

**Impacto de la inteligencia artificial en el control de calidad de imágenes radiológicas y la
detección de artefactos**

Mayerly Narvárez Pereira

Duván Andrés Herrera Rojas

Andrea Lorena Ladino Gutiérrez

Asesor

Cristian Andrés Marín Mora

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias de la Salud ECISA

Tecnología en Radiología e Imágenes Diagnosticas

2024

Dedicatoria

La radiología seguirá liderando el camino de la IA en la medicina. Al igual que los ciclos de innovación anteriores, las herramientas de IA de alta capacidad enfocarán a los radiólogos en las actividades intelectuales que nos llevaron a la profesión en primer lugar”.

--Curtis P. Langlotz, MD, PhD

"Dedicamos esta investigación a todos aquellos que han enfrentado momentos de adversidad con coraje y perseverancia, superando duelos personales desafíos inesperados en su camino hacia el conocimiento. A aquellos cuyo esfuerzo incansable por alcanzar metas ha sido alimentado por la fuerza interior, la valentía y el compromiso inquebrantable. A nuestras familias, cuyo amor incondicional y apoyo constante han sido el faro que nos ha guiado en los momentos más oscuros. Que este trabajo sea un testimonio de la capacidad humana para sobreponerse a la adversidad y alcanzar nuevas alturas, inspirando a otros a seguir adelante con determinación, gratitud haciéndonos mucho más fuertes y valientes.

Agradecimientos

"Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a todos aquellos que han sido parte fundamental de este viaje de investigación. A nuestros docentes que han compartido, su conocimiento, su sabiduría, su experiencia y su apoyo en los momentos durante todos los procesos como futuros profesionales.

Agradecemos profundamente el esfuerzo dedicado por cada uno para alcanzar las metas propuestas, demostrando una fuerza, valentía y compromiso inquebrantables.

No podemos pasar por alto el amor incondicional y el constante respaldo de nuestras familias, cuyo apoyo ha sido el pilar fundamental en este camino hacia el logro y la superación.

Cada uno de ustedes ha dejado un aporte en este proyecto, y por ello les extendemos nuestro más sincero agradecimiento. Este trabajo no habría sido posible sin su invaluable contribución y compañía a lo largo de esta travesía."

Resumen

El desarrollo de esta investigación nos centramos en analizar todos los artículos científicos que dentro de las diferentes plataformas de información se encontraban y que despejaron nuestra pregunta y de la cual se identificó el impacto de la inteligencia artificial (IA) en la optimización del control de calidad de imágenes radiológicas y en la identificación eficiente de los artefactos y como esta influye en el ámbito de la salud. Se destaca el crecimiento de la IA en el campo de la radiología médica, siendo una herramienta clave para mejorar la precisión en diagnósticos y la eficiencia en los procesos médicos en los cuales el avance de las tecnologías aún se está adaptando.

Se resalta la importancia de los algoritmos de IA en la interpretación y análisis de imágenes médicas, así como la IA tiene la capacidad de realizar tareas comparables a las humanas, como la identificación de artefactos y de muestras erróneas dentro de las mismas diferenciando una real de una creada por el sistema, lo que impulsa su adopción en diversos sectores comerciales. Además, se mencionan los desafíos y obstáculos relacionados con la implementación de la IA, incluida la incertidumbre entre los profesionales sobre su papel futuro en la radiología.

La IA se ha aplicado con éxito en diversas áreas de la medicina, como la detección de enfermedades, la optimización de diagnósticos y la mejora de la atención al paciente. Sin embargo, se plantean preocupaciones sobre la seguridad y la confiabilidad de los sistemas de IA, el manejo de la información privada de los pacientes, así como el posible desplazamiento de los profesionales de la salud en el ámbito clínico.

Se destaca la necesidad de establecer estándares y protocolos para la implementación ética y efectiva de la IA en la radiología, así como la importancia de la formación continua de los

profesionales de la salud en esta tecnología emergente. Se reconoce el papel crucial de los radiólogos en el proceso de integración de la IA, así como la importancia de evaluar críticamente su impacto en la práctica clínica, sino que también se busca como mejorar los procesos de la IA para generar mucha más confianza en el ámbito de la salud y no retrasar el diagnóstico preciso.

En resumen, el desarrollo del proyecto aborda el impacto, las oportunidades y los desafíos de la inteligencia artificial en la radiología en la identificación de artefactos, destacando su potencial para transformar la práctica médica y mejorar la atención al paciente, al tiempo que se reconoce la necesidad de abordar aspectos éticos, de seguridad y de formación profesional en su implementación.

Palabras Claves: Inteligencia artificial, Aprendizaje automático, Radiología, Control de calidad.

Abstract

The development of this research focused on analyzing all the scientific articles that were found within the different information platforms and that cleared our question and from which we identified the impact of artificial intelligence (AI) in the optimization of quality control of radiological images and in the efficient identification of artifacts and how this influences the field of health. The growth of AI in the field of medical radiology is highlighted, being a key tool to improve diagnostic accuracy and efficiency in medical processes in which the advancement of technologies is still adapting.

The importance of AI algorithms in the interpretation and analysis of medical images is highlighted, as well as how AI has the ability to perform tasks comparable to human ones, such as the identification of artifacts and erroneous samples within them differentiating a real one from one created by the system, which drives its adoption in various commercial sectors. In addition, challenges and obstacles related to AI implementation are mentioned, including uncertainty among practitioners about its future role in radiology.

It has been successfully applied in various areas of medicine, such as disease detection, diagnostic optimization, and improved patient care. However, concerns are raised about the safety and reliability of AI systems, the handling of patients' private information, as well as the possible displacement of healthcare professionals in the clinical setting.

The need to establish standards and protocols for the ethical and effective implementation of AI in radiology is highlighted, as well as the importance of continuing education of healthcare professionals in this emerging technology. The crucial role of radiologists in the process of AI integration is recognized, as well as the importance of critically evaluating its impact on clinical

practice, but also looking at how to improve AI processes to generate much more confidence in the healthcare setting and not delay accurate diagnosis.

In summary, the development of the project addresses the impact, opportunities and challenges of artificial intelligence in radiology in the identification of artifacts, highlighting its potential to transform medical practice and improve patient care, while recognizing the need to address ethical, safety and professional training aspects in its implementation. Translated with DeepL.com (free version)

Keywords: Artificial Intelligence, Machine Learning, Radiology, Quality control

Tabla de contenido

Introducción.....	10
Planteamiento del Problema.....	12
Justificación.....	15
Objetivos.....	17
Objetivo General.....	17
Objetivos Específicos.....	17
Marco Teórico.....	18
Metodología.....	32
Fase 1.....	34
Fase 2.....	34
Fase 3.....	35
Desarrollo del proyecto.....	36
Desarrollo Inicial.....	36
Desarrollo Continuo.....	37
Fase Final.....	38
Conclusiones.....	39
Referencias.....	41

Lista de figuras

Figura 1 <i>Imagen Axial (A) y Reconstrucción MPR Sagital (B) de TC Craneocervical</i>	20
Figura 2 <i>TC de Muslo Derecho, Corte Axial</i>	21
Figura 3 <i>TC de Cerebro, Corte Axial</i>	22
Figura 4 <i>Imagen que Identifica el Algoritmo para Bronquiectasias</i>	26
Figura 5 <i>Técnica de los Hallazgos Imagenológicos para Bronquiectasias Según el Algoritmo</i>	28
Figura 6 <i>Imagen que Corresponde Red de Co-Ocurrencia de los Algoritmos en la IA</i>	29
Figura 7 <i>Estudio de Rx de Tórax Portátil</i>	31
Figura 8 <i>Estudio de Rx de Tórax Portátil</i>	31
Figura 9 <i>Estudio de Rx de Tórax Portátil</i>	32
Figura 10 <i>Muestra Recopilación Archivos Excel</i>	38

Introducción

En el ámbito de la adquisición de imágenes, la implementación de IA enfrenta desafíos fundamentales relacionados con la calidad y diversidad de los datos. La diversidad de las imágenes médicas, influenciada por factores como la variabilidad en el equipo de adquisición y las técnicas de imagen, plantea dificultades para el entrenamiento de modelos de IA robustos y actuales. Además, la necesidad de datos etiquetados de alta calidad y la privacidad de los pacientes añaden complejidad al proceso de adquisición de datos en las unidades de radiología.

