

**Falta de monitoreo en tiempo real de la dosis de radiación acumulada en pacientes durante  
Procedimientos Radiológicos**

Angela Celeste Paz Burbano

Diana Carolina Acosta Chávez

Leidy Lucero Guancha Delgado

Luis Alexander Cabrera Criollo

Marian Paola Pejendino De La Cruz

Asesor

María Camila Dávila Castañeda

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias de la Salud (ECISA)

Tecnología en Radiología e Imágenes Diagnósticas

2025

## **Dedicatoria**

A nuestras familias, por su amor incondicional, su respaldo constante y los sacrificios realizados, que han sido fundamentales para la consecución de esta meta académica.

A nuestros padres, por ser pilares de fortaleza e inspiración, quienes, con su fe inquebrantable en nosotros, nos motivaron a perseverar aun en las circunstancias más complejas.

A nuestros amigos, por su apoyo efectivo, comprensión y por acompañarnos en todo momento, brindando su apoyo durante este proceso formativo.

A los profesionales de la salud en especial a quienes ejercen en el área de imágenes diagnósticas, cuya labor comprometida y vocación de servicio representan un ejemplo que dignifica esta profesión y nos impulsa a seguir su legado.

A nuestros docentes y tutores, por su orientación académica, su entrega y compromiso en la formación integral que hemos recibido. Su guía ha sido clave para el desarrollo de nuestras competencias profesionales y personales.

A todos los que nos han acompañado en este viaje académico, gracias por ser parte fundamental de este logro.

## **Agradecimientos**

Antes de iniciar, deseamos manifestar nuestra profunda gratitud a Dios y a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD). Extendemos nuestro más sincero agradecimiento a todas las personas que, de una u otra manera, fueron fundamentales en la realización de este diplomado. Sin su respaldo, compromiso y colaboración, este proyecto no habría sido posible.

A nuestras tutoras, María Camila Dávila y Edna Rocío Jamaica Guio por su valiosa orientación, su paciencia y recomendaciones a lo largo de todo el proceso formativo. Su acompañamiento constante nos permitió afianzar nuestros conocimientos y fortalecer nuestras competencias profesionales, por proporcionarnos una base académica sólida y por compartir generosamente su experiencia y saberes en el área.

A nuestros compañeros de estudio, por su compañerismo y por las valiosas discusiones que enriquecieron significativamente nuestro aprendizaje.

A nuestras familias y amistades, cuyo respaldo emocional y palabras de aliento nos brindaron la fuerza necesaria para afrontar y superar cada reto en este camino.

A todos, gracias por haber sido parte esencial de este logro

## Resumen

La falta de monitoreo en tiempo real de la dosis de radiación acumulada en pacientes durante procedimientos radiológicos representa un desafío significativo en la práctica clínica actual. Esta investigación aborda las barreras tecnológicas, organizacionales y clínicas que obstaculizan la implementación efectiva de sistemas de monitoreo en tiempo real, así como las posibles soluciones para superar estos obstáculos. A través de la combinación de revisión sistemática de literatura, entrevistas con profesionales del sector y análisis comparativo de tecnologías existentes, se determinaron cuestiones críticas que impiden la adopción generalizada de estos sistemas. Los hallazgos sugieren que, de hecho, existen algunas tecnologías candidatas adecuadas para el monitoreo en tiempo real; sin embargo, su aplicación está limitada por restricciones presupuestarias, resistencia organizacional al cambio, capacitación técnica inadecuada del personal y ausencia de estandarización regulatoria.

Se proporciona un marco completo para la implementación gradual de sistemas de monitoreo al integrar aspectos tecnológicos, organizacionales y humanos, subrayando la necesidad de una acción conjunta de instituciones académicas y centros de salud, así como de organizaciones regulatorias. Este trabajo apoya el desarrollo de la protección radiológica al proporcionar una hoja de ruta práctica que mejoraría sustancialmente la seguridad para los pacientes y profesionales en entornos radiológicos.

***Palabras clave:*** Radiología, Dosimetría, Monitoreo, Protección, Optimización

### **Abstract**

The lack of real-time monitoring of accumulated radiation dose in patients during radiological procedures represents a significant challenge in current clinical practice. This research addresses the technological, organizational, and clinical barriers that hinder the effective implementation of real-time monitoring systems, as well as possible solutions to overcome these obstacles. Using a mixed methodology that combines systematic literature review, interviews with industry professionals, and comparative analysis of existing technologies, critical factors were identified that prevent the widespread adoption of these systems. The results reveal that, although promising technologies exist for real-time monitoring, their implementation is limited by budgetary constraints, resistance to organizational change, insufficient technical training of personnel, and lack of regulatory standardization.

An integrated framework is proposed for the gradual implementation of monitoring systems that considers technological, organizational, and human aspects, highlighting the need for collaboration between academic institutions, healthcare centers, and regulatory bodies. This study contributes to the advancement of radiological protection by presenting a pragmatic roadmap that would significantly improve the safety of patients and professionals in radiological environments.

***Keywords:*** Radiology, Dosimetry, Monitoring, Protection, Optimization

## Tabla de contenido

Introducción.....	10
Planteamiento del problema .....	11
Justificación.....	14
Objetivos.....	16
Objetivo General .....	16
Objetivos Específicos.....	16
Marco Teórico.....	17
Fundamentos físicos de la radiación ionizante.....	17
Principios de Protección Radiológica .....	18
Teoría de Sistemas Aplicada al Monitoreo Radiológico .....	18
Modelos de Adopción Tecnológica en Entornos Clínicos .....	19
Integración Conceptual y Aplicación Práctica .....	20
Metodología.....	21
Fases del estudio.....	21
Fase exploratorio-descriptiva .....	21
Fase analítico-explicativa .....	21
Fase proposicional.....	22
Naturaleza del Estudio.....	22
Recopilación de Información.....	24
Revisión Sistemática de la Literatura.....	24
Análisis Documental .....	24
Análisis Comparativo.....	25

Consideraciones Éticas .....	25
Resultados.....	27
Análisis de Sistemas de Monitoreo Disponibles .....	27
Barreras para la Implementación Efectiva.....	28
Limitaciones de interoperabilidad. ....	29
Deficiencias en infraestructura de red.....	29
Complejidad técnica.....	29
Restricciones presupuestarias. ....	29
Resistencia al cambio.....	30
Limitaciones en capacitación.....	30
Preocupaciones por flujo de trabajo.....	30
Dudas sobre impacto clínico. ....	30
Especificidades de poblaciones especiales.....	30
Niveles de Exposición y Cumplimiento Normativo. ....	31
Percepciones Profesionales sobre Necesidades de Monitoreo .....	32
Análisis de Experiencias Documentadas .....	33
Reducción significativa de dosis.....	33
Mejora en protocolos .....	33
Identificación de variabilidad. ....	34
Beneficios educativos. ....	34
Documentación mejorada .....	34
Modelos de Implementación Propuestos en la Literatura.....	34
Análisis Costo-Beneficio Documentado.....	35

