

Aplicación de metodologías de minería de datos para la detección e interpretación de errores en sistemas DICOM y PACS en entornos de radiología digital

Divanis María Miranda Ospino

Dayelis Michelle Bautista Carmona

Luis David Banquet Pérez

Raúl Alberto Castillo Daza

Vivían Carolina Barroso Benavides

Asesora

Edna Rocío Jamaica Guío

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias de la Salud - ECISA

Tecnología en Radiología e Imágenes Diagnosticas

2026

Resumen

El estudio analiza las metodologías de minería de datos aplicadas a la detección e interpretación de errores en sistemas DICOM y PACS en entornos de radiología digital. La investigación se desarrolla bajo un enfoque cualitativo, de tipo documental, con un diseño descriptivo-analítico y no experimental. La información se recopiló mediante la revisión sistemática de fuentes académicas, incluyendo artículos científicos, libros y documentos institucionales publicados entre 2020 y 2025. Los resultados evidencian que técnicas como árboles de decisión, clustering y redes neuronales permiten identificar patrones de error, mejorar la calidad de los datos y fortalecer el monitoreo predictivo en sistemas de salud. Asimismo, se identificó que los errores más frecuentes corresponden a inconsistencias en metadatos, fallas en la transmisión y problemas de interoperabilidad. Se concluye que la minería de datos construye una herramienta estratégica para la gestión tecnológica en radiología digital, contribuyendo a la optimización del flujo clínico y la mejora de la calidad diagnóstica.

Palabras Clave: Minería de datos, DICOM, PACS, radiología digital, errores en sistema de salud, monitoreo predictivo.

Abstract

This study analyzes data mining methodologies applied to the detection and interpretation of errors in DICOM and PACS systems in digital radiology environments. The research follows a qualitative, documentary-analytical and non-experimental design. Data were collected through a systematic review of academic sources published between 2020 and 2025. The results show that techniques such as decision trees, clustering, and neural networks enable the identification of error patterns, improve data quality, and strengthen predictive monitoring in healthcare systems. The most common errors identified include metadata inconsistencies, transmission failures, and interoperability issues. It is concluded that data mining is a strategic tool for technological management in digital radiology, contributing to improved clinical workflow and diagnostic quality.

Keywords: Data mining, DICOM, PACS, digital radiology, healthcare system errors, predictive monitoring.

Tabla de contenido

Introducción	8
Planteamiento del Problema	10
Justificación	12
Objetivos.....	14
Objetivo General.....	14
Objetivos Específicos	14
Marco Teórico.....	15
Fundamento de la Infraestructura de Radiología Digital.....	15
<i>Infraestructura de la Radiología Digital.....</i>	<i>15</i>
<i>Protocolo DICOM.....</i>	<i>16</i>
<i>Arquitectura de Sistemas PACS.....</i>	<i>17</i>
<i>Estándar DICOM y Sistema PACS.....</i>	<i>17</i>
<i>Interoperabilidad y el Estándar en Salud (HL7).....</i>	<i>18</i>
Calidad de Datos y Gestión de Errores en Radiología	18
<i>Tipología de Errores en Sistemas DICOM/PACS.....</i>	<i>19</i>
<i>Impacto de los Errores en el Flujo Clínico</i>	<i>21</i>
Minería de Datos Aplicada a la Salud	21
<i>Proceso KDD.....</i>	<i>21</i>
<i>Fases de la Minería de Datos en Salud.....</i>	<i>22</i>
<i>Algoritmos Comunes para Detección de Anomalías.....</i>	<i>22</i>
Monitoreo Predictivo y Aplicación Práctica en Sistemas DICOM/PACS	24
<i>Mantenimiento Correctivo vs Preventivo vs Predictivo</i>	<i>24</i>

<i>Análisis de Logs de Servidores PACS: minería de Texto para Predicción de Fallas</i>	25
Marco Legal y Ético	25
<i>Protección de Datos Sensibles y Anonimización</i>	26
<i>Estándares Internacionales de Calidad: Normativas de la ACR</i>	26
Metodología	28
Enfoque de la Investigación	28
Tipo y Diseño de la Investigación	28
Estrategia de Búsqueda y Recolección de Información	29
Criterios de Inclusión y Exclusión.....	29
<i>Criterios de Inclusión</i>	29
<i>Criterios de Exclusión</i>	30
Intencionalidad y Alcance de la Investigación	30
Técnicas de Análisis de la Información.....	30
Consideraciones Éticas y Legales.....	31
Alcance de la Investigación.....	31
Limitaciones del Estudio	31
Resultados	32
Conclusiones	38
Referencias Bibliográficas	40

Lista de Tablas

Tabla 1. <i>Tipología de Errores en Sistemas DICOM/PACS y Metodologías Analítica Asociada</i>	20
Tabla 2. <i>Comparación entre Mantenimiento Correctivo, Preventivo y Predictivo en Entornos PACS</i>	24
Tabla 3. <i>Metodología de Minería de Datos Aplicadas en la Detección de Errores en Sistemas</i>	33
Tabla 4. <i>Relación Entre Tipos de Errores en Sistemas DICOM/PACS y Técnicas de Minería de Datos</i>	34
Tabla 5. <i>Comparación de Estudios Sobre Minería de Datos en Sistemas de Salud</i>	35

Lista de Figuras

Figura 1. <i>Flujo de Transmisión de Imágenes Médicas Mediante el Protocolo DICOM</i>	16
Figura 2. <i>Arquitectura Básica de un Sistema PACS en Radiología Digital</i>	18
Figura 3. <i>Fases del Proceso de Descubrimiento de Conocimiento en Base de Datos (KDD)</i>	22
Figura 4. <i>Árbol del Problema Metodologías de Minería de Datos Efectivas para Interpretar Errores en Sistemas DICOM y PACS</i>	27

Introducción

La transformación digital en el sector salud ha generado avances significativos en la gestión de la información clínica, particularmente en áreas como la radiología, donde se manejan grandes volúmenes de datos e imágenes diagnósticos. En este contexto, tecnologías como el estándar DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) y los sistemas PACS (Picture Archiving and Communication System) han optimizado el almacenamiento, transmisión y acceso a estudios médicos, mejorando la eficiencia del flujo clínico (Organización Panamericana de la Salud [OPS], 2022; Wong & Mar Cornelio, 2023).

Sin embargo, a pesar de sus beneficios, estos sistemas presentan limitaciones asociadas a errores de interoperabilidad, inconsistencias en los metadatos, fallas en la transmisión de imágenes y problemas de almacenamiento, los cuales pueden afectar la calidad del diagnóstico y la continuidad del servicio médico (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2021; Videl et al., 2025). Estas problemáticas evidencian la necesidad de implementar estrategias tecnológicas avanzadas que permitan detectar, analizar y prevenir fallos en los sistemas de radiología digital.

En este sentido, la minera de datos se posiciona como una herramienta clave para el análisis de grandes volúmenes de información, permitiendo identificar patrones ocultos, detectar anomalías y apoyar la toma de decisiones en entornos complejos como el sector salud (Han et al., 2011; Kotu & Deshpande, 2019). Su aplicación en sistemas DICOM y PACS permite mejorar los procesos de monitoreo predictivo, contribuyendo a la reducción de errores y al fortalecimiento de la gestión tecnológica en instituciones de salud.

