

Artefactos y artificios en tomografía computada

Diana Patricia Camargo Gomez

Edwin Alejandro Benavides Beltran

Neyla Satly García Contreras

Sherlyn Lizette Rojas Rodríguez

Julieth Agudelo Saavedra

Asesor

Luis Fernando Gómez

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias de la Salud - ECISA

Tecnología en Radiología e Imágenes Diagnósticas

2023

Dedicatoria

Dedicamos este trabajo a aquellos que han sido la fuente de nuestra inspiración y fortaleza a lo largo de este arduo proceso. A *nuestras* familias, por su inquebrantable apoyo, amor y comprensión. Cada logro en este viaje se debe a la base sólida que ellos nos han proporcionado. Al grupo de trabajo, cuya presencia y ánimo nos dio la confianza. A nuestro tutor y guía, cuya sabiduría y orientación han sido esenciales para el desarrollo de esta tesis. Su compromiso y dedicación son un ejemplo inspirador. A todos aquellos que, directa o indirectamente, han contribuido a este proyecto, nuestro más sincero agradecimiento. Cada pequeño gesto y palabra de aliento ha dejado una huella imborrable en este recorrido. Este trabajo es un tributo a quienes creyeron en nosotros y a aquellos cuya influencia ha sido invaluable en este camino académico y personal.

Resumen

Este trabajo se centra en el desarrollo e implementación de estrategias efectivas para mejorar la calidad en tomografía computarizada (TC). Comenzando con la introducción, se plantea la necesidad de abordar artefactos y distorsiones en las imágenes radiológicas, destacando la importancia de optimizar la calidad para una interpretación clínica precisa y la seguridad del paciente.

En la sección dedicada al artefacto por movimiento cinético, se proponen estrategias prácticas, como la emisión de órdenes claras, ensayos previos y programación de estudios rápidos para minimizar los efectos del movimiento, especialmente en pacientes no colaboradores. Se enfatiza la relevancia de la colaboración interdisciplinaria, sedación y anestesia en situaciones específicas.

La prevención del artefacto de alta densidad se aborda mediante la interrogación al paciente y técnicas de exclusión del material, destacando la importancia de la ubicación estratégica y ángulo del gantry.

Para mitigar el artefacto de ruido, se sugieren ajustes en el miliamperaje y manejo del contraste, resaltando la necesidad de un protocolo de mantenimiento eficiente. En la sección sobre factores ambientales, se resalta la importancia de mantener un entorno limpio y controlar la temperatura para prevenir errores en el algoritmo de reconstrucción.

Estas estrategias buscan mejorar la calidad de las imágenes y optimizar la interpretación clínica. En las conclusiones, se destaca la integralidad de las estrategias propuestas, resumiendo su impacto en la mejora de la calidad del servicio. Se destaca la importancia de un control periódico, la detección temprana de fallas y el beneficio económico para la institución. Además,

se destaca la relevancia de estas prácticas para garantizar la seguridad y comodidad del paciente, evitando repeticiones innecesarias de estudios y reduciendo la exposición a la radiación.

Palabras Clave: artefactos, calidad de imagen, tomografía computarizada, control periódico.

Abstract

This work focuses on the development and implementation of effective strategies to improve the quality in computed tomography (CT). Starting with the introduction, the need to address artifacts and distortions in radiological images is presented, emphasizing the importance of optimizing quality for precise clinical interpretation and patient safety.

In the section dedicated to kinetic motion artifact, practical strategies are proposed, such as issuing clear orders, conducting preliminary trials, and scheduling rapid studies to minimize the effects of motion, especially in non-cooperative patients. The relevance of interdisciplinary collaboration, sedation, and anesthesia in specific situations is emphasized.

Prevention of high-density artifact is addressed through patient interrogation and material exclusion techniques, highlighting the importance of strategic location and gantry angle.

To mitigate noise artifact, adjustments in milliamperage and contrast management are suggested, highlighting the need for an efficient maintenance protocol. In the section on environmental factors, the importance of maintaining a clean environment and controlling temperature to prevent errors in the reconstruction algorithm is highlighted.

These strategies seek to improve image quality and optimize clinical interpretation. In the conclusions, the comprehensiveness of the proposed strategies is emphasized, summarizing their impact on the improvement of service quality. The importance of periodic control, early detection of faults, and economic benefits for the institution are underscored. Additionally, the relevance of these practices in ensuring patient safety and comfort, avoiding unnecessary study repetitions, and reducing radiation exposure is highlighted.

Keywords: artifacts, image quality, computed tomography, periodic control.

Tabla de Contenido

Introducción	8
Planteamiento del Problema	10
Justificación	13
Objetivos.....	15
Objetivo General	15
Objetivos Específicos.....	15
Marco Teórico.....	16
Metodología	25
Desarrollo del Proyecto.....	27
Realizar una Investigación de la Literatura Concerniente con el Tema Tratado	27
Tarea 1	27
Tarea 2	27
Revisión de la Literatura y Documentación.....	28
Tarea 3	28
Tarea 4	30
Proponer Pautas y Recomendaciones.....	32
Tarea 5	32
Conclusiones.....	35
Referencias Bibliográficas	37

Lista de Tablas

Tabla 1 *Tipo de Artefactos* 288

Tabla 2 *Literatura y Documentación* 299

Introducción

Para el presente trabajo en profundidad, se recomienda estudiar los términos de artefactos y artificios, puesto que este tema abarca una amplia gama de causas y consecuencias, no obstante, en este trabajo investigativo se va a mencionar lo más importante de este tema donde se comprenderá en detalle la naturaleza y efectos de los artefactos presentes en las imágenes de tomografía computarizada.

Los artefactos en la tomografía computarizada, que comprenden distorsiones y alteraciones no inherentes a la anatomía del paciente, representan una preocupación significativa en la imagenología médica. Estos fenómenos pueden surgir de diversas fuentes, desde desajustes en la calibración de detectores hasta movimientos involuntarios del paciente durante los estudios. La identificación y comprensión de la naturaleza y las causas de estos artefactos son fundamentales para mejorar la calidad de las imágenes y, por ende, la precisión de los diagnósticos.

Los artefactos considerados en el campo de la tomografía computarizada (TC) son aquellas alteraciones presentes en la imagen real que dificultan la visualización adecuada de las estructuras anatómicas. Esta comprensión nos permitirá distinguir las distorsiones inherentes al proceso de obtención de imágenes de aquellas que pueden evitarse o minimizarse.

Como lo menciona Zegarra (2018), uno de los desafíos más comunes para obtener imágenes de alta calidad es la presencia de artefactos, que representan anomalías las cuales alteran la calidad y precisión de la imagen, potencialmente enmascarando patología o generando interpretaciones erróneas.