En cuanto al procesamiento de imágenes, la interpretación precisa de los artefactos presenta desafíos relacionados con la detección y segmentación precisa de estructuras anómalas en las imágenes médicas. La variabilidad en la apariencia de las patologías, las estructuras anatómicas y los artefactos puede limitar la capacidad de los algoritmos de IA para generalizar de manera efectiva en entornos clínicos diversos. La interpretación errónea de los artefactos puede tener consecuencias críticas en la toma de decisiones clínicas y procedimientos que ayudan con el diagnóstico real de los pacientes y que infiere muchas veces en el criterio médico.

La detección y la interpretación de artefactos en servicios de imágenes diagnósticas involucran desafíos adicionales, como la interpretación de hallazgos sutiles y la diferenciación entre artefactos benignos y patológicos o hasta la interferencia de artefactos que son completamente elementos que se encuentran en el medio de exposición del paciente. Estas tareas requieren una alta sensibilidad y especificidad por parte de los modelos de IA, así como la capacidad de adaptarse a diferentes contextos clínicos y de pacientes.

En este contexto, este trabajo de investigación se propone explorar en detalle los desafíos y limitaciones específicos que surgen al utilizar inteligencia artificial en la adquisición, procesamiento, detección e interpretación de artefactos en los servicios de imágenes

diagnósticas. Se abordarán estrategias innovadoras y soluciones potenciales para superar estos obstáculos, con la visión de mejorar la precisión, eficiencia y seguridad de los servicios de diagnóstico basados en imágenes mediante el aprovechamiento óptimo de la inteligencia artificial junto con la amplia información científica que podemos encontrar en los diferentes buscadores científicos, es por ello que para nosotros es primordial que cada una de nuestras bases de datos, sea de información ya pre existente y que durante nuestra investigación sean nuestro coadyuvante en la amplificación de la propuesta, y con esta misma podamos ejercer al lector una experiencia muchas amplia en el campo de la radiología y donde encontremos información que sea muy útil para todos nosotros.

Planteamiento del Problema

En el siguiente trabajo se plantea el impacto industrial y limitaciones que la IA tiene para la adquisición, procesamiento, detección de artefactos e interpretación de imágenes, en los que promete revolucionar la práctica médica, siendo la inteligencia artificial el nuevo auge de la revolución de industrial, la adopción de la inteligencia artificial nos ha mostrado un avance muy significativo en manejar con mayor precisión, accesibilidad a diagnósticos médicos en diferentes patologías, es por ello que se debe garantizar que sea efectiva, eficaz y segura.

Poder evaluar principalmente la calidad y la cantidad de datos médicos que se maneja en la inteligencia artificial probablemente sea la limitante ya que la posibilidad en la que la IA sea 100% efectiva varía entre los algoritmos y la cantidad de datos que se estudien y comparen no coincida y que el conjunto de datos representativos y etiquetados sean limitados. Lo que también implica una alta variabilidad en poder determinar cuando hay una captura de artefactos sutiles y variados con una gama de patologías clínicas y sus variables sea efectiva en el caso de reconocer y ser precisos.

Por tanto, el uso de la Inteligencia Artificial (IA) en el control de calidad de imágenes radiológicas y la detección de artefactos en servicios de radiología presenta numerosos desafíos y limitaciones. Aunque la aplicación de la IA en este evalúa mejorar la precisión y eficiencia del proceso de diagnóstico, existen preocupaciones fundamentales que deben abordarse para garantizar su efectividad y seguridad. Algunos de estos desafíos incluyen un grupo de interrogantes tales como:

Complejidad de las imágenes radiológica que implica identificar y diferenciar las características de las imágenes radiológicas para su uso en el control de calidad y la detección de

artefactos. Estas características varían según el tipo de estudio radiológico, como una tomografía, una resonancia magnética, una mamografía o una radiografía convencional.

Cambios en protocolos clínicos, cuando se refiere al termino de cambios institucionales en el área y lugar de trabajo por ende cada institución prestadora del servicio de imagenología tiene la autonomía de manejar sus propios protocolos. Es por ello que para la IA es un gran reto identificar protocolo por institución y no uno universal como se plantea en muchas literaturas médicas. Esto limitaría a la IA con la capacidad de generar solo algoritmo universal si no que debería tener muchos, esto lo limitaría para adaptarse al cambio y este mismo puede comprometer su precisión y su confiabilidad.

Interpretación medica vs IA, busca evaluar la posible estandarización de conceptos y de criterios médicos para determinar de un estudio radiológico se dé un diagnóstico preciso y no erróneo. Lo que implicaría que los medico radiólogos ya habían tenido un estudio previo de su área, sea mucho más devaluada ya que la inteligencia artificial se manejaría con una serie de códigos y algoritmos que sustituiría el concepto médico.

Datos precisos y el uso de la IA requiere unos datos y algoritmos precisos para el control de calidad en las imágenes. Además, es importante que la información recopilada por cada institución sea igual y que el margen de error sea mínimo para evitar diagnósticos incorrectos.

Seguridad y privacidad de los datos es fundamental garantizar la protección de la información personal en las unidades radiológicas y cuidarla de posibles filtraciones o ataques cibernéticos. La IA debe hacer un esfuerzo adicional para mantener la información segura y protegida.

Interpretación de artefactos se pueden identificar artefactos en imágenes radiológicas, como los causados por el movimiento del paciente o el procesamiento digital. Es importante

evaluar la precisión de la IA en la identificación de cada uno de estos factores para un diagnóstico adecuado.

Adquisición, Procesamiento y Detección lo que la IA debe mostrar cómo es su proceso continuo mediante técnicas que permitan que los comandos no omitan estructuras que en realidad debemos observar, es por ellos que durante la adquisición, el procesamiento y la detección la misma IA tenga la capacidad no solo de identificar las zonas que estamos evaluando, si no que no elimine o no altere las zonas reconociendo estructuras adyacentes o completamente diferente a lo que yo deseo identificar, es por ello que el rol del tecnólogo también hace parte de la identificación oportuna de la IA.

Justificación

En el control de calidad de imágenes radiológicas y la detección de artefactos en servicios de radiología, podemos destacar; que su mayor impacto es superar cualquier tipo obstáculos en el abordaje de los diferentes desafíos y limitaciones. Es esencial para maximizar el potencial de la IA así mismo, se pueden obtener varios beneficios:

Precisión en el diagnóstico: Al utilizar la inteligencia artificial (IA) parte del diagnóstico, podemos obtener algoritmos precisos para detectar problemas y tratamientos más efectivos en menos tiempo. Esto significa que los diagnósticos serán más precisos, lo que es muy importante para los estudiantes de medicina y residentes que están aprendiendo a diagnosticar patologías. Por ejemplo, podemos imaginar que la IA es como una especie de asistente virtual para los médicos, que les ayuda a encontrar la respuesta correcta de manera más rápida y precisa.

