos Superiores En Imagen Para El Diagnóstico*, 2021)

En la búsqueda bibliográfica se encontró que:

El filtro (o kernel de convolución) con el que teóricamente se obtiene una reconstrucción óptima en FBP es el denominado filtro de Lakshminarayanan. Produce imágenes reconstruidas con resolución espacial óptima, aunque presentan también niveles de ruido relativamente altos. Este filtro óptimo se denomina con frecuencia en la práctica clínica, filtro sharp o filtro de hueso. A menudo se utilizan filtros que reducen el nivel de ruido de las imágenes reconstruidas; estos filtros producen cierta pérdida de respuesta en las

frecuencias más altas. Esto sucede moderadamente con un filtro Shepp-Logan, que proporciona imágenes que son menos ruidosas y con mejor resolución de bajo contraste y resolución espacial un poco peor; este filtro se conoce clínicamente como filtro estándar. (Calzado y Geleijns, 2010, p. 7)

Se revisa la literatura para analizar el impacto de estas técnicas en la calidad de la imagen y la precisión diagnóstica, permitiendo así comparar diferentes métodos de postproceso en contextos clínicos, asegurando la preservación de la información anatómica crítica (Costa y Soria, 2015 y Huanca, 2015). Este enfoque interdisciplinario permitirá no solo mejorar la calidad de las imágenes médicas, sino también contribuir a prácticas más seguras y efectivas en el diagnóstico y tratamiento de diversas patologías.

Lo que más llama la atención en esta investigación es que las redes neuronales convolucionales (RNC) tienen la capacidad de diferenciar entre ruido y detalles anatómicos, lo que favorece una reducción de ruido personalizada para cada imagen. Esto representa una ventaja significativa en comparación con las técnicas convencionales, que suelen aplicar un filtrado uniforme sin considerar las características específicas de la imagen. La capacidad de las (RNC) para aprender de grandes conjuntos de datos permite mejorar los resultados de diagnóstico al aumentar la claridad y precisión de las imágenes procesadas, optimizando su valor clínico.

Otro de los proyectos consultados habla de que:

Una vez obtenida la imagen en formato digital, debe ser necesariamente procesada antes de su visualización. El sistema debe separar la señal útil correspondiente a la sección anatómica del paciente de los valores no válidos: bordes de colimación, zona expuesta a radiación directa, etc. Este intervalo de valores válidos debe ser recodificado para

conseguir un contraste adecuado y una visualización correcta de todas las partes con interés diagnóstico en la imagen: partes blandas, hueso, etc. El procesador de imagen debe realizar ajustes distintos en la imagen digital en función del tipo de exploración, la anatomía explorada y la proyección. (Vega, et al., 2016, p. 27)

La comprensión de estos datos permitirá establecer patrones de efectividad entre las diferentes técnicas. Por ejemplo, se espera que los métodos de aprendizaje profundo, como las redes neuronales convolucionales (RNC), sean más efectivos que los métodos tradicionales de filtrado la calidad de la imagen.

El resultado del proyecto está enfocado en la mejoría continua de las imágenes diagnósticas, sin embargo, uno de los desafíos en la actualidad es la presencia de ruidos que compromete la calidad de la imagen y dificulta la interpretación médica, por ello, reducir el ruido a través de técnicas de post proceso es el objetivo principal, integrando tecnologías de vanguardia ya que representa una oportunidad significativa de transformar la radiología moderna.

Para obtener la estimación (o valoración) más precisa del ruido presente en las imágenes diagnósticas se toma como referencia el FOV (el diámetro y la altura del volumen adquirido), lo que es un punto a favor para mejorar la interpretación de las imágenes obtenidas, sin embargo, cuando hacemos referencia al postproceso se involucran todo tipo de mejoras ya sea en software, equipos o talento humano, por ejemplo, estudios recientes dan a conocer que el uso del eliminador de ruido QuantaStream Denoising en imágenes de TC emplea el principio de menos dosis de radiación para mejorar el análisis y la calidad de la imagen en comparación a los análisis de las imágenes obtenidas sin este eliminador de ruido. Por lo tanto, se afirma que esta técnica de

postproceso reduce el ruido en la imagen, al mismo tiempo mejora el contraste de las estructuras anatómicas.

