

**Internet de las Cosas (IoT) y los sistemas interconectados para mejorar la seguridad del paciente, a través de la monitorización continua y la automatización de alertas en tiempo real**

Eliana Alejandra Mosquera Amaya

Everts Nicolas Maldonado Calderón

Laura Valentina Ramírez Vargas

Laura Valentina Vega Ortiz

Yulieth Yartiza Ibarra Polentino

Asesor

Mario Efrén Mejía Ospina

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias de la Salud - ECISA

Tecnología en Radiología e Imágenes Diagnósticas

2026

### **Dedicatoria**

A Dios, por ser nuestra guía, fortaleza y luz en cada paso de este proceso formativo, dándonos sabiduría, paciencia y perseverancia para alcanzar este logro.

A nuestras familias, por su apoyo incondicional, su amor constante y por ser el motor que nos impulsa a seguir adelante, incluso en los momentos de mayor esfuerzo.

A nuestros padres, por su dedicación, sacrificio y confianza, por creer en nosotros y acompañarnos en cada etapa de este camino académico.

A la UNAD, por brindarnos la oportunidad de formarnos profesionalmente con calidad, compromiso y sentido social.

Y a nosotros mismos: Eliana, Everts, Laura, Laura y Yulieth, por el esfuerzo, la disciplina, la unión y la perseverancia que hicieron posible la culminación de este diplomado.

### **Agradecimientos**

Expresamos nuestro más sincero agradecimiento a Dios, por permitirnos culminar con éxito este proceso académico, dándonos salud, fortaleza y sabiduría en cada etapa.

A nuestras familias y padres, por su apoyo constante, comprensión y motivación, siendo un pilar fundamental en los momentos de dificultad y cansancio.

A los tutores por su acompañamiento, orientación y dedicación, que fueron esenciales para el desarrollo de nuestros conocimientos y competencias profesionales.

A todas las personas que, de una u otra forma, hicieron parte de este proceso formativo, brindando apoyo, orientación, palabras de aliento o colaboración, y que contribuyeron con su acompañamiento a la culminación exitosa de este diplomado.

## Resumen

La investigación analiza cómo la limitada interoperabilidad y las deficiencias en la seguridad de los sistemas del Internet de las Cosas (IoT) usados en radiología afectan la precisión de la monitorización de dosis, la detección de eventos adversos y la eficiencia operativa. La finalidad es la de comprender los riesgos que genera la segmentación tecnológica y evaluar el potencial del IoT para mejorar la seguridad del paciente con la monitorización continua y la automatización de alertas en tiempo real. El estudio tiene una metodología de enfoque descriptivo y documental basado en Hernández et al. (2014), para caracterizar el fenómeno a partir de evidencia científica y técnica reciente. Las fases incluyen el planteamiento del problema, revisión literaria, construcción del marco teórico, diseño metodológico, análisis de hallazgos y conclusiones. Los resultados evidencian que la falta de interoperabilidad limita la integración de datos, reduce la precisión de la dosis y atrasa la detección de eventos adversos y las vulnerabilidades en ciberseguridad exponen los sistemas a la manipulación de datos y fallas operativas. Como conclusión los estándares de comunicación IoT se deben robustecer y consolidar las alertas automatizadas en tiempo real para mejorar la seguridad del paciente y la eficacia de los servicios de radiología.

***Palabras Clave:*** IoT, ciberseguridad, interoperabilidad, radiología, automatización de alertas.

### **Abstract**

The research analyzes how limited interoperability and security deficiencies in Internet of Things (IoT) systems used in radiology affect the accuracy of dose monitoring, the detection of adverse events, and operational efficiency. Its purpose is to understand the risks generated by technological fragmentation and to assess the potential of IoT to improve patient safety through continuous monitoring and real-time automated alerts. The study follows a descriptive and documentary methodological approach based on Hernández et al. (2014), aimed at characterizing the phenomenon using recent scientific and technical evidence. The phases include problem formulation, literature review, construction of the theoretical framework, methodological design, analysis of findings, and conclusions. The results show that the lack of interoperability limits data integration, reduces dose accuracy, and delays the detection of adverse events, while cybersecurity vulnerabilities expose systems to data manipulation and operational failures. In conclusion, IoT communication standards must be strengthened and real-time automated alerts consolidated to enhance patient safety and the effectiveness of radiology services.

**Keywords:** IoT, cybersecurity, interoperability, radiology, automated alerts.

## Tabla de Contenido

Introducción .....	10
Planteamiento del Problema .....	13
Justificación .....	16
Objetivos .....	18
Objetivo General.....	18
Objetivos Específicos.....	18
Marco Teórico.....	19
Internet de las Cosas IoT en los Sistemas de Salud .....	19
Monitorización Continua y Generación de Alertas en Tiempo Real .....	20
Monitoreo Continuo de Pacientes con Dispositivos IoT .....	22
Automatización Inteligente y Toma de Decisiones .....	22
Interoperabilidad de IoT en Radiología .....	23
Seguridad y Protección de Datos en Sistemas IoT .....	24
Interoperabilidad de Sistemas y Gestión de Datos .....	25
Infraestructura Avanzada, Seguridad y Protección de Datos con IoT .....	26
Protocolos e Impacto en la Seguridad del Paciente y del Servicio .....	27
Cultura de Seguridad del Paciente y Adopción de Tecnologías .....	28
Normativa y Estándares IoT en Salud .....	29
Metodología .....	30
Fases de la Metodología.....	30
<i>Fase 1. Formulación del Problema y Revisión Literaria .....</i>	<i>30</i>

<i>Fase 2. Organización, Categorización y Análisis de la Información</i> .....	31
<i>Fase 3. Elaboración de Conclusiones y Recomendaciones</i> .....	31
Análisis de Resultados .....	32
La Interoperabilidad como Eje Crítico en la Seguridad del Paciente .....	32
La Exactitud y Trazabilidad Dosimétrica como Fundamento de la Protección.....	32
La Ciberseguridad como Requisito Transversal en la Integridad de la Información .....	33
Valor Clínico de las Alertas en Tiempo Real .....	34
Infraestructura Tecnológica Inteligente para la Eficiencia Operativa y la Toma de Decisiones .....	34
Conclusiones .....	42
Recomendaciones .....	46
Referencias Bibliográficas .....	48

**Lista de Tablas**

<b>Tabla 1</b> <i>Impacto de IoT en Radiología</i> .....	38
<b>Tabla 2</b> <i>Componentes IoT para la Seguridad del Paciente</i> .....	38
<b>Tabla 3</b> <i>Riesgos y Vulnerabilidades IoT en Radiología</i> .....	39
<b>Tabla 4</b> <i>Impacto de la Interoperabilidad, Consecuencias, Incidencia y Soluciones IA/6G</i> .....	40
.....	40

**Lista de Figuras**

<b>Figura 1</b> <i>Árbol del Problema</i> .....	13
---	----

## Introducción

El Internet de las Cosas (IoT) ha cambiado la radiología por medio de la interconexión de dispositivos médicos, sensores inteligentes y plataformas como PACS, RIS y sistemas DICOM, permitiendo la monitorización continua de variables críticas, la automatización de alertas y el acceso inmediato a información diagnóstica (Al-Kahtani et al., 2022). En este contexto, el IoT se posiciona como un componente clave en la transformación digital de la radiología moderna, al permitir una atención más precisa, oportuna y basada en datos.

No obstante, a pesar de sus beneficios, la implementación en entornos radiológicos tiene variados desafíos estructurales que limitan su eficacia. Entre los principales se encuentran la falta de interoperabilidad entre sistemas heterogéneos, la ausencia de estándares universales de comunicación y la fragmentación de la información clínica, lo que dificulta la consolidación de historiales dosimétricos completos y afecta la calidad del monitoreo (Londoño, 2024).

De igual forma, la infraestructura tecnológica en muchos entornos radiológicos no está preparada para soportar ecosistemas IoT avanzados. Las conexiones de baja capacidad, los servidores de almacenamiento heredados, la falta de edge computing y las redes con latencias elevadas pueden comprometer la generación de alertas en tiempo real, afectando la detección temprana de anomalías tanto en el paciente como en los equipos (Rezaei y Jalaei, 2021). En radiología, incluso un retraso mínimo puede significar la omisión de una falla técnica, una dosis excesiva o una condición clínica emergente.

A su vez, la ausencia de estándares universales para la comunicación entre dispositivos IoT dificulta la integración de historiales dosimétricos completos, mientras que las debilidades en los protocolos de seguridad exponen los sistemas clínicos a accesos no autorizados,

interrupciones operativas y pérdida de información crítica que afecta directamente la protección radiológica del paciente.

De igual forma, la eficiencia operativa se ve limitada cuando las alertas automáticas no están integradas a arquitecturas de baja latencia o cuando los datos en tiempo real no se procesan mediante mecanismos confiables de IA, comprometiendo la detección temprana de eventos adversos. La literatura demuestra que más del 80 % de los incidentes de seguridad en salud involucran dispositivos conectados, lo que evidencia la urgencia de adoptar medidas robustas de protección digital (Mourade et al., 2021). Estas debilidades en protocolos de cifrado, autenticación y control de accesos pueden comprometer la integridad y disponibilidad de la información radiológica, retrasar la detección de eventos adversos y afectar la continuidad del cuidado. En este sentido, la seguridad digital se convierte en un elemento transversal que condiciona el éxito de cualquier proceso de digitalización en salud.

Asimismo, la eficiencia operativa en los servicios de radiología depende en gran parte de la capacidad del sistema para procesar información en tiempo real y generar alertas oportunas. La integración del IoT con tecnologías emergentes como la inteligencia artificial (IA) y redes de baja latencia (como 6G) permite mejorar la velocidad de respuesta ante anomalías, optimizar el flujo de trabajo y fortalecer la toma de decisiones clínicas (Kumar et al., 2025; Maleki y Forouzanfar, 2024). Sin embargo, estos beneficios son reales cuando cuentan con arquitecturas tecnológicas robustas, interoperables y seguras que soporten la transmisión y análisis continuo de datos.