Optimización del flujo de trabajo: Cuando hablamos de optimizar el flujo de trabajo, nos referimos a hacer que todo el proceso sea más rápido y eficiente. En el caso de las imágenes radiológicas, esto significa que los resultados se entregarán más rápido, lo que permite a los médicos tomar decisiones más rápidas y brindar atención más ágil a los pacientes. Podemos pensar en esto como si estuviéramos en una línea de producción, donde cada paso se realiza de manera eficiente y sin demoras innecesarias.

Reducción de costos y cargas laborales: la aplicación de la IA puede ayudar a contribuir con la disminución de la carga laboral y ayuda con la automatización de las tareas más frecuentes.

Es importante conocer inicialmente la relevancia que tiene para la sociedad en general el uso de la IA para el procesamiento, detección e interpretación en los servicios de imágenes diagnósticos, puesto que el uso de esta aumenta de alguna manera la productividad empresarial, además de resaltar los objetivos de la investigación los cuales están enfocados en imitar la función

cognitiva humana con el fin de realizar de manera más precisa y pronta en la adquisición y análisis de los datos.

En este amplio campo se evidencian beneficios importantes, que a su vez están ligados a desafíos o limitaciones, esto cuando encontramos entidades que no están preparadas para implementar o competir en un mercado donde se haga uso de esta automatización de inteligencia artificial. Cuando hablamos de desafío y limitaciones

Con el uso de la IA en el campo de la radiología puede mejorar la precisión en el diagnóstico, optimizar el flujo de trabajo y reducir costos y cargas laborales. Esto no solo beneficia a los pacientes, sino también a las instituciones médicas que pueden brindar una atención más rápida y eficiente. Para los estudiantes de medicina, técnicos radiólogos y personal que interfiere en el servicio de radiología, esto significa que tienen acceso a herramientas más avanzadas y precisas que les ayudarán a convertirse en mejores médicos en el futuro.

Objetivos

Objetivo General

Determinar el impacto de la inteligencia artificial en el control de calidad de imágenes radiológicas y la detección de artefactos.

Objetivos Específicos

Realizar una búsqueda avanzada en la literatura científica relacionado con el impacto de la inteligencia artificial en el control de la calidad de la imagen radiológica y en la detección de artefactos.

Seleccionar documentos científicos relacionado con la inteligencia artificial en el control de calidad de imágenes radiológicas y la detección de artefactos.

Identificar en la literatura científica los principales desafíos y limitaciones en la implementación de la inteligencia artificial para el control de calidad de imágenes radiológicas y la detección de artefactos.

Marco Teórico

A finales de 1870 y 1880, el científico y físico de origen alemán el señor Wilhelm Conrad Roentgen, que en ese momento se encontraba como catedrático en la universidad de Wartburg, Alemania. Quien con su grupo de científicos en medio de varios experimentos comenzó a darse cuenta de que por medio de un tubo catódico que emitía una especie de pequeños rayos que al ser proyectados emitían fluorescencia en una pantalla de color negro y luego se cambiaria a una tela del mismo color negro donde inicialmente se empezaron a dar cuenta que la proyección que generaba una imagen y que esta quedara detenida en la tela (Dávalos, 2013).

Cabe resaltar que durante 1870 inicialmente el señor William Crookes de origen Ingles creo un tubo denominado Crookes, tubo con el cual Roentgen iniciaría sus primeros experimentos y con el cual se dio cuenta que al emitir los pequeños rayos de fluorescencia. El científico Roentgen inicio con su investigación sobre la luz X la cual denomino así mientras analizaba los materiales, inicio interponiendo varios materiales de diferentes calibres como la madera, el aluminio con partes de su cuerpo “la mano” con lo que inicialmente iniciaría las pruebas (Dávalos, 2013).

Durante mucho tiempo al iniciar con el experimento inicio la divulgación de su trabajo como resultado de sus experimentos iniciales los cuales le otorgaron el primer nobel de física en 1901, sobre 1896 dio a conocer la primera imagen que se sugiere es “mano de una mujer” la cual fue publicada junto con su teoría en el primer ensayo sobre los rayos X en 1896 en el laboratorio de física Dartmouth Collage, Roentgen analizó y dejó totalmente descrita la radiación X y todas sus propiedades que aún se conocen. Se dice que la mano de la primera imagen que se logró captar por los rayos X era de su esposa la señora Bertha Roentgen. En la actualidad podemos determinar que los rayos X son una herramienta indispensable en el área de la salud, en la investigación y en el control de calidad de toda el área de la salud a nivel universal. Desde la radiología convencional

hasta el uso de tomografía computada (TAC), Resonancia magnética y otros ámbitos donde las imágenes son con más detalle anatómico y de tejido en 2D y 3D (Martínez, s. f.).

No obstante, es importante comprender que algunos de los factores que involucran en la obtención de la calidad de las imágenes es la detección de los Artefactos en las imágenes diagnosticas se debe evaluar las posibilidades que interfieran en la adquisición de las imágenes, Sartori et al (2015) en su investigación demostró que es indispensable se que identifique los errores y que estos no perjudiquen el tratamiento y le valoración de los pacientes, ya que tanto los artefactos como los artificios que se generan en la adquisición de la imagen pueden comprometer la valoración de las patologías. Cuando hablamos de artefactos y artificios se define como la distorsión y adición de elementos en una imagen que pueden presentarse por diferentes razones, lo que implica el movimiento del paciente, malas técnicas de la imagen, movimientos de las mismas maquinas que no presentan estabilidad, campos electromagnéticos, sin embargo también se pueden identificar artefactos propios de las imágenes como proyectiles, armas cortopunzantes, marcapasos, prótesis, artefactos que aunque no deberían estar presentes en las imágenes estas son reconocidas por los diferentes equipos radiológicos. El autor anteriormente nombrado clasificó los artefactos como la interacción de que hay entre el paciente y el equipo y el resultado es la interacción así:

1. Movimientos del paciente
2. Cuerpos extraños y material de osteosíntesis.
3. Factores de atenuación y técnica radiológica Kv/mAs
4. Efecto de extravasación de medio de contraste
5. Ruido
6. Mal funcionamiento de los detectores debido a los mantenimientos

7. Efectos geométricos.
8. Factores ambientales.

No obstante, No se aplica únicamente a la interacción del equipo con el paciente si no que es también importante establecer que son artificios también en el momento que se presentan movimientos voluntarios e involuntarios durante la toma de los estudios radiológicos. La respiración (Inspiración y expiración), la deglución de la saliva, el peristaltismo, los gases, enfermedades como el Parkinson, movimientos incontrolados, nerviosismo, tensión durante el examen se ven reflejados en la imagen. Sin embargo, es importante entender que las técnicas que se usan en la radiología en cualquiera de sus técnicas también afectan, uso de técnicas no adecuadas, el uso de bandas de movimiento, manchas, placas, yesos, estructuras que anatómicamente puedan afectar en el desarrollo de la imagen. En estudios como los radiológicos muchas veces los técnicos radiólogos pueden llegar a tomar decisiones con respecto a la sincronización entre la respiración espontánea del paciente y de la misma sincronización cardiaca (Sartori et al., 2015).