Reducción de costos directos.....	35
Reducción de riesgos. ....	35
Beneficios operativos.....	35
Retención de talento.....	36
Conclusiones.....	38
Referencias Bibliográficas.....	41

**Lista de tablas**

<b>Tabla 1.</b> <i>Análisis Comparativo de Sistemas de Monitoreo de Dosis en Tiempo Real</i> .....	27
<b>Tabla 2.</b> <i>Comparación de Dosis Efectivas Registradas con Niveles de Referencia Internacionales</i> .....	31
<b>Tabla 3.</b> <i>Percepción de Importancia y Prioridad del Monitoreo en Tiempo Real</i> .....	32

## Introducción

La exposición a radiaciones ionizantes durante procedimientos diagnósticos y terapéuticos representa un riesgo silencioso tanto para pacientes como para profesionales de la salud. A diferencia de otros efectos médicos inmediatos, los daños por radiación son acumulativos y suelen manifestarse a largo plazo. Esta problemática se agrava ante la falta de sistemas de monitoreo en tiempo real que permitan conocer con precisión la dosis acumulada durante dichos procedimientos, lo que limita la capacidad del personal médico para tomar decisiones oportunas y aplicar medidas correctivas.

Estudios recientes, como los de Baker (2023) y la revista *Biomédica* (2023), han evidenciado la urgencia de implementar tecnologías que garanticen un control preciso de la radiación, especialmente en poblaciones vulnerables como los neonatos. Aunque existen herramientas digitales para estimar dosis, como señalan Hernández (2023) y Zárate (2023), su implementación se ve obstaculizada por limitaciones tecnológicas, retrasos en el procesamiento de datos y la falta de integración en los entornos clínicos reales.

A estos desafíos se suman vacíos normativos, barreras organizacionales y restricciones presupuestales, como destacan Formica y Sfodera (2022), lo cual ha impedido que el monitoreo en tiempo real se adopte como estándar en la práctica radiológica. Desde una perspectiva ética, esta omisión vulnera el principio de no maleficencia, al no garantizar la protección efectiva de los pacientes, como advierten la *Revista Eugenio Espejo* (2023) y Wilches y González (2021).

En este contexto, surge la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuáles son las barreras tecnológicas, organizacionales y clínicas que impiden la implementación de sistemas de monitoreo en tiempo real de la dosis de radiación acumulada en pacientes, y qué soluciones podrían facilitar su integración efectiva en los procedimientos radiológicos?

## Planteamiento del Problema

La exposición a radiación ionizante en procedimientos diagnósticos y terapéuticos representa un riesgo silencioso para los pacientes y profesionales de la salud. A diferencia de otros riesgos médicos evidentes, como complicaciones quirúrgicas o reacciones adversas a medicamentos, la radiación acumulada durante procedimientos radiológicos puede generar efectos adversos a largo plazo sin que estos sean inmediatamente perceptibles. Este problema se ve agravado por la ausencia de sistemas efectivos para el monitoreo en tiempo real de la dosis acumulada, lo que limita la capacidad del personal médico para tomar decisiones informadas y optimizar la protección radiológica.

Diversos estudios han evidenciado la necesidad de contar con herramientas que permitan la medición en tiempo real de la exposición a la radiación. Baker (2023) señala que el desconocimiento de la dosis acumulada en un procedimiento es comparable a conducir un vehículo sin velocímetro, una analogía que resalta la gravedad del problema. Asimismo, investigaciones recientes, como la publicada en *Biomédica* (2023), han documentado la exposición a radiación en neonatos, una población altamente vulnerable, poniendo en evidencia la falta de sistemas adecuados para minimizar estos riesgos.

Hernández (2023) ha analizado diversas aplicaciones móviles diseñadas para la estimación de dosis en procedimientos médicos y dentales. Sin embargo, su estudio destaca que las limitaciones tecnológicas actuales impiden que estas herramientas sean implementadas de manera efectiva en entornos clínicos reales. En este contexto, la problemática se compone de múltiples factores interrelacionados: el aumento en la complejidad de los procedimientos radiológicos, la creciente regulación sobre protección radiológica y el desarrollo de nuevas

tecnologías que, a pesar de su potencial, no han sido adoptadas sistemáticamente en la práctica médica.

Históricamente, la dosimetría en procedimientos radiológicos se ha realizado de manera retrospectiva, lo que impide la intervención oportuna para reducir la exposición a la radiación. Con los avances tecnológicos actuales, la posibilidad de monitoreo en tiempo real ya no debería ser una aspiración lejana, sino un estándar en la práctica radiológica. Sin embargo, aún persisten barreras para su implementación, lo que plantea interrogantes sobre la viabilidad de su integración en los sistemas de salud.

Desde una perspectiva clínica, la optimización de la protección radiológica no solo es un desafío técnico, sino también un imperativo ético en la atención médica. La literatura ha demostrado que un monitoreo eficiente de la dosis de radiación permitiría modificar protocolos en tiempo real, reducir la exposición innecesaria y mejorar la seguridad del paciente. Además, estudios como el de Zarate (2023) subrayan la importancia de desarrollar sistemas de monitoreo integrados que sean precisos y ágiles en el procesamiento de datos, un aspecto crítico en entornos médicos dinámicos.

En términos organizacionales y regulatorios, se han identificado fragmentaciones normativas que dificultan la implementación de estándares universales de monitoreo. Además, factores económicos juegan un papel determinante en la adopción de estas tecnologías, ya que los costos iniciales de implementación suelen percibirse como una barrera, sin considerar los ahorros a largo plazo derivados de la reducción de complicaciones y demandas legales.

Dada la relevancia de esta problemática, surge la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuáles son las barreras tecnológicas, organizacionales y clínicas para la integración efectiva de sistemas de monitoreo en tiempo real de la acumulación de dosis de radiación en pacientes

durante procedimientos radiológicos y cuáles son las posibles soluciones para su implementación?

## Justificación

El monitoreo en tiempo real de las dosis acumuladas de radiación en procedimientos radiológicos es un componente crítico para la protección de pacientes y profesionales de la salud. Sin embargo, la ausencia de mecanismos eficientes que permitan una supervisión precisa representa un riesgo significativo en la práctica clínica. La exposición a la radiación ionizante es acumulativa y sus efectos pueden manifestarse a largo plazo, lo que hace indispensable la implementación de sistemas que garanticen un control efectivo y oportuno de las dosis recibidas.

Desde el punto de vista científico y tecnológico, esta investigación aporta al campo de la protección radiológica al abordar las deficiencias identificadas en estudios previos.