Esta investigación se propone adentrarse en el amplio espectro de artefactos y artificios en la TC, explorando sus orígenes y abordando la complejidad de su impacto en la interpretación

clínica. Consideraremos aspectos como el movimiento del paciente, la presencia de objetos metálicos, la calibración de detectores y otros factores que contribuyen a la generación de estas distorsiones.

En este contexto, exploraremos cómo los artefactos afectan la calidad de las imágenes y cómo su presencia puede influir en la interpretación clínica. Además, abordaremos medidas preventivas y correctivas que pueden implementarse para mitigar estos desafíos y mejorar la práctica de la imagenología médica en el ámbito de la tomografía computarizada. Con este enfoque, aspiramos a contribuir al avance continuo de la calidad en la obtención de imágenes médicas y, por ende, a la mejora en la atención al paciente.

Planteamiento del Problema

Para el presente trabajo de profundización se plantea indagar sobre los artefactos y artificios, el amplio espectro de artefactos y artificios con sus orígenes, en un entendimiento detallado sobre la naturaleza y las causas de estos artefactos presentes en las imágenes de tomografía computada.

Considerando artefacto en el ámbito de la tomografía computarizada (TC) hace referencia a cualquier alteración presente en una imagen real que dificulta la adecuada visualización de las estructuras anatómicas. Esta comprensión permitirá distinguir entre las distorsiones que son inherentes al proceso de imagenología y aquellas que pueden ser evitadas o minimizadas. (Azpeitia et al., 2016).

Como lo menciona Zegarra (2018) uno de los desafíos más recurrentes en la obtención de imágenes de alta calidad es la presencia de artefactos, los cuales representan anomalías artificiales que modifican la calidad y precisión de la imagen, pudiendo enmascarar una patología o generar interpretaciones erróneas.

Martín et al. (2018) concluyeron que el movimiento del paciente es el factor principal responsable de la generación de artefactos en tomografía computarizada. Es fundamental que las estructuras se mantengan estáticas durante los estudios, a pesar de la rapidez con la que se realizan (usualmente en menos de 10 segundos para un estudio de TCMC toracoabdominal), es preciso que las estructuras duren estáticas ese tiempo mínimo para la obtención de imágenes óptimas.

Tenemos el artefacto metálico. Estos artefactos, que pueden surgir debido a prótesis metálicas, clips quirúrgicos o fragmentos metálicos dentro del paciente, este se produce debido a que un elemento de alta densidad produce un halo que simula una absorción errónea en una o

múltiples direcciones, originados por la alta densidad del elemento metálico y su abrupta variación de densidad (Sartori et al., 2015).

El artefacto causado por el ruido se manifiesta como una discrepancia en el cálculo estadístico, provocando la aparición de franjas y líneas entrecortadas dispuestas al azar, principalmente en la dirección con mayor atenuación (Zegarra, 2018).

Una falla en el mal funcionamiento de los anillos o detectores del tomógrafo produce el artefacto, Sánchez et al. (2002) afirma que los factores principales que influyen en el deterioro de los parámetros intrínsecos, la falta de alineación de las ganancias de los tubos fotomultiplicadores (TFM), el mal funcionamiento de uno o varios TFM, la separación entre el cristal y el arreglo de los TFM junto a la guía de luz, anomalías en el cristal de centelleo, una selección incorrecta de la posición y amplitud de la ventana energética, altas tasas de conteo y fallos en componentes electrónicos. Además de estos factores, los parámetros extrínsecos o del sistema se ven impactados por defectos o daños en el colimador, así como por problemas asociados con la interfaz cámara-ordenador.

De acuerdo con Zegarra (2018) la temperatura ambiente, la humedad, así como el exceso de partículas de polvo dentro del ordenador, generan inexactitudes en el procedimiento del algoritmo de reconstrucción. Es importante destacar que estos factores, como la humedad, la temperatura ambiente y la acumulación de partículas de polvo en el exterior del tomógrafo, son considerados valores extrínsecos que merecen una atención especial. La influencia de estos elementos en el algoritmo de reconstrucción no debe subestimarse, ya que pueden desencadenar errores significativos en el proceso.

La identificación y clasificación de artefactos en imágenes radiológicas proporcionan a los profesionales médicos y tecnólogos en radiología un marco claro de referencia claro sobre las

áreas de preocupación. Esta comprensión detallada les permite evaluar de manera más precisa, identificando y abordando preocupaciones específicas dentro de las imágenes.

Justificación

La calidad de imagen en tomografía axial computarizada “se define como la fidelidad que guarda la imagen obtenida con la estructura anatómica estudiada” (Subias y Jerez, 2015, p. 37).

La tomografía computarizada es la herramienta fundamental en el diagnóstico médico debido a su capacidad para proporcionar imágenes detalladas de estructuras anatómicas.

Uno de los desafíos más recurrentes en la adquisición de imágenes de calidad es la presencia de artefactos, según Sartori et al. (2015) artefactos y artificios frecuentes en tomografía computada y resonancia magnética, menciona que surgen a raíz del desajuste en la calibración y equilibrio de los detectores. Cuando estos no están calibrados o alineados adecuadamente, se genera una disparidad en las proyecciones individuales de cada anillo de datos, resultando en múltiples anillos concéntricos con variaciones de intensidad o distorsiones en la imagen.

También pueden manifestarse si el haz de rayos no está centrado en los detectores. El mantenimiento regular y la calibración del equipo de tomografía computarizada son medidas preventivas que evitan la aparición de estos artefactos.

Un resultado tomográfico con afectaciones no originarias de la anatomía del paciente puede trascender a diagnósticos erróneos o patologías no existentes, y esto puede ser peligroso para la salud y tratamiento de la persona, por lo que siempre y en todo momento el equipo radiológico debe estar en condiciones óptimas de funcionamiento e implementar el mantenimiento preventivo y correctivo del tomógrafo, tal como lo menciona el artículo de la revista Panam Salud Pública (Fleitas et al., 2006) la calidad de los servicios de radiología en cinco países latinoamericanos.

La disminución de la exposición a la radiación en los pacientes es un objetivo fundamental en la práctica médica y la radiología. Para realizar la medición de la dosis de

radiación en las personas tenemos el Gray (Gy), La dosis absorbida se expresa mediante unidades como el Gray (Gy), que evalúa la cantidad de energía absorbida por una masa determinada, y el Sievert (Sv), utilizado para medir la dosis equivalente (Ramírez et al., 2010).

Los artefactos pueden distorsionar la información visualizada y llevar a interpretaciones erróneas o a la necesidad de repetir el estudio, la repetición de exámenes no solo implica un aumento en la dosis de radiación a la que está expuesto el paciente, lo que puede tener riesgos para la salud a largo plazo, también conlleva costos económicos tanto para el paciente como para el sistema de atención en salud.