Figura 1

Imagen Axial (A) y Reconstrucción MPR Sagital (B) de TC Craneocervical



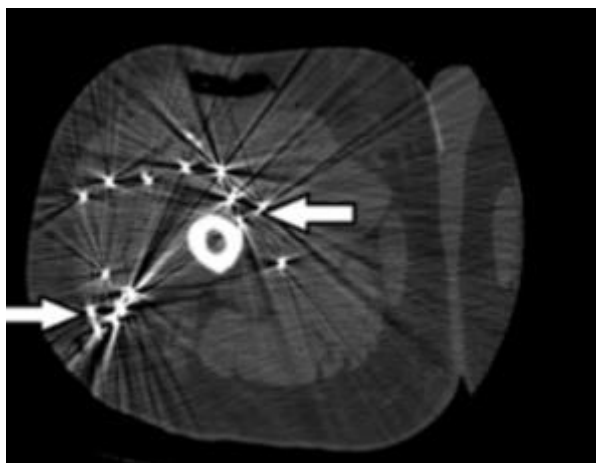
Fuente. <https://piper.espacio-seram.com/index.php/seram/article/view/2004>

Los movimientos generados por la deglución, respiración o falta de reposo da lugar a duplicación de estructuras, con hueso hioides (flechas) y epiglotis (puntas de flecha) dobles.

Seram.

Figura 2

TC de Muslo Derecho, Corte Axial



Fuente. Sartori et al (2015).

Paciente con un disparo en el muslo por accidente de caza. Se aprecian múltiples perdigones que provocan un artefacto en "rayos de sol", degradando la calidad de la imagen
Recuperado de: Artefactos y artificios frecuentes en tomografía computada y resonancia magnética.

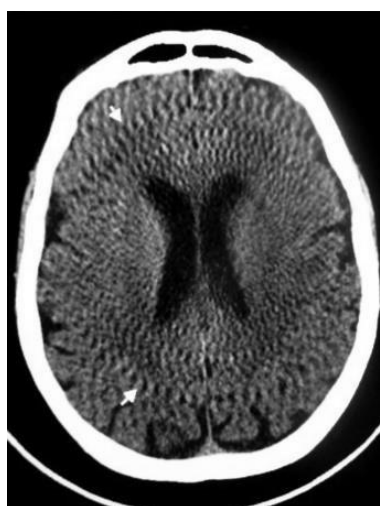
Dentro de los artificios y artefactos que se pueden evidenciar en las imágenes radiológicas podemos encontrar una infinidad de material como material quirúrgico, aparatos y cables de vigilancia, pircings, utensilios médicos, medios de contraste cuando existe Extravasación de medios de contraste intravenosos, cierres, botones, etc, los cuales son muy comunes evidenciar en servicios de radiología convencional y en salas de cirugía (Sartori et al., 2015).

Cuando los equipos de radiología presentan cambios drásticos en las imágenes se pueden presentar por un mal mantenimiento preventivo ya que tanto el tubo de Rx como los detectores en

un TAC y RM , dañan y generan una imagen borrosa y de poca calidad lo que se denomina PENUMBRA GEOMÉTRICA. Cuando un equipo no tiene una calibración adecuada en las imágenes radiológicas pueden presentarse errores y alteraciones en los detectores, lo que puede llegar a generar una imagen con un conjunto de anillos que se presentan sobre estructuras que alteran la correcta identificación de patologías.

Figura 3

TC de Cerebro, Corte Axial



Fuente. Sartori et al (2015).

Se evidencian múltiples anillos concéntricos que aparentan una “rueda de carro” (flechas). Recuperado de: Artefactos y artificios frecuentes en tomografía computada y resonancia magnética. Dentro de los factores adicionales que se pueden evidenciar en una excelente adquisición de una imagen y que pueden presentar algún tipo de artefacto y artefacto pueden ser:

Por la generación de resistencia al haz de rayo; lo que genera una absorción mayor de los fotones de baja energía del rayo en el tejido, en este caso las imágenes presentan un tipo de línea o banda intercalada que atraviesa la imagen de tipo radiopaco en Rx e hipointensas en TAC.

En el volumen parcial se denota en el momento que se realizan los cortes y las reconstrucciones ya que su hiperdensidad distorsiona totalmente las estructuras como si se generara una luz saliendo de las estructuras con reflejo.

En el factor ambiental se debe identificar muy bien el ambiente y la temperatura ya que los equipos radiológicos se deben mantener en lugares donde exista poca receptividad al polvo, humedad, temperaturas estándar no muy calientes el lugar y lugares que sea completamente aislados para evitar la filtración de radiación dispersa. Entre otras causas que se pueden generar al momento de adquirir una imagen.

En cuanto a las fallas tecnológicas estas ocurren cuando hay una falla en el sistema eléctrico de los equipos, boninas y equipamientos, las jaulas faraday etc. En la actualidad los desarrollos de la radiología han evolucionado en la inteligencia artificial es la aplicación y la interpretación de los algoritmos relacionados con el patrón de imágenes que se puedan lograr detectar en un campo para detectar mediante estos algoritmos enfermedades como el cáncer, neumonía, también se logra determinar como la inteligencia artificial ayuda a mejorar la calidad de la imagen en cuanto a la reducción de ruido visual y artefactos que impiden o que distorsionan la calidad de las estructuras anatómicas que se puedan visualizar durante el estudio. Con los cambios que se han generado al pasar del tiempo en el campo de la radiología se avanzó directamente con el uso de nuevas tecnologías lo que ha permitido que estas características del sistema se unan con la radiología convencional que permita nuevos conceptos de adquisición, es por ello que lo importante que se determinen nuevos conceptos (Sartori et al., 2015).

Según los autores del libro Sopena et al., (2005) los Algoritmos en diagnóstico por la imagen; en el cual abarcan todo el manejo de las imágenes por algoritmos y en el cual refieren que el término de algoritmo deriva del matemático árabe del siglo IX Mohamed Ben Musa al

Khwarizmi el cual es nativo de la zona del mar Aral; en el cual se detalla como el algoritmo como un concepto en cero y que parte de la solución algebraica de desarrollar cálculos matemáticos y del cual refieren la siguiente cita explícita “Procedimiento para resolver un problema en un número finito de escalones o paso a paso con el objetivo de obtener un fin” Ben Musa al Khwarizmi, (Siglo IX). Según Sopena et al (2005), Se describe como el algoritmo es una alternativa mucho más económica para disminuir los costos y evitar que hallan posibles copias alternas de los diagnósticos en la duplicidad de los diagnósticos lo que permite que el trabajo sea un poco más fácil pero que favorece al paciente en su diagnóstico.

En el libro Algoritmos en diagnóstico por la imagen (Sopena et al., 2005), abarca las posibles estructuras y especialidades que se les brinda una solución por imagen y en el cual los algoritmos son la cabeza de cómo se puede identificar las patologías y cuál es su posible naturaleza así mismo nos da una idea de cuáles pueden ser las pruebas diagnósticas para corroborar los diagnósticos.

Sin embargo, cuando se habla de la inteligencia Artificial, de acuerdo con el artículo de Abeliuk y Gutiérrez (2021) Se menciona la historia de la Inteligencia Artificial; menciona que el primer programa de IA el señor Ada novelase en 1842, se programó el primer algoritmo en una máquina de la época en la cual se decía que esta nueva máquina “podría actuar sobre otras cosas además de los números. El motor (la máquina) podría componer piezas musicales elaboradas y científicas de cualquier grado de complejidad” según Lovelace (1842) en la línea histórica el término de Inteligencia Artificial se establece en 1856 como término oficial el cual es categorizado en la conferencia de la universidad de Dartmouth organizada por John McCarthy para el año 1856. Comprender la Inteligencia artificial como un área que se está implementando en la actualidad en el campo de la salud, es permitir que la tecnología y la salud se complementen una

con la otra no solo porque el campo de la radiología es tan histórica por su alcance y su descubrimiento y todo lo que ha llevado a concluir en el campo de la investigación científica, es por ello que dentro del campo científico muchos de los autores indican que la IA ha sido un coadyuvante en muchas especialidades, que no solo permiten la reducción de errores humanos sino que ayudan a mejorar procesos y que estos sean mucho más automáticos y que cada uno tenga una función, esto conlleva a que los sistemas de salud tengan una clasificación mucho más avanzada que permita que los resultados clínicos estén mucho más categorizados por grupos clínicos que permitan ser modelos para otras instituciones de salud (Abeliuk y Gutiérrez, 2021).