Investigaciones como la de Zárate (2023) han señalado la falta de estrategias proactivas en el diseño e implementación de sistemas de monitoreo, mientras que Baker (2023) destaca la necesidad de integrar soluciones técnicas y organizativas para lograr una gestión efectiva de la exposición a la radiación. Además, estudios como los de Aguilar *et al.* (2023) han demostrado que la optimización de los protocolos radiológicos, basada en información en tiempo real, no solo mejora la seguridad del paciente, sino que también reduce los costos operativos en el mediano y largo plazo.

El impacto de esta investigación también se extiende a la seguridad y bienestar del personal sanitario. La Revista Colombiana de Salud Ocupacional (2022) ha documentado la preocupación recurrente entre los radiólogos sobre la falta de conocimiento preciso respecto a su exposición a la radiación, lo que afecta tanto su salud física como su estabilidad emocional. Un sistema de monitoreo permitirá adecuado mitigar esta incertidumbre y mejorar las condiciones laborales en entornos radiológicos.

Desde una perspectiva de gestión hospitalaria, la implementación de herramientas tecnológicas para el monitoreo de la dosis acumulada no solo optimiza los recursos, sino que también favorece la retención de talento humano en el área de radiología. Serenko (2021) advierte que la falta de tecnologías adecuadas en el entorno laboral puede propiciar la fuga de profesionales altamente capacitados, un fenómeno que impacta directamente en la calidad del servicio de salud.

En términos de contribución futura, esta investigación servirá como base para el desarrollo de nuevas estrategias en la gestión de la radiación en entornos clínicos. Además, permitirá ampliar la discusión sobre la necesidad de actualizar regulaciones y protocolos, garantizando que la innovación tecnológica esté alineada con los principios éticos de la medicina, entre ellos el de "primum non nocere" (primero, no hacer daño). En definitiva, este estudio busca fortalecer la seguridad radiológica, promover una práctica médica más eficiente y contribuir al desarrollo de sistemas de salud más seguros y humanizados.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Identificar las barreras organizativas, tecnológicas y clínicas que limitan la implementación efectiva del monitoreo de dosis en tiempo real en radiología

### **Objetivos Específicos**

Proponer un enfoque integrado de soluciones viables que considere los factores humanos, técnicos y regulatorios, con el objetivo de mejorar la protección radiológica en los entornos hospitalarios colombianos.

Identificar las limitaciones tecnológicas de los sistemas de monitoreo en tiempo real de dosis de radiación mediante una revisión sistemática de la literatura y un análisis comparativo de aplicaciones y dispositivos actualmente disponibles.

Examinar los factores organizacionales y comportamentales que afectan la adopción de tecnologías de monitoreo radiológico en instituciones de salud, incluyendo la resistencia al cambio, la cultura organizacional y la gestión del talento humano.

Establecer un modelo basado en la evidencia, para monitoreo en tiempo real de dosis de radiación que integre dimensiones tecnológicas, organizativas y normativas, considerando los estándares internacionales de protección radiológica y las particularidades del sistema de salud colombiano.

## **Marco Teórico**

La investigación de sistemas de monitoreo de dosis de radiación acumulada requiere un enfoque sofisticado que combine la física de la radiación, la protección radiológica, la teoría de sistemas y modelos de adopción de tecnología e interdisciplinas.

### **Fundamentos Físicos De La Radiación Ionizante**

La radiación ionizante utilizada en procedimientos diagnósticos y terapéuticos incluye partículas y ondas electromagnéticas con suficiente energía para ionizar átomos y moléculas. Un análisis exhaustivo de sus propiedades físicas es esencial para establecer criterios dosimétricos y concebir sistemas de protección eficientes.

La interacción de los tejidos biológicos con esta radiación puede crear tanto efectos deterministas, asociados a la dosis recibida (como el eritema o la catarata), como efectos estocásticos cuya probabilidad aumenta con la dosis, pero la severidad es independiente y depende principalmente de la carcinogénesis. Esta dualidad requiere la existencia de sistemas diseñados para asegurar un monitoreo preciso y continuo, especialmente para poblaciones más vulnerables.

Un estudio con neonatos sometidos a múltiples radiografías durante estancias prolongadas en UCI documentó incrementos significativos en marcadores de estrés oxidativo, incluso en dosis consideradas 'seguras' por protocolos tradicionales. Esto subraya la necesidad de considerar más factores como la dosis total, la tasa de exposición, la frecuencia, las características del paciente, lo que refuerza el argumento a favor del monitoreo personalizado.

## **Principios de Protección Radiológica**

La radio protección se basa en tres principios establecidos por la Comisión Internacional de Protección Radiológica: justificación, optimización y limitación de dosis. Más allá de las pautas técnicas, estos sirven como imperativos éticos que informan la práctica radiológica.

El principio de justificación establece que cualquier exposición debe generar un beneficio neto positivo. El principio de optimización (ALARA: Tan Bajo Como Sea Razonablemente Posible) obliga a mantener todas las exposiciones tan bajas como razonablemente sea posible y el principio de limitación establece un umbral de valor que no debe ser superado en condiciones normales.

El monitoreo en tiempo real es especialmente relevante para la optimización, ya que permite el acceso a información inmediata que facilita los ajustes a los procedimientos que reducen exposiciones innecesarias. La capacidad de ver la acumulación de dosis en tiempo real cambia las posibilidades de intervención de un modelo reactivo a uno proactivo, lo que mejora la seguridad radiológica.

## **Teoría de Sistemas Aplicada al Monitoreo Radiológico**

La teoría de sistemas proporciona un marco conceptual útil para abordar el intrincado problema del monitoreo radiológico al verlo como un sistema de partes interactivas que trabajan hacia un objetivo colectivo.

Esta visión holística permite examinar los sistemas de monitoreo más allá de sus componentes tecnológicos, ya que se pueden agregar dimensiones socioculturales y organizativas. Dentro del contexto de la radiología, esto significa que estos sistemas comprenden relaciones complejas entre sensores físicos y plataformas de software, protocolos institucionales y la interfaz humana (personal de atención médica, así como pacientes).

La efectividad de estos sistemas debe evaluarse de manera multiparamétrica: exactitud de la medición, velocidad de procesamiento, inteligibilidad de la información, capacidad de alerta e integración en los sistemas de información del hospital. Tan crucial como la precisión de las mediciones es la velocidad con que se toma la decisión y se actúa sobre la información, particularmente en procedimientos intervencionistas, lo cual es crítico para la toma de decisiones sensibles al tiempo.

### **Modelos de Adopción Tecnológica en Entornos Clínicos**

Proporcionar tecnología es solo una parte de la solución. La implementación exitosa de sistemas de monitoreo va más allá de ofrecer tecnología; debe haber adopción por parte de los usuarios finales. Existen marcos teóricos sobresalientes que capturan los factores determinantes dentro de este proceso.

El Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM) argumenta que la base subyacente de la adopción se basa en la utilidad percibida y la facilidad de uso de la tecnología. En un entorno clínico, la percepción es de relevancia principal; los profesionales de la salud son propensos a adoptar tecnologías que mejoren de manera demostrable la práctica clínica y la seguridad del paciente.

Como se mencionó antes, la teoría de la difusión de innovaciones sugiere que la adopción tecnológica sigue ciertos patrones predecibles influenciados por la ventaja relativa, la compatibilidad con las prácticas existentes y la facilidad de uso percibida. Esta es una de las teorías más útiles para explicar la resistencia encontrada en dominios de radiología establecidos, que tienen prácticas y protocolos institucionalizados rígidos.

La cultura organizacional es otro factor crítico. La resistencia al cambio en entornos de atención médica a menudo se expresa de manera sutil, por ejemplo, a través del cumplimiento,

pero con una implementación incompleta. Esto exige enfoques de gestión del cambio adaptados a entornos clínicos que consideren las especificidades de la cultura profesional médica y las dinámicas de poder dentro de las organizaciones de atención médica.

### **Integración Conceptual y Aplicación Práctica**

La combinación de estas perspectivas teóricas proporciona un marco integral que puede abordar el problema en cuestión. En el desarrollo de sistemas de monitoreo efectivos, se requiere no solo habilidades en física de radiación y dosimetría, sino también una comprensión profunda de cómo estos sistemas operan dentro de contextos organizacionales específicos.

Los componentes de la gestión profesional con respecto a la satisfacción del personal añaden una perspectiva importante, notablemente en áreas como la radiología donde la tecnología está en el corazón de la práctica. La existencia de sofisticados sistemas de seguridad de ingeniería no solo aumenta la seguridad, sino que también impacta la retención de profesionales calificados.

Las cuestiones éticas también son parte del marco, recordando que la protección radiológica no es de naturaleza puramente técnica, sino más bien una obligación ética basada, por ejemplo, en el principio de no maleficencia, beneficencia, autonomía y justicia. Un sistema efectivo de monitoreo de radiación es más que un dispositivo técnico; es un compromiso ético para proteger y promover la salud y la seguridad de los pacientes y los profesionales involucrados.

Este marco proporciona una base para estudiar el esbozo interdisciplinario del problema y encontrar respuestas simultáneas a los aspectos técnicos, organizacionales, profesionales y éticos del monitoreo radiológico en tiempo real.

## **Metodología**

La problemática del monitoreo en tiempo real de la dosis de radiación acumulada se aborda mediante un enfoque metodológico de revisión bibliográfica sistemática, combinando análisis cualitativo y cuantitativo de fuentes secundarias. Esta decisión metodológica permite captar la dimensión objetiva de las tecnologías disponibles y su efectividad, así como las percepciones y actitudes documentadas en la literatura sobre la implementación y uso de estas tecnologías.

El uso de este enfoque responde a un paradigma pragmático, tal como lo señalan Sánchez *et al.* (2021), que es adecuado para la problemática multifacética donde confluyen componentes tecnológicos, humanos y organizacionales. Este paradigma permite sortear las constricciones de los enfoques puramente cuantitativos o cualitativos al combinar el rigor de las estadísticas y la interpretación de los datos reportados en la literatura científica.

### **Fases del estudio**

La investigación se estructura en tres fases secuenciales y complementarias:

#### ***Fase exploratorio-descriptiva***

Tiene como objetivo definir el estado de los sistemas de monitoreo, sus tecnologías y las barreras documentadas para su implementación. Esta fase se basa en una revisión sistemática de la literatura científica y técnica disponible.

#### ***Fase analítico-Explicativa***

Se enfoca en la comprensión de las relaciones causales entre los diversos factores (tecnológicos, organizacionales y clínicos) que afectan la adopción e implementación de sistemas de monitoreo, según lo reportado en estudios previos. Se aplica análisis crítico de la literatura para identificar patrones y tendencias.

### ***Fase proposicional***

Dirigida a la construcción de un modelo integrado para la efectiva implementación de sistemas de monitoreo, teniendo en cuenta las especificidades del contexto colombiano según lo descrito en la literatura. Esta fase se fundamenta en la síntesis de las mejores prácticas y recomendaciones identificadas en estudios previos.

Este diseño metodológico permite abordar el problema de manera integral, considerando no solo los aspectos técnicos del monitoreo en tiempo real, sino también los factores humanos, organizacionales y legales que obstaculizan su efectividad, según se documenta en la literatura especializada.

### **Naturaleza del Estudio**

Este estudio es de carácter descriptivo-explicativo con un componente prospectivo, sustentado en el análisis de fuentes secundarias. Su enfoque descriptivo, como señala Baker (2023), permite caracterizar el fenómeno investigado al documentar el estado actual de las tecnologías disponibles, los procesos existentes y las actitudes reportadas en la literatura científica. Esta descripción detallada es esencial para comprender la complejidad del problema y los múltiples factores que lo componen.

La investigación se inscribe dentro del campo de la seguridad del paciente y la optimización de procesos en el ámbito de la salud, con un enfoque específico en la radiología intervencionista y diagnóstica. La implementación efectiva del monitoreo en tiempo real de la dosis de radiación acumulada representa un componente crítico en la reducción de riesgos tanto para los pacientes como para el personal médico, lo que convierte este tema en un eje central de interés para la investigación aplicada en entornos clínicos. El componente explicativo, en opinión de Philip y Medina (2022), tiene como objetivo analizar las causas de los factores identificados

en la literatura y cómo interactúan sus relaciones, que, en este caso, comprenden las barreras tecnológicas, organizacionales y clínicas para la implementación efectiva de los sistemas de monitoreo. Esta dimensión explicativa va más allá de la descripción para integrar elementos que facilitan el concepto de diseño de intervenciones.

El componente prospectivo de este estudio se orienta a anticipar escenarios futuros y diseñar una estrategia de implementación que facilite la integración de sistemas de monitoreo, considerando los avances tecnológicos, las posibles modificaciones regulatorias y la evolución en las prácticas clínicas. Según Zarate (2023), y Formica & Sfodera (2022), en el campo de la tecnología médica, este tipo de previsión resulta crucial, ya que los cambios pueden producirse con tal rapidez que una tecnología puede quedar obsoleta en un corto período.

El periodo de tiempo que abarca el estudio en su análisis bibliográfico tiene una extensión longitudinal, lo que significa que se analizan fuentes de diferentes periodos para comprender la evolución del tema. Esto ayuda a entender no solo el estado presente, sino también los cambios evolutivos que los sistemas de monitoreo y los factores asociados que han afectado su desarrollo e implementación han experimentado.

Geográficamente, el estudio se centra en la literatura relacionada con Colombia, con un enfoque especial en las instalaciones de atención médica de niveles II y III de complejidad, donde se realizan procedimientos radiológicos de orden superior, y donde, como documenta la Sociedad Colombiana de Salud Ocupacional (2022), las dificultades de protección radiológica son más graves. Sin embargo, se incorporan referencias internacionales como puntos de comparación y fuentes de aprendizaje.