Desde una perspectiva económica, la necesidad de repetir estudios de imagenología debido a la presencia de artefactos genera un costo adicional en términos de recursos médicos y financieros. Según lo descrito por Lauzán (2017), este fenómeno se identifica como un despilfarro significativo en el ámbito de la salud pública, siendo una fuente de atención deficiente para los pacientes. Ejemplos de esto incluyen la repetición innecesaria de estudios complementarios, que contribuyen a esta situación de ineficiencia y gasto excesivo en el sistema de salud.

Objetivos

Objetivo General

Proponer un documento de consulta con la prevalencia, naturaleza y causas subyacentes de los artefactos y artificios en las imágenes de tomografía computarizada.

Objetivos Específicos

Investigar los diferentes tipos de artefactos y artificios comunes que afectan las imágenes de tomografía computada, identificando sus causas y características.

Verificar las funciones del equipo desde los documentos técnicos y literatura relacionada, para disminuir la aparición de artificios y artefactos en las imágenes diagnósticos.

Proponer pautas y recomendaciones para la optimización de la adquisición de imágenes en tomografía computada, abordando protocolos y prácticas que ayuden a minimizar la aparición de artefactos en entornos clínicos.

Marco Teórico

La proliferación de la tomografía computarizada (en adelante llamada TC) en el ámbito de la salud y la radiología ha sido muy amplio, a lo largo de los años se han apartado a otros procedimientos para la obtención de diagnósticos, las implicaciones de radiación ionizante han aumentado de manera proporcional y las posibilidades de un mal procedimiento igual.

Así como lo presenta Sodickson y Baeyens (2017), La Tomografía Computarizada (TC), también conocida como TAC (Tomografía Axial Computarizada), es una técnica de diagnóstico médico que utiliza radiación ionizante para obtener imágenes detalladas del interior del cuerpo en cortes transversales o en tres dimensiones. Estas imágenes son producidas cuando los rayos X atraviesan el cuerpo y son detectados por un conjunto de detectores electrónicos situados opuestos a la fuente de rayos X. La información recopilada se procesa mediante un software especializado en un computador para producir imágenes tomográficas.

Según Hounsfield (1973), la Tomografía Computarizada, comúnmente conocida por sus siglas TC, es una modalidad avanzada de diagnóstico médico por imágenes que utiliza rayos X y un sistema computacional para producir imágenes detalladas en cortes transversales del cuerpo humano. A diferencia de una radiografía convencional, que proporciona solo imágenes planas, la TC permite ver una estructura anatómica desde múltiples ángulos y en diferentes niveles de profundidad. Estas imágenes se pueden reconstruir para generar representaciones tridimensionales de tejidos, órganos y huesos, proporcionando información diagnóstica valiosa y detallada.

La TC se basa en la utilización de un tubo de rayos X y detectores electrónicos dispuestos de manera circular alrededor del paciente. Estos rotan alrededor del cuerpo, obteniendo múltiples imágenes desde diferentes ángulos. Una vez recopilada la información, esta es reconstruida

mediante técnicas matemáticas y algoritmos para formar imágenes en cortes transversales del cuerpo.

Según Bushberg et al. (2011), uno de los principios físicos fundamentales de la TC es la atenuación de los rayos X. Distintos tejidos del cuerpo humano atenúan o absorben los rayos X de manera diferente. Por ejemplo, los huesos, al ser más densos,

absorben más rayos X que los tejidos blandos. Esta diferencia de atenuación entre los tejidos permite diferenciarlos en la imagen tomográfica.

Para Kalender (2011) la calidad de las imágenes en la TC depende de diversos factores, entre ellos, la dosis de radiación, la resolución espacial, la velocidad de adquisición y el ruido en la imagen. Con el avance de la tecnología, las máquinas de TC actuales permiten obtener imágenes de alta resolución en cortos periodos de tiempo y con dosis de radiación cada vez menores.

La carga impartida de radiación y la complejidad del procedimiento implican rigurosidad en la adecuada toma de las imágenes, como lo afirma Vitolo (2011) la subestimación de las posibilidades de cáncer por parte del personal de salud médicos radiólogos y emergentólogos son elevadas 75% y no se creía el aumento en las posibilidades de cáncer por los mismos; por lo cual la repetición del procedimiento implica grandes consecuencias.

Una de las razones por las cuales se dan las repeticiones de los procedimientos de TC es por presencia de artificios o artefactos, que son definidos por Sartori et al. (2015) como distorsión, adición o error en una imagen que no tiene correlato en el sujeto o región anatómica estudiada.

Según Barrett y Keat (2004), los artefactos en imágenes médicas son anomalías que aparecen en las imágenes y que no corresponden a estructuras anatómicas reales. Pueden

manifestarse como manchas, rayas, halos o cualquier otra distorsión. Estos pueden ser inducidos por diversas causas, que van desde el movimiento del paciente, presencia de implantes metálicos, limitaciones técnicas del equipo, hasta interferencias electrónicas. Reconocer y entender los artefactos es crucial ya que pueden afectar la interpretación y precisión diagnóstica de las imágenes.

Así mismo para Sartori et al. (2015) las principales causas de artificios son:

Movimientos del paciente; Presencia de cuerpos extraños/material médico; Errores en las medidas de atenuación de los rayos X; Endurecimiento del haz de rayos X cuando estos traspasan al paciente; Efecto de volumen parcial; Ruido (quantum mottle); Mal funcionamiento de los detectores como consecuencia de errores de calibración o balanceo, efectos geométricos; Errores de espiral o “de remolino”; Factores ambientales.

En el caso concreto del ruido se ha determinado que la disminución de radiación en el procedimiento podría generar ruido en la imagen, debido a lo que dice Ramírez et al. (2010) la disminución de fotones en los detectores del tomógrafo. Así mismo, Ramírez et al. (2010) refieren que se debe emplear por lo tanto la ALARA (As Low As Reasonably Achievable), determinar la mínima cantidad de radiación a emplear en proporción con la calidad de la imagen.

Se han empleado varias herramientas para disminuir el ruido, entre ellos la implementación de algoritmos y programas informáticos, el trabajo de Ramírez et al. (2010) ha mostrado los resultados de la aplicación de un filtro bilateral anisotrópico.

Este filtro funciona según Ramírez et al. (2010) procesando cada píxel considerando tanto la distancia espacial como la diferencia en intensidades de gris; A diferencia de un filtro Gaussiano que solo se basa en la distancia espacial, el filtro bilateral también evalúa las diferencias de intensidad. Si dos píxeles tienen intensidades similares, tienden a igualar sus

valores. Pero si sus intensidades son muy diferentes, como en los bordes de una imagen, mantienen sus intensidades originales.