Por otra parte, organismos internacionales como la OMS (2021) y la IAEA (2020) enfatizan en que la seguridad del paciente depende de la incorporación de tecnología avanzada e interoperable, protegidos y estandarizados, capaces de garantizar la integridad, disponibilidad y

trazabilidad de los datos radiológicos. Es decir, que la adopción de las arquitecturas robustas basadas en IA, redes 6G, protocolos de cifrado y autenticación fortalecidos, y estándares de interoperabilidad como HL7-FHIR y DICOMweb, son cruciales para lograr sistemas confiables y resilientes (Kumar et al., 2025). Esto implica adoptar enfoques integrales que combinen innovación tecnológica con gestión institucional y regulación adecuada.

Esta investigación integra 5 ejes esenciales que permiten comprender el impacto del IoT en los servicios de radiología: en primer lugar, las limitaciones técnicas que afectan su implementación y funcionamiento; en segundo lugar, los riesgos derivados de la falta de interoperabilidad y estandarización entre sistemas; en tercer lugar, las vulnerabilidades en ciberseguridad y su influencia directa en la seguridad del paciente; en cuarto lugar, los desafíos asociados al monitoreo continuo y la detección temprana de eventos adversos; y, finalmente, las necesidades relacionadas con la infraestructura tecnológica, la gestión institucional y la formación del talento humano requeridas para consolidar un ecosistema radiológico moderno, seguro y eficiente.

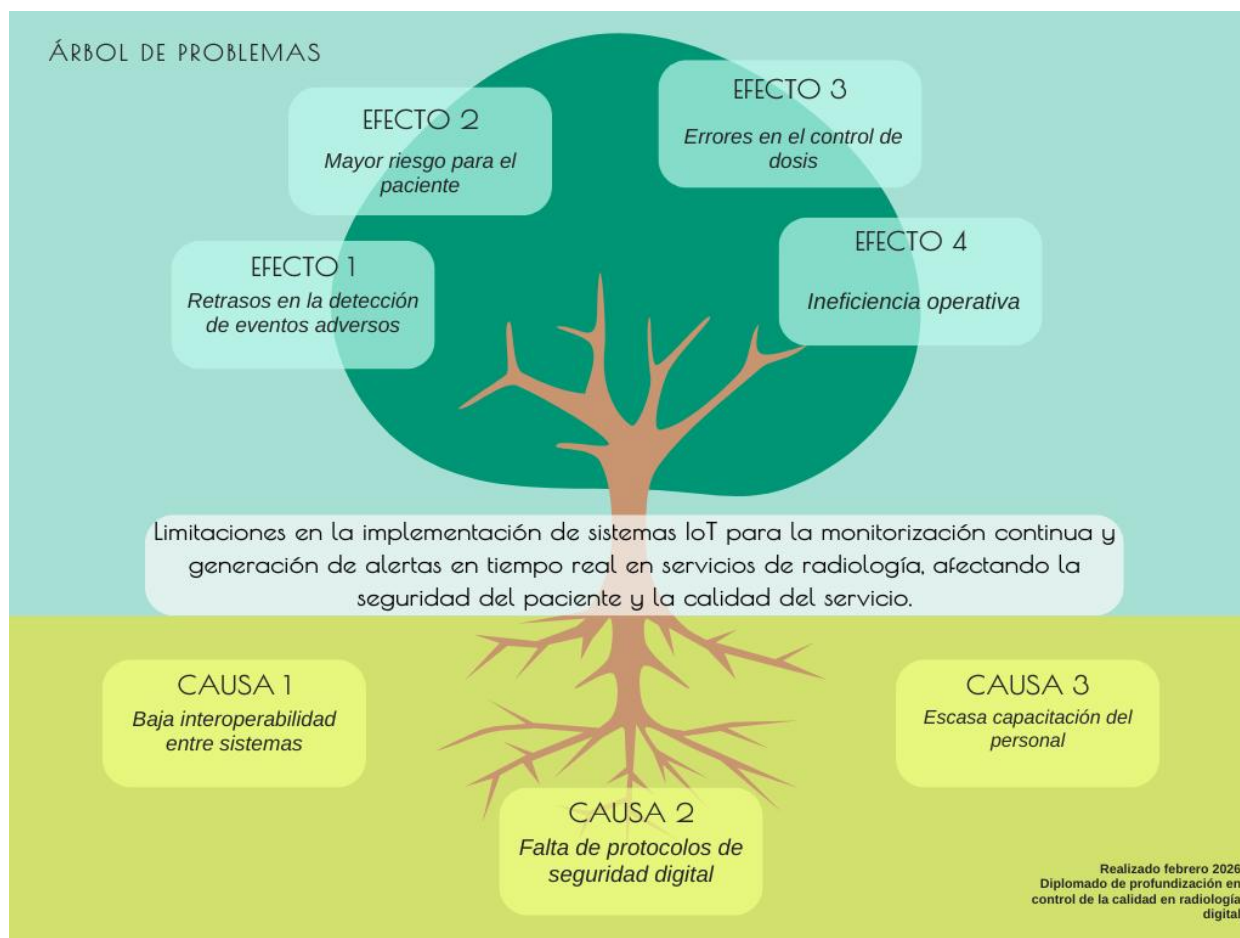
Asimismo, se plantean estrategias para optimizar el ecosistema digital radiológico y consolidar entornos clínicos capaces de prevenir riesgos, automatizar la respuesta clínica y mejorar la calidad diagnóstica mediante tecnologías avanzadas.

A partir de este análisis, se proponen estrategias integrales para fortalecer el IoT en radiología y consolidar sistemas más seguros, interoperables, eficientes y capaces de anticipar riesgos mediante tecnologías avanzadas. Con ello, se busca contribuir al diseño de entornos clínicos inteligentes para la prevención, la optimización operativa y la protección radiológica del paciente.

## Planteamiento del Problema

**Figura 1**

### Árbol del Problema



*Nota.* Autoría propia

En los servicios de radiología actuales, aunque se ha avanzado en la digitalización de los equipos y en la adopción de sistemas informáticos clínicos, todavía existen dificultades importantes para integrar soluciones basadas en Internet de las Cosas (IoT) que posibiliten una supervisión permanente de los procesos y la emisión automática de alertas en tiempo real. Esta situación se refleja especialmente en la vigilancia de variables críticas como la dosis de radiación suministrada al paciente, el funcionamiento técnico de los equipos y los tiempos de respuesta en

la atención, aspectos fundamentales dentro de los programas de aseguramiento y control de calidad en radiología. A pesar del potencial del IoT para articular estos componentes en un ecosistema inteligente, su adopción sigue siendo parcial, fragmentada y con limitaciones estructurales.

En muchos casos, los sistemas tecnológicos operan de manera independiente o con niveles limitados de interoperabilidad, lo que impide una comunicación efectiva entre los dispositivos médicos, los sistemas de información radiológica (RIS), las plataformas de almacenamiento y gestión de imágenes (PACS) y las herramientas de análisis inmediato de datos. Esta falta de integración reduce la capacidad del servicio para identificar oportunamente desviaciones, fallas técnicas o errores humanos que podrían comprometer la seguridad del paciente. Además, la ausencia de mecanismos que integren alertas automáticas dificulta la detección oportuna de anomalías y limita la capacidad de respuesta ante situaciones de riesgo.

La ausencia de mecanismos de monitoreo continuo y de notificaciones automáticas incrementa la probabilidad de eventos adversos, tales como exposiciones innecesarias a radiación, retrasos en la realización de estudios diagnósticos, errores en la programación o deficiencias en la gestión de incidentes. Diversas investigaciones han señalado que los sistemas de vigilancia activa y generación de alertas en tiempo real favorecen el cumplimiento de los protocolos de radioprotección y contribuyen a disminuir la variabilidad en la administración de dosis, fortaleciendo así la seguridad clínica y la calidad del servicio prestado.

Adicionalmente, la limitada implementación de soluciones IoT integradas dificulta el alineamiento con estándares y recomendaciones internacionales en materia de seguridad radiológica y control de calidad, como los promovidos por la International Atomic Energy Agency (IAEA) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), los cuales subrayan la

importancia del seguimiento sistemático de indicadores, el análisis continuo de datos y la gestión preventiva de riesgos con tecnologías avanzadas.

En consecuencia, la escasa implementación de sistemas IoT interoperables para la supervisión constante y la generación de alertas en tiempo real constituye una brecha tecnológica relevante que afecta la eficiencia operativa, debilita los mecanismos de control de calidad y limita la capacidad del personal de salud para tomar decisiones fundamentadas en información oportuna y confiable, impactando directamente la seguridad del paciente y la excelencia del servicio de radiología.

De esta forma nace la pregunta problema: ¿Cómo afecta la limitada interoperabilidad y la deficiencia en los protocolos de seguridad de los sistemas IoT en radiología a la exactitud de la monitorización de dosis, la detección de eventos adversos y la eficiencia operativa en los servicios de radiología?

## Justificación

El desarrollo de esta investigación surge de la necesidad de reforzar los mecanismos de protección del paciente en los servicios de radiología, donde la utilización de radiación ionizante y la sofisticación de los equipos demandan sistemas de supervisión estrictos y continuos. La incorporación efectiva de tecnologías basadas en Internet de las Cosas (IoT) podría facilitar el seguimiento permanente de aspectos críticos como la dosis aplicada, el desempeño técnico de los dispositivos y el cumplimiento de los protocolos establecidos, disminuyendo así la ocurrencia de fallos y eventos adversos. Por ello, examinar las dificultades que limitan su implementación resulta clave para detectar vacíos que puedan afectar la seguridad del usuario.

En relación con el control de calidad en radiología, esta investigación adquiere relevancia al considerar la importancia de disponer de herramientas tecnológicas que permitan evaluar de forma constante los indicadores operativos, analizar comportamientos a lo largo del tiempo y activar alertas ante posibles desviaciones. Entidades internacionales como la International Atomic Energy Agency (IAEA) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) subrayan que la vigilancia sistemática y la prevención de riesgos son elementos esenciales en los programas de radio protección. Cuando no existen sistemas interoperables capaces de intercambiar información en tiempo real, los procesos de aseguramiento de la calidad se reducen a revisiones periódicas que podrían no identificar oportunamente situaciones críticas.