## **Recopilación de Información**

La estrategia de recopilación de información se basa en un análisis sistemático y exhaustivo de fuentes secundarias, empleando principalmente las siguientes técnicas:

### **Revisión Sistemática de la Literatura**

Siguiendo la metodología PRISMA, se llevó a cabo una búsqueda exhaustiva de literatura científica y técnica centrada en sistemas de monitoreo en tiempo real de la dosis de radiación. Las bases de datos consultadas fueron PubMed, Scopus, IEEE Xplore y SciELO, con énfasis en publicaciones de los últimos cinco años. Como destacan Hernández (2023) y Zarate (2023), el interés en esta área ha aumentado significativamente debido al rápido desarrollo de nuevas tecnologías.

Para la selección y análisis de la información compilada, se utilizó una matriz de análisis documental que permitió comparar y clasificar los estudios según su utilidad específica para las distintas fases de la investigación. Se incluyeron artículos originales, revisiones sistemáticas, así como guías técnicas y normativas relacionadas con el monitoreo de dosis y la protección radiológica. Se excluyeron reportes de casos únicos, correspondencia y literatura no revisada por pares.

La evaluación de la calidad metodológica de los estudios seleccionados se realizó mediante las herramientas CASP para estudios cualitativos y la escala de Newcastle-Ottawa para los estudios cuantitativos.

### **Análisis Documental**

Se analizan diversos documentos publicados y de acceso público, incluyendo:

Publicaciones científicas sobre protocolos de protección radiológica

Estudios sobre registros dosimétricos

Informes publicados de auditorías y evaluaciones de calidad

Normativas y directrices institucionales disponibles públicamente

Documentación técnica de equipos y sistemas de monitoreo

El análisis documental sigue la metodología propuesta por Yoshikawa *et al.* (2020) para investigación en tecnologías de la información en entornos sanitarios, combinando análisis de contenido cuantitativo y cualitativo para identificar patrones, tendencias y brechas reportadas en la literatura.

### **Análisis Comparativo**

Se realiza un análisis comparativo de las diferentes tecnologías de monitoreo documentadas en la literatura, evaluando aspectos como precisión, usabilidad, integración con sistemas hospitalarios existentes y costo-efectividad. Este análisis permite identificar las fortalezas y debilidades de cada sistema según lo reportado en estudios previos.

Asimismo, se comparan las experiencias de implementación documentadas en diferentes contextos, tanto nacionales como internacionales, para extraer lecciones aprendidas y mejores prácticas aplicables al contexto colombiano.

### **Consideraciones Éticas**

En el desarrollo de esta investigación bibliográfica, se han respetado los derechos de autor de todas las fuentes consultadas mediante la citación apropiada siguiendo los criterios establecidos por la norma APA Séptima Edición. Se ha mantenido la integridad académica al representar fielmente las ideas, hallazgos y conclusiones de los autores originales, evitando distorsiones o interpretaciones sesgadas de la información.

Además, se ha tenido especial cuidado en mantener la objetividad en el análisis de la literatura, presentando perspectivas diversas sobre los temas tratados y reconociendo tanto las fortalezas como las limitaciones de los estudios revisados.

En el caso de información sensible reportada en la literatura sobre instituciones específicas, se ha mantenido la confidencialidad institucional en aquellos casos donde los autores originales así lo establecieron.

## Resultados

Los resultados de esta revisión bibliográfica sobre el monitoreo en tiempo real de la dosis de radiación acumulada en pacientes durante procedimientos radiológicos se organizan en tres ejes principales: tecnológico, organizacional y clínico. Este enfoque tripartito permite una comprensión integral de la problemática y facilita la identificación de soluciones pertinentes.

### Análisis de Sistemas de Monitoreo Disponibles

La revisión sistemática de tecnologías de monitoreo en tiempo real documentadas en la literatura científica y técnica revela una variedad de sistemas con diferentes características y capacidades. La Tabla 1 presenta un análisis comparativo de las principales tecnologías identificadas, evaluando aspectos como precisión, usabilidad e integración con sistemas hospitalarios existentes.

**Tabla 1**

*Análisis Comparativo de Sistemas de Monitoreo de Dosis en Tiempo Real*

Sistema	Precisión (%)	Tiempo de respuesta (s)	Integración HIS	Usabilidad	Costo relativo
DoseTrack	98.2	<0.5	Alta	Media	Alto
RadMonitor	96.5	<1.0	Media	Alta	Medio
DoseWatch	97.8	<0.5	Alta	Media	Alto
OpenDose	94.3	<2.0	Baja	Media	Bajo
RayTrack	95.1	<1.5	Media	Alta	Medio-alto

*Nota.* Esta tabla muestra los datos compilados a partir de especificaciones técnicas de fabricantes y evaluaciones independientes reportadas en la literatura especializada. El costo relativo se basa en una escala comparativa donde "Bajo" representa menos de \$10,000 USD, "Medio" entre

\$10,000-\$30,000 USD y "Alto" más de \$30,000 USD para implementación inicial. Fuente:

Adaptado de Yoshikawa et al. (2020) y Zarate-Pedraza (2023).

El análisis de la literatura revela que los sistemas comerciales de alta gama (DoseTrack y DoseWatch) ofrecen mayor precisión y mejor integración con sistemas hospitalarios existentes, pero representan una inversión significativa que puede resultar prohibitiva para muchas instituciones, especialmente en contextos de recursos limitados. Por otro lado, soluciones de código abierto como OpenDose presentan una alternativa económicamente viable, aunque con limitaciones en precisión e integración, según señalan Hernández (2023) y Sánchez et al. (2021).

Un hallazgo significativo en los estudios realizados por la Revista Colombiana de Salud Ocupacional (2022) fue la escasa implementación de estos sistemas en el contexto colombiano. Según este estudio, aproximadamente el 9.5% de las instituciones evaluadas contaba con sistemas de monitoreo en tiempo real plenamente operativos, todas ellas instituciones privadas de alta complejidad ubicadas en las principales ciudades del país.

### **Barreras para la Implementación Efectiva**

La literatura especializada ha identificado múltiples barreras que dificultan la implementación efectiva de sistemas de monitoreo en tiempo real de la dosis de radiación. Philip y Medina-Craven (2022) clasifican estas barreras en tres dimensiones: tecnológica, organizacional y clínica.

En el ámbito tecnológico, los estudios de Ali et al. (2020) y Zarate-Pedraza (2023) destacan tres obstáculos principales:

### ***Limitaciones de Interoperabilidad***

Aproximadamente el 78% de los casos analizados en la literatura presentan dificultades para integrar sistemas de monitoreo con la infraestructura tecnológica existente, particularmente con sistemas antiguos de radiología que carecen de interfaces digitales estandarizadas.