Para Kak y Slaney (2001), la reconstrucción de imagen es el proceso mediante el cual se convierte la información cruda adquirida por los equipos de imagen (como los datos de proyección en TC) en imágenes legibles y diagnósticas. En la TC, esto implica tomar las múltiples proyecciones recopiladas mientras se gira alrededor del paciente y usar algoritmos computacionales para producir imágenes transversales del cuerpo. Los avances en técnicas de reconstrucción han llevado a mejoras en la resolución y calidad de las imágenes, así como en la reducción de artefactos.

Para Bushberg et al. (2011), los parámetros de adquisición son las configuraciones y especificaciones seleccionadas en un equipo de imagen para capturar imágenes de la mejor calidad posible. En la TC, estos parámetros incluyen, entre otros, la dosis de radiación, el tiempo de exposición, la resolución espacial, el grosor del corte y la velocidad de rotación. La correcta selección y optimización de estos parámetros es esencial para obtener imágenes de alta calidad mientras se minimiza la exposición a la radiación para el paciente.

En los resultados finales, Ramírez et al. (2010) encuentra que con la implementación del filtro bilateral se puede llegar a una disminución de hasta el 50% de la radiación presentada sin afectar la calidad de la imagen, en este sentido este tipo de filtros pueden reducir drásticamente el riesgo de artificios, de la misma forma algunos softwares (Matlab, Wavelet o MNL) pueden ayudar en el procesamiento y la filtración de las imágenes en la medida necesaria para el procedimiento, pero con diferencias en la factibilidad de artificios y en la capacidad de procesamiento.

Esto implica que es posible la disminución de la radiación bajo la reducción del ruido, con una aplicabilidad efectiva los dos factores (radiación y ruido) se ven directamente reducidos.

Por otra parte, Andisco et al. (2010) propone una metodología para determinar las dosis adecuadas en pro de una imagen adecuada, mediante la medición de ruido con un fantoma de agua. Se valoraron las variaciones en kVp y en mAs para determinar la reducción de la dosis a emplear. En los resultados se pudo evidenciar que la variación de los mAs se relacionaron directamente con la cantidad de dosis sin la afectación de la calidad de la imagen y manejando menor dosis en el procedimiento.

Para el caso específico del tomógrafo helicoidal empleado, marca General Electric – Modelo Hi Speed de 120 kVp el protocolo ayudó a la disminución de la dosis entre un 19% y un 30% (Andisco et al. 2010).

Un estudio más reciente con respecto a las dosis en la TC se presentó en el 2013 y concluye que se pueden presentar disminuciones mediante los siguientes procedimientos: Sistemas de modulación automática de la exposición, Modulación en función de características anatómicas del paciente (eje Z, eje Y y X, combinada), Modulación sincronizada con el electrocardiograma, Reducción de dosis basada en la selección del kilovoltaje, Reducción de dosis por colimación adaptativa, Métodos de reconstrucción iterativos.

Cada una de las modulaciones anteriormente nombradas presentan implicaciones específicas para la reducción de la dosis, y la empleabilidad de ellas está relacionada con el objeto a estudiar, el paciente, los softwares, el tomógrafo específico y demás.

Sin embargo, aquí se amplían las preocupaciones sobre la relación dosis-eficacia de imagen, puesto que Calzado et al. (2013) enuncia que por ejemplo es complicado aplicar la modulación adecuadamente cuando hay una gran cobertura del haz en el eje Z y transiciones

abruptas de atenuación en el paciente, como en las zonas de tórax/abdomen; En pacientes obesos, es esencial que el radiólogo ajuste con precisión los parámetros del sistema para prevenir estudios de baja calidad y posibles sobredosis de radiación; En pacientes pediátricos la cautela con los algunos órganos específicos es necesaria para no afectar al paciente con la dosis ni alterar la imagen.

Para Last (2001), la prevalencia es un indicador estadístico y epidemiológico que describe la proporción de individuos en una población determinada que presentan una enfermedad o condición en un momento específico o durante un período determinado. A diferencia de la incidencia, que mide nuevos casos, la prevalencia refleja la carga total de una enfermedad en la comunidad y puede incluir tanto casos nuevos como existentes.

Los autores concluyen que “La optimización de los procedimientos en los equipos de TCMC actuales presenta cierta complejidad, puesto que se dispone de un gran abanico de opciones en la selección y adaptación de los protocolos” (Calzado et al. 2013, p.) En el caso de la tecnología que mezcla PET/TC, se sugiere otra posibilidad para la reducción y presencia de artefactos, la respiración es algo a abordar directamente y por lo que se plantea la elaboración de protocolos especiales, ya que se suelen manejar dos tipos distintos de respiración: Suspendida (TC) y espontánea (PET), por lo cual:

Esta fusión incorrecta podría, eventualmente, localizar erróneamente una lesión de la base pulmonar derecha en la cúpula hepática (o viceversa). En los estudios de PET/TC en los que el paciente inspira profundamente durante la adquisición de la TC, estos artefactos pueden visualizarse como áreas lineales fotopénicas o frías (falsa ausencia de actividad metabólica) en la interfase pulmón-hígado de las imágenes PET. (Gorospe et al.,2006, p. 1)

Se concluye por Gorospe et al. (2006), que se pueden evitar los artefactos teniendo en cuenta los dos factores de la PET/TC, como: los aspectos fisiopatológicos básicos del comportamiento de los diferentes tumores, y si se comparan directamente las imágenes PET con sus correspondientes imágenes de TC.

En cuanto al efecto del volumen parcial Kalender (2011) ocurre cuando un objeto o estructura que se está visualizando no llena completamente el vóxel (unidad de volumen más pequeña de una imagen 3D). Cuando esto sucede, el valor de densidad asignado a ese vóxel será un promedio de las densidades de todos los objetos dentro de ese vóxel, lo que puede dar lugar a una representación imprecisa de la verdadera densidad de los objetos presentes.

Según Buzug. (2008) hay varias situaciones que pueden dar lugar al EVP. La resolución espacial de la TC, que se refiere a su capacidad para distinguir entre dos objetos cercanos, es una de las principales causas. Si la resolución espacial es insuficiente para discriminar entre dos estructuras, es probable que se produzca el EVP.

Como lo afirma Seeram (2020) otra causa es el tamaño de los vóxeles, los vóxeles más grandes tienen una mayor probabilidad de contener múltiples estructuras con diferentes densidades, lo que resulta en el EVP.

Algunas de las formas de minimizar el EVP según Seeram, (2020) implica el ajuste de la resolución espacial el aumento de la resolución espacial de la TC puede ayudar a reducir la aparición del EV; por otra parte, según Buzug (2008) usar tamaños de voxel más pequeños puede reducir la probabilidad de EVP, pero esto puede aumentar el tiempo de escaneo y el ruido de la imagen.