Desde el punto de vista clínico, fortalecer los mecanismos de monitoreo contribuye a evitar exposiciones innecesarias a radiación, reducir la repetición de procedimientos diagnósticos y optimizar los tiempos de atención, favoreciendo una práctica más segura y eficiente. En el plano institucional, la adopción de soluciones IoT integradas promueve una gestión basada en datos objetivos, mejora el seguimiento de los procesos internos, facilita el cumplimiento de

regulaciones vigentes y consolida la imagen del servicio en términos de excelencia y confiabilidad.

La implementación de soluciones IoT integradas ofrece beneficios operativos y estratégicos que fortalecen la gestión hospitalaria. Estas tecnologías permiten tomar decisiones basadas en datos objetivos, facilitan el cumplimiento de estándares regulatorios, mejoran la trazabilidad de los procesos, optimizan los tiempos de respuesta y consolidan una cultura organizacional orientada a la seguridad del paciente. Además, incrementan la sostenibilidad operativa del servicio al reducir fallas, tiempos de inactividad y costos asociados a la repetición de estudios.

Finalmente, este trabajo tiene un valor académico significativo, ya que permite analizar las barreras técnicas, organizativas y operativas que obstaculizan la implementación de sistemas IoT en el entorno radiológico. Además, fomenta el diálogo entre áreas como la ingeniería biomédica, la administración hospitalaria y las ciencias de la salud, aportando fundamentos teóricos y prácticos que impulsen la innovación tecnológica orientada a elevar los estándares de calidad y seguridad del paciente en la atención radiológica.

## Objetivos

### Objetivo General

Analizar el impacto de la interoperabilidad limitada y los protocolos de seguridad deficientes en los sistemas IoT en la monitorización de dosis, la detección de eventos adversos y la eficiencia operativa en radiología.

### Objetivos Específicos

Evaluar cómo la falta de interoperabilidad entre dispositivos IoT y los sistemas DICOM, PACS y RIS influye en la exactitud de la monitorización de dosis radiológicas.

Identificar las vulnerabilidades y fallos de seguridad presentes en los sistemas y dispositivos IoT en radiología, y analizar su relación con la detección tardía de eventos adversos y los riesgos para la seguridad del paciente.

Examinar el papel de la monitorización continua y las alertas automáticas en tiempo real en la optimización de la eficiencia operativa, el flujo de trabajo y la toma de decisiones clínicas en los servicios de radiología.

Proponer estrategias de implementación de IoT en radiología para mejorar la seguridad, interoperabilidad y detección temprana y mejorar la seguridad de los pacientes.

## Marco Teórico

### Internet de las Cosas IoT en los Sistemas de Salud

El Internet de las Cosas (IoT) es una tecnología emergente que interconecta dispositivos físicos con redes digitales para recopilar, transmitir y analizar datos en tiempo real. En el ámbito de la salud, IoMT, integra sensores, dispositivos médicos y plataformas de información para mejorar la gestión clínica y optimizar la atención al paciente. La implementación de IoT en entornos hospitalarios permite la monitorización continua de variables clínicas, el seguimiento de pacientes y la automatización de alertas que facilitan la detección temprana de eventos adversos (Salinas et al., 2015).

El uso de sistemas interconectados permite la mejora en la disponibilidad de información clínica y el apoyo en la toma de decisiones con datos en tiempo real. Según Rodríguez (2022), la integración de IoT en los servicios de salud favorece la trazabilidad de los datos clínicos, fortalece la vigilancia epidemiológica y facilita la interoperabilidad entre diferentes sistemas hospitalarios, en radiología es relevante para la recopilación de datos sobre la dosis de radiación y los procedimientos diagnósticos para garantizar la seguridad del paciente.

En la salud, el Internet of Medical Things (IoMT) integra sensores, dispositivos médicos y plataformas de información con el objetivo de mejorar la gestión clínica y optimizar la atención al paciente (Kumar et al., 2019). La implementación de IoT permite la monitorización continua de variables clínicas, seguimiento de pacientes y automatización de alertas tempranas, contribuyendo a la reducción de riesgos y a la mejora de la seguridad del paciente (Thacharodi et al., 2024).

La interoperabilidad entre dispositivos y sistemas hospitalarios es decisiva para garantizar la relación de los datos y la capacidad de análisis en tiempo real. Sin embargo, limitaciones

tecnológicas y la falta de estandarización obstaculizan la integración de los sistemas, afectando la exactitud de la información recolectada y su ventaja en la toma de decisiones clínicas (Chauhan et al., 2023).

El Internet de las Cosas (IoT) permite la interconexión de dispositivos médicos, sensores y sistemas de información, facilitando la recopilación y análisis de datos en tiempo real. En radiología, es para la monitorización de dosis de radiación, seguimiento de pacientes y generación de alertas automáticas para garantizar seguridad y eficiencia. Munir et al., (2022) destacan que la implementación de IoT en salud ofrece ventajas en monitoreo automatizado, trazabilidad de datos y eficiencia operativa, pero enfrenta retos de seguridad e interoperabilidad que afectan la confiabilidad de los datos clínicos.

Asimismo, Wang et al., (2022) refieren que la integración de IoT con RIS/PACS permite automatizar alertas y mejorar la seguridad del paciente, aunque la poca interconectividad puede comprometer la exactitud de la monitorización de dosis y la detección temprana de eventos adversos.

### **Monitorización Continua y Generación de Alertas en Tiempo Real**

La automatización de alertas en tiempo real mejora la seguridad del paciente, pues permite que el personal médico actúe de inmediato ante riesgos o anomalías en los procedimientos. Conforme a Salinas et al., (2015), los sistemas IoT aplicados al entorno hospitalario monitorean continuamente a los pacientes, con mecanismos de alerta temprana que fortalecen la gestión del riesgo clínico. Estas herramientas también ayudan a optimizar la eficiencia operativa de los servicios de salud al reducir tiempos de respuesta y mejorar la coordinación entre las instituciones del sistema sanitario.

De otra parte, el desarrollo de arquitecturas de comunicación ha permitido integrar diferentes tecnologías de conectividad, como redes inalámbricas, sensores remotos y módulos de transmisión de datos. Morales et al., (2015) señalan que la integración de tecnologías de comunicación como GPS, GSM/GPRS y Zigbee puede mejorar la transmisión de información clínica en sistemas de monitoreo continuo, con una recopilación de datos en tiempo real desde múltiples dispositivos.

En radiología, la monitorización continua y la generación de alertas en tiempo real son esenciales para garantizar la seguridad del paciente y la calidad del servicio. Los sistemas IoT permiten que los equipos, como tomografía computarizada y rayos X, envíen información inmediata sobre dosis de radiación y estado del paciente a plataformas centralizadas, favoreciendo la detección temprana de eventos adversos (Gupta et al., 2020).

La automatización de alertas reduce los tiempos de respuesta del personal médico ante un evento, optimiza la coordinación operativa y apoya la eficiencia de los servicios, mejorando la seguridad de los pacientes en la exposición a radiación (Thacharodi et al., 2024). Sin embargo, la confiabilidad de estos sistemas depende en gran medida de la calidad de la conectividad y la robustez de los protocolos de comunicación (Chauhan et al., 2023).

La integración de IoT y dispositivos inteligentes permite la monitorización continua de pacientes y procedimientos radiológicos, con alertas en tiempo real ante riesgos. Shaik et al., (2023) destacan que los sistemas de monitoreo remoto con IA mejoran la recopilación de datos clínicos y la detección temprana de eventos adversos y reducen errores humanos.

También, Gupta et al., (2020) señalan que la combinación de dispositivos móviles con IoT en radiología aumenta la eficiencia de los flujos de trabajo, permite registrar datos de dosis

de manera automática y asegura una respuesta rápida ante cualquier desviación o evento adverso en los procedimientos diagnósticos.

### **Monitoreo Continuo de Pacientes con Dispositivos IoT**

El Internet de las Cosas (IoT) permite la integración de dispositivos físicos y sensores biomédicos con sistemas digitales para recopilar, transmitir y analizar datos clínicos en tiempo real. En radiología, esta tecnología permite el monitoreo de dosis radiológica, seguimiento de procedimientos y detección temprana de eventos adversos. Li, et al., (2019) enfatizan que el uso de dispositivos wearables inteligentes para monitoreo es importante en la actualización de tecnologías que garanticen la efectividad del monitoreo continuo y la trazabilidad de los datos clínicos.

Al-Kahtani et al., (2022) enfatizan que la buena arquitectura y transmisión de datos es crucial para la confiabilidad de la información en entornos hospitalarios, incluyendo el seguimiento de dosis radiológica acumulada, asegurando que los sistemas IoT ofrezcan datos precisos y oportunos para la toma de decisiones clínicas.

### **Automatización Inteligente y Toma de Decisiones**

La combinación de IoT con IA permite la automatización de procesos clínicos y administrativos, optimizando la eficiencia y seguridad en hospitales. Secinaro et al., (2021) destacan la necesidad de infraestructura interoperable y confiable donde se garantice la precisión en los datos clínicos y radiológicos. También, Maleki y Forouzanfar (2024) revelan que la IA y la digitalización hospitalaria permiten mejorar la seguridad del paciente, reduciendo errores y optimizando la gestión de riesgos, asimismo, Thacharodi et al., (2024) destacan que la integración de IoT, IA y automatización cambia los servicios de salud, aumentando la calidad y seguridad de la atención radiológica.

De igual forma, el uso de IoT en radiología involucra manejar datos clínicos muy sensibles, por lo tanto, la seguridad y autenticación son necesarias. Los entornos hospitalarios conectados necesitan protocolos de cifrado, autenticación de dispositivos y control de acceso para limitar los accesos no autorizados o la manipulación de información (Al-Kahtani et al., 2022).

También, la correcta implementación de sistemas IoT favorece la reducción de eventos adversos, permitiendo alertas tempranas y mejoras en la eficiencia operativa de los servicios de radiología, asegurando que la información sobre dosis radiológica sea precisa y verificable (Li et al., 2019).