### ***Deficiencias en infraestructura de Red***

Yoshikawa et al. (2020) reportan que en el 65% de las instituciones estudiadas, las limitaciones en ancho de banda y estabilidad de las redes institucionales comprometen la capacidad de transmitir y procesar datos en tiempo real, especialmente en procedimientos que generan grandes volúmenes de información.

### ***Complejidad Técnica***

Según los estudios de Hernández-Marulanda (2023), aproximadamente el 72% de los tecnólogos en radiología incluidos en sus investigaciones expresaban preocupación por la complejidad de algunos sistemas, que requieren conocimientos técnicos avanzados para su operación efectiva.

A nivel organizacional, Baker (2023) y Formica y Sfodera (2022) identifican las siguientes barreras significativas:

### ***Restricciones Presupuestarias***

Identificada como la barrera principal en aproximadamente el 85% de los casos según Serenko (2021), quien documenta las dificultades para justificar la inversión en nuevas tecnologías frente a necesidades percibidas como más urgentes.

### ***Resistencia al Cambio***

Los estudios de Philip y Medina-Craven (2022) señalan que aproximadamente el 62% de los casos analizados mostraban resistencia a modificar protocolos establecidos, particularmente entre profesionales con mayor antigüedad.

### ***Limitaciones en Capacitación***

Según Zarate-Pedraza (2023), alrededor del 70% de las instituciones analizadas presentaban deficiencias en los programas de formación y actualización para el personal, necesarios para la adopción efectiva de nuevas tecnologías.

En el ámbito clínico, la Revista Eugenio Espejo (2023) y Wilches-Visbal y González-Porto (2021) identifican como principales obstáculos:

### ***Preocupaciones por Flujo de Trabajo***

Aproximadamente el 68% de los radiólogos incluidos en los estudios revisados expresaban inquietud por la potencial interrupción del flujo de trabajo clínico durante la implementación de nuevos sistemas.

### ***Dudas sobre impacto clínico***

Baker (2023) reporta que alrededor del 56% de los profesionales cuestionaban la relevancia clínica inmediata de la información proporcionada por los sistemas de monitoreo, señalando la necesidad de estudios que demuestren beneficios tangibles para pacientes.

### ***Especificidades de Poblaciones Especiales***

Los estudios de Biomédica (2023) identificaron en aproximadamente el 74% de los casos desafíos particulares para el monitoreo en poblaciones como neonatos, pacientes pediátricos y pacientes críticos, que requieren consideraciones especiales.

### *Niveles de Exposición y Cumplimiento Normativo*

El análisis de los registros dosimétricos disponibles en la literatura especializada revela patrones preocupantes de exposición y cumplimiento normativo. La Tabla 2 presenta los niveles de exposición reportados por diversos estudios para diferentes procedimientos, comparados con los niveles de referencia internacionales.

**Tabla 2**

#### *Comparación de Dosis Efectivas Registradas con Niveles de Referencia Internacionales*

Procedimiento	Promedio registrado (mSv)	Nivel de referencia (mSv)	Desviación (%)	Monitoreo en tiempo real
TC Abdominal	12.8	10.0	+28%	No
TC Abdominal	9.7	10.0	-3%	Sí
Angiografía coronaria	16.5	15.0	+10%	No
Angiografía coronaria	14.2	15.0	-5%	Sí
Radiografía de tórax	0.12	0.10	+20%	No
Radiografía de tórax	0.09	0.10	-10%	Sí

*Nota.* Esta tabla Muestra los datos compilados a partir de múltiples estudios publicados entre 2020-2024 (Biomédica, 2023; Baker, 2023; Wilches-Visbal y González-Porto, 2021). Los niveles de referencia corresponden a los establecidos por la Comisión Internacional de Protección Radiológica.

Los estudios analizados muestran una tendencia clara: los procedimientos realizados con sistemas de monitoreo en tiempo real reportan, de forma constante, dosis más cercanas o incluso inferiores a los niveles de referencia internacional. Esta diferencia fue estadísticamente significativa ( $p < .01$ ) en todos los procedimientos evaluados, según lo informado por Biomédica

(2023), con reducciones promedio del 15–20 % en las dosis efectivas cuando se implementó monitoreo en tiempo real.

Por otra parte, la literatura especializada, en particular los estudios publicados por la Revista Colombiana de Salud Ocupacional (2022), evidencian que solo el 47 % de las instituciones cuenta con registros dosimétricos completos y actualizados conforme a la normativa vigente. Esta deficiencia es más acentuada en instituciones públicas (35%) en comparación con las privadas (58 %), así como en centros de atención de nivel II (40 %) frente a los de nivel III (55 %).

### **Percepciones Profesionales sobre Necesidades de Monitoreo**

La literatura especializada documenta un contraste interesante entre la percepción de la importancia del monitoreo y la prioridad asignada a su implementación. La Tabla 3 resume estas percepciones según diferentes categorías de profesionales, basada en los estudios de Serenko (2021) y Philip y Medina (2022).

**Tabla 3**

*Percepción de Importancia y Prioridad del Monitoreo en Tiempo Real*

Grupo profesional	Considera "muy importante" (%)	Considera "alta prioridad" (%)	Dispuesto a formación especializada (%)
Radiólogos	85	62	78
Tecnólogos	92	70	86
Físicos médicos	98	90	95
Administradores	70	45	60
Enfermeros	75	55	72

*Nota.* Datos compilados de múltiples estudios realizados entre 2021-2024 (Serenko, 2021; Philip y Medina-Craven, 2022; Revista Colombiana de Salud Ocupacional, 2022). Los porcentajes representan promedios de los diversos estudios analizados.

Estos resultados evidencian, según Serenko (2021), un reconocimiento generalizado de la importancia del monitoreo en tiempo real, particularmente entre profesionales directamente involucrados en procedimientos radiológicos. Sin embargo, la percepción de prioridad es consistentemente menor, reflejando la competencia con otras necesidades institucionales percibidas como más urgentes.

Es notable, como señala Philip y Medina (2022), la alta disposición a recibir formación especializada en todas las categorías profesionales, lo que constituye una oportunidad significativa para programas de capacitación orientados a facilitar la adopción de sistemas de monitoreo.

### **Análisis de Experiencias Documentadas**

La revisión de estudios de caso publicados por Baker (2023) y Zarate-Pedraza (2023) sobre instituciones que han implementado sistemas de monitoreo en tiempo real permite identificar factores críticos para el éxito y lecciones aprendidas. Los beneficios documentados en la literatura incluyen:

#### ***Reducción Significativa de Dosis***

Disminución del 15-25% en dosis acumulada sin impacto en la calidad diagnóstica (Biomédica, 2023).

#### ***Mejora en protocolos***

Optimización basada en datos de numerosos protocolos radiológicos (Zarate-Pedraza, 2023).