Entre las múltiples causas de estos artefactos, los fallos en los detectores y en el equipo resaltan como fuentes comunes de error.

Para Boas y Fleischmann (2012), el artefacto más reconocible asociado con los detectores es el artefacto de anillo. Parecen anillos concéntricos brillantes u oscuros en la imagen, un testimonio directo de un detector que no responde adecuadamente a los rayos X. Estos anillos pueden distraer y oscurecer estructuras anatómicas importantes, lo que lleva a posibles interpretaciones erróneas.

La variabilidad de la respuesta del detector implica que no todos los detectores son iguales, y si alguno de ellos no tiene una respuesta uniforme a la radiación, el resultado puede ser bandas o manchas en la imagen, estas inconsistencias pueden enmascarar patologías o generar sospechas infundadas de anomalías, así lo demuestran Barrett y Keat (2004).

En cuanto los equipos los principales fallos recaen en el movimiento del paciente, desalineación del tubo y el detector, así como en los artefactos metálicos.

En cuanto al movimiento Kalender (2011), refiere que no directamente un fallo del equipo, pero sí una limitación inherente a algunos sistemas es la velocidad de escaneo. Los equipos más antiguos o de gama baja pueden tener velocidades de escaneo más lentas, lo que aumenta la probabilidad de artefactos debido al movimiento del paciente.

Para la desalineación del tubo y el detector Boas y Fleischmann (2012) concluyen que la precisión es clave en la TC. Si hay incluso una pequeña desalineación entre el tubo de rayos X y el detector, el resultado puede ser una distorsión geométrica o un desplazamiento en la imagen. Estas desalineaciones pueden hacer que las estructuras parezcan estar en lugares incorrectos o tengan formas inusuales.

El endurecimiento del haz representa otro artefacto en la TC, también llamado artefacto de Beam Hardening es una anomalía que puede aparecer en las imágenes obtenidas por

Tomografía Computarizada (TC). Es esencial comprender este fenómeno para interpretar correctamente las imágenes y evitar diagnósticos erróneos.

La definición del Beam Hardening que se tendrá en cuenta es la de Barrett y Keat (2004), que se refiere a la modificación del espectro de energía de un haz de rayos X a medida que atraviesa un objeto. A medida que el haz de rayos X pasa a través de un tejido, los fotones de menor energía son absorbidos con mayor probabilidad que los de mayor energía. Como resultado, el espectro remanente del haz se desplaza hacia energías más altas, "endureciendo" el haz.

Este artefacto se manifiesta en la imagen como bandas o rayas de baja densidad, especialmente notorias cerca de estructuras densas como huesos o implantes metálicos. En el contexto clínico, puede complicar la interpretación de la imagen, ya que puede simular o enmascarar patologías reales.

Kalender (2011) presentan que en la TC cerebral, por ejemplo, el artefacto de beam hardening puede generar una apariencia de "bandas" oscuras en las áreas del cráneo, lo que puede confundirse con hemorragias subdurales si no se identifica correctamente el artefacto.

En cuanto a la mitigación Flohr et al. (2006), refiere que las modernas máquinas de TC incluyen algoritmos de corrección para minimizar el impacto del beam hardening en las imágenes. Estos algoritmos, basados en modelos matemáticos y físicos del proceso de endurecimiento, ajustan la imagen para reducir o eliminar las bandas y rayas características de este artefacto.

A pesar de estos avances, es esencial que los radiólogos estén familiarizados con la apariencia de este y otros artefactos para asegurarse de que las imágenes se interpreten correctamente.

Metodología

La metodología según Paz (2017), se define como “el método significa el camino por seguir mediante una serie de operaciones y reglas prefijadas de antemano para alcanzar el resultado propuesto” (p. 67). En otras palabras, la metodología es el camino que debemos seguir, siguiendo un conjunto de normas y condiciones preestablecidas, con el fin de llevar a cabo nuestra investigación de manera efectiva.

El enfoque como lo indica Garduño (2002) en su artículo "Enfoques metodológicos en la investigación educativa": Una metodología de la investigación debe incluir la definición del alcance, el diseño de investigación, la selección de los métodos, el diseño de los instrumentos y el análisis de datos. El enfoque cualitativo, según Causas (2015), “la investigación cualitativa es aquella que utiliza preferente o exclusivamente información de tipo cualitativo y cuyo análisis se dirige a lograr descripciones detalladas de los fenómenos estudiados” (p. 2). En ese orden de ideas, nuestra metodología de la investigación es de carácter cualitativo basada en la recolección de datos e información sobre los artefactos y artificios de la tomografía computada para seleccionar, delimitar y solucionar en base a la experiencia acumulada; por tanto, el enfoque adquirido es inductivo en donde partimos de hechos para obtener conclusiones validas y lógicas.

Para dar sentido a los datos recopilados, se utilizará una combinación de análisis descriptivo y analítico. El análisis descriptivo se centrará en detallar y resumir los datos, presentando una visión clara de la prevalencia y categorización de los artefactos. Este tipo de análisis es crucial para definir la magnitud del problema. Por otra parte, el análisis analítico profundizará en las relaciones y patrones subyacentes entre diferentes variables, ofreciendo insights sobre las posibles interacciones entre diferentes causas y la aparición de artefactos.

Además, para abordar las causas principales de estos artefactos, se implementará un análisis de causa raíz. Esta herramienta permitirá identificar las causas fundamentales detrás de los artefactos, brindando una base sólida para las recomendaciones y soluciones propuestas. El Análisis de Datos permite desentrañar los patrones y causas subyacentes detrás de los artefactos en las imágenes de TC. Mediante técnicas estadísticas avanzadas, es posible cuantificar la prevalencia de artefactos, clasificarlos y evaluar las causas más comunes detrás de su aparición. Boedeker et al. (2007) sugieren que el análisis detallado de los datos puede ofrecer insights valiosos para mejorar la calidad de las imágenes.

Para esto el trabajo se realizó en 3 fases y cada una de estas con sus respectivas tareas:

Fases 1. Realizar una investigación de la literatura concerniente con el tema tratado. Tarea 1, realizar búsquedas en bases de datos como lo son la biblioteca de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Google Académico y Scielo utilizando parámetros específicos para identificar fuentes pertinentes. Tarea 2, investigar los diferentes tipos de artefactos y artificios más comunes que afectan las imágenes en tomografía computarizada. Fase 2, Revisión de la literatura para verificar las funciones del equipo para disminuir la aparición de artificios y artefactos en las imágenes diagnósticos. Tarea 3, realizar una tabla de documentos específicos sobre equipos de tomografía computarizada. Tarea 4, Clasificar los documentos y seleccionar los temas específicos sobre artefactos. Fase 3, proponer pautas y recomendaciones para la optimización de la adquisición de imágenes en tomografía computada, abordando protocolos y prácticas que ayuden a minimizar la aparición de artefactos en entornos clínicos. Tarea 5, establecer una propuesta y recomendaciones para evitar la aparición de artefactos en tomografía.