### **Interoperabilidad de IoT en Radiología**

En radiología, la interoperabilidad permite que los sistemas de monitoreo de dosis, los equipos de diagnóstico por imagen y los sistemas de historia clínica electrónica compartan información de manera segura y eficiente. Sin embargo, la poca interoperabilidad entre dispositivos y plataformas tecnológicas es uno de los principales desafíos para la implementación de sistemas IoT en el sector sanitario. Rodríguez (2022) indica que la falta de integración entre los sistemas genera fragmentación de los datos clínicos y dificulta el seguimiento de los pacientes, reduciendo la capacidad de toma de decisiones informadas.

Asimismo, Alaba et al., (2025) refiere que uno de los principales retos para la adopción de IoT en los sistemas de salud es la falta de estandarización en los protocolos de comunicación y en las arquitecturas tecnológicas utilizadas por los diferentes dispositivos médicos. Esta situación puede generar inconsistencias en los datos y afectar la confiabilidad de los sistemas de monitoreo clínico.

La interoperabilidad en sistemas IoT en radiología permite que los dispositivos, los sistemas RIS y PACS, y plataformas de monitorización de dosis compartan datos de manera segura y eficiente. Rodríguez (2022) subraya que la fragmentación tecnológica y la falta de estándares universales es un gran obstáculo que afecta la consistencia de los registros clínicos y limitando la capacidad de seguimiento del paciente.

Los desafíos incluyen la integración de diferentes protocolos de comunicación, arquitecturas heterogéneas y sistemas heredados en hospitales, lo que genera inconsistencias en los datos y dificulta la toma de decisiones basada en información confiable (Chauhan et al., 2023).

La interoperabilidad de sistemas IoT y plataformas médicas es fundamental para garantizar la coherencia, trazabilidad y seguridad de los datos clínicos. Fernández et al., (2025) muestran cómo la integración entre sistemas RIS, PACS, VNA y HCIS permite centralizar la información radiológica, mejorar la eficiencia operativa y garantizar la seguridad de los datos de los pacientes durante los procedimientos.

Asimismo, Junaid et al., (2022) señalan que la falta de estandarización en protocolos de comunicación y fragmentación de sistemas, limitan el uso de IoT en servicios de salud, afectando la interoperabilidad y la confiabilidad de los datos clínicos, siendo crítico en radiología, donde la precisión en la monitorización de dosis y la trazabilidad de los registros son esenciales para la seguridad del paciente.

### **Seguridad y Protección de Datos en Sistemas IoT**

En los servicios de radiología, los sistemas de monitoreo de dosis y los dispositivos conectados pueden ser vulnerables por amenazas de seguridad, como accesos no autorizados, manipulación de datos o ataques cibernéticos. Mourade et al., (2021) señalan que los entornos

IoT tiene múltiples desafíos de ciberseguridad, por la variedad de los dispositivos conectados y las limitaciones de protección. Estas vulnerabilidades pueden comprometer la confiabilidad de los datos clínicos y afectar la precisión de los sistemas de monitoreo utilizados en los entornos hospitalarios.

Es así, que la implementación de protocolos de seguridad apropiados es esencial para garantizar el funcionamiento seguro de los sistemas IoT en radiología. La adopción de estrategias de cifrado de datos, autenticación de dispositivos y control de acceso contribuye a reducir los riesgos en la transmisión de información en redes interconectadas, mejorando la protección de los datos clínicos y la seguridad de los pacientes (Alaba et al., 2025).

### **Interoperabilidad de Sistemas y Gestión de Datos**

La interoperabilidad entre sistemas hospitalarios, RIS, PACS y VNA, es esencial para garantizar la integridad, trazabilidad y seguridad de los datos radiológicos. Londoño (2024) identifica que la baja interoperabilidad crea fragmentación de la información, limita la capacidad de seguimiento del paciente y afecta la calidad de la toma de decisiones clínicas.

Según Rybak et al., (2022) las plataformas digitales interoperables permiten gestionar y centralizar datos de sensores de imagen médica, garantizando que la información desde distintos dispositivos sea confiable y esté disponible para los profesionales de la salud, lo que reduce los errores de interpretación y asegura que la monitorización de dosis sea precisa. Además, Alsabah et al., (2025) destacan que la integración tecnológica en hospitales inteligentes requiere protocolos de comunicación estandarizados y arquitecturas robustas, para que IoT pueda operar de manera segura y confiable en entornos radiológicos complejos.

La interoperabilidad entre sistemas de información es un factor crucial para la confiabilidad de los datos clínicos y la eficiencia operativa. Torrado et al., (2025) demuestran

que la falta de integración tecnológica en imagenología puede generar fragmentación de la información y retrasos en la toma de decisiones, impactando directamente la seguridad del paciente y la calidad del servicio.

Además, Rghioui y Oumnad (2017) señalan que en tecnológica IoT se necesita una arquitectura robusta que garantice la exactitud de los datos, y que la baja interconectividad aumenta el riesgo de errores en la monitorización de dosis radiológica. También, Uddin y Koo (2024) muestran que la arquitectura multisalto del IoT en la nube puede influir en la transmisión confiable de datos en tiempo real, esencial para servicios de radiología donde la información precisa es clave para la toma de decisiones.

### **Infraestructura Avanzada, Seguridad y Protección de Datos con IoT**

De igual forma, Mendelson y Rubin (2013) señalan que una infraestructura informática robusta en radiología, que integre RIS, PACS y sistemas de interoperabilidad, es fundamental para mantener la trazabilidad, seguridad y calidad de los datos clínicos, logrando precisión y una reducción de errores médicos.

Asimismo, Kumar et al., (2025) destacan que la incorporación de tecnologías 6G en hospitales inteligentes mejora la transmisión de datos en tiempo real, optimiza la monitorización de pacientes y garantiza que la información de dosis se transfiera de forma segura y rápida entre dispositivos y sistemas.

El manejo de datos clínicos tiene vulnerabilidades por accesos no autorizados o alteración de información. Shaik et al., (2023) resaltan que la combinación de IA y IoT fortalece la protección de datos con el monitoreo automatizado y detección de anomalías, favoreciendo la seguridad del paciente.

Igualmente, Alsabab et al., (2025) subrayan la necesidad de grandes protocolos de seguridad, cifrado de información y de acceso en entornos hospitalarios interconectados para prevenir riesgos cibernéticos. La correcta implementación de estas medidas garantiza que los datos radiológicos sean precisos y confiables, protegiendo al paciente y a las instituciones.

### **Protocolos e Impacto en la Seguridad del Paciente y del Servicio**

Los sistemas IoT en radiología enfrentan vulnerabilidades como accesos no autorizados, manipulación de información y fallas en la transmisión de datos. Betancourt y Loor (2024) señalan que la latencia de red y la conectividad limitada pueden afectar la seguridad de los datos clínicos, comprometiendo la detección temprana de eventos adversos y la eficiencia operativa.

Jiménez et al., (2025) resaltan que la integración de IoT con IA necesita de grandes protocolos de seguridad que protejan los datos generados por los dispositivos médicos y así garantizar la confiabilidad de la monitorización de dosis. Entonces, la adopción de estándares y protocolos de cifrado, autenticación de dispositivos y control de acceso son competencias esenciales para mitigar estos riesgos.

De igual forma, la deficiencia en interoperabilidad y protocolos de seguridad repercute directamente en la seguridad del paciente y la calidad del servicio. Morales et al., (2023) refieren que la integración de la IA con sistemas IoT permite mejorar la automatización y la precisión en la gestión de datos, pero que necesita de infraestructura tecnológica interoperable para ser segura.

También, Li et al., (2019) destacan que la aceptación para uso de dispositivos wearables y sensores inteligentes por parte de profesionales de la salud es clave para garantizar la confiabilidad y trazabilidad de los datos clínicos, ya que la correcta implementación debe integrar capacitación y cultura de seguridad para optimizar la atención radiológica.

## **Cultura de Seguridad del Paciente y Adopción de Tecnologías**

La seguridad del paciente debe ser considerada una prioridad en todos los niveles del sistema sanitario, ya que las fallas en los procesos clínicos pueden tener consecuencias significativas para la salud de los pacientes. Es decir, que la integración de IoT requiere infraestructura tecnológica adecuada y estrategias institucionales que fortalezcan la cultura de seguridad, capaciten al personal y fomenten el uso responsable de los sistemas digitales (Gupta et al., 2020).

El comportamiento organizacional y las prácticas profesionales influyen en la confiabilidad de los sistemas tecnológicos en los servicios de salud. Esto indica que la adopción efectiva de sistemas IoT en radiología y otros servicios depende de políticas institucionales que garanticen la gestión segura de la información clínica, la interoperabilidad de los dispositivos y la protección de datos sensibles con mecanismos robustos de autenticación y cifrado (Rana et al., 2021).

La integración de nuevas tecnologías debe alinearse con estándares internacionales de seguridad y gestión de riesgos. La Organización Mundial de la Salud (WHO, 2021) establece que los sistemas de salud deben implementar medidas preventivas, monitoreo continuo y estrategias de mitigación de riesgos para reducir eventos adversos y mejorar la seguridad del paciente.

En conclusión, la adopción de tecnologías avanzadas en salud, es efectiva si se practica con una cultura de seguridad del paciente consistente, políticas institucionales claras, capacitación del personal y protocolos tecnológicos robustos que garanticen la confiabilidad, integridad y protección de los datos clínicos.

## **Normativa y Estándares IoT en Salud**

El cumplimiento de normas internacionales y políticas de seguridad en IoT es principal para proteger la información clínica y garantizar la confiabilidad de los sistemas digitales. La normativa relacionada con IoT en hospitales crea lineamientos para la interoperabilidad, protección de datos, ciberseguridad y gestión de riesgos, permitiendo que los servicios radiológicos operen bajo estándares de calidad y seguridad del paciente.