Por tanto, la presente investigación tiene como propósito analizar las metodologías de minería de datos reportadas en la literatura científica para la interpretación de errores en sistemas

DICOM y PACS, con el fin de aportar bases teóricas que orienten futuras implementaciones en entornos de radiología digital.

Planteamiento del Problema

La transformación digital en el sector salud ha impulsado la implementación de sistemas tecnológicos avanzados para la gestión de la información clínica, especialmente en áreas como la radiología, donde se generan grandes volúmenes de datos e imágenes diagnósticas. En este contexto, herramientas como el estándar DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) y los sistemas PACS (Picture Archiving and Communication System) han permitido optimizar el almacenamiento, transmisión y visualización de estudios médicos, favoreciendo la interoperabilidad entre plataformas y mejorando la eficiencia del flujo clínico (Organización Panamericana de la Salud [OPS], 2022; Wong & Mar Cornelio, 2023).

No obstante, a pesar de los avances tecnológicos, diversos estudios evidencian la persistencia de errores operativos y técnicos en estos sistemas, tales como inconsistencias en los metadatos, fallas en la transmisión de imágenes, problemas de interoperabilidad entre sistemas y pérdida de información clínica, los cuales pueden comprometer la calidad del diagnóstico y la seguridad del paciente (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2021; Vidal et al., 2025; Higuera González, 2025).

En muchos entornos hospitalarios, la detección de estos errores se realiza de manera reactiva, mediante revisión manuales o procesos correctivos posteriores a la ocurrencia de la falla, lo que limita la capacidad de anticipar eventos críticos y genera ineficiencia en la gestión tecnológica (Rojas & Velásquez, 2025). Esta situación se agrava debido al escaso aprovechamiento de los grandes volúmenes de datos generados por los sistemas DICOM y PACS, los cuales contienen información valiosa que podría ser utilizada para identificar patrones de error y mejorar la toma de decisiones (Vidal et al., 2025).

Desde esta perspectiva, la minería de datos emerge como una alternativa metodológica capaz de analizar grandes conjuntos de información, identificar anomalías y generar modelos predictivos que permitan anticipar fallos en los sistemas de radiología digital (Han et al., 2011; Orozco et al., 2021). Sin embargo, la literatura evidencia que su aplicación en el análisis de errores en sistemas DICOM y PACS aún es limitada, especialmente en contextos latinoamericanos, lo que representa un vacío de conocimiento relevante en el campo de la informática médica.

En consecuencia, se identifica como problemas centrales la insuficiente aplicación de metodologías de minería de datos para la detección e interpretación de errores en sistemas DICOM y PACS, lo cual limita el desarrollo de estrategias de monitoreo predictivo y afecta la eficiencia de los servicios de radiología digital: ¿Cómo pueden las metodologías de minería de datos contribuir a la detección e interpretación de errores en sistemas DICOM y PACS en entornos de radiología digital?

Justificación

La presente investigación se justifica en la necesidad de analizar, desde una perspectiva teórica y documental, las metodologías de minería de datos aplicadas a la detección e interpretación de errores en sistemas DICOM y PACS en entornos de radiología digital. Estos sistemas constituyen componentes fundamentales en la gestión de imágenes médicas; sin embargo, diversos estudios evidencian la presencia de fallas relacionadas con la interoperabilidad, la calidad de los datos y la transmisión de la información, lo que puede afectar la precisión diagnóstica y la continuidad del servicio de salud (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2021; Vidal et al., 2025).

Desde el punto de vista teórico, la investigación aporta a la consolidación del conocimiento en el campo de la informática médica, integrando conceptos relacionados con minería de datos, sistemas de información en salud y gestión de errores en radiología digital. La revisión sistemática de literatura permite identificar modelos, metodologías y enfoques analíticos que han sido utilizados en contextos similares, contribuyendo a la comprensión del fenómeno estudiado (Han et al., 2011; Murphy, 2022).

En el ámbito metodológico, el estudio se desarrolla bajo un enfoque cualitativo de tipo documental, lo que resulta pertinente para analizar y sintetizar información proveniente de diversas fuentes académica. Este enfoque permite comparar resultados de investigaciones previas, identificar tendencias y establecer relaciones entre variables, fortaleciendo la validez de análisis (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2020).

Desde la relevancia práctica, aunque la investigación no implica intervención directa en investigación no implica intervención directa en instituciones de salud, sus resultados ofrecen una base conceptual que puede orientar futuras implementaciones de herramientas analíticas en

sistemas DICOM y PACS. En este sentido, la aplicación de técnicas de minería de datos podría contribuir a la detección temprana de errores, el monitoreo predictivo y la optimización de los procesos en radiología digital (Orozco et al., 2021; Gómez Morales et al., 2024).

Asimismo, la investigación presenta una relación tecnológica, dado que promueve el uso de herramientas avanzadas de análisis de datos en el sector salud, alineándose con las tendencias actuales de transformación digital y salud inteligente. La incorporación de modelos predictivos en la gestión de sistemas de información médica puede mejorar la eficiencia operativa y reducir riesgos asociados a fallos tecnológicos (Organización Panamericana de la Salud [OPS], 2022).

Finalmente, desde una perspectiva social, el estudio contribuye indirectamente al mejoramiento de la calidad de los servicios de salud, ya que la optimización de los sistemas de radiología digital impacta en la oportunidad y precisión de los diagnósticos médicos, beneficiando tanto a profesionales de la salud como a los pacientes.

Objetivos

Objetivo General

Analizar las metodologías de minería de datos reportadas en la literatura científica para la detección e interpretación de errores en sistemas DICOM y PACS en entornos de radiología digital.

Objetivos Específicos

Describir el funcionamiento de los sistemas DICOM y PACS en la gestión de imágenes médicas, identificando su relación con la generación de errores en entornos de radiología digital.

Identificar los principales tipos de errores presentes en los sistemas DICOM y PACS, considerando aspectos como metadatos, transmisión, almacenamiento e interoperabilidad.

Analizar las metodologías de minería de datos utilizadas en la literatura científica para la detección de anomalías en sistemas de información en salud.

Evaluar a partir de la evidencia la tecnología de minería de datos en la implementación de estrategias de monitoreo predictivo para la mejora de la calidad y eficiencia en sistemas de radiología digital.

Marco Teórico

Fundamento de la Infraestructura de Radiología Digital

La digitalización en el ámbito de la salud ha facilitado la mejora en la administración de datos clínicos, sobre todo en sectores que producen grandes cantidades de información, como la radiología. La infraestructura digital en radiología combina tecnologías informáticas que posibilitan el almacenamiento, la transmisión y el análisis de imágenes médicas de forma eficaz y segura. Estas plataformas permiten el intercambio de datos entre equipos de diagnósticos, sistemas de salud y profesionales médicos, asegurando la continuidad y eficacia del flujo clínico (OPS, 2019; Ortega et al., 2024).