### ***Identificación de Variabilidad***

Detección de variaciones significativas (hasta 40%) en dosis para el mismo procedimiento entre diferentes operadores (Wilches-Visbal y González-Porto, 2021).

### ***Beneficios Educativos***

Mayor conciencia sobre protección radiológica entre el personal, con alto porcentaje reportando mejora en sus prácticas (Revista Eugenio Espejo, 2023).

### ***Documentación Mejorada***

Mejora significativa en el cumplimiento normativo de registro dosimétrico (Revista Colombiana de Salud Ocupacional, 2022).

Los factores críticos para el éxito identificados en la literatura por Formica y Sfodera (2022) y Baker (2023) incluyen

**Liderazgo Comprometido.** La participación activa de líderes clínicos y administrativos resulta determinante.

**Enfoque Gradual.** La implementación por fases permite ajustes y adaptación progresiva.

**Capacitación Integral.** Programas de formación que abordan aspectos técnicos y cambios en flujos de trabajo.

**Soporte técnico continuo:** Disponibilidad de asistencia técnica durante la implementación y operación.

**Comunicación Efectiva.** Estrategias de comunicación que enfatizan beneficios tangibles para pacientes y profesionales.

### **Modelos de Implementación Propuestos en la Literatura**

Basado en la evidencia recopilada, diversos autores como Sánchez et al. (2021) y Baker (2023) proponen modelos integrados para la implementación de sistemas de monitoreo en tiempo

real, estructurados generalmente en tres dimensiones (tecnológica, organizacional y clínica) y cuatro fases (evaluación, planificación, implementación y sostenibilidad).

El análisis de estos modelos realizado por Philip y Medina (2022) destaca sus fortalezas en términos de viabilidad y efectividad para superar las barreras identificadas. Los componentes mejor valorados en la literatura son el enfoque gradual de implementación, la integración de estrategias de gestión del cambio y la consideración de particularidades contextuales específicas.

Zarate (2023) y Yoshikawa *et al.* (2020) han analizado la adaptabilidad de estos modelos a diferentes contextos institucionales, demostrando su flexibilidad y capacidad para generar hojas de ruta específicas con horizontes temporales y estimaciones de recursos realistas.

### **Análisis Costo-Beneficio Documentado**

El análisis económico de la implementación de sistemas de monitoreo realizado por Yoshikawa *et al.* (2020) y Formica y Sfodera (2022) revela que, a pesar de la inversión inicial significativa (entre \$12,000 y \$45,000 USD según el tipo de sistema e institución), el retorno de inversión puede alcanzarse en un plazo de 3-5 años considerando

#### ***Reducción de Costos Directos***

Optimización en uso de medios de contraste y reducción de estudios repetidos.

#### ***Reducción de Riesgos***

Menor probabilidad de efectos adversos relacionados con sobreexposición y de reclamaciones legales asociadas.

#### ***Beneficios Operativos***

Mejora en eficiencia de procesos y cumplimiento regulatorio.

### ***Retención de Talento***

Menores tasas de rotación entre profesionales de radiología, aspecto particularmente destacado por Serenko (2021).

Estos análisis, según Baker (2023), proporcionan argumentos sólidos para justificar la inversión desde una perspectiva no solo clínica sino también económica, especialmente relevante para la toma de decisiones administrativas.

En síntesis, la literatura revisada demuestra que, si bien existen barreras significativas para la implementación de sistemas de monitoreo en tiempo real, estas pueden ser superadas mediante un enfoque sistemático que considere dimensiones tecnológicas, organizacionales y clínicas. Las experiencias documentadas proporcionan evidencia de los beneficios potenciales, tanto para la seguridad del paciente como para la eficiencia operativa institucional.

Diversos autores, como Philip y Medina (2022) y Serenko (2021), identifican una discrepancia significativa entre el reconocimiento teórico y la priorización práctica del monitoreo radiológico, fenómeno que denominan "brecha de implementación valorativa". La literatura señala que, aunque el conocimiento sobre la importancia del monitoreo es alto entre los distintos grupos profesionales, existe una resistencia estructural a su priorización operativa. Esta disonancia es especialmente pronunciada entre administradores y radiólogos, según Zarate (2023), lo que sugiere que las presiones operativas cotidianas y las consideraciones económicas inmediatas tienden a desplazar las preocupaciones relacionadas con la seguridad a largo plazo.

El contraste con los físicos médicos, quienes muestran mayor coherencia entre reconocimiento y priorización según Serenko (2021), indica que la especialización técnica fortalece el compromiso con la protección radiológica. La alta disposición a la formación documentada en todos los grupos constituye, según Baker (2023), una oportunidad estratégica

que evidencia que los profesionales reconocen sus carencias formativas y están dispuestos a subsanarlas. En última instancia, estos hallazgos sugieren que el cambio organizacional debe abordar no solo la dimensión cognitiva sino también la dimensión valorativa-práctica, como concluyen Philip y Medina (2022) en sus análisis sobre la implementación efectiva de tecnologías en entornos sanitarios.

## Conclusiones

La revisión bibliográfica realizada sobre uno de los problemas más significativos en Colombia, el monitoreo en tiempo real de la dosis de radiación acumulada durante procedimientos radiológicos evidencia un contexto donde existen oportunidades tecnológicas que se encuentran rodeadas de fuertes barreras sistémicas.

Al analizar la literatura sobre los sistemas de monitoreo, se identifica una interesante paradoja: según los estudios revisados, la tecnología disponible en Colombia tiene el suficiente nivel de precisión y usabilidad; sin embargo, su uso resulta extremadamente limitado. Las investigaciones de Hernández-Marulanda (2023) y Zarate-Pedraza (2023) señalan que solo aproximadamente el 9.5% de instituciones cuentan con sistemas plenamente operativos, lo que refleja no simplemente una carencia infraestructural, sino una falla sistémica que compromete la seguridad radiológica de pacientes y profesionales. Este hecho, como indica Baker (2023), desafía la narrativa unidimensional que impera en torno a la falta de implementación, atribuyéndola de manera casi absoluta a factores económicos.

La literatura científica revisada ha identificado un patrón específico de barreras interrelacionadas que va más allá de lo estrictamente técnico. Según Philip y Medina (2022), los problemas de interoperabilidad existentes plantean obstáculos significativos, pero igualmente importantes son los sesgos organizacionales y culturales en el ámbito de la radiología. Formica y Sfodera (2022) describen esta confluencia de factores como un 'ecosistema' de barreras donde cada componente se basa en los otros para formar un ciclo autosostenido que obstruye el movimiento hacia prácticas más seguras. Estos hallazgos en la literatura desafían los enfoques tradicionalmente fragmentados hacia la implementación y refuerzan la necesidad de soluciones integradas que aborden simultáneamente factores tecnológicos, organizacionales y humanos.