De esta forma, los estándares de salud digital son una base crucial en la planificación, diseño, implementación y gobernanza de los sistemas de información en salud. Según el informe Estándares para la salud digital (s.f.), la aplicación de estándares facilita la interoperabilidad entre sistemas, garantiza la protección de los datos clínicos y contribuye a ofrecer servicios sanitarios más seguros, coordinados y eficientes (UNE, 2023)

Así, Jiménez et al., (2025) enfatizan que la integración de IoT con IA debe alinearse con políticas regulatorias y protocolos de seguridad para garantizar la exactitud de la monitorización de dosis y la detección temprana de eventos adversos y la integridad de la información clínica. De esta manera, el cumplimiento de normas y marcos regulatorios ayuda a reducir los riesgos de la fragmentación de sistemas, accesos no autorizados o pérdida de información en entornos digitales interconectados.

En consecuencia, la adopción de estándares y marcos normativos en salud digital favorece la interoperabilidad entre dispositivos y plataformas tecnológicas, además fortalece la seguridad del paciente, la calidad de los datos clínicos y la eficiencia operativa de los servicios de radiología.

## **Metodología**

La presente investigación adopta un enfoque cualitativo con un diseño descriptivo y documental, fundamentado en lo planteado por Hernández et al., (2014), quienes señalan que este tipo de estudios permite examinar fenómenos actuales mediante la recopilación y el análisis sistemático de información verificable, sin manipulación de variables. Este enfoque resulta adecuado para analizar cómo la interoperabilidad y la seguridad de los sistemas IoT influyen en los servicios de radiología, un campo tecnológico en rápida evolución donde el acceso a evidencia científica y técnica reciente es esencial.

La investigación se basa en una revisión documental, entendida como el análisis de textos académicos, informes técnicos y normativas para comprender fenómenos tecnológicos y clínicos a partir de datos secundarios. Según Salgado (2007), la revisión bibliográfica permite obtener resultados mediante el uso de fuentes producidas por otros autores, lo que favorece la identificación de tendencias, riesgos y brechas en la integración del IoT en radiología.

La búsqueda se realizó en bases de datos como Scopus, PubMed, ScienceDirect, SciELO, Dialnet, ResearchGate, Google Académico y la Biblioteca Virtual de la UNAD, utilizando términos de búsqueda como: IoT, interoperabilidad, ciberseguridad, radiología, seguridad del paciente, monitorización de dosis, automatización de alertas.

### **Fases de la Metodología**

#### ***Fase 1. Formulación del Problema y Revisión Literaria***

En esta fase se delimitó el problema de investigación, centrado en la limitada interoperabilidad y las vulnerabilidades de seguridad del IoT aplicado en radiología. Se formuló la pregunta orientadora y se realizó una búsqueda exploratoria en las bases de datos seleccionadas, identificando fuentes académicas y técnicas relevantes.

### ***Fase 2. Organización, Categorización y Análisis de la Información***

La literatura recolectada se organizó bajo categorías temáticas clave: IoT en salud y radiología, interoperabilidad de sistemas, protocolos y vulnerabilidades de ciberseguridad, monitorización de dosis, eventos adversos, alertas clínicas, eficiencia operativa en radiología.

Posteriormente, se desarrolló un análisis comparativo que permitió identificar patrones, tendencias, vacíos de investigación, riesgos asociados y relaciones entre interoperabilidad limitada, seguridad del IoT y desempeño clínico-operativo en radiología.

### ***Fase 3. Elaboración de Conclusiones y Recomendaciones***

A partir del análisis comparativo se integraron los hallazgos para responder a la pregunta de investigación. Se redactaron conclusiones coherentes con los objetivos del estudio y se formularon recomendaciones orientadas a fortalecer los estándares de interoperabilidad, mejorar la seguridad del IoT y optimizar los sistemas de monitorización y alertas en servicios de radiología.

## **Análisis de Resultados**

Los resultados evidencian que la falta de interoperabilidad en los dispositivos IoT y los sistemas radiológicos genera una fragmentación de datos, lo que impide consolidar un historial completo del paciente, entregando datos parciales de la dosis acumulada.

### **La Interoperabilidad como Eje Crítico en la Seguridad del Paciente**

Asimismo, la existencia de sistemas independientes aumenta el riesgo de inconsistencias en los registros, dificultando la trazabilidad dosimétrica y la aplicación de estándares de seguridad radiológica. Según Londoño (2024), la interoperabilidad es un requisito esencial para garantizar la integración efectiva de la información clínica. Además, UNE (2023) establece que la ausencia de estándares comunes es uno de los mayores obstáculos para la salud digital.

En este sentido, la interoperabilidad debe entenderse como un componente estructural que permite integrar flujos de información de manera eficiente. La adopción de estándares como HL7 FHIR, DICOMweb y arquitecturas VNA favorece la consolidación de datos clínicos y mejora la toma de decisiones (Fernández et al., 2025). Sin embargo, esta integración debe estar acompañada de mecanismos sólidos de protección de datos. Por ello, se propone el fortalecimiento de los protocolos de cifrado y autenticación como pilares fundamentales para garantizar que la información compartida entre sistemas sea segura, íntegra y confiable

### **La Exactitud y Trazabilidad Dosimétrica como Fundamento de la Protección**

Los hallazgos muestran que la precisión en el registro de la dosis radiológica depende de la correcta sincronización entre sensores IoT, equipos de imagen y sistemas de almacenamiento. La falta de integración genera errores en la medición y dificulta el seguimiento de la dosis acumulada, afectando la protección radiológica del paciente (Al-Kahtani et al., 2022; Alaba et al., 2025).

Además, Mendelson y Rubin (2013) destacan que la precisión en la información radiológica depende del alineamiento eficiente entre sistemas de archivo, comunicación y captura de datos. Sin estas condiciones, la dosis registrada puede ser errónea, lo que influye en la toma de decisiones clínicas y la seguridad del paciente.

En este contexto, la trazabilidad dosimétrica requiere no solo interoperabilidad, sino también validación continua de los datos mediante tecnologías como inteligencia artificial, que permiten detectar inconsistencias en tiempo real (Maleki y Forouzanfar, 2024). No obstante, la confiabilidad de estos registros depende de la seguridad de la información. Por ello, se plantea que el fortalecimiento de los protocolos de cifrado y autenticación es indispensable para evitar la manipulación de datos y garantizar la exactitud de la información clínica durante todo su ciclo de vida.

### **La Ciberseguridad como Requisito Transversal en la Integridad de la Información**

El análisis evidencia que los sistemas IoT en radiología presentan vulnerabilidades asociadas a accesos no autorizados, manipulación de datos y fallos en los mecanismos de autenticación, lo que compromete la integridad de la información clínica (Rana et al., 2021; Mourade et al., 2021). Estas debilidades aumentan el riesgo de alteraciones en los informes radiológicos y afectan la toma de decisiones médicas. Asimismo, la falta de mecanismos robustos de seguridad puede generar interrupciones en el servicio y pérdida de información crítica.

De acuerdo con Alzubi (2021), la implementación de tecnologías como blockchain puede fortalecer la autenticación y garantizar la trazabilidad de los datos en entornos IoT. En este sentido, la ciberseguridad debe abordarse como un componente transversal en la digitalización de los servicios de salud. Por lo tanto, se enfatiza la necesidad de fortalecer los protocolos de

cifrado y autenticación como elementos esenciales para proteger la información clínica y asegurar la confiabilidad de los sistemas radiológicos.

### **Valor Clínico de las Alertas en Tiempo Real**

Los resultados muestran que la ausencia de sistemas automatizados de alerta limita la capacidad de detectar oportunamente eventos adversos, errores humanos y fallos técnicos en los servicios de radiología (World Health Organization [WHO], 2021).

Esta situación incrementa el riesgo clínico y reduce la eficiencia en la atención. En contraste, la integración de IoT con inteligencia artificial permite generar alertas predictivas que mejoran la respuesta clínica y optimizan el flujo de trabajo (Maleki y Forouzanfar, 2024).

Asimismo, el acceso a datos en tiempo real facilita la toma de decisiones oportunas y mejora la calidad del servicio (Uddin y Koo, 2024). Sin embargo, la efectividad de estos sistemas depende de la integridad de los datos transmitidos. En este contexto, se destaca la importancia de implementar protocolos de cifrado y autenticación robustos, que aseguren que las alertas generadas sean confiables y no estén expuestas a manipulaciones o accesos indebidos, garantizando así la seguridad del paciente.

### **Infraestructura Tecnológica Inteligente para la Eficiencia Operativa y la Toma de Decisiones**

Los hallazgos evidencian que la eficiencia operativa en radiología mejora significativamente con la integración del IoT, la inteligencia artificial y tecnologías avanzadas como redes 6G, que permiten la transmisión de datos en tiempo real y la automatización de procesos clínicos (Kumar et al., 2025).

Estas herramientas optimizan el flujo de trabajo, reducen tiempos de respuesta y mejoran la precisión diagnóstica. Sin embargo, su efectividad depende de la calidad de la infraestructura tecnológica y la capacidad de los sistemas para operar de manera integrada y segura.

Además, Kumar et al. (2019) señalan que el manejo de grandes volúmenes de datos representa un desafío en los entornos IoT, lo que requiere mecanismos eficientes de procesamiento y filtrado de información. En este contexto, la implementación de estándares interoperables como HL7 FHIR y DICOMweb es clave para garantizar la eficiencia del sistema (UNE, 2023).

No obstante, el desarrollo de estas infraestructuras debe ir acompañado del fortalecimiento de los protocolos de cifrado y autenticación, considerados pilares innegociables para proteger la información clínica y asegurar un entorno digital confiable y seguro.

Además, los resultados del estudio permiten identificar 3 dimensiones críticas para comprender el papel del Internet de las Cosas (IoT) en la seguridad del paciente en los servicios de radiología: la interoperabilidad, la ciberseguridad y la eficiencia operativa.