Desarrollo del Proyecto

Realizar una Investigación de la Literatura Concerniente con el Tema Tratado

Tarea 1

En primer lugar, se investigaron en bases de datos como lo son la biblioteca de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Google Académico y Scielo utilizando parámetros específicos para identificar fuentes pertinentes.

Tarea 2

Se Investigaron los diferentes tipos de artefactos y artificios más comunes que afectan las imágenes en tomografía computarizada. Identificando de sus causas y características, como se mencionarán en la tabla 1., para observar sus diferencias.

Tabla 1*Tipo de Artefactos*

Tipo de artefacto	Causas	Características
Movimiento del paciente	Movimiento del paciente en la toma del examen.	Bandas blancas y negras intercaladas, manchas o lunares negros, pérdida de la resolución, desdoblamiento de los contornos de las diferentes estructuras o distorsión de la anatomía.
Implementos de alta densidad	Surgen por prótesis metálicas, clips quirúrgicos, fragmentos metálicos.	Produce un halo que simula una absorción errónea en una o múltiples direcciones, originados por la alta densidad del elemento metálico y su abrupta variación de densidad
Ruido	Se manifiesta como una discrepancia en el cálculo estadístico	Aparición de franjas y líneas entrecortadas dispuestas al azar, principalmente en la dirección con mayor atenuación
Mal funcionamiento de los detectores	alteración en la calibración y balance de los detectores	Se evidencian múltiples anillos concéntricos que aparentan una rueda de carro.
Temperatura del ambiente	<i>Errores en el algoritmo de reconstrucción</i>	Problemas en la penetración del haz de rayos X.

Nota. Descripción del tipo de artefacto

Revisión de la Literatura y Documentación**Tarea 3**

Verificar las funciones del equipo para disminuir la aparición de artificios y artefactos en las imágenes diagnósticos.

Tabla de documentos específicos sobre equipos de tomografía computarizada.

Tabla 2*Literatura y Documentación*

Tipo de documento	Título	Autores
Libro biblioteca universidad nacional abierta y a distancia	Manual para Técnico Superior en Imagen para el Diagnóstico y Medicina Nuclear	Francisco Javier Azpeitia arman, Jordi Puig domingo, Rafaela soler Fernández.
Universidad de La Habana.	Control de la calidad en la tomografía por emisión de fotones (SPECT)	Carlos A. Sánchez Catasús, Oscar Díaz Rizo, Angel Aguila Ruiz.
Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.	Modelamiento y optimización de políticas de mantenimiento del escaner de tomografía computarizada con fallas estocásticas	Andrés Felipe Cardona Ortegón
facultad de medicina humana y ciencias de la salud escuela profesional de tecnología médica area de radiología	Valoración de la reconstrucción iterativa estadística total y la reconstrucción mixta en bóveda craneal por tomografía, en pacientes de la clínica Sanna San Borja - Lima 2018	Zegarra, Pedro Gonzalo
Presentación Electrónica Educativa	"Eppur si muove". Artefactos por movimiento en TC. Conocerlos y evitarlos. Joaquín Martín Cuartero, Ignacio Quintana Martínez, Laura Elvira Dinu, Jorge	Gonzalez Gambau, Teresa Gómez Gil, José María Artigas Martín
Revista Argentina de Radiología	Artefactos y artificios frecuentes en tomografía computada y resonancia magnética	Sartori, P.; Rozowykniat, M.; Siviero, L.; Barba, G.; Peña, A.; Mayol, N.; Acosta, D.
Rev Panam Salud Publica	La calidad de los servicios de radiología en cinco países latinoamericanos	Fleitas, Ileana; Caspani, Carlos C; Borrás, Cari; Plazas, Maria Cristina; Miranda, Alberto A; Brandan, Maria Ester; de la Mora, Roxana
Revista Ingeniería Biomédica	Tomografía computarizada por rayos x: fundamentos y actualidad	Ramírez Giraldo, Juan Carlos; Arboleda Clavijo, Carolina; McCollough, Cynthia H

Revista Cubana de Salud Pública	El crecimiento de los costos en salud visto desde la in-eficiencia	Lauzán, Orlando Carnota
---------------------------------	--------------------------------------------------------------------	-------------------------

Nota. Documentos de equipos de tomografía

Tarea 4

Para obtener un control en la calidad de la imagen en TC es necesario tener en cuenta los siguientes factores:

Señal / Ruido. Artefactos y artificios frecuentes en tomografía computada y resonancia magnética (Sartori et al., 2015).

Movimiento o distorsión de la imagen. Artefactos y artificios frecuentes en tomografía computada y resonancia magnética (Sartori et al., 2015).

Dosis de radiación (penetración del haz). Valoración de la reconstrucción iterativa estadística total y la reconstrucción mixta en bóveda craneal por tomografía, en pacientes de la clínica sanna san borja – lima (Sartori et al., 2015).

Reconstrucciones. Valoración de la reconstrucción iterativa estadística total y la reconstrucción mixta en bóveda craneal por tomografía, en pacientes de la clínica sanna san borja – lima (Zegarra, 2018).

Artefactos en la imagen. Artefactos y artificios frecuentes en tomografía computada y resonancia magnética (Sartori et al., 2015).

Factores ambientales. Artefactos y artificios frecuentes en tomografía computada y resonancia magnética (Sartori et al., 2015).

Cuerpos extraños y metálicos. Artefactos y artificios frecuentes en tomografía computada y resonancia magnética (Sartori et al., 2015).

Mantenimiento y estado del equipo. Artefactos y artificios frecuentes en tomografía computada y resonancia magnética (Sartori et al., 2015).

Medios de contraste en estudios. Valoración de la reconstrucción iterativa estadística total y la reconstrucción mixta en bóveda craneal por tomografía, en pacientes de la clínica sanna san borja – lima (Zegarra, 2018).

Se brinda unos parámetros para llevar un control de calidad, pero también funciona como guía laboral del tecnólogo para que éste pueda brindar un buen servicio y resultado esperado; los factores de mayor vitalidad en la imagen son:

- Señal / ruido
- Mantenimiento y estado del equipo
- Factores ambientales
- Cuerpos extraños y metálicos
- Movimiento o distorsión de la imagen.