Entre las tecnologías claves se encuentran el estándar DICOM (Imágenes Digitales y Comunicación en Medicina) y los sistemas PACS (Sistema de Archivo y Comunicación de Imágenes), que facilitan la administración completa de las imágenes médicas en hospitales. La digitalización ayuda a aumentar el acceso a la información clínica, mejorar los procesos de diagnóstico y fortalecer la interoperabilidad entre diferentes plataformas tecnológicas (Castañeda Duque et al., 2021; Esteve et al., 2021).

Infraestructura de la Radiología Digital

La radiología digital representa uno de los pilares fundamentales en la transformación tecnológica del sector salud, permitiendo la gestión eficiente de grandes volúmenes de imágenes médicas y datos clínicos. Esta infraestructura integra sistemas de información, redes de comunicación y estándares internacionales que facilita el almacenamiento, transmisión y visualización de estudios diagnósticos (OPS, 2022; Ortega et al., 2024).

De acuerdo con la OMS (2021), la digitalización de los servicios de salud contribuye a mejorar la calidad asistencial, optimizar los procesos clínicos y garantizar la disponibilidad

oportuna de la información médica. Asimismo, autores como Castañeda Duque et al. (2021) destacan que la importancia de tecnologías digitales en radiología incrementa la eficiencia operativa y reduce los tiempos de respuesta en la atención al paciente.

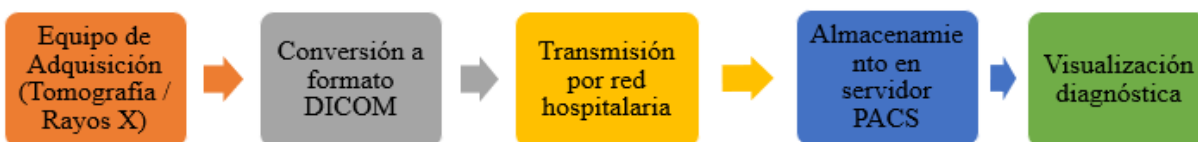
Protocolo DICOM

El estándar DICOM establece las pautas para la interpretación entre diversos aparatos de diagnósticos por imágenes, como tomógrafos, máquinas de resonancia magnética y equipos de radiografía digital (García-Peñalva, 2021). Esto garantiza que los dispositivos de diferentes fabricantes sean compatibles y que las aplicaciones se integren de manera efectiva en la infraestructura de los hospitales (Rojas et al., 2025; Orozco et al., 2021).

A pesar de sus beneficios, DICOM enfrenta problemas relacionados con la gestión de metadatos, la capacidad de trabajar juntos y la adecuada transmisión de datos clínicos. La ausencia de sistemas de monitoreo efectivos puede generar errores que afecten la disponibilidad de las imágenes y la precisión de la información, poniendo en riesgo la calidad del diagnóstico (American College of Radiology, 2022).

Figura 1

Flujo de Transmisión de Imágenes Médicas Mediante el Protocolo DICOM



Nota. Flujo el Protocolo DICOM Fuente. Mojica (2025).

Arquitectura de Sistemas PACS

Los sistemas PACS son responsables de archivar, organizar y distribuir imágenes médicas en los centros de salud, facilitando el acceso inmediato a estudios radiológicos y apoyando las decisiones clínicas (Castañeda et al., 2021).

La estructura de un PACS abarca:

Servidores para almacenar imágenes.

Bases de datos para manejar metadatos.

Estaciones de visualización para los especialistas en salud.

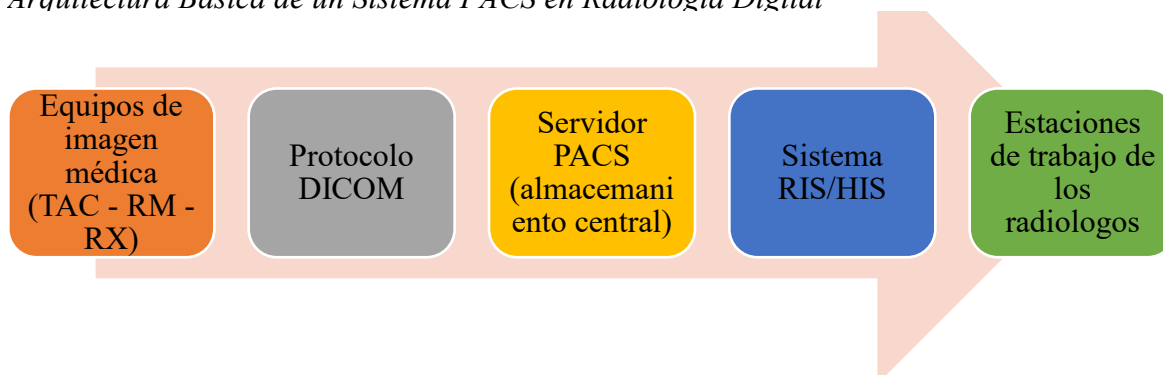
Sistemas de comunicación con equipos de diagnóstico.

La correcta integración de estos elementos mejora el flujo de trabajo en radiología y garantiza el acceso constante a la información clínica (Yagual y Llivisaca, 2025; Rajkomar, 2019).

Estándar DICOM y Sistema PACS

El estándar DICOM, constituye el principal protocolo para la gestión de imágenes médicas, permitiendo la interoperabilidad entre diferentes dispositivos y sistemas de información en salud (Rojas & Velásquez, 2025; American College of Radiology, 2022).

Por su parte los sistemas PACS, facilitan el almacenamiento, organización y distribución de imágenes médicas dentro de las instituciones de salud, eliminando la necesidad de soportes físicos y mejorando el acceso a la información clínica (Yagual & Llivisaca, 2025).

Figura 2*Arquitectura Básica de un Sistema PACS en Radiología Digital*

Nota. Elaboración propia con base en literatura sobre sistemas PACS en radiología digital (Yagual y Llivisaca, 2025).

Interoperabilidad y el Estándar en Salud (HL7)

La interoperabilidad en los sistemas de salud se refiere a la capacidad de diferentes plataformas tecnológicas para intercambiar información de manera segura y eficiente. En este contexto, el estándar HL7 (Health Level Seven) desempeña un papel clave en la integración de sistemas clínicos (Wong & Mar Cornelio, 2023; Mojica, 2025).

La OMS (s.f.) señala que la interoperabilidad es esencial para mejorar la calidad del servicio, ya que permite una atención más coordinada y reduce los errores asociados a la duplicación o pérdida de información. Sin embargo, estudios recientes indican que las fallas en la implementación de estos estándares pueden generar inconsistencias en los datos y afectar los procesos diagnósticos (Mojica, 2025; Litjens, 2017).

Calidad de Datos y Gestión de Errores en Radiología

La calidad de datos en los sistemas de radiología digital es un enfoque crítico para garantizar diagnósticos precisos y oportunos. Los errores en los sistemas DICOM y PACS pueden clasificarse en errores de metadatos, fallas de transmisión, problemas de almacenamiento e inconsistencias en la interoperabilidad (Higuera González, 2025; Vidal et al., 2025).