Por otro lado, el enfoque cuantitativo de la investigación descrita se basa en contar de manera precisa y objetiva la efectividad de las técnicas de reducción de ruido en imágenes de tomografía computarizada. A través de este enfoque, se recogen datos numéricos y métricas estadísticas que permiten analizar el impacto de cada técnica de manera detallada y fundamentada. Al aplicar técnicas matemáticas y algoritmos específicos que permiten medir y minimizar el ruido de manera precisa, está basado en el índice señal-ruido y la varianza que da como resultado la evaluación de la calidad de la imagen, priorizando la percepción y el contexto clínico. Para comparar y evaluar las mejoras en la calidad de la imagen lo cual resulta importante ya que garantiza la validez y la precisión de los resultados obtenidos. Este enfoque proporciona una base sólida de técnicas como los son el filtrado adaptativo y la regularización, estas pueden ser aún más efectivas en imágenes limpias y con mayor resolución, mejorando el diagnóstico por imágenes en el contexto clínico donde se evidencian mejoras en la claridad de las imágenes facilitando comparaciones confiables entre técnicas lo cual es esencial al aportar resultados verificables y reproducibles, el enfoque cuantitativo contribuye directamente a optimizar la calidad del diagnóstico clínico, siendo clave en la validación y mejora continua de estos procesos.

Cabe resaltar que el enfoque cuantitativo permite la estandarización de procesos en la obtención de imágenes, aportando consistencia en las exploraciones ya que todos sus datos son medibles, este nos permite ajustar aspectos de acuerdo con las necesidades específicas de cada caso médico o clínico que acuda al servicio de imágenes diagnósticas por TC. Este enfoque también hace referencia a la importancia del tecnólogo en imágenes diagnósticas ya que puede

evaluar mediante la percepción y la experiencia la calidad en la imagen y el detalle, no solo en defectos técnicos, sino en la capacidad de brindar diagnósticos médicos precisos, por ende, llegamos a la conclusión que una parte del enfoque cuantitativo es la interacción dinámica de tecnología y experiencia del tecnólogo a cargo del servicio, promoviendo una personalización en el tratamiento de las imágenes evitando artefactos, lo que facilita la identificación de estructuras y patologías para mejorar la calidad al momento de la atención medica del paciente.

Los resultados del proyecto de investigación indican que las técnicas de postproceso en tomografía computarizada (TC) aplicadas para reducir el ruido han demostrado ser efectivas en la mejora de la calidad de las imágenes médicas sin incrementar la dosis de radiación en el paciente.

Filtros Bilaterales

Esta técnica de filtrado, que suaviza las imágenes mientras preserva los bordes y detalles anatómicos, mostró mejoras significativas en la calidad de las imágenes diagnósticas al reducir el ruido sin comprometer la precisión. Este enfoque demostró ser útil especialmente en la claridad de estructuras anatómicas críticas.

Modificación del MAs

Ajustes en los parámetros de miliamperios (mA) en el equipo de TC también permitieron optimizar la relación señal-ruido. Esta técnica mejoró la calidad de la imagen en situaciones clínicas, ya que redujo el ruido manteniendo los detalles anatómicos necesarios para diagnósticos precisos, al mismo tiempo que limitó la exposición a radiación.

Redes Neuronales Convolucionales (RNC)

La implementación de algoritmos de inteligencia artificial, como las redes neuronales convolucionales, ha permitido la personalización en la reducción del ruido. Este enfoque

diferenció entre ruido y detalles anatómicos, logrando una optimización de la calidad de imagen sin comprometer la estructura anatómica, lo cual representa una mejora sobre las técnicas tradicionales de filtrado uniforme.