Cuando se refiere a la calidad de la imagen no solo implica el resultado final que debe ser impecable, sino de todo el proceso que conlleva obtener la imagen diagnóstica como, por ejemplo, evitar el ruido y la distorsión provocada por los movimientos del paciente, el equipo debe estar calibrado y en buen estado, y siempre recordarle al paciente retirar objetos metálicos que puedan hacer artificios en la imagen. Son parámetros infaltables en la obtención de una imagen de calidad para así llevar un control estructurado en cada uno de los pacientes y estudios que se vaya a realizar.

Validando la compilación de documentos y artículos de referencia se menciona dos autores Sartori et al. (2015) y Zegarra (2018), quienes mencionan el control de calidad de la imagen en equipos de tomografía computada con parámetros y factores que ponen en evidencia

la causa de la aparición de artificios y artefactos en los diagnósticos y así mismo, los elementos que caracteriza una buena imagen. Por tal motivo, se sustenta en base a esos dos artículos el control de calidad de la imagen digital.

Proponer Pautas y Recomendaciones

Para la optimización de la adquisición de imágenes en tomografía computada, abordando protocolos y prácticas que ayuden a minimizar la aparición de artefactos en entornos clínicos.

Tarea 5

Propuesta y recomendaciones para evitar la aparición de artefactos. En el artefacto por movimiento cinético según Cuarteros (2018). Existen recomendaciones para evitar este tipo de artefacto y poder manejar este problema, para que no tengamos una distorsión en nuestras imágenes. Inicialmente se darán órdenes sencillas para intentar que el paciente efectúe las indicaciones como lo son no moverse, no respirar, no pase saliva durante el examen, con estas órdenes las cuales deben de ser claras, seguido se realizara un ensayo con el paciente en la mesa de exploración previamente al estudio a realizar.

Si se sospecha que el paciente va a ser de poco o nada colaborador, ya sea de manera involuntaria o voluntariamente como lo son niños pequeños, pacientes politraumatizados, pacientes con enfermedades cognitivas, se programaran estudios rápidos para disminuir el tiempo de la toma del examen y la aparición de artefactos.

Algunos pacientes con solo unas palabras de apoyo se podrán calmar, la compañía de un familiar se puede utilizar si se considera necesario para disminuir y evitar el artefacto,

El uso de inmovilizadores de paciente en la sala de tomografía es de uso necesario, entre estos se tienen los velcros adhesivos, los cuales se usan en cabeza, tórax y extremidades inferiores.

En cuanto los movimientos involuntarios como lo son la respiración en un paciente con tubo oro-traqueal los cuales son pacientes de reanimación o unidad de cuidado intensivo se puede programar una apnea del paciente ya que el ventilador nos da la opción de programar una apnea en inspiración, esa programación se realiza por parte de todo el personal interdisciplinario el cual este a cargo del paciente.

Nos habla también del uso adecuado de la sedación e incluso de la anestesia general con el fin de disminuir y evitar el artefacto, este tipo de practica se debe de realizar por un médico anestesiólogo el cual deberá estar en todo momento durante el examen, paciente monitorizado en todo momento para verificar sus signos vitales.

Otro punto para tener en cuenta es el uso o empleo de Buscapina para disminuir el movimiento peristáltico en tomografías de abdomen.

Para los implementos de alta densidad las recomendaciones iniciales en este tipo de artefacto y su mejor recomendación es la interrogación al paciente y evitar repetir el examen solicitado. Se preguntará si tiene puesto algún objeto de metal en la parte que se va a explorar como lo son aretes, pircings, joyas, objetos metálicos de la ropa, para el retiro propio de este elemento.

Según la literatura para disminuir la distorsión que presenta el objeto de metal se debe ubicar al material hiperdenso lo más adyacentemente posible al campo de medición y angular el gantry para poder excluir el material si el examen no amerita observar el material de osteosíntesis.

En la gran mayoría de tomógrafos de última generación existen algoritmos para reconstrucción con supresión metálica, el cual nos ofrece esta opción para obtener una mejor visualización en las imágenes y la reconstrucción, esta opción la cual está en el mismo equipo.

Para el artefacto de ruido lo podemos encontrar por una mala calibración del equipo y falta de mantenimiento preventivo, se puede mejorar las imágenes aumentando el miliamperaje, también podemos mejorar con el manejo del contraste en el post proceso de la imagen. Dado que no existe un protocolo para estos mantenimientos y siendo imprevistos los fallos al contactar los representantes de los tomógrafos se brindará el servicio pertinente.

En consideración de los factores ambientales, se debe tener en cuenta que el entorno donde se lleve a cabo el estudio debe mantenerse limpio y a una temperatura adecuada. La humedad, la temperatura y la presencia de polvo son elementos críticos, ya que tienen el potencial de ocasionar errores en el algoritmo de reconstrucción. En consecuencia, resulta fundamental mantener un control preciso de la temperatura mediante el uso de un sistema de aire acondicionado, puertas cerradas para evitar el cambio de temperatura por parte del aire acondicionado y garantizar una limpieza óptima tanto en los equipos como en su entorno, con el propósito de prevenir posibles fallas derivadas de estos factores.

Conclusiones

En la búsqueda constante de obtener imágenes de alta calidad en tomografía computarizada (TC), hemos explorado diversas estrategias y recomendaciones para prevenir la aparición de artefactos, distorsiones que afectan la fidelidad y la interpretación precisa de las imágenes radiológicas. A través de estas indagaciones, se destaca la importancia de abordar específicamente el artefacto por movimiento cinético, artefacto de alta densidad, artefacto de ruido y consideraciones ambientales.

En primer lugar, para evitar el artefacto por movimiento cinético, se han propuesto recomendaciones prácticas. Estas incluyen brindar órdenes claras al paciente para minimizar movimientos, realizar ensayos previos al estudio, y en casos de pacientes no colaboradores, programar estudios rápidos para reducir el tiempo de exposición y, por ende, la probabilidad de artefactos. La inclusión de un familiar como apoyo emocional y el uso de inmovilizadores, como velcros adhesivos, son prácticas efectivas.

En situaciones de movimientos involuntarios, como la respiración en pacientes con tubo orotraqueal, se destaca la posibilidad de programar una apnea del paciente, contando con la participación del personal interdisciplinario. Asimismo, se menciona el uso adecuado de la sedación y, en casos específicos, de la anestesia general, siempre bajo la supervisión de un médico anesthesiólogo.

En el contexto de artefactos relacionados con implementos de alta densidad, se enfatiza la importancia de la interrogación al paciente sobre la presencia de objetos metálicos en la zona a explorar, evitando así la repetición innecesaria del examen. Se sugiere ubicar el material hiperdenso lo más cercano posible al campo de medición y, en casos donde sea posible, angular el gantry para excluir el material.