Según Yagual y Livisaca (2025), estos errores pueden tener un impacto significativo en el flujo clínico, generando retrasos en la atención médica y riesgos para la seguridad del paciente. Asimismo, la literatura evidencia que la mayoría de estos errores no son detectados de manera oportuna debido a la falta de herramientas analíticas avanzadas.

Tipología de Errores en Sistemas DICOM/PACS

Los errores que se presentan en los sistemas DICOM y PACS pueden clasificarse en diferentes categorías según su origen y su impacto en el funcionamiento del sistema (Cruz & Herrera, 2021).

Entre los errores más frecuentes se encuentran:

Errores de Sintaxis y Conformidad. Se producen cuando los sistemas no cumplen completamente con las especificaciones del protocolo DICOM, lo que puede generar incompatibilidades entre dispositivos o problemas en la interpretación de los datos.

Inconsistencias en Metadatos. Este tipo de errores se relaciona con problemas en la información asociada a las imágenes médicas, como:

Identificación incorrecta del paciente

Lateralidad mal registrada

Datos incompletos del estudio radiológico.

Perdida de Paquetes en la Red. Durante la transmisión de imágenes médicas pueden ocurrir pérdidas de paquetes de datos en la red, lo que puede ocasionar corrupción de archivos o interrupciones en la transferencia de información.

Según Higuera González (2025), estos errores pueden afectar la disponibilidad de las imágenes médicas y generar retrasos en los procesos diagnósticos.

Corrupción de Imágenes. La corrupción de imágenes ocurre cuando el archivo DICOM presenta alteraciones que impiden su visualización correcta o comprometen la calidad diagnóstica. Esto puede deberse a:

Errores durante la transmisión.

Fallos en almacenamiento.

Problemas en procesos de compresión/descompresión.

Interrupciones en la escritura de datos.

La detección temprana de archivos corruptos mediante algoritmos de análisis automatizado constituye una estrategia clave para la integridad diagnóstica (Higuera González, 2025).

Tabla 1

Clasificación de errores en sistemas DICOM y PACS en Entornos de Radiología Digital

Tipo de Error	Descripción	Consecuencias en el Sistema
Error de Mantenimiento	Inconsistencias en la información asociada a la imagen, como identificación del paciente o fecha del estudio.	Riesgo de identificación incorrecta del paciente y problemas en la gestión de estudios clínicos.
Error de Transmisión	Pérdida de paquetes de datos durante el envío de imágenes a través de la red hospitalaria.	Interrupciones en la transferencia de imágenes o archivos incompletos.
Error de Almacenamiento	Problemas en el servidor PACS que afectan la integridad de los archivos almacenados.	Corrupción de imágenes médicas o pérdida de información.
Error de Interoperabilidad	Fallas en la comunicación entre sistemas RIS, PACS y otros sistemas hospitalarios.	Retrasos en el flujo de trabajo clínico y dificultades de integración de datos.
Error Humano	Ingreso incorrecto de datos durante el registro del estudio radiológico.	Información clínica incorrecta o incompleta.

Nota. Adaptado de estudios sobre gestión de sistemas de radiología digital y análisis de errores en sistemas PACS (Yagual y Llivisaca, 2025; Vidal et al., 2025).

Impacto de los Errores en el Flujo Clínico

Las fallas en los sistemas de radiología digital pueden tener consecuencias significativas en el funcionamiento de los servicios de salud.

Entre los principales efectos se encuentran:

Retrasos en la disponibilidad de estudios diagnósticos.

Interrupciones en el flujo de trabajo del personal médico.

Dificultades en la interpretación de imágenes médicas.

Riesgos potenciales para la seguridad del paciente (Sánchez et al., 2025).

De acuerdo con la OPS (2022), la gestión adecuada de los sistemas de información en salud es fundamental para garantizar la continuidad de los procesos clínicos.

Minería de Datos Aplicada a la Salud

La minería de datos se define como el proceso de descubrimiento de patrones y conocimientos a partir de grandes volúmenes de datos, utilizando técnicas estadísticas, matemáticas y de inteligencia artificial (Orozco et al., 2021; Romero, Ramírez & Soto, 2022).

El estudio de los registros generados por sistemas DICOM/PACS ayuda a identificar irregularidades y permite poner en práctica estrategias de monitoreo anticipado, previniendo fallos en servidores, traslados de datos o en la gestión de imágenes (Vidal et al., 2025; Higuera González, 2025).

Proceso KDD

El método KDD (Descubrimiento de Conocimiento en Bases de Datos) facilita la obtención de información valiosa a partir de extensos conjuntos de datos a través de la elección, el preprocesamiento, la transformación, la implementación de algoritmos y la evaluación de los

resultados (Orozco et al., 2021). Esta estrategia transforma datos sin procesar en conocimiento aplicable en la administración de hospitales.

Figura 3

Fases del Proceso de Descubrimiento de Conocimiento en Base de Datos (KDD)



Nota. Elaboración propia con base en información de Higuera González (2025).

Fases de la Minería de Datos en Salud

La aplicación de minería de datos en el sector salud implica diferentes etapas analíticas que permiten preparar y analizar la información médica.

Selección y Limpieza de Datos (Preprocessing). En esta fase se identifican los datos relevantes y se eliminan registros incompletos o inconsistentes.

Transmisión de Datos DICOM a Formatos Analizables (JSON/CSV). Los datos contenidos en los archivos DICOM pueden convertirse a formatos analíticos como JSON o CSV para facilitar su procesamiento mediante herramientas de análisis de datos.

Modelado y Evaluación. En esta etapa se aplican algoritmos de minería de datos para identificar patrones o anomalías en la información analizada.

Algoritmos Comunes para Detección de Anomalías

Existen diferentes algoritmos utilizados en minería de datos para la detección de anomalías en sistemas informáticos.

Entre los más utilizados se encuentran:

Árboles de Decisión. Los árboles de decisión son modelos supervisados que clasifican eventos en función de reglas jerárquicas. Permiten identificar condiciones específicas que conducen a un error, facilitando la interpretación clínica y técnicas.

Su principal ventaja es la facilidad de interpretación, lo que los hace adecuados para entornos hospitalarios donde se requiere transparencia en la toma de decisiones.

Redes Neuronales. Las redes neuronales artificiales permiten modelar relaciones complejas entre múltiples variables. Son especialmente útiles para:

Detectar patrones no lineales.

Analizar grandes volúmenes de logs.

Identificar anomalías sutiles.

El aprendizaje profundo ha mostrado alta efectividad en la detección de comportamiento anómalo en sistemas distribuidos. No obstante, su interpretación puede ser menos transparente que la de modelos tradicionales.

Clustering (Agrupamiento) para Identificar Patrones de Fallas Recurrentes. Las técnicas de agrupamiento, como K-means o DBSCAN, permiten identificar patrones recurrentes sin necesidad de datos previamente etiquetados.

En sistemas DICOM/PACS, el clustering puede utilizarse para:

Agrupar tipos de errores frecuentes.

Identificar comportamientos atípicos.

Detectar variaciones inusuales en tiempos de respuesta (Topol, 2019).