Eliminador de Ruido QuantaStream

Un estudio reciente que utilizó QuantaStream Denoising mostró una reducción efectiva de ruido en las imágenes TC. Esta técnica mantuvo el contraste anatómico necesario para diagnósticos precisos mientras disminuía la dosis de radiación, posicionándose como una opción segura y efectiva para aplicaciones clínicas

Filtro kernel

El resultado de aplicar el filtro kernel en imágenes de tomografía computarizada sería una mejora en la calidad de la imagen mediante la reducción de ruido sin pérdida significativa de detalles anatómicos. Este proceso permitiría obtener imágenes más nítidas y detalladas, lo cual facilita la identificación de estructuras internas y detalles críticos para un diagnóstico médico más preciso. En esencia, el filtro kernel optimiza el contraste y la claridad de la imagen, mejorando la visibilidad de estructuras que podrían haber quedado ocultas o distorsionadas por el ruido en la imagen original

Por ende, la integración y aplicación de métodos avanzados de postproceso puede optimizar la calidad diagnóstica de las imágenes de TC. Los resultados de esta investigación confirman que la aplicación de estas técnicas de postproceso es efectiva para optimizar la calidad de las imágenes en TC, permitiendo diagnósticos más seguros y precisos. Además, la integración de enfoques basados en inteligencia artificial como las RNC ofrece un nivel de personalización que representa una mejora significativa frente a métodos tradicionales. En conjunto, estas técnicas contribuyen a establecer una práctica diagnóstica de alta calidad en radiología,

permitiendo optimizar la relación entre reducción de ruido, claridad de detalles anatómicos y seguridad del paciente.

Conclusiones

Se comprendió que, en el ámbito de la medicina y salud, el área de la radiología es una de las que al paso de los años ha tenido constantes mejoras tanto a nivel de tecnología como científica desde su creación; esto se implementa más cuando llega la era digital; estos avances crean la exigencia de que los tecnólogos en radiología se deban renovar continuamente acerca de los cambios nuevos que se van implementado y sus conocimientos sean claros para brindar una atención de calidad a los pacientes

Cabe señalar, que se crea la necesidad también de usar tomógrafos, más completos y precisos, como también en la formación de softwares para lograr obtener imágenes diagnósticas de calidad, incluyendo el tiempo y su adquisición.

La optimización de las técnicas de postproceso para reducir el ruido en las imágenes de TC requiere un enfoque multidisciplinario que integre el ajuste de los parámetros de adquisición con tecnologías de procesamiento avanzadas. Se ha demostrado en varios artículos que el uso de algoritmos de filtrado, como filtros bilaterales y filtros colaborativos, combinados con enfoques de redes neuronales, mejoran eficazmente la calidad de la imagen manteniendo una dosis de radiación baja ayudando en la seguridad del paciente. Esta optimización es importante para lograr un equilibrio entre la reducción de ruido, la claridad de los detalles anatómicos y la dosis de radiación, facilitando un diagnóstico más preciso y seguro en la práctica clínica de radiología e imágenes diagnósticas.

Una de las propiedades importantes, de la TC es que permite detectar diferentes estructuras, que tienen disimilitud en su atenuación con su entorno y el ruido en la imagen hace que se pierda esa resolución de bajo contraste, otras formas de mejorar ese ruido es el incremento de la corriente como lo exponen diferentes investigaciones.

Otro punto importante que se logra identificar es que aparte de las diferentes técnicas que se han implementado en el postproceso, hay otros factores que intervienen para obtener imágenes de calidad diagnóstica; es claro que es un trabajo en conjunto tanto de la correcta funcionalidad del equipo, sino también de la labor hecha por el profesional en radiología, realizando el correcto posicionamiento del paciente brindándole la mayor comodidad y estabilidad posible, ubicación adecuada de los localizadores, identificar el corte correcto para generar las secuencias en cada uno de los planos que se necesiten, tener en cuenta los factores de exposición óptimos y no olvidar antes de dar por terminado el estudio realizar la revisión de las imágenes que se obtienen, de forma que el resultado cumpla con los criterios suficientes para el diagnóstico y oportuno tratamiento del paciente.