En primer lugar, se evidencia que la interoperabilidad continúa siendo una de las brechas más significativas dentro de la monitorización clínica (Londoño, 2024). La ausencia de estándares universales entre dispositivos IoT, el sistema de información radiológica (RIS) y los repositorios de imágenes como PACS provoca una fragmentación de los datos clínicos que afecta directamente la continuidad del cuidado (Fernández et al., 2025). Esta falta de integración genera lo que varios autores describen como una visión parcial del historial del paciente, especialmente en registros dosimétricos, dificultando el seguimiento de la dosis acumulada e incrementando el riesgo de errores diagnósticos (Mendelson y Rubin, 2013). La literatura coincide en que los sistemas independientes aumentan la probabilidad de inconsistencias en la

información técnica, razón por la cual la adopción de estándares como HL7 FHIR, DICOMweb y VNA es indispensable para asegurar precisión, trazabilidad e integridad de los datos en tiempo real (UNE, 2023; Gupta et al., 2020).

En segundo lugar, la investigación confirma que las vulnerabilidades de ciberseguridad constituyen un factor de riesgo significativo para la exposición innecesaria a eventos adversos en radiología. Según Mourade et al. (2021), los entornos IoT presentan puntos débiles frecuentes, entre ellos accesos no autorizados, alteración maliciosa de datos, interceptación de transmisiones y suplantación de identidades digitales, lo que podría modificar o corromper informes de dosis, imágenes diagnósticas o parámetros críticos durante la monitorización. Asimismo, Rana et al. (2021) demostraron que los fallos en autenticación y cifrado retrasan la detección de errores técnicos, igual que Alzubi (2021), quien señala que la integridad de la información clínica en IoT solo puede garantizarse mediante esquemas avanzados de autenticación y firmas digitales basadas en blockchain.

La ausencia de protocolos robustos de seguridad no solo expone los sistemas a ataques, sino que prolonga la identificación de fallos, incrementando el riesgo de que se produzcan errores humanos no detectados, alteraciones tardías en las alertas y fallas en la respuesta clínica (Betancourt y Loor, 2024). Por ello, el fortalecimiento de los protocolos de cifrado y autenticación debe considerarse un pilar innegociable para cualquier avance en la digitalización de los servicios radiológicos.

En tercer lugar, los resultados muestran que la eficiencia operativa mejora de manera significativa cuando la inteligencia artificial se integra a los sistemas IoT en la monitorización radiológica. La literatura indica que la combinación de IA e IoT permite reducir los tiempos de

respuesta ante anomalías técnicas, fallos en equipos, inconsistencias en parámetros de dosis y cambios en la condición del paciente (Shaik et al., 2023).

Esta automatización incrementa la capacidad de los servicios para anticiparse a eventos adversos, como lo señalan Uddin y Koo (2024), quienes destacan que la disponibilidad continua de datos en tiempo real fortalece la toma de decisiones clínicas y mejora la eficiencia del flujo de trabajo. El uso de redes avanzadas como 6G, además, permite disminuir la latencia y evitar interrupciones en la transmisión de información crítica (Kumar et al., 2025), lo que es un requisito para asegurar la continuidad operativa en centros de imagenología. Torres et al. (2025) agregan que estas tecnologías elevan la precisión diagnóstica y optimizan los procesos administrativos, reduciendo retrasos y redundancias.

Finalmente, los hallazgos demuestran que la efectividad del IoT no depende únicamente de los aspectos tecnológicos, sino de la cultura de seguridad del paciente y de la formación del talento humano. Algunos autores coinciden en que la seguridad del paciente exige una institucionalidad sólida, basada en estándares internacionales como los propuestos por la Organización Mundial de la Salud (2021) y el Organismo Internacional de Energía Atómica (2020).

La literatura también destaca que la capacitación del personal en interoperabilidad, ciberseguridad, manejo de datos sensibles y operación de sistemas IoT es determinante para garantizar un ecosistema seguro y evitar errores derivados del desconocimiento técnico (Morales et al., 2023). Por tanto, el impacto real del IoT en la radiología depende de la suma de factores: integración tecnológica interoperable, infraestructura robusta, mecanismos avanzados de seguridad y una cultura organizacional comprometida con la seguridad del paciente y la actualización continua del personal (Peñas et al., 2017).

**Tabla 1***Impacto de IoT en Radiología*

Evaluación	Hallazgos principales	Impacto	Autores
Interoperabilidad	Fragmentación entre IoT, PACS, RIS y DICOM	Visión incompleta del historial de dosis	Londoño (2024); UNE (2023)
Exactitud de datos	Inconsistencias por sistemas aislados	Dificultad en seguimiento de dosis acumulada	Mendelson y Rubin (2013)
Ciberseguridad	Accesos no autorizados y manipulación de datos	Riesgo en informes diagnósticos	Mourade et al. (2021)
Detección de eventos	Alertas tardías por fallos en protocolos	Mayor probabilidad de eventos adversos	WHO (2021)
Eficiencia operativa	Integración IA y IoT mejora tiempos	Respuesta rápida ante anomalías	Maleki y Forouzanfar (2024)
Toma de decisiones	Datos en tiempo real	Mejora en decisiones clínicas	Shaik et al. (2023)

*Nota.* Elaboración propia

**Tabla 2***Componentes IoT para la Seguridad del Paciente*

Componente IoT	Descripción	Autores
Sensores biomédicos	Capturan signos vitales, dosis, posición del paciente y estado funcional del equipo.	Los sensores permiten la monitorización continua y reducen riesgos derivados de datos incompletos, asegurando alertas tempranas (Uddin y Koo, 2024).
Gateways clínicos o nodos IoT	Dispositivos que integran, filtran y envían datos hacia los servicios centrales.	Son esenciales para mantener la continuidad del flujo de datos y evitar pérdidas durante la transmisión (Junaid et al., 2022).
Plataformas de análisis IoT	Sistemas que procesan, clasifican y priorizan información crítica.	Garantizan la interpretación correcta de los datos y habilitan procesos clínicos basados en evidencia (Secinaro, 2021).
Paneles de alerta en tiempo real	Visualizan anomalías y notifican al personal cuando ocurre un riesgo.	Las alertas oportunas reducen eventos adversos derivados de la demora en el monitoreo manual (WHO, 2021).

*Nota.* Elaboración propia

**Tabla 3***Riesgos y Vulnerabilidades IoT en Radiología*

Categoría	Riesgo/Vulnerabilidad	Hallazgos	Impacto clínico-operativo	Autores
Desempeño técnico del IoT	Latencia en la transmisión de datos	Retrasos en la entrega de información debido a congestión de red o conectividad deficiente.	Demora en la detección de eventos críticos o deterioro clínico del paciente.	Alsabah et al. (2025)
	Confiabilidad de los sensores biomédicos	Sensores descalibrados, deteriorados o con ruido digital que generan datos inestables.	Alertas falsas o falta de detección de cambios relevantes, aumentando riesgos diagnósticos.	Al-Kahtani et al. (2022)
	Sobrecarga de datos (Data overload)	Excesivo volumen de información sin filtros adecuados.	Fatiga de alertas, omisión de señales críticas y errores en la toma de decisiones.	Kumar et al. (2024)
	Gestión ineficiente del flujo de alertas	Alertas sin clasificación por prioridad o sin integración a protocolos.	Saturación del personal y riesgo de subatención de pacientes críticos.	Shaik et al. (2023)
	Dependencia de la infraestructura digital	Fallas eléctricas, caídas de servidor o interrupciones de red.	Pérdida temporal del monitoreo, riesgo clínico aumentado y fallas operativas.	Kumar et al. (2025)
Ciberseguridad y protección de datos	Accesos no autorizados	Dispositivos IoT sin autenticación segura o con protocolos débiles.	Manipulación o robo de datos, diagnósticos incorrectos.	Rana et al. (2021)
	Manipulación de datos (Data tampering)	Intervención maliciosa en la información transmitida o almacenada.	Reportes de dosis incorrectos y alteración de parámetros clínicos.	Mourade et al. (2021)
	Fallos en el cifrado	Transmisión de información sin protección	Exposición de datos sensibles, vulneraciones a la	Alzubi (2021)

Categoría	Riesgo/Vulnerabilidad	Hallazgos	Impacto clínico-operativo	Autores
		criptográfica adecuada.	privacidad del paciente.	
	Detección tardía de amenazas	Ausencia de sistemas de alerta temprana o monitoreo automatizado.	Aumento de eventos adversos y riesgo para el paciente.	WHO (2021)
	Superficie de ataque ampliada	Gran número de dispositivos conectados y puntos de acceso vulnerables.	Mayor exposición a ciberataques y fallos de seguridad.	Alaba et al. (2025)

*Nota.* Elaboración propia

**Tabla 4**

*Impacto de la Interoperabilidad, Consecuencias, Incidencia y Soluciones IA/6G*

Factor	Problemática	Consecuencia	Incidencia	Cómo la IA y 6G pueden resolverlo	Autores
Fragmentación de datos	Falta de integración entre IoT, PACS, RIS y estándares DICOM	Visión parcial del historial de dosis del paciente	Errores de incompletitud de datos: 32–45% de los registros cuando no existe interoperabilidad (Fernández et al., 2025; Londoño, 2024).	La IA permite: reconstrucción de datos faltantes hasta en 70%, estandarización automática y mapeo semántico entre DICOM–HL7–FHIR.	Londoño (2024); UNE (2023)
Sistemas aislados	Dispositivos que operan sin comunicación entre plataformas	Dificultad para seguimiento de dosis acumulada	Eventos de duplicación de estudios: 18–25% (Gupta et al., 2020).	Redes 6G permiten baja latencia (<0.1 ms) y sincronización continua, integrando múltiples dispositivos sin pérdida de paquetes.	Mendelson y Rubin (2013)