Este enfoque es particularmente útil cuando se desea explorar datos sin conocimiento previo de categorías de error.

Estos algoritmos permiten identificar patrones de comportamiento anómalos en grandes volúmenes de datos, lo que facilita la detección temprana de fallas en sistemas informáticos (Higuera González, 2025).

Monitoreo Predictivo y Aplicación Práctica en Sistemas DICOM/PACS

El seguimiento predictivo examina constantemente la información operativa para prever problemas en los sistemas tecnológicos. Facilita la identificación de irregularidades en la transmisión de información, fallos en la administración de imágenes o fallos en los servidores, aumentando la confianza y la continuidad de los servicios clínicos (Castañeda et al., 2021; Vidal et al., 2025).

Mantenimiento Correctivo vs Preventivo vs Predictivo

El mantenimiento de los sistemas tecnológicos puede clasificarse en tres categorías principales.

Tabla 2

Comparación Entre Tipos de Mantenimiento

Tipo de Mantenimiento	Características	Ventajas	Limitaciones
Correctivo	Se realiza después de que ocurre una falla	Soluciona problemas existentes	Interrumpe el servicio
Preventivo	Basado en revisiones periódicas	Reduce fallas potenciales	No anticipa eventos inesperados
Predictivo	Basado en análisis de datos	Permite anticipar fallas	Requiere herramientas analíticas

Nota. Elaboración propia con base en revisión comparativa de literatura sobre mantenimiento predictivo en sistemas hospitalarios digitales. Higuera González (2025).

Análisis de Logs de Servidores PACS: minería de Texto para Predicción de Fallas

Los servidores PACS generan grandes volúmenes de registros de actividad que contienen información sobre el funcionamiento del sistema.

El análisis de estos registros mediante técnicas de minería de texto permite identificar patrones de comportamiento anómalos y detectar posibles fallas en el sistema (Mayo & Sagaro, 2021).

Este enfoque facilita la implementación de estrategias de mantenimiento predictivo basadas en el análisis de datos históricos (Vidal et al., 2025).

Indicadores Clave de Desempeño (KPIs) en Sistemas DICOM/PACS

El monitoreo predictivo requiere la definición de indicadores cuantificables que permiten evaluar el desempeño del sistema.

Entre los KPIs más relevantes se encuentran:

Tiempo de errores de Transferencias. Representa el porcentaje de estudios que presentan fallas durante la transmisión DICOM. Un incremento sostenido puede evidenciar pérdida de paquetes o problemas de interoperabilidad.

Disponibilidad del Sistema. Indica el porcentaje de tiempo en que el servidor PACS permanece operativo. Este indicador es fundamental para garantizar continuidad del servicio clínico.

El análisis de estos KPIs mediante modelos predictivos permite establecer umbrales de alerta temprana y deducir riesgos operativos.

Marco Legal y Ético

La gestión de información médica digital debe cumplir con diferentes normativas relacionadas con la protección de datos personales y la seguridad de la información clínica.

En Colombia, la Ley 1581 de 2012 establece los principios para la protección de datos personales, incluyendo los datos sensibles relacionados con la salud.

Asimismo, las organizaciones de salud deben implementar medidas de seguridad para garantizar la confidencialidad y la integridad de la información médica.

Protección de Datos Sensibles y Anonimización

El uso de técnicas de minería de datos en el sector salud requiere la implementación de mecanismos de anonimización que permitan proteger la identidad de los pacientes (García & Sánchez, 2021).

La anonimización consiste en eliminar o transformar los datos personales que puedan permitir la identificación directa de un individuo, garantizando así el cumplimiento de las normativas de protección de datos (Organización Mundial de la Salud, 2021).

Estándares Internacionales de Calidad: Normativas de la ACR

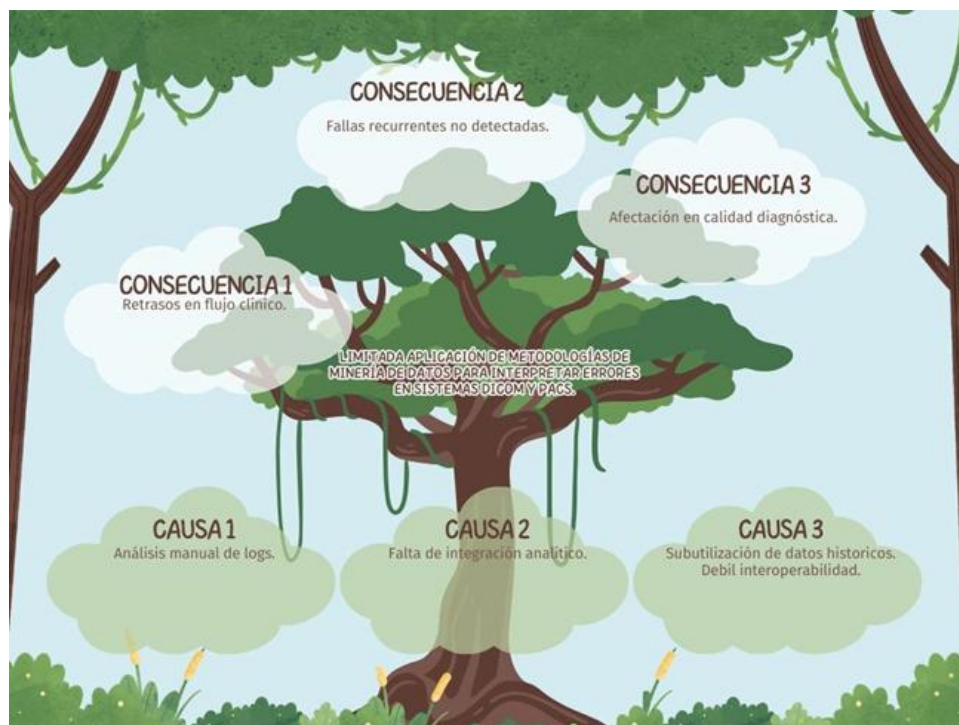
El American College of Radiology (ACR) establece lineamientos para garantizar la calidad y seguridad en los servicios de radiología.

Estas normas incluyen recomendaciones sobre la gestión de imágenes médicas, la interoperabilidad entre sistemas y la seguridad de la información clínica (Davenport & Kalakota, 2019; Araujo, 2022).

La adopción de estándares internacionales contribuye a mejorar la calidad de los servicios de diagnóstico por imagen y fortalecer la gestión de los sistemas de radiología digital (Caballero et al., 2020).

Figura 4

Árbol del Problema Metodologías de Minería de Datos Efectivas para Interpretar Errores en Sistemas DICOM y PACS



Nota. Elaboración propia

Metodología

Enfoque de la Investigación

La presente investigación se desarrolla bajo un enfoque cualitativo, el cual se orienta a la comprensión e interpretación de fenómenos a partir del análisis de información no numérica. Este enfoque resulta pertinente debido a que permite examinar en profundidad las metodologías de minería de datos aplicadas en el ámbito de la salud, particularmente en la detección e interpretación de errores en sistemas DICOM y PACS.