Varios estudios concluyen que actualmente los productores de los equipos de tomografía elaboran constantemente métodos que permitan la reducción de ruido en la adquisición de imágenes, así como también disminuir la dosis de radiación, disipando los artefactos generados.

En conclusión, esta investigación confirma que las técnicas de postproceso estudiadas son altamente efectivas para mejorar la calidad de las imágenes de TC sin comprometer la seguridad del paciente. La implementación de estas técnicas permite a los profesionales en radiología disponer de herramientas avanzadas para optimizar el proceso diagnóstico, aportando un equilibrio entre la reducción de ruido, la precisión diagnóstica y la protección del paciente contra la exposición innecesaria a la radiación. Este proyecto sugiere que el uso de tecnologías avanzadas de postproceso, como el filtrado bilateral, las redes neuronales y QuantaStream, puede contribuir significativamente a la calidad y eficacia del diagnóstico médico en el campo de la radiología moderna

Referencias

- Adame, D. & Clemente, R. (2012). Análisis de la calidad de imagen diagnóstica en tomografía computarizada procesadas con un filtro bilateral. <https://www.elsevier.es/es-revista-imagen-diagnóstica-308-articulo-analisis-calidad-diagnóstica-imagenes-tomografia-S217136691200011X>
- Andisco, D., Blanco, S., Buzzi, A. & Ballester, S. (2010). Optimización Interdisciplinaria de Protocolos en Tomografía Computada a partir de la modificación del mA y del control del ruido en la imagen. *Revista argentina de radiología*, 74(4), 397-402.
https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1852-99922010000400009&lng=es&tlng=es.
- Arribas, M. (2021). Sensibilidad y especificidad de la TC de tórax en el diagnóstico de la COVID-19. <https://cbseram.com/2021/05/17/sensibilidad-y-especificidad-de-la-tc-de-torax-en-el-diagnostico-de-la-covid-19/#:~:text=Volviendo%20al%20estudio%20realizado%20en,y%20una%20especificidad%20del%2083%25.&text=Dada%20la%20escasa%20sensibilidad%20en,puede%20tener%20un%20papel%20relevante>.
- Azpeitia, J., Puig, J. & Soler, R. (2016). Manual para el Técnico superior en imagen para el diagnóstico y medicina nuclear. Madrid, ES: Editorial Médica Panamericana.
[{ % 22Pagina% 22:% 22560% 22,% 22Vista% 22:% 22Indice% 22,% 22Busqu](https://www-medicapanamericana-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/VisorEbookV2/Ebook/9788498351026?token=38594388-02c8-4aef-84ae-21f563ee4b3d#)

- eda%22:%22%22}Bell, D. Radioapedia. Reducción del ruido. (2020).
<https://radiopaedia.org/articles/noise-reduction-1?lang=us>
- Bosch, E. (2004). Sir Godfrey Newbold Hounsfield y la tomografía computada, Su contribución a la medicina moderna. *Revista Chilena de Radiología*, 10 (4), 183–185.
<http://dx.doi.org/10.4067/S0717-93082004000400007>
- Calzado, A., & Geleijns, J. (2010). Tomografía computarizada. Evolución, principios técnicos y aplicaciones. *Revista de Física Médica*, 11(3).
<https://revistadefisicamedica.es/index.php/rfm/article/view/115/115>
- Cárdenas, P. (2023). Variación de la relación señal ruido por efecto de técnicas de adquisición en paralelo, Lima 2023. Unfv.edu.pe. <https://hdl.handle.net/20.500.13084/8067>
- Castro, P. & Roca, J. (2014). Medida y análisis del espectro de potencias del ruido en imágenes de tomografía computarizada. *Revista de Física Médica*, 15 (1).
<https://revistadefisicamedica.es/index.php/rfm/article/view/69>
- Chen, H., Zhang, Y., Kalra, MK, Lin, F., Chen, Y., Liao, P., Zhou, J. & Wang, G. (2017). Tomografía computarizada de baja dosis con una red neuronal convolucional de codificador-decodificador residual. *Transacciones IEEE sobre Zhang, J. Métodos de eliminación de ruidos de imagen de TC para mejorar la calidad de la imagen y reducir la dosis de radiación.* (2024).
<https://aapm.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/acm2.14270>
- Costa, J & Soria, J. (2015). Tomografía computarizada dirigida a técnicos superiores en imagen para el diagnóstico.
[https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=kgbZEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Costa,+J+%26+soria,+J+\(2015\)+Tomograf%C3%ADa+computarizada+dirigida+a+t%C](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=kgbZEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Costa,+J+%26+soria,+J+(2015)+Tomograf%C3%ADa+computarizada+dirigida+a+t%C)