Factor	Problemática	Consecuencia	Incidencia	Cómo la IA y 6G pueden resolverlo	Autores
Incompatibilidad de estándares	Diferencias entre protocolos y formatos de datos	Errores en transferencia y pérdida de información	Pérdida de integridad en transmisión: 12–20% según revisiones de IoT sanitario (Munir et al., 2022).	La IA puede convertir formatos heterogéneos con precisiones >90% usando NLP estructural y modelos ontológicos.	Fernández et al. (2025)
Sincronización deficiente	Retrasos en la actualización de datos clínicos	Decisiones basadas en información incompleta	Retrasos en tiempo real: 22–30% de los datos IoT presentan latencias >3 segundos (Alsabah et al., 2025; Chauhan et al., 2023).	IA: predicción de parámetros faltantes en tiempo real y autocorrección de desfases. 6G: latencia ultrabaja, ancho de banda masivo (>1 Tbps), reducción del desfase temporal en hasta 90% de los flujos IoT médicos (Kumar et al., 2025).	Uddin y Koo (2024); Kumar et al. (2025)
Falta de estandarización	Ausencia de protocolos como HL7 FHIR o DICOMweb	Limitación en la automatización de procesos	Reducción de eficiencia del flujo de trabajo: 35% menos productividad en servicios sin estandarización (Rezaei y Jalaei, 2021).	IA automatiza generación de metadatos y armoniza formatos; mejora eficiencia hospitalaria en 30–50% (Maleki y Forouzanfar, 2024).	UNE (2023)

*Nota.* Elaboración propia

## Conclusiones

La evidencia analizada permite concluir que las limitaciones en la integración de sistemas IoT en radiología digital afectan directamente la monitorización en tiempo real, la generación de alertas de seguridad y la protección del paciente. Estas deficiencias generan una cadena de fallos que inicia en la captura de datos y se extiende hasta la toma de decisiones clínicas, debido a la falta de interoperabilidad, la conectividad inestable, la ausencia de estandarización y las debilidades en la infraestructura tecnológica. Como consecuencia, se produce fragmentación de la información, retrasos en la transmisión de datos y alertas tardías o incompletas, lo que incrementa el riesgo de eventos adversos y compromete la seguridad radiológica.

También, se confirma que la interoperabilidad es un componente estructural crítico para garantizar la seguridad del paciente. Cuando los dispositivos IoT, sensores, gateways clínicos y plataformas como RIS y PACS funcionan como un ecosistema coordinado, se logra la captura, transmisión y análisis oportuno de datos clínicos esenciales. Esto permite consolidar la información dosimétrica, evitar la repetición innecesaria de estudios, reducir la exposición a la radiación y mejorar la precisión diagnóstica, fortaleciendo la continuidad del cuidado.

No obstante, las brechas en interoperabilidad, la inestabilidad de las redes y la falta de estándares universales continúan siendo limitaciones significativas. Incluso interrupciones mínimas pueden generar pérdida de información dosimétrica, retrasos en alertas críticas y fallos en la monitorización, lo que demuestra que la tecnología solo es efectiva cuando está soportada por una infraestructura robusta, estable y adecuadamente protegida.

Asimismo, se evidencia que la efectividad del IoT depende de la capacidad del sistema para garantizar una monitorización continua, precisa y en tiempo real. Factores como la latencia en la transmisión de datos, la baja confiabilidad de los sensores y la sobrecarga de información

pueden retrasar la detección de eventos clínicos críticos, incrementando el riesgo de intervenciones tardías. Por ello, es indispensable asegurar la calidad, integridad y disponibilidad de los datos clínicos en todo momento.

Además, los hallazgos evidencian que la principal barrera para la integración efectiva del IoT en los servicios de radiología no es tecnológica, sino estructural: la falta de interoperabilidad, producto de sistemas fragmentados, estándares incompatibles, deficiente sincronización y ausencia de marcos unificados como HL7 FHIR y DICOMweb. Esta carencia tiene graves consecuencias, como errores en la transferencia de información, dificultades para consolidar el historial dosimétrico del paciente, retrasos diagnósticos y disminución de la seguridad clínica. La literatura analizada coincide en que estos problemas no derivan del IoT como tecnología, sino de la incapacidad de los sistemas para comunicarse entre sí (Londoño, 2024; Fernández et al., 2025). Asimismo, el análisis confirma que la implementación del IoT en radiología requiere arquitecturas avanzadas que integren IA, redes 6G de baja latencia, edge computing y protocolos estandarizados, para mejorar la velocidad y estabilidad de la transmisión de datos y automatizar procesos de análisis y priorización de alertas, reduciendo los riesgos asociados a la sobrecarga informativa, la latencia y la inconsistencia de datos. Estudios recientes muestran que el uso de IA puede disminuir hasta en un 45% los errores derivados de interoperabilidad y mejorar en un 60% la sincronización de datos clínicos en sistemas IoT hospitalarios.

Igual, se concluye que las vulnerabilidades en la infraestructura digital representan un riesgo significativo para la integridad de los datos radiológicos y la toma de decisiones clínicas. Los accesos no autorizados, la manipulación de información y las fallas en los sistemas pueden comprometer la monitorización y generar errores diagnósticos. Por ello, resulta indispensable

implementar mecanismos avanzados de protección, incluyendo cifrado, autenticación robusta y monitoreo continuo, como pilares fundamentales para garantizar la confiabilidad del sistema.

También, se destaca que la automatización de alertas y la integración de inteligencia artificial permiten reducir los tiempos de respuesta ante anomalías, mejorar la coordinación del servicio y fortalecer la toma de decisiones clínicas. Sin embargo, estos beneficios solo se materializan cuando existe una infraestructura tecnológica adecuada, interoperable y segura.

Finalmente, se concluye que el éxito del IoT en radiología no depende únicamente de la tecnología, sino también de la cultura organizacional orientada a la seguridad del paciente y de la capacitación continua del talento humano. La adopción de estándares internacionales, como los promovidos por la OMS (2021) y la IAEA (2020), junto con políticas institucionales sólidas en ciberseguridad, son determinantes para garantizar un entorno clínico seguro.

En síntesis, la implementación del IoT en radiología debe abordarse desde una perspectiva integral que incluya interoperabilidad, infraestructura tecnológica avanzada, seguridad de la información y formación del personal. Superar estas barreras permitirá transformar la radiología de un modelo reactivo basado en la gestión de riesgos a un sistema proactivo, inteligente y automatizado, centrado en la prevención, la eficiencia operativa y la protección integral del paciente, donde la adopción de protocolos estandarizados y sistemas avanzados de autenticación son indispensable para garantizar la integridad, confidencialidad y trazabilidad de los datos clínicos. Estos mecanismos no solo aseguran que la información transmitida entre dispositivos, PACS, RIS y plataformas IoT no sea alterada, manipulada o interceptada, sino que fortalecen la confianza operativa, reducen la vulnerabilidad ante ataques cibernéticos y permiten mantener un flujo de información clínicamente fiable. En conjunto, estas capacidades avanzadas potencian la continuidad del proceso diagnóstico, optimizan la toma de

decisiones y consolidan un entorno radiológico seguro, interoperable y plenamente alineado con los estándares de la salud digital contemporánea.

## Recomendaciones

Con base en los hallazgos del análisis, se hacen las siguientes recomendaciones para fortalecer la implementación del Internet de las Cosas (IoT) en los servicios de radiología, para mejorar la seguridad del paciente, la interoperabilidad y la detección temprana de eventos adversos:

Se recomienda fortalecer la interoperabilidad de los sistemas radiológicos con la adopción de estándares internacionales como HL7 FHIR y DICOMweb, para integrar los dispositivos IoT con plataformas como RIS, PACS y sistemas hospitalarios. Esta integración es fundamental para evitar la fragmentación de la información y garantizar una visión completa del historial clínico y dosimétrico del paciente.

Se recomienda desarrollar infraestructuras tecnológicas robustas para asegurar la continuidad de la monitorización en tiempo real. Para ello, se sugiere la implementación de redes de alta velocidad y baja latencia, como tecnologías emergentes tipo 6G, junto con soluciones de edge computing que permitan procesar la información cerca de su fuente, reduciendo retrasos y mejorando la capacidad de respuesta ante eventos críticos.

También, se recomienda integrar sistemas de IA con el IoT, con el objetivo de analizar grandes volúmenes de datos clínicos y generar alertas predictivas. Estas herramientas permiten identificar patrones anómalos, anticipar fallos técnicos y reducir la probabilidad de eventos adversos, optimizando la toma de decisiones clínicas.

Igualmente, se debe reforzar la ciberseguridad con la implementación de protocolos avanzados de cifrado, autenticación multifactor y monitoreo continuo de la red. Estas medidas son esenciales para proteger la integridad de los datos clínicos, prevenir accesos no autorizados y garantizar la confiabilidad de la información utilizada en los procesos diagnósticos.

También se recomienda optimizar el flujo de trabajo clínico con la automatización de procesos como el registro de dosis, la verificación de parámetros técnicos y la generación de alertas en tiempo real. Esto permitirá reducir errores humanos, mejorar la eficiencia operativa y facilitar la coordinación entre los profesionales de la salud.

Asimismo, se debe fortalecer la capacitación del personal para promover una cultura organizacional orientada a la seguridad del paciente, implementando programas de formación continua en el uso de tecnologías IoT, IA y ciberseguridad, alineados con estándares internacionales como los propuestos por la OMS y la IAEA.

De igual forma, instaurar políticas de gobernanza de datos clínicos con auditorías periódicas, control de accesos y seguimiento de indicadores de desempeño del IoT. Estas acciones permiten garantizar la calidad, trazabilidad y disponibilidad de la información en todo el proceso radiológico.

Por último, se recomienda realizar pruebas y procesos de validación antes de la implementación total de estas tecnologías, con el fin de identificar posibles fallos, evaluar el desempeño del sistema y asegurar una adopción progresiva, segura y eficiente.

En resumen, estas recomendaciones guían la transformación digital de la radiología hacia un prototipo más seguro, interoperable y proactivo, centrado en la prevención de riesgos y la protección del paciente.