De acuerdo con Hernández-Sampieri y Mendoza (2020), el enfoque cualitativo se fundamenta en la interpretación de la realidad a partir del análisis contextualizado de la información, lo cual es adecuado para estudios de tipo documental donde no se manipulan variables.

Según Arias (2020), el proyecto de investigación constituye una herramienta fundamental en la generación de conocimiento científico, ya que permite estructurar de manera lógica y sistemática cada una de las etapas del proceso investigativo.

Tipo y Diseño de la Investigación

El estudio corresponde a una investigación de tipo documental, ya que se basa en la recopilación, revisión y análisis de información proveniente de fuentes secundarias, tales como artículos científicos, libros académicos, repositorios institucionales y documentos técnicos relacionados con minería de datos, sistemas de información en salud y radiología digital.

El diseño de la investigación es no experimental, debido a que no se manipulan variables ni se realizan intervenciones en un entorno real, sino que se analiza información previamente publicada en la literatura científica.

Asimismo, el estudio presenta un alcance descriptivo-analítico, ya que busca, por un lado, describir las características de los sistemas DICOM y PACS, los tipos de errores asociados y las metodologías de minería de datos; y por otro, analizar la relación entre estos elementos en el contexto de la radiología digital (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2020).

Estrategia de Búsqueda y Recolección de Información

La recolección de información se realizó mediante una búsqueda sistemática en bases de datos académicas, tales como Scielo, Redalyc, Google Académico y repositorios institucionales como el de la UNAD.

Se utilizaron palabras clave como:

“minería de datos en salud”

“PACS radiología digital”

“errores en sistemas DICOM”

“data mining healthcare”

“análisis de datos médicos”

Esta estrategia permitió identificar fuentes relevantes, actualizadas y pertinentes para el desarrollo de la investigación (Vidal et al., 2025).

Criterio de Inclusión y Exclusión

Criterios de Inclusión

Publicaciones entre los años 2020 y 2025.

Artículos científicos indexados.

Documentos relacionados con minería de datos en salud.

Estudios sobre sistemas DICOM, PACS e interoperabilidad.

Fuentes académicas verificables.

Criterio de Exclusión

Publicaciones anteriores al año 2020 (excepto bases teóricas relevantes).

Documentos sin respaldo académico.

Fuentes sin acceso completo.

Información no relacionada con el objetivo de estudio.

Intencionalidad y Alcance de la Investigación

La investigación tiene como propósito analizar e interpretar las metodologías de minería de datos empleadas en la literatura científica para la detección de errores en sistemas DICOM y PACS, con el fin de comprender su aplicabilidad en el monitoreo predictivo y la mejora de los sistemas de radiología digital.

El alcance del estudio es descriptivo y analítico, ya que busca caracterizar las metodologías existentes y examinar su relación con la gestión de errores en sistemas de salud.

Técnicas de Análisis de la Información

Para el análisis de la información se empleó la técnica de análisis de contenido cualitativo, la cual permitió organizar, categorizar e interpretar la información recopilada.

Se definieron las siguientes categorías de análisis:

Tipos de errores en sistemas DICOM/PACS.

Metodologías de minería de datos.

Algoritmos en detección de anomalías.

Aplicaciones en monitoreo predictivo.

Este proceso facilitó la identificación de patrones, tendencias y relaciones entre los diferentes conceptos analizados (Orozco et al., 2021).

Consideraciones Éticas y Legales

La investigación se rige por los principios éticos propios de los estudios documentales, garantizando el respeto por la prioridad intelectual mediante la correcta citación de las fuentes consultadas, conforme a las normas APA 7.

Asimismo, se considera los lineamientos establecidos en la Ley 1581 de 2021 en Colombia sobre la protección de datos personales, así como las recomendaciones internacionales en el manejo de información en salud (OPS, 2022).

Dado que la investigación no involucra sujetos humanos ni datos sensibles directos, no se requiere consentimiento informado.

Alcance de la Investigación

El alcance del estudio es descriptivo y analítico, ya que busca caracterizar las metodologías de minería de datos aplicadas en la detección de errores en sistemas de radiología, así como analizar su impacto en la mejora del monitoreo predictivo y la gestión de la información clínica.

Limitaciones del Estudio

Entre las principales limitaciones de la investigación se identifican:

Acceso restringido a algunas bases de datos científicas.

Escasa literatura específica en español sobre DICOM y minería de datos.

Dependencia de fuentes secundarias.

No obstante, estas limitaciones no afectan la validez del estudio, dado que se realiza una selección rigurosa de fuentes académicas confiables.

Resultados

La presente sección expone los hallazgos obtenidos a partir del análisis documental de las metodologías de minería de datos aplicadas a la detección e interpretación de errores en sistemas DICOM y PACS en entornos de radiología digital. Los resultados se organizaron de acuerdo con los objetivos específicos planteados en la identificación, permitiendo establecer una relación entre los tipos de errores identificados, las metodologías analíticas utilizadas y su aporte al monitoreo predictivo en sistemas de salud.

Asimismo, el análisis comparativo de la literatura científica permitió identificar tendencias actuales en la implementación de técnicas de minería de datos e inteligencia artificial en sistemas médicos digitales, evidenciado su implementación en la optimización de procesos clínicos y en la gestión tecnológica hospitalaria.

Con el propósito de identificar las metodologías de minería de datos más utilizadas en la detección de errores en sistemas DICOM y PACS, se realizó una revisión comparativa de estudios científicos publicados entre 2011 y 2025. La literatura evidencia que las técnicas analíticas han evolucionado desde enfoques tradicionales de clasificación hasta modelos avanzados basados en inteligencia artificial y aprendizaje profundo.

Tabla 3

Metodología de Minería de Datos Aplicadas en la Detección de Errores en Sistemas

DICOM/PACS

Autor	Año	Metodología	Tipo de técnica	Aplicación en salud	Hallazgo principal
Han et al.	2011	KDD	Mixto	Procesamiento de datos médicos	Base estructural del análisis
Orozco et al.	2021	Árboles de decisión	Supervisado	Predicción de eventos	Alto interpretabilidad
Vidal et al.	2025	Análisis de logs	No supervisado	Detección de fallos	Identificación temprana
Kotu & Deshpande	2019	Clustering	No supervisado	Segmentación de datos	Identificación de patrones
Zhang	2016	Redes neuronales	Deep Learning	Diagnóstico médico	Alta precisión

Nota. Elaboración propia

El análisis de la información evidencia que las metodologías de minería de datos aplicadas en el sector salud presentan una evaluación significativa hacia modelos predictivos más complejos y automatizados. El proceso KDD, propuesto por Han et al. (2021), continúa siendo una de las bases metodológicas más utilizadas para la extracción de conocimiento a partir de grandes volúmenes de datos clínicos, debido a su capacidad para estructurar y organizar el análisis de información médica.

Por su parte, Orozco et al. (2021) destacan que los algoritmos supervisados, como los árboles de decisión, permiten una alta interpretabilidad de los resultados, lo cual resulta fundamental en contextos clínicos donde la toma de decisiones debe ser transparente. En contraste, Vidal et al. (2025) señalan que los métodos no supervisados, como el análisis de logs, facilitan la detección de anomalías sin necesidad de datos previamente etiquetados, lo que los hace especialmente útiles en sistemas DICOM y PACS donde los errores no siempre están previamente definidos.