[3%A9cnicos+superiores+en+imagen+para+el+diagn%C3%B3stico.+&ots=JNiXqLUO7u&sig=x5FYIRHRwz4WpeUe-iJMbEmWSE#v=onepage&q=Costa%2C%20J%20%26%20soria%2C%20J%20\(2015\)%20Tomograf%C3%ADa%20computarizada%20dirigida%20a%20t%C3%A9cnicos%20superiores%20en%20imagen%20para%20el%20diagn%C3%B3stico.&f=false](https://books.google.com/books?hl=es&pg=PR10&printsec=frontmatter&source=pdf&cad=rca&id=JNiXqLUO7u&sig=x5FYIRHRwz4WpeUe-iJMbEmWSE#v=onepage&q=Costa%2C%20J%20%26%20soria%2C%20J%20(2015)%20Tomograf%C3%ADa%20computarizada%20dirigida%20a%20t%C3%A9cnicos%20superiores%20en%20imagen%20para%20el%20diagn%C3%B3stico.&f=false)

Costa, J. & Soria, J. (2021). Tomografía Computarizada dirigida a Técnicos Superiores en Imagen para el Diagnóstico. (2021). Google Books. [Tomografía computarizada dirigida a técnicos superiores en imagen para el d... - Google Books](#)

Dabov, K., Foi, A., Katkovnik, V., & Egiazarian, K. (2007). Image denoising by sparse 3-D transform-domain collaborative filtering. IEEE Transactions on Image Processing, 16(8), 2073-2084. [https://doi.org/10.1109/TIP.2007.908616](#)

Jacobs, B., & Wolfram, U. (1997). Digital radiography with large-area flat-panel detectors. European Radiology, 7(7), 1244-1249. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12271399/>

Diwacar, M., Kumar, M. (2018). Revisión sobre el ruido en la imagen TC y su eliminación. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1746809418300107?via%3Dihub>

Gander, R., Molino, J., Santiago, S., Laín, A., Guillén, G., Giné, G. & Bueno, J. (2016). Tratamiento conservador de los traumatismos hepáticos y sus complicaciones: gold-standard actual. Cir Pediatr, 29(1), 19-24. https://www.researchgate.net/profile/Gabriela-Guillen-Burrieza/publication/311205738_Conservative_management_of_liver_trauma_and_its_complications_Current_gold-standard/links/583f1b4008ae61f75dc7892a/Conservative-management-of-liver-trauma-and-its-complications-Current-gold-standard.pdf

Huanca, N. (2015). Factores de exposición óptimos de radiación en radiología convencional y digital para obtener imágenes diagnósticas.

http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S1652-67762016000200010&script=sci_arttext

IM Médico. (2023, June 23). Investigan cómo eliminar `el ruido´ de las imágenes médicas. IM Médico; Publitasdigital-immedico.

<https://www.immedicohospitalario.es/noticia/40007/investigan-como-eliminar-el-ruido-de-las-imagenes-medicadas.html>

Jacobs, B., & Wolfram, U. (1997). Digital radiography with large-area flat-panel detectors. *European Radiology*, 7(7), 1244-1249. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12271399/>

Manjón, J., Martí-Bonmatí, L., Robles, M., & Celda, B. (2002). Postproceso en Imagen Médica: morfología, funcional y molecular. *Revista Radiología Digital*, 22, 1255-1268.

http://www.conganat.org/Seis/is/is45/IS45_62.pdf

Moreno, P. (2021). Mejora para la imagen de Rayos X mediante el uso de Deep Learning Área de Machine Learning. Mejora para la imagen de Rayos X mediante el uso de Deep Learning