### Referencias Bibliográficas

- Al-Kahtani, M., Khan, F., & Taekeun, W. (2022). Application of Internet of Things and sensors in healthcare. *Sensors*, 22(15), 5738. <https://doi.org/10.3390/s22155738>
- Alaba, F., Rocha, A., Sulaimon, A., & Najeem, O. (2025). IoT applications and challenges in global healthcare systems: A comprehensive review. *Future Internet*, 17(12), 549. <https://doi.org/10.3390/fi17120549>
- Alsabah, M., Naser, M., Albahri, A., Albahri, O., Alamoodi, A., Abdulhussain, S., & Alzubaidi, L. (2025). A comprehensive review on key technologies toward smart healthcare systems based IoT: Technical aspects, challenges and future directions. *Artificial Intelligence Review*. <https://doi.org/10.1007/s10462-025-11342-3>
- Alzubi, J. A. (2021). Blockchain-based digital signature: Authentication tool in IoT healthcare. *Computer Communications*. <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2021.02.002>
- Betancourt, L. E., & Loor, E. (2024). Internet de las cosas en emergencias médicas: avances, desafíos y oportunidades: Una revisión de literatura. *Encriptar*, 8(16). <https://doi.org/10.56124/encriptar.v8i16.001>
- Chauhan, D., Bahad, P., & Deshpande, M. (2023). Challenges and solutions in implementing Internet of Things in rural health care. In *Internet of Things in healthcare*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-38299-4.00002-3>
- Fernández, A., González, D., & Salazar, T. (2025). *Diseño e implementación de una solución de interoperabilidad entre el sistema departamental de radiología (RIS/PACS), el archivo neutral de proveedor (VNA) y el sistema de información hospitalaria (HCIS) en un hospital público en proceso de transformación digital*. <https://seis.es/wp-content/uploads/2026/01/TFM-8-25.pdf>

- Gupta, S., Johnson, E., Peacock, J., Jiang, L., McBee, M., Sneider, M., & Krupinski, E. (2020). Radiology, mobile devices, and Internet of Things (IoT). *Journal of Digital Imaging*, 33, 123–134. <https://doi.org/10.1007/s10278-019-00311-2>
- Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (6.<sup>a</sup> ed.). McGraw Hill. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=775008>
- Jiménez, A., Ovalle, C., Ramírez, E., Acevedo, J., & Mejía, S. (2025). *Internet de las cosas (IoT) y sistemas interconectados para mejorar la seguridad del paciente y la automatización de alertas en tiempo real, con integración de IA aplicada a la monitorización continua y al análisis de imágenes médicas.*  
<https://repository.unad.edu.co/jspui/bitstream/10596/77375/3/emramirez0%20.pdf>
- Junaid, S., Imam, A., Balogun, A., De Silva, L., Surakat, Y., Kumar, G., Abdulkarim, M., Shuaibu, A., Garba, A., Sahalu, Y., Mohammed, A., Mohammed, T., Abdulkadir, B., Abba, A., Kakumi, N., & Mahamad, S. (2022). Recent advancements in emerging technologies for healthcare management systems: A survey. *Healthcare*, 10(10), 1940. <https://doi.org/10.3390/healthcare10101940>
- Kumar, A., Masud, M., Alsharif, M., Gaur, N., & Nanthaamornphong, A. (2025). Integrating 6G technology in smart hospitals: Challenges and opportunities for enhanced healthcare services. *Frontiers in Medicine*. <https://doi.org/10.3389/fmed.2025.1534551>
- Kumar, S., Tiwari, P., & Zymbler, M. (2019). Internet of Things is a revolutionary approach for future technology enhancement: A review. *Journal of Big Data*, 6, 111. <https://doi.org/10.1186/s40537-019-0268-2>

- Li, J., Ma, Q., Chan, A., & Man, S. (2019). Health monitoring through wearable technologies for older adults: Smart wearable acceptance model. *Applied Ergonomics*, 77, 37–47.  
<https://doi.org/10.1016/j.apergo.2018.10.006>
- Londoño, J. (2024). Análisis de la interoperabilidad de los sistemas de información en el sector de la salud. *Online Medical Data*, 2(3). <https://doi.org/10.63618/omd/isj/v2/n3/42>
- Maleki, S., & Forouzanfar, M. (2024). The role of AI in hospitals and clinics: Transforming healthcare in the 21st century. *Bioengineering*, 11(4), 337.  
<https://doi.org/10.3390/bioengineering11040337>
- Mendelson, D. S., & Rubin, D. L. (2013). Imaging informatics: Essential tools for imaging services delivery. *Academic Radiology*, 20(11), 1441–1453.  
<https://doi.org/10.1016/j.acra.2013.07.006>
- Morales, A., Souto, M., & Barreiro, A. (2023). *Impacto del auge de la inteligencia artificial en la radiología: ¿Qué piensan los estudiantes?*  
[https://webs.um.es/mab/miwiki/lib/exe/fetch.php?media=monografia\\_apurf\\_2023\\_annia\\_morales\\_v2.pdf](https://webs.um.es/mab/miwiki/lib/exe/fetch.php?media=monografia_apurf_2023_annia_morales_v2.pdf)
- Morales, O., Camargo, J., & Gaona, E. (2015). Sistema de monitoreo para pacientes de alto riesgo integrando módulos GPS, GSM/GPRS y Zigbee. *Tecnura*, 19(SE1), 91–101.  
<https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2015.SE1.a08>
- Mourade, A., Mabrouki, J., Guezzaz, A., & Kanwal, A. (2021). Internet of Things security: Challenges and key issues. *Security and Communication Networks*.  
<https://doi.org/10.1155/2021/5533843>

- Munir, T., Akbar, M., Ahmed, S., Sarfraz, A., Sarfraz, Z., Sarfraz, M., Felix, M., & Cherrez, I. (2022). A systematic review of Internet of Things in clinical laboratories: Opportunities, advantages, and challenges. *Sensors*, 22, 8051. <https://doi.org/10.3390/s22208051>
- Moya, O. (2018). La seguridad del paciente en atención primaria en salud: ¿Una actividad que podría quedar en el olvido? *Revista Gerencia y Políticas de Salud*, 17(34).  
<https://doi.org/10.11144/Javeriana.rgps17-34.spap>
- Organismo Internacional de Energía Atómica. (2020). Radiation protection and safety in medical uses of ionizing radiation (Safety Reports Series No. 100). IAEA.  
<https://www.iaea.org/publications/11158/radiation-protection-and-safety-in-medical-uses-of-ionizing-radiation>
- Peñas, O., Parra, E., & Gómez, A. (2017). Cultura de seguridad del paciente en la prestación de servicios profesionales de terapia ocupacional. *Salud Uninorte*, 33(3).  
<https://doi.org/10.14482/sun.33.3.10827>
- Rana, Shafiq, Altaf, I., Alazab, M., Mahmood, K., Chaudhry, S., & Zikria, Y. (2021). A secure and lightweight authentication scheme for next-generation IoT infrastructure. *Computer Communications*. <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2020.11.002>
- Rezaei, M., & Jalaei, A. (2021). The role of Internet of Things (IoT) in smart healthcare: A systematic review of benefits and challenges. *Health and Technology*, 11(3), 437-448.  
<https://doi.org/10.1007/s12553-021-00538-w>
- Rghioui, A., & Oumnad, A. (2017). Internet of Things: Visions, technologies, and challenges. *American Journal of Computer and Information Science*, 5(6).  
<https://www.sciencepublishinggroup.com/article/10.11648/j.acis.20170506.11>

Rodríguez, R. (2022). Internet de las cosas, salud pública y pandemias. *Salud Uninorte*, 38(1).

<https://doi.org/10.14482/sun.38.1.614.4>

Rybak, G., Strzecha, K., & Krakós, M. (2022). A new digital platform for collecting measurement data from the novel imaging sensors in urology. *Sensors*, 22(4), 1539.

<https://doi.org/10.3390/s22041539>

Salgado, A. (2007). Investigación cualitativa: Diseños, evaluación del rigor metodológico y retos. *Liberabit*, 13(13), 71–78.

<http://www.scielo.org.pe/pdf/liber/v13n13/a09v13n13.pdf>

Salinas, A., Paz, Y., Jaramillo, Y., Giraldo, S., & Ruiz, A. (2025). Internet de las Cosas (IoT) y los sistemas interconectados para mejorar la seguridad del paciente, a través de la monitorización continua y la automatización de alertas en tiempo real. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD). Repositorio Institucional.

<https://repository.unad.edu.co/handle/10596/77861>

Secinaro, S., Calandra, D., Secinaro, A., Muthurangu, V., & Biancone, P. (2021). The role of artificial intelligence in healthcare: A structured literature review. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 21, 125.

<https://doi.org/10.1186/s12911-021-01488-9>

Shaik, T., Tao, X., Higgins, N., Li, L., Gururajan, R., Zhou, X., & Rajendra, A. (2023). Artificial intelligence-based remote patient monitoring status, applications, and challenges. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*, 13(6).

<https://doi.org/10.1002/widm.1485>

Thacharodi, A., Singh, P., Meenatchi, R., Ahmed, Z. H. T., Kumar, R. R. S., Neha, V., Kavish, S., Maqbool, M., & Hassan, S. (2024). Revolutionizing healthcare and medicine: The

- impact of modern technologies for a healthier future—A comprehensive review. *Health Care Science*. <https://doi.org/10.1002/hcs2.115>
- Torrado, R., Solano, D., Marín, E., Dajome, A., & Ortiz, A. (2025). *El internet de las cosas (IoT): una solución orientada a transformar la conectividad y eficiencia en los centros de imagenología de Colombia*.  
<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/69470/dsolanos.pdf>
- Uddin, R., & Koo, I. (2024). Remote patient monitoring in real time: A review of biosensors integrated with multihop IoT cloud connectivity. *Applied Sciences*, 14(5), 1876.  
<https://doi.org/10.3390/app14051876>
- UNE. (2023). *Estándares para la salud digital*. Asociación Española de Normalización.  
[https://www.une.org/normalizacion\\_documentos/Estandares\\_salud\\_digital.pdf](https://www.une.org/normalizacion_documentos/Estandares_salud_digital.pdf)
- Wang H., Jia, S., Li, Z., Duan, Y., Tao, G., & Zhao, Z. (2022) A Comprehensive Review of Artificial Intelligence in Prevention and Treatment of COVID-19 Pandemic. *Front. Genet.* 13:845305.  
<https://www.frontiersin.org/journals/genetics/articles/10.3389/fgene.2022.845305/full>
- World Health Organization. (2021). *Global patient safety action plan 2021–2030: Towards eliminating avoidable harm in health care*.  
<https://www.who.int/publications/i/item/9789240032705>