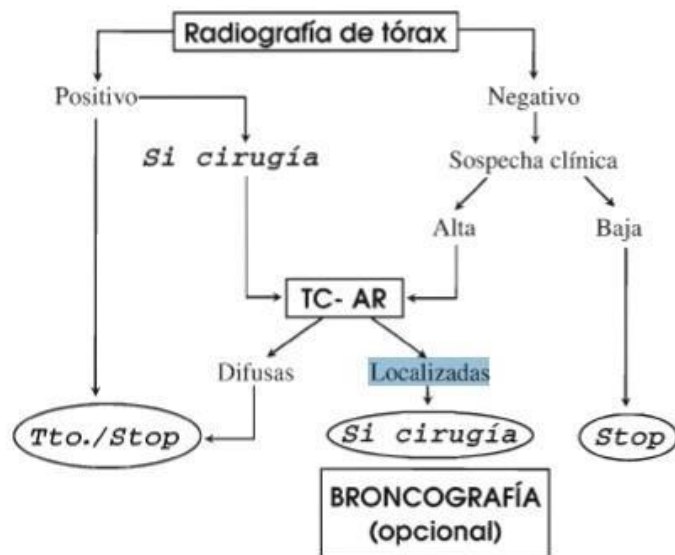
Según refiere Kumar et al (2023) una idea de cómo los algoritmos de la IA es que deben entrelazarse con relación a la información de la población y las tendencias (recopilación de información) para que esta sea guardada mediante registros electrónicos o bases de datos que permita tener un sin número de registros médicos y que los mecanismos de detección temprana de diagnóstico y que estos a medida que la información crece sea mucho más certera y precisas.

A continuación, se evidenció como según los autores del libro Algoritmos de imágenes por diagnóstico escrito por Sopena et al (1996) identifican como por medio de los algoritmos se pueden hacer procesos de diagnóstico e interpretación:

Figura 4

Imagen que Identifica el Algoritmo para Bronquiectasias.

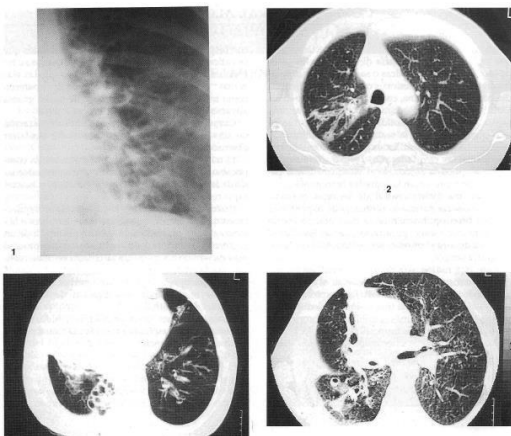
110 Algoritmos en diagnóstico por la imagen



Fuente. Sopena et al (1996).

Figura 5

Técnica de los Hallazgos Imagenológicos para Bronquiectasias Según el Algoritmo



Fuente. Sopena et al (1996).

En la descripción técnica de los hallazgos imagenológicos para bronquiectasias según el algoritmo describe que:

La Radiografía postero anterior de tórax. Imágenes quísticas de pared fina, con pequeña cantidad de líquido, en su parte inferior. Bronquiectasias saculares o quísticas con retención de secreciones.

La TC de tórax. Bronquios dilatados con la pared engrosada, con orientación horizontal hilar. Bronquiectasias cilíndricas.

La TC de tórax. Múltiples imágenes quísticas de pared gruesa agrupadas al localizarse en un lóbulo pulmonar atelectásico. Bronquiectasias quísticas.

La TC de tórax. Imágenes quísticas con pared gruesa y nivel hidroaéreo por la retención de secreciones en el lóbulo inferior derecho; imágenes quísticas agrupadas junto al borde cardíaco derecho por pérdida de volumen segmentaria del lóbulo medio. Bronquiectasias quísticas.

Sin embargo en el campo de la inteligencia artificial cuando se relaciona el concepto de Machine Learning hablamos de la implementación de algoritmos de tipo sistémicos que permiten analizar y clasificar, es por ello que el sistema ML permite etiquetar un conjunto de condiciones y probabilidades asociadas a unas características de la imagen del paciente, estos algoritmos se clasifican en (Inputs) datos de entrada y (Outputs) datos de salida los cuales se etiquetan de forma manual, esto puede indicar una probabilidad que se encuentren algún tipo de nódulos o tumores dependiendo la región y su tipificación (Sopena et al., 2005).

En cuanto a la representation learning (RL) Es una clasificación entre ML que permite la clasificación de la imagen evaluando las características etiquetadas y que el algoritmo inmediatamente comprende y puede clasificarlas, este tipo de sistema permite que validar, analizar características que pueden ser imperceptibles a simple vista.

Sin embargo las deep learning (aprendizaje profundo) DL Pertenece a la subclasificación de la RL, este sistema permite que el uso de las redes neuronales artificiales (Tipo de estructura similar a la función del cerebro) puedan desempeñar una tarea específica, tomando una imagen como referencia y en la primera parte de su función pueda proporcionar u resultado, esto indica que el sistema funciona por capas o secciones que permite identificar y recoger la información, detectando lesiones en las imágenes logrando anticipar un diagnóstico, una lesión o hasta generar reportes preliminares (Kumar et al., 2023).

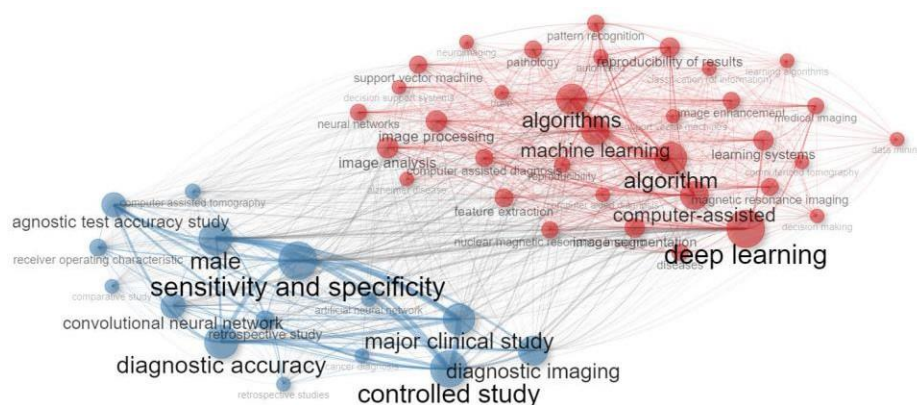
La inteligencia artificial (IA) ha experimentado un renacimiento debido a los avances en la capacidad informática y la disponibilidad de datos, lo que ha llevado a su integración en varios sectores comerciales para aumentar la productividad, eficiencia y precisión. Los algoritmos han generado un gran interés al demostrar capacidades comparables a las humanas en diversas tareas incluyendo las redes neuronales artificiales tienen un gran potencial en medicina, especialmente en imágenes médicas y radiológicas cuando hablamos de optimizar (Kumar et al., 2023).