Asimismo, Kotu y Deshpande (2019) indican que las técnicas de clustering permiten identificar patrones ocultos en grandes conjuntos de datos, mientras que Zhang (2016) resulta la eficacia de las redes neuronales en la detección de patrones complejos, aunque con menor interpretabilidad. En conjunto, estos enfoques evidencian que la selección de la metodología depende del tipo de problema y del nivel de complejidad del sistema analizado.

La revisión documental permitió identificar los principales errores presentes en los sistemas DICOM y PACS, así como las técnicas de minería de datos utilizadas para su detección e interpretación. Los resultados muestran que los errores relacionados con metadatos, transmisión e interoperabilidad representa las fallas más frecuentes en entornos de radiología digital.

Tabla 4

Relación Entre Tipos de Errores en Sistemas DICOM/PACS y Técnicas de Minería de Datos

Tipo de error	Técnica de minería de datos	Algoritmo	Aplicación	Nivel de efectividad
Inconsistencia de metadatos	Clasificación	Árboles de decisión	Validación de datos	Alto
Pérdida de datos en transmisión	Clustering	K-means	Detección de anomalías	Medio
Corrupción de imágenes	Deep Learning	Redes neuronales	Identificación de patrones	Muy alto
Errores de interoperabilidad	Análisis de logs	Minería de texto	Diagnóstico de fallas	Alto
Errores humanos	Reglas de asociación	Apriori	Identificación de patrones repetitivos	Medio

Nota. Elaboración propia

La relación entre los tipos de errores y las técnicas de minería de datos demuestra que no existe un único enfoque aplicable a todas las problemáticas, sino que la efectividad depende de la naturaleza del error. Según Vidal et al. (2025), los errores asociados a la transmisión y

almacenamiento de datos pueden ser detectados mediante técnicas no supervisadas, las cuales permiten identificar comportamientos anómalos en los sistemas.

Por otro lado, Orozco et al. (2021) sostienen que los modelos supervisados, como los árboles de decisión, son altamente efectivos en la validación de metadatos, debido a su capacidad para clasificar información basada en reglas definidas. En el caso de la corrupción de imágenes, Zhang (2016) demuestra que las redes neuronales presentan una alta capacidad para identificar patrones complejos, lo que las convierte en una herramienta clave en el análisis de imágenes médicas.

Adicionalmente, Kotu y Deshpande (2019) señalan que las reglas de asociación permiten identificar errores humanos recurrentes, facilitando la implementación de estrategias preventivas. En este sentido, la combinación de diferentes técnicas permite abordar de manera integral los problemas presentes en los sistemas DICOM y PACS.

La información presentada en esta tabla complementa los hallazgos descritos anteriormente, permitiendo establecer una relación directa entre los tipos de errores identificados y las metodologías analíticas más efectivas para su detección.

Tabla 5

Comparación de Estudios Sobre Minería de Datos en Sistemas de Salud

Autor	Tipo de estudio	Enfoque	Aplicación	Hallazgo relevante
Gómez Morales et al.	2024	Cualitativo	Sistema PACS	Mejora en gestión de imágenes
Wong & Mar	2023	Revisión sistemática	Interoperabilidad HL7	Mejora en integración
Vidal et al.	2025	Revisión	IA en salud	Identificación de sesgos
Higuera González	2025	Aplicado	Machine Learning	Alta precisión predictiva

OPS	2022	Informe técnico	Salud digital	Optimización del flujo clínico
-----	------	-----------------	---------------	--------------------------------

Nota. Elaboración propia

El análisis comparativo de los estudios evidencia un consenso en la literatura sobre la importancia de integrar tecnologías avanzadas en los sistemas de salud para mejorar la eficiencia operativa y la calidad del servicio. Gómez Morales et al. (2024) destacan que la implementación de sistemas PACS optimiza la gestión de imágenes médicas, mientras que Wong y Mar Cornelio (2023) resaltan la relevancia de los estándares de interoperabilidad como HL7 para garantizar la comunicación entre sistemas.

Por su parte, Vidal et al. (2025) advierten sobre la necesidad de considerar los sesgos en los modelos de inteligencia artificial aplicado en salud, lo cual representa un desafío importante en la implementación de estas tecnologías, en línea con esto, Higuera González (2025) demuestra que los modelos de machine learning pueden alcanzar altos niveles de precisión en la precisión de eventos, lo que respalda su uso en estrategias de monitoreo predictivo (Shickel, 2017).

No obstante, algunos autores advierten sobre la necesidad de garantizar la calidad de los datos y controlar posibles sesgos en los modelos de inteligencia artificial aplicados en salud, debido a que estos factores pueden afectar la confiabilidad de los resultados y la toma de decisiones clínicas.

Finalmente, la OPS (2022) concluye que la transformación digital en el sector salud contribuye significativamente a la optimización del flujo clínico, siempre que se implementan herramientas tecnológicas adecuadas y se garantice la calidad de los datos.

En consecuencia, la minería de datos se consolida como una herramienta estratégica para el fortalecer la transformación digital en el sector salud, contribuyendo a mejorar la seguridad del paciente, optimizar el flujo clínico y aumentar la eficiencia de los sistemas de radiología digital.

Conclusiones

A partir del análisis desarrollado, se concluye que las metodologías de minería de datos desempeñan un papel fundamental en la detección e interpretación de errores en sistema DICOM y PACS, debido a su capacidad para identificar patrones ocultos y anomalías en grandes volúmenes de datos clínicos. Estas herramientas permiten fortalecer la gestión tecnológica en entornos de radiología digital y contribuyen a la implementación de estrategias de monitoreo predictivo orientadas a mejorar la continuidad de los servicios de salud.

Asimismo, se evidenció que los errores más frecuentes en sistemas DICOM y PACS corresponden a inconsistencias en metadatos, problemas de interoperabilidad, pérdidas de información durante la transmisión y corrupción de imágenes médicas. Estas fallas afectan directamente la calidad de los procesos diagnósticos y pueden generar retrasos en la atención clínica, comprometiendo la seguridad del paciente.

En relación con las metodologías analizadas los resultados muestran que los algoritmos supervisados, como los árboles de decisión, ofrecen ventajas significativas en términos de interpretabilidad y validación de datos, mientras que las técnicas avanzadas basadas en Deep learning presentan mayor precisión y anomalías médicas. Esto demuestra la importancia de integrar diferentes enfoques analíticos para obtener resultados más eficientes en sistemas hospitalarios digitales.

Por otra parte, la literatura científica revisada evidencia que la minería de datos constituye una herramienta estratégica para optimizar procesos clínicos, mejorar la calidad de la información y fortalecer la toma de decisiones en instituciones de salud. Su implementación permite anticipar posibles fallos tecnológicos, reducir riesgos operativos y mejorar la eficiencia en la gestión de imágenes médicas.