Okamoto, T., Shigeru F., Hiroshi I., Yoshino, S., Lu, J., & Takashi Y. (2004). Noise Reduction in Digital Radiography Using Wavelet Packet Based on Noise Characteristics. *Journal of Signal Processing*, 8(6), 485–494. <https://doi.org/10.2299/jsp.8.485>

Patoni, C., Zalce, H., Pérez-Mendizábal, J., Balboa, P., Rojas, S. & Arias, J. (2006). Principios básicos y aplicaciones clínicas de la tomografía computada helicoidal multicorte. *Acta médica grupo ángeles*, 4(3), 183-189. <https://www.medigraphic.com/pdfs/actmed/am-2006/am063d.pdf>

Processing, 16(8), 2080-2095. doi:10.1109/TIP.2007.901238.

<https://www.semanticscholar.org/paper/Image-Denoising-by-Sparse-3-D-Transform-Domain-Dabov-Foi/51d267b782e7caf2b6bc7240b1a5f48044ffe115>

Ramírez, A. (2023). Efectividad de la tomografía computarizada en el diagnóstico de apendicitis aguda en pacientes atendidos en el servicio de emergencia del hospital de Alta Complejidad “Virgen de la Puerta”, periodo 2017-2022.

https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12759/21811/REP_ALEJANDR_A.RAMIREZ_EFECTIVIDAD.DE.LA.TOMOGRAFIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ramirez, C., Fletcher, J., McCollough. (2010). Reducción del ruido en imágenes de tomografía computarizada usando filtro bilateral

anisotrópico <http://www.scielo.org.co/pdf/rinbi/v4n7/v4n7a07.pdf>

Ramírez, J., Fletcher, J. & McCollough, C. (2010). REDUCCIÓN DEL RUIDO EN IMÁGENES DE TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA USANDO UN FILTRO BILATERAL ANISOTRÓPICO. Revista de ingeniería biomédica, 4 (7), 55–62.

http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1909-97622010000100007&script=sci_arttext

Santana, M. & Madrigal, J. (2012). Anales de Radiología México 2012; 1: 20-26. In Anales de Radiología México (Vol. 1, pp. 20-26).

https://www.analesderadiologiamexico.com/previos/ARM%202012%20Vol.%2011/ARM_12_11_1_Enero-Marzo/arm_12_11_1_020-026.pdf

Sehnert, J. (2021). Inteligencia artificial. Calidad de la imagen. Cancelación de ruido inteligente.

<https://www.carestream.com/blog/2021/05/23/cancelacion-de-ruido-inteligente-un-avance-innovador-en-la-calidad-de-las-radiografias/>

Vega, S., Reales, O. & Espinoza, L. (2016). Proceso de edición en la digitalización de la imagen radiográfica en los Departamentos de Radiología e Imágenes de la Red Pública Hospitalaria Metropolitana en el periodo comprendido de Febrero a Julio de 2016 (Doctoral dissertation, Universidad de El Salvador).

<https://oldri.ues.edu.sv/id/eprint/15917/1/Proceso%20de%20edici%C3%B3n%20en%20la%20digitalizaci%C3%B3n%20de%20la%20imagen%20radiogr%C3%A1fica%20en%20los%20Departamentos%20de%20Radiolog%C3%ADa%20e%20Im%C3%A1genes%20de%20la%20Red%20P%C3%ABlica%20Hospitalaria%20Metropolitana%20en%20el%20periodo%20comprendido%20de%20Febrero%20a%20Julio%20de%202016.pdf>

Zhou, K., Greenspan, H., Christos D., Duncan, J., Bram V., Anant M., Prince, J. L., Rueckert, D., & Summers, R. (2021). A Review of Deep Learning in Medical Imaging: Imaging Traits, Technology Trends, Case Studies With Progress Highlights, and Future Promises. *Proceedings of the IEEE*, 109(5), 820–838. <https://doi.org/10.1109/jproc.2021.3054390>