Dando así un paso importante a determinar ciertos estándares para que se pueda llegar a hablar en un mismo idioma científico (Medico) es por ello que mencionan la diversidad de datos y complejidad de las imágenes médicas; donde se menciona la relación que hay entre un imagen de muestra y una imagen computarizada, lo que puede entenderse como una relación de una agrupación de imágenes que pueden ser distribuidas y copiadas en una resolución y un formato establecido para poder realizar la copia que se conoce como ImageNet. Cuando se habla de imágenes médicas se debe hablar de un solo formato que se denomina DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine), lo que para nuestro caso es importante identificar que los patrones de imágenes están codificados y estandarizados por medio de imágenes a escala de grises,

algunas a imagen de color o escalas de PET/CT, Doppler en caso de ecografías o imágenes de visualización avanzada y reconstrucciones.

Figura 6

Imagen que Corresponde Red de Co-Ocurrencia de los Algoritmos en la IA



Fuente. Cueto (2024)

Las Redes Neuronales de ocurrencias, son una variante de las redes neuronales profundas diseñadas específicamente para procesar datos de imágenes. Son extremadamente efectivas en la detección de patrones y características en imágenes médicas (Cueto Renaldo, 2024).

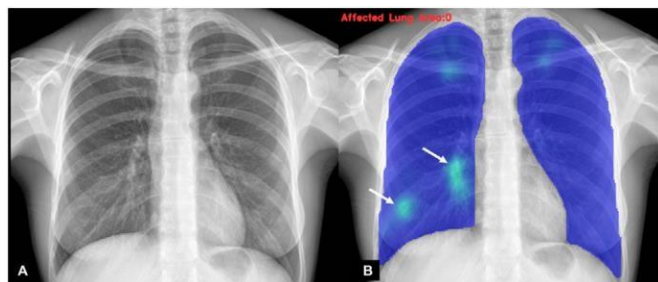
Para entender la inteligencia artificial es importante tener muy presente que los sistemas informáticos que actualmente se encuentran en el mercado, parten de un aprendizaje continuo y constante es por ello que para el autor del artículo Continuous Learning AI in Radiology: Implementation Principles and Early Applications el cual nos habla de la importancia de la IA en el área de la salud como una fortaleza, donde se implementan servicios de automatización, precisión y objetividad. Lo que la transformado los servicios de radiología en la implementación de nuevas tecnologías a base de la AI, y el avance en aplicaciones radiológicas y en los diagnósticos y/o interpretación, a todo esto es importante recalcar la automatización en todo el campo laboral ya que de estos procesos se gestionan la operatividad de servicios de radiología en

el cual la prestación del servicio se debe medir debe tener un promedio de medición en el cual se puedan llevar registros desde los datos básicos del pacientes hasta lograr una identificación individual del mismo, dentro de la interpretación de las imágenes es importante establecer que la detección de hallazgos específicos (Artefactos, Ruido visual), se deben procurar tener medidas cuantitativas y/o informes que permitan identificar estos hallazgos para que se pueda tener un buen diagnóstico y no se confunda con otros completamente diferentes (Cueto, 2024).

El autor Cobeñas et al (2023) enfoca su investigación en identificar como la inteligencia artificial junto con los algoritmos pueden detectar un compromiso pulmonar SARS-CoV-2 y así mismo esta como concluyó un diagnóstico certero, colaborando así al rendimiento del diagnóstico, facilitando la optimización de recursos, evitando traslados innecesarios y dando diagnósticos certeros y ágiles en los servicios de radiología.

Figura 7

Estudio de Rx de Tórax Portátil

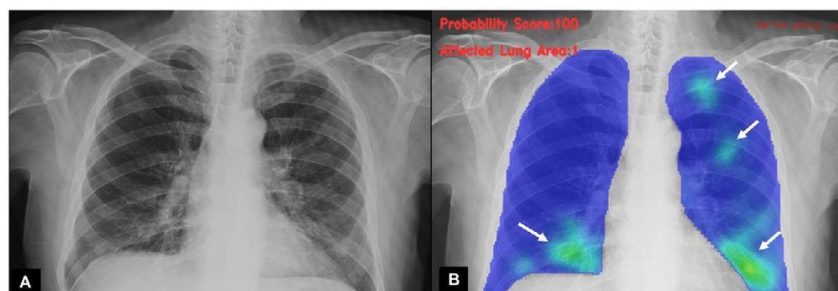


Fuente. Cobeñas et al (2023).

En el algoritmo de IA identifica algunas áreas de densidad parcheada (flechas en panel B) no sugestivas de proceso pulmonar viral.

Figura 8

Estudio de Rx de Tórax Portátil

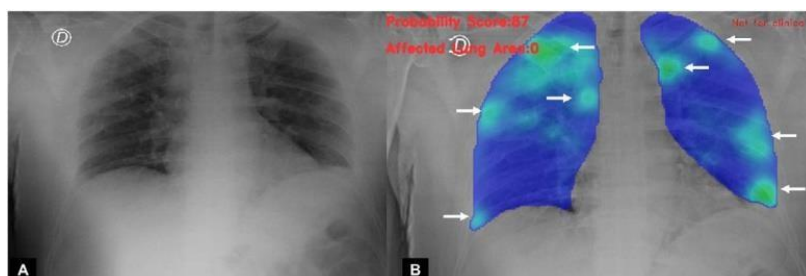


Fuente. Cobeñas et al (2023).

El algoritmo arrojó una probabilidad del 100% de infección por COVID-19, mostrando con color verde (flechas). B) Las opacidades identificadas en ambos campos pulmonares.

Figura 9

Estudio de Rx de Tórax Portátil



Fuente. Cobeñas et al (2023).

El resultado brindado por algoritmo de IA a partir del análisis de Rx de tórax portátil de probabilidad de neumonía por COVID-19 del 87%. B) Resultado y análisis del algoritmo de IA, mostrando en color verde (flechas) opacidades en ambos campos pulmonares.

Las figuras anteriores describen como la IA impacto positivo durante la etapa inicial de la pandemia, destacándose la aparición de aplicaciones para el seguimiento de pacientes, rastreo de contactos, escáneres térmicos y cámaras de atención a distancia. En este contexto, surgieron múltiples plataformas de inteligencia artificial (IA) con el objetivo de facilitar la detección de hallazgos radiológicos relacionados con la infección por COVID-19 sino que también se ha revolucionado con diferentes patologías en las diferentes áreas médicas (Cobeñas et al., 2023).

Metodología

Tipo de Estudio

Cualitativo

Tema de Estudio

Impacto en la inteligencia artificial en imágenes radiológicas.

Técnica de Recolección

Se realiza búsqueda de información en base de datos (SciELO, Google académico, PubMed, Elsevier y Radiology).

Para el desarrollo de la propuesta se realizará la lectura correspondiente a las características que implica la metodología para así mismo indagar sobre cuál es el posible enfoque que más congruente con la investigación por ello se indagara en la literatura inicial, buscando cual es posiblemente la metodología para una investigación cualitativa: En el cual se identificó que el enfoque cualitativo según el autor indica que usa la recolección de datos sin medición de tipo numérica para afinar o descubrir preguntas focalizadas a la investigación en el proceso de interpretación (Hernández Sampieri et al., 2006).

El estudio se realizara con base en las fuentes de información bibliográficas que se encuentran en la red de internet empleada por los estudiantes como lo son artículos científicos, norma judicial de Colombia, revistas científicas y artículos de personal de salud donde se evidencia y se corrobora toda información que sea relacionada con el Impacto de la inteligencia artificial en el control de calidad de imágenes radiológicas y la detección de artefactos o temas que se relacione y que tengas un enfoque similar que pueda dar respuestas asertivas a nuestro planteamiento problema. No obstante, también es importante establecer que el tipo de metodología cualitativa evalúa el desarrollo natural de los sucesos, lo que indica que no hay ningún tipo de manipulación con la realidad (Coberta, 2003).