Finalmente, se concluye que aún existe limitada producción científica en contextos latinoamericanos relacionado con minería de datos aplicada a sistemas DICOM y PACS, lo que representa una oportunidad al desarrollo de modelos predictivos adaptados a las necesidades de los sistemas de salud de la región.

Referencias Bibliográficas

- American Collage of Radiology. (2022). *Practice parameter for digital radiography*.
<https://www.acr.org>
- Araujo, C. (2022). Big Data in Health Information Systems.
<https://mw.ageditor.ar/index.php/mw/article/view/11>
- Arias, F.G. (2020) *El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica* (7. Ed.). Episteme.
- Caballero, I., Serrano, M., & Piattini, M. (2020). Calidad de datos en sistemas de información en salud. *Revista Iberoamericana de Sistema, Cibernética e informática*, 17(1), 45-52.
- Castañeda Duque, K. Y., et al. (2021). *Fallas de almacenamiento en sistemas PACS*.
<https://repository.unad.edu.co/handle/10596/53752>
- Cruz, A., & Herrera, F. (2021). Inteligencia artificial en el diagnóstico médico: avances y desafíos. *Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial*, 24(68), 45-58.
- Davenport, T., & Kalakota, R. (2019). El potencial de la inteligencia artificial en la atención médica. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6616181/>
- Esteve, A., Robicquet, A., Ramsundar, B., Kuleshov, V., DePristo, M., Chou, K., & Dean, J. (2021). Una guía para el aprendizaje profundo en la atención médica. *Nature Medicine*.
<https://www.nature.com/articles/s41591-018-0316-z>
- García-Peñalva, F.J. (2021). Transformación digital en el ámbito de la salud: retos y oportunidades. *Education in the knowledge society*, 22.
- García, J., & Sánchez, E. (2021). Big Data en salud: aplicaciones y desafíos actuales. *Revista Cubana de Salud Pública*, 47(3).
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-34662021000300010

- Gómez Morales, G. G., Tavera Orozco, D. F., Zemanate Camacho, M. C., Polo Tenorio, L. F., & Muñoz García, V. M. (2024). *Ventajas de la Implementación de un sistema PACS en la Nube en la Clínica Santa Gracia de Popayán según la administración de archivos DICOM*. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/57688>
- Han, J., Pei, J., & Kamber, M. (2011). *Data mining: Concepts and techniques* (3rd ed.). Morgan Kaufmann.
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2020). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill.
- Higuera González, I. D. (2025). *Evaluación de la precisión y automatización de técnicas de machine learning en la predicción de enfermedades mediante imágenes médicas*. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/67108/ihiguerag.pdf?sequence=1>
- Kotu, V., & Deshpande, B. (2019). *Data science: Concepts and practice* (2nd ed.). Morgan Kaufmann.
- Litjens, G., et al. (2017). Deep learning in medical image análisis. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1361841517301135>
- Mayo, E., & Sagaro, M. (2021). Producción científica sobre ciencias biomédicas en la provincia de Santiago de Cuba. *Revista Cubana de Información en ciencia de la Salud*, 32(2). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&id=S2307-2113201000200008
- Mojica Perdigon, G. A. (2025). *Telemedicina-Análisis de tecnologías en el sistema de salud para la atención de pacientes en una institución de prestación de servicios de salud*.
- Murphy, K.P. (2022). *Probabilistic machine learning: An introduction*. MIT Press. <https://pronml.github.io/pml-book/book1.html>
- Organización Mundial de la Salud. (2021). *Estrategia mundial sobre salud digital 2020–2025*. OMS. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240020924>

Organización Mundial de la Salud. (s.f.). Sistemas de información para la salud.

<https://www.paho.org/es/temas/sistemas-informacion-para-salud>

Organización Panamericana de la Salud. (2022). *La transformación digital del sector salud en la región de las Américas*. OPS. <https://iris.paho.org/handle/10665.2/56195>

OPS. (2019). Evaluación final de la Estrategia de Cooperación en el País: Republica Dominicana 2013-2017. <https://iris.paho.org/handle/10665.2/51728>

Orozco Iguasnia, WA, Villao Balón, AJ, Orozco Iguasnia, JB y Villarroel Sánchez, MDJ (2021). Aplicación de técnicas de minería de datos para predecir el desempeño académico de los estudiantes de la escuela 'Lic. Angélica Villón L.'. *Revista Científica y Tecnológica UPSE (RCTU)*, 8 (2), 68-75. http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?pid=S1390-76972021000200068&script=sci_arttext

Ortega Daza, J. J., Molina Díaz, J. L., González Barrios, C. A., & Hernández Tordecilla, Y. L. *Fundamentos de la calidad de imagen en radiología digital*. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/65576>

Rajkomar, A., et al. (2019). Aprendizaje automático en medicina. NEJM. <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMra1814259>

Rojas Pilmaunga, B. J., & Velásquez Vargas, W. A. (2025). *Implementación de un sistema de almacenamiento y comunicación de imágenes (PACS) para estudios radiológicos en una red intrahospitalaria* (Doctoral dissertation, ESPOL. FIEC). <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/67399/1/T-115519%20POSTG172%20ROJAS%20BERONICA.pdf>

Romero, Y., Ramírez, J. & Soto, L. (2022). La minería de datos en apoyo a la toma de decisiones clínicas. *Revista Cubana de Transformación Digital*, 3(2).

<https://portal.amelica.org/ameli/journal/389/3893437005/html/>

Sánchez Villa, M. E., López Zabala, D. I., Córdoba Palacios, S., Quinto Mosquera, E. P., & Sánchez García, J. (2025). *Revisión Temática sobre la inteligencia artificial para la farmacovigilancia, medicamentos biológicos y biosimilares en la promoción de la salud como estrategias de seguimiento en América Latina.*

<https://repository.unad.edu.co/handle/10596/68246>

Shickel, B., et al. (2017). Deep learning in healthcare.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1532046417300710>

Topol, E. (2019). High-performance medicine: The convergente of human and artificial intelligence. *Nature Medicine*. <https://www.nature.com/articles/s41591-018-0300-7>

Vidal, J. B., Iglesias, C. F., & Montenegro, I. M. (2025). Sesgos en la inteligencia artificial en el sector salud: una revisión sistemática en el contexto iberoamericano. *Revista Iberoamericana de la Propiedad Intelectual*, (22), 123-154.

<https://ojs.austral.edu.ar/ripi/article/view/1775>

Wong Pérez, D., & Mar Cornelio, O. (2023). HL7 un estándar de interoperabilidad en salud: Revisión sistemática de la literatura. *Revista Cubana de Informática Médica*, 15(2).

http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1684-18592023000200009&script=sci_arttext

Yagual-Reyes, S. V., & Llivisaca-Villazhañay, J. C. (2025). Sistemas de información y calidad del dato en los Registros de Atención Sanitaria: Un análisis exploratorio en el Distrito 24D01 Santa Elena, Ecuador. *Revista Espacios*, 46(3), 435-452.

Zhang, z. (2016). Introduction to machine learning in medical informatics. *Journal of Healthcare Engineering*, 2016, 1-13.