Para el artefacto de ruido, vinculado a la calibración y mantenimiento del equipo, se proponen mejoras en las imágenes ajustando el miliamperaje y manejando el contraste en el postproceso. La falta de un protocolo establecido para el mantenimiento preventivo subraya la importancia de establecer procedimientos y, en caso de fallos imprevistos, contar con un servicio eficiente por parte de los representantes del equipo.

En cuanto a los factores ambientales, se subraya la necesidad de mantener un entorno limpio y a una temperatura adecuada. La humedad, la temperatura y la presencia de polvo pueden generar errores en el algoritmo de reconstrucción. Se recomienda un control preciso de la temperatura con aire acondicionado, puertas cerradas para evitar cambios abruptos, y una limpieza constante tanto de los equipos como de su entorno.

Estas conclusiones y recomendaciones se erigen como pilares fundamentales para mejorar la calidad de las imágenes en TC, permitiendo una interpretación más precisa y contribuyendo al bienestar del paciente mediante la minimización de riesgos asociados con la repetición de estudios y la exposición excesiva a la radiación.

Referencias Bibliográficas

- Andisco, D., Blanco, S., & 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.
- Azpeitia, J., Puig, J., & Soler, R. (2016). *Manual para Técnico Superior en Imagen para el Diagnóstico y Medicina Nuclear*. Medica Panamericana.
- Barrett, J. F., & Keat, N. (2004). Artefacts in CT: recognition and avoidance. *Radiographics*, 24(6), 1679-1691.
- Boas, F. E., & Fleischmann, D. (2012). Evaluation of two iterative techniques for reducing metal artifacts in computed tomography. *Radiology*, 263(3), 694-702.
- Boedeker, K. L., Cooper, V. N., & McNitt-Gray, M. F. (2007). Application of the noise power spectrum in modern diagnostic MDCT: part I. Measurement of noise power spectra and noise equivalent quanta. *Physics in medicine and biology*, 52(14), 4027–4046.
<https://doi.org/10.1088/0031-9155/52/14/002>
- Bushberg, J. T., Seibert, J. A., Leidholdt, E. M., & Boone, J. M. (2011). *The essential physics of medical imaging*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Buzug, T. M. (2008). *Computed tomography: from photon statistics to modern cone-beam CT*. Springer.
- Calzado, A., Hernández-Giróna, I., Salvadó Artells, M., & Rodríguez González, R. (2013). *Estado actual y tendencia en el desarrollo tecnológico para la reducción de dosis en los equipos de tomografía computarizada* [Universitat Rovira i Virgili].
<https://www.elsevier.es/es-revista-radiologia-119-articulo-estado-actual-tendencia-el-desarrollo-S0033833813001823>

- Cardona, A. F. (2018). *Modelamiento y optimización de políticas de mantenimiento de scanner de tomografía computarizada con fallas estocásticas*. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.
- Causas, D. (2015). *Definición de las variables, enfoque y tipo de investigación*. Biblioteca Electrónica de la Universidad Nacional de Colombia.
- Fleitas, I., Caspani, C., Borrás, C., Plazas, M., Miranda, A., Brandan, M., & de la Mora, R. (2006). La calidad de los servicios de radiología en cinco países latinoamericanos. *Rev Panam Salud Publica*, 20, 24-113.
- Flohr, T. G., McCollough, C. H., Bruder, H., Petersilka, M., Gruber, K., Süß, C., ... & Ohnesorge, B. M. (2006). First performance evaluation of a dual-source CT (DSCT) system. *European radiology*, 16(2), 256-268.
- Gorospe, L., Echeveste, J., & Raman, S. (2006). *Tomografía por emisión de positrones/tomografía computarizada: artefactos y pitfalls en pacientes con cáncer*. Departamento de Radiología, Hospital Ramón y Cajal.
- Hounsfield, G. N. (1973). Computerized transverse axial scanning (tomography): Part 1. Description of system. *The British Journal of Radiology*, 46(552), 1016-1022.
- Kak, A. C., & Slaney, M. (2001). *Principles of computerized tomographic imaging*. SIAM.
- Kalender, W. A. (2011). X-ray computed tomography. *Physics in medicine & biology*, 51(13), R29.
- Last, J. M. (2001). *A dictionary of epidemiology* (4th ed.). Oxford University Press.
- Lauzán, O. C. (2017). El crecimiento de los costos en salud visto desde la ineficiencia. *Revista Cubana de Salud Pública*, 43(4), <https://www.scielosp.org/article/rcsp/2017.v43n4/584-605/>

- Martín, J., Quintana, I., Dinu, L. E., González, J., Gomez Gil, T., & Artigas Martín, J. M. (2018). *"Eppur si muove". Artefactos por movimiento en TC. Conocerlos*. <https://piper.espacio-seram.com/index.php/seram/article/view/2004>
- Paz, G. B. (2017). *Metodología de la* (Tercera ed.). Patria.
- Ramírez, J.C., Fletcher, J.J., & Mccollough, C.H. (2010). Reducción del ruido en imágenes de tomografía computarizada usando un filtro bilateral anisotrópico. *Rev. Ing. Biomed.*, 5(7), 55-62.
- Román, S. A. (2002). *Enfoques metodológicos en la investigación educativa*.
<https://www.ipn.mx/assets/files/investigacion-administrativa/docs/revistas/90/ART2.pdf>
- Sánchez, C. A., Díaz, O., & Aguila, A. (2002). *Control de la calidad en la tomografía*.
Universidad de La Habana.
- Sánchez, C.A., Díaz, O., Aguila, A. (2002). Control de la calidad en la tomografía. *Revista Cubana de Física*, 19(1), 36-48.
- Sartori, P., Rozowykniat, M., Siviero, L., Barba, G., Peña, A., Mayol, N., & Acosta, D. (2015). Artefactos y artificios frecuentes en tomografía computada y resonancia magnética. *Revista Argentina de Radiología*, 79(4), 192-204.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=382543178003>
- Sodickson, A., & Baeyens, P. F. (2017). *Tomografía computarizada. En Radiología Esencial*.
International Publishing.
- Subias, J. C., & Jerez, J. A. (2015). *Tomografía computarizada dirigida a técnicos superiores en imagen para el diagnóstico*. Elsevier.

Vítolo, F. (2011). *Tomografía computada, radiación y cáncer*.

<http://asegurados.descargas.nobleseguros.com/download/posts/June2019/RCrs744V42DiHPxXznQh.pdf>

Zegarra, P. G. (2018). *Valoración de la reconstrucción iterativa estadística total y la reconstrucción mixta en bóveda craneal por tomografía, en pacientes de la clínica Sanna San Borja - Lima 2018* [Universidad Alas Peruanas].

<https://repositorio.uap.edu.pe/handle/20.500.12990/5603>