Las investigaciones adquiridas desde los sitios web son soporte de los diferentes estudios realizados y bajo esta investigación se dará soluciones a miles de interrogantes que surgen en

nuestras labores cotidianas, es por ello que mediante la investigación en la literatura científica es dar respuesta a interrogantes que aún están sin solucionar.

Una de las metodologías utilizada para evaluar el impacto de la IA en imágenes radiológicas la cual está enfocada en los cambios en los beneficios y las técnicas a utilizar, los objetivos principales comprenden como la implementación de la IA está transformando el proceso de interpretación de las imágenes y así poder obtener los mejores resultados clínicos.

Estas técnicas permiten recopilar y analizar de manera exhaustiva la evidencia disponible sobre el rendimiento de la IA en diversas aplicaciones radiológicas, identificando tendencias, patrones y áreas de mejora potencial, Asimismo se emplean métodos de validación, otro enfoque metodológico importante en la evaluación del impacto de la IA en imágenes radiológicas es el desarrollo de guías y estándares de calidad para la implementación y validación de algoritmos de IA en entornos clínicos, Estas guías proporcionan un marco normativo y metodológico para garantizar la seguridad, eficacia y fiabilidad de los sistemas de IA utilizados en la interpretación de imágenes radiológicas, así como para promover la transparencia y de los resultados.

La metodología empleada para evaluar el impacto de la inteligencia artificial en imágenes radiológicas abarca una variedad de enfoques y técnicas, incluyendo estudios comparativos, revisiones sistemáticas, validación cruzada y desarrollo de estándares de calidad, investigaciones científicas, artículos médicos, utilizando base de datos que nos permitan identificar hasta donde ha llegado la AI como alternativa de estudio para las imágenes diagnósticas, Estos métodos permiten comprender mejor cómo la IA está transformando la práctica radiológica y cómo puede optimizarse para mejorar la precisión, eficiencia y calidad del cuidado del paciente y de la radiología como especialidad en la medicina así como tecnológico para los tecnólogos en radiología.

Durante la investigación se hará una revisión de fuentes bibliográficas en los buscadores académicos de investigación científica tanto en inglés como en español, de los cuales se tomarán aproximadamente 20 artículos seleccionados para el presente estudio de la temática, descartando artículos que se encuentren duplicados, que no influyan con la temática o que no tengan sustento científico que para este caso lo debe tener.

Para el desarrollo de las fases se tomará como referencia los tres objetivos que se plantearon desde el inicio de la investigación lo cuales se convirtieron en la guía para desarrollar y darle respuesta a la pregunta inicial.

Fase 1

Realizar una búsqueda avanzada en la literatura científica relacionado con el impacto de la inteligencia artificial en el control de la calidad de la imagen radiológica y en la detección de artefactos.

Tareas:

Determinar cuáles son los buscadores de información más confiables y relevantes para la investigación, por ejemplo: Redalyc, Google académico, El Scielo, Elsevier, Dialnet, E-bibliotec, Pubmed.

Realizar una búsqueda inicial y recopilar una lista de artículos y publicaciones científicas relevantes, evaluar la calidad y relevancia de los artículos encontrados, filtrando aquellos que sean más pertinentes para la investigación

Fase 2

Seleccionar documentos científicos relacionado con la inteligencia artificial en el control de calidad de imágenes radiológicas y la detección de artefactos.

Tareas:

Clasificar los artículos seleccionados en categorías según su enfoque (por ejemplo, estudios sobre control de calidad, estudios sobre detección de artefactos, inteligencia artificial en radiología, Historia de la radiología).

Elaborar un resumen de cada artículo seleccionado, destacando los puntos clave y las conclusiones relevantes junto con una base de datos o un repositorio digital para almacenar los artículos seleccionados y sus resúmenes.

Fase 3

Identificar en la literatura científica los principales desafíos y limitaciones en la implementación de la inteligencia artificial para el control de calidad de imágenes radiológicas y la detección de artefactos.

Tareas:

Elaborar un informe detallado que resuma los desafíos y limitaciones encontrados, proporcionando ejemplos específicos de cada uno junto con la aplicación la norma de referencia APA.

Preparar una presentación o un documento de trabajo que resuma las conclusiones de la investigación, junto con la sustentación de la investigación.

Desarrollo del Proyecto

Durante la investigación del Impacto de la inteligencia artificial en el control de calidad de imágenes radiológicas y la detección de artefactos, se evidenciaron unas etapas en las cuales inicialmente se planteó la pregunta o problema que más pudiera ser significativa para el objeto a estudio, seguido a la pregunta continua la justificación de demostrar porque es interesante el tema y que se va a resolver con ello.

Al consolidar tanto la pregunta como la justificación se plantearon un objetivo general y tres objetivos específico, de los cuales en la metodología se propuso unos planes de acción o tareas para realizar y que se pudiera cumplir el objetivo de la investigación para este caso abarcar desde el inicio de la radiología hasta los avances en la actualidad como eje importante identificar cual Impacto de la inteligencia artificial en el control de calidad de imágenes radiológicas y la detección de artefactos.

Desarrollo Inicial

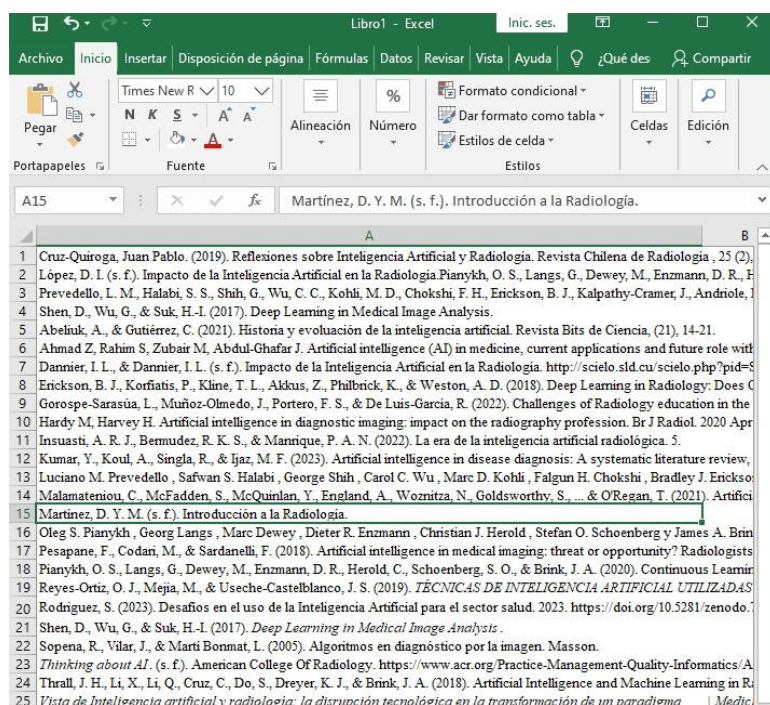
En primera fase se Determinó cuáles son los buscadores de información más confiables y relevantes para la investigación, por ejemplo: Redalyc, Google académico, El Scielo, Elsevier, Dialnet, E-biblioteca, Pubmed. En el cual se realizó una búsqueda inicial y recopilar una lista de artículos y publicaciones científicas relevantes, evaluar la calidad y relevancia de los artículos encontrados, filtrando aquellos que sean más pertinentes para la investigación.

Para estas dos tareas lo que inicialmente fue una división de responsabilidades en las cuales los integrantes del grupo debían investigar cada uno de 5 a 7 artículos en los cuales el tema central tuviera referencia con investigaciones en páginas científicas y que pudieran servirnos como apoyo en la investigación y que el tema fuese congruente con el nuestro.