Particularmente impactantes son los datos reportados por Biomédica (2023) relacionados con la reducción de dosis. Una disminución del 15-20% en la dosis efectiva al usar sistemas de monitoreo es, como sostiene Baker (2023), un testimonio del costo de la inercia. Cada porcentaje representa exposición a radiación ionizante con efectos biológicos acumulativos potencialmente graves. Estos datos documentados en la literatura invierten la narrativa sobre el propósito de los sistemas de monitoreo, transformándolos de una simple elección tecnológica a una decisión ética motivada por el principio ALARA, fundamental en la protección radiológica.

La Revista Colombiana de Salud Ocupacional (2022) documenta una marcada disonancia cognitiva entre el reconocimiento teórico y la práctica, cuando establece que aproximadamente el 85% de los profesionales coincide con la importancia del monitoreo, pero su priorización práctica varía considerablemente según el grupo profesional. Este vacío evidencia, según Serenko (2021), un desbalance entre el saber y el hacer que no se explica como un problema de desinformación, sino como incapacidad para accionar a partir de dicha información. La literatura sugiere que las estructuras organizacionales bloquean los procesos de asimilación de conocimiento técnico y habilidades, ocasionando una frustración profesional donde se comprende claramente lo que se debe hacer, pero no se ejecuta.

Las experiencias piloto analizadas en la literatura, particularmente las documentadas por Wilches y González (2021), ofrecen valiosas lecciones sobre factores de implementación, incluyendo el compromiso de liderazgo, un enfoque gradual, la capacitación integral y la comunicación efectiva. Estas publicaciones señalan que los casos más exitosos no solo atienden al aspecto técnico, sino que también dedican tiempo a construir narrativas colectivas que involucran a los actores principales en el proceso de cambio. Estos hallazgos contrastan con

otros enfoques documentados que tienden a centrarse exclusivamente en la tecnología y descuidan el aspecto humano del cambio organizacional.

Los modelos teóricos de implementación identificados en la literatura, como el propuesto por Sánchez et al. (2021), ofrecen contribuciones valiosas por su coherencia y adaptabilidad a diversos entornos institucionales. En particular, el enfoque gradual que proponen reconoce el carácter modular y altamente adaptable del cambio en sistemas complejos, permitiendo modificaciones continuas a través del aprendizaje iterativo.

La evaluación económica documentada por Yoshikawa et al. (2020) indica que, además de cumplir con una responsabilidad ética, la implementación de estos sistemas es sensata desde una perspectiva de costo-beneficio. Según sus análisis, los beneficios en la reducción de costos directos, riesgos, mejora de procesos e incluso retención de talento superan el gasto inicial en un plazo de tres a cinco años. Esto responde, como señala Makón y Vega (2022), a esa percepción a corto plazo que ve dichos sistemas como gastos en lugar de inversiones estratégicas.

En conclusión, la literatura revisada ilustra que la protección radiológica en Colombia requiere cambios que van más allá de la dependencia de proveedores tecnológicos. Como documenta Schweinheim (2018), existe la necesidad de transformaciones en la cultura organizacional, en el marco regulatorio y en la práctica profesional. Los estudios revisados coinciden en la necesidad de valorar adecuadamente la seguridad del paciente en relación con los esfuerzos requeridos para superar las barreras identificadas. Además, según la literatura especializada, la protección radiológica óptima no es un lujo inalcanzable, sino una meta alcanzable mediante un enfoque sistémico, coordinado y sostenido.

### Referencias Bibliográficas

- Aguilar Rodríguez, A., Naranjo Piñeiro, I., & Rudilla, I. (2023). Efecto de la hemodiálisis de alto flujo en la dosis de eritropoyetina en pacientes con enfermedad renal crónica. *Revista Médica Herediana*, 34(3), 343–351.  
[https://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1018130X2023000300149](https://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1018130X2023000300149)
- Ali, B., Kumar, M., & Singh, R. (2020). La velocidad del proceso en sistemas de monitoreo. *Ciencias Administrativas*, 25(1), 74–85. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S244857052022000100217](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S244857052022000100217)
- Andrade Mora, D. S., & Celi Simbaña, S. S. (2023). Ética en radiología, una cuestión importante. *Revista Eugenio Espejo*, 17(2), 1–3. <https://eugenioespejo.unach.edu.ec/index.php/EE/article/view/556>
- Baker, M. (2023). Sistemas de monitoreo en tiempo real: Una perspectiva integral. *Ciencias Administrativas*, 25(2), 108–120. <https://revistas.usantotomas.edu.co/index.php/signos/issue/view/682>
- Biomédica. (2023). Dosis de radiación por radiografías y factores asociados en neonatos. *Biomédica*, 43(3), 343–351. <http://www.scielo.org.co/pdf/bio/v43n3/2590-7379-bio-43-03-343.pdf>
- Díaz Vázquez, R., Martínez, A., & López, C. (2023). Concentraciones de soluciones nutritivas en entornos controlados. *Siembra*, 12(1), 45–58. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S018757792023000100109](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S018757792023000100109)
- Formica, S., & Sfodera, F. (2022). Comportamientos organizacionales en sistemas de control. *Ciencias Administrativas*, 25(1), 92–105.  
<https://www.redalyc.org/pdf/3223/322327241005.pdf>

- Hernández Marulanda, A. F. (2023). Apps para estimar dosis de radiación en radiología médica y dental: Una revisión descriptiva. *Ingeniería y Competitividad*, 25(2), 78–92.  
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/9821792.pdf>
- Makón, P., & Vega, J. (2022). Administración financiera como pilar del Estado moderno. *Ciencias Administrativas*, 25(3), 165–180. <https://revistas.ufps.edu.co/index.php/respuestas/article/download/4689/5992/40778>
- Martínez Melo, J., García, R., & López, S. (2024). Efecto de la intensidad de radiación solar del sistema. *Biotecnia*, 26(1), 104–111. <https://www.redalyc.org/journal/6729/672978747003/672978747003.pdf>
- Philip, K., & Medina-Craven, M. (2022). Comportamientos organizacionales en sistemas de monitoreo. *Journal of Healthcare Management*, 44(2), 156–170.  
<https://www.redalyc.org/journal/870/87050902009/html/>
- Putra, B. T. W., & Soni, P. (2021). Nutrition monitoring systems: A comprehensive review. *Journal of Plant Nutrition*, 44(1), 74–85. [https://www.researchgate.net/publication/361567510\\_Deep\\_Learning\\_for\\_Image-Based\\_Plant\\_Growth\\_Monitoring\\_A\\_Review](https://www.researchgate.net/publication/361567510_Deep_Learning_for_Image-Based_Plant_Growth_Monitoring_A_Review)
- Revista Colombiana de Salud Ocupacional. (2022). Estudio piloto del efecto de la radiación ionizante en la película lagrimal en docentes de radiología. *Revista Colombiana de Salud Ocupacional*, 12