Lo que nos proporcionó una tabla en Excel de bibliografía que nos acercó al tema con mucha más relevancia a darle solución al tema escogido.

Figura 10

Muestra Recopilación Archivos Excel



Fuente. Autoría propia

Desarrollo Continuo

En la segunda fase, se procederá a una clasificación sistemática de los artículos recopilados. Esta clasificación permitirá identificar patrones y tendencias en la aplicación de la inteligencia artificial en el campo de la radiología. Se crearán categorías específicas para organizar los estudios, facilitando así el análisis comparativo. Cada artículo será resumido, destacando los métodos utilizados, los resultados obtenidos y las conclusiones principales. Estos resúmenes serán almacenados en un Excel o Word accesible, asegurando una fácil referencia durante las fases posteriores del proyecto.

En la cual debían Clasificar los artículos seleccionados en categorías según su enfoque (por ejemplo, estudios sobre control de calidad, estudios sobre detección de artefactos, inteligencia artificial en radiología, Historia de la radiología) importante en la fase media o técnica debíamos enfocarnos en identificar principales desafíos y limitaciones en la implementación de la inteligencia artificial para el control de calidad de imágenes radiológicas y la detección de artefactos. .

Al realizar la búsqueda inicial cada participante debió hacer la lectura de los artículos, no era únicamente seleccionar títulos, sino que también cada uno tenía realizo su propio análisis que entrego por cada título para posterior selección para así entrar a elegir y seleccionar cuales eran los idóneos para nuestro tema.

Fase Final

En el momento final o la fase tres se realiza el informe detallado que resuma los desafíos y limitaciones encontrados, proporcionando ejemplos específicos de cada uno junto con la aplicación la norma de referencia APA, junto con todas las consideraciones técnicas, donde se evidencia el inicio de las imágenes diagnosticas hasta sus actuales usos, junto con la compilación de todos los artículos que cumplieran completamente con nuestro enfoque dándole una organización mucho más coherente con el tema tratado y despejando el interrogante, finalmente se preparó la presentación y el documento de trabajo que resuma las conclusiones de la investigación, junto con la sustentación de la investigación.

Conclusiones

Con la implementación de la inteligencia artificial (IA) en el campo de la radiología médica ha traído consigo una transformación de otro nivel en el ámbito del área de la salud y en las unidades radiológicas, en la que sé que redefine las prácticas clínicas y mejora la atención médica de manera significativa. A través de algoritmos avanzados y redes neuronales artificiales, la IA ha demostrado su capacidad para optimizar el control de calidad de imágenes radiológicas y mejorar la precisión en la detección de patologías, en la precisión de los diagnósticos y de identificación de todo tipo de artefactos en cada imagen.

El impacto de la IA se extiende más allá de la interpretación de imágenes, influyendo en el avance en el trabajo y la toma de decisiones clínicas. Sin embargo, este avance no está evitando los desafíos, lo que permite establecer estándares y protocolos para su implementación, así como deja muchos interrogantes por la pérdida de autonomía profesional de los radiólogos. A pesar de las incertidumbres y desafíos, la IA promete transformar la práctica de la radiología y mejorar la atención médica en general. Su capacidad para mejorar la precisión diagnóstica, la eficiencia en la interpretación de imágenes y la optimización de los resultados para los pacientes la convierten en una herramienta invaluable en el ámbito de la salud.

Es fundamental que los profesionales de la salud estén capacitados para comprender y utilizar de manera efectiva las herramientas de IA, garantizando la calidad y seguridad en los diagnósticos radiológicos. Además, se deben realizar estudios de validación y comparación entre métodos tradicionales e IA para identificar sus fortalezas y limitaciones.

La IA representa una oportunidad única para transformar la radiología, pero su implementación debe abordarse con cautela y consideración de los aspectos éticos, científicos y técnicos involucrados. Con una correcta formación y evaluación continua, la IA puede

convertirse en un aliado invaluable para los radiólogos, mejorando la precisión diagnóstica y la calidad de la atención médica.

Referencias Bibliográficas

- Abeliuk, A., y Gutiérrez, C. (2021). Historia y evolución de la inteligencia artificial. *Revista Bits de Ciencia*, (21), 14-21.
<https://revistasdex.uchile.cl/index.php/bits/article/download/2767/2700>
- Cobeñas, R. L., De Vedia, M., Florez, J., Jaramillo, D., Ferrari, L., y Re, R. (2023). Rendimiento diagnóstico de algoritmos de inteligencia artificial para detección de compromiso pulmonar por COVID-19 basados en radiografía portátil. *Medicina Clínica*, 160(2), 78-81. <https://doi.org/10.1016/j.medcli.2022.04.016>
- Cueto, O, R. L. (2024). Optimización del diagnóstico médico: Un análisis bibliométrico de la precisión de técnicas de IA en la detección temprana de enfermedades (Bachelor's thesis, Especialización en Gerencia Procesos de Calidad e Innovación Virtual).
<https://repository.universidadean.edu.co/handle/10882/13379>.
- Dávalos Villca, M. V. (2013). Historia de la radiología. *Revista de actualización clínica Investiga*, 37, 1787. <http://revistasbolivianas.umsa.bo/pdf/raci/v37/v37a01.pdf>
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., y Baptista-Lucio, P. (2006). Analisis de los datos cuantitativos. *Metodología de la investigación*, 6, 270-335.
https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w25172w/M1CCT05_S4_Analisis_de_datos.pdf
- Kumar, Y., Koul, A., Singla, R., y Ijaz, M. F. (2023). Artificial intelligence in disease diagnosis: A systematic literature review, synthesizing framework and future research agenda. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 14(7), 8459-8486.
<https://doi.org/10.1007/s12652-021-03612-z>
- Lovelace, A. A. (1842). Sketch of the analytical engine invented by Charles Babbage, by LF

Menabrea, officer of the military engineers, with notes upon the memoir by the translator.

Taylor's Scientific Memoirs, 3, 666-731.

[https://scholar.google.es/scholar?q=Ada+lovelace+\(1842\)&hl=es&as_sdt=0,5&scisig=B4S3ZoLEncGBy9YPg6O4iAU&dts=kK0lV-H0D1kJ&pli=1](https://scholar.google.es/scholar?q=Ada+lovelace+(1842)&hl=es&as_sdt=0,5&scisig=B4S3ZoLEncGBy9YPg6O4iAU&dts=kK0lV-H0D1kJ&pli=1)

Martínez, D. Y. M. (s. f.). Introducción a la Radiología.

<https://digitk.areandina.edu.co/bitstream/handle/areandina/1247/Introducci%C3%B3n%20a%20la%20Radiolog%C3%ADa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Sartori, P., Rozowykniat, M., Siviero, L., Barba, G., Peña, A., Mayol, N., ... y Ortiz, A. (2015).

Artefactos y artificios frecuentes en tomografía computada y resonancia magnética.

Revista argentina de radiología, 79(4), 192-204.

Sopena. M, R., Bonmatí. L. M., y Samper, J. V. (2005). Algoritmos en diagnóstico por la

imagen, 2a ed.

https://books.google.com.co/books/about/Sopena_R_Algoritmos_en_diagn%C3%B3stico_por.html?hl=es&id=zI-mD75e1GUC&redir_esc=y

Sopena. M, R., Samper, J. V., y Bonmatí, L. M. (1996). Algoritmos en diagnóstico por la

imagen. Masson. <https://booksmedicos.org/tag/algoritmos-en-diagnostico-por-la-imagen-descargar-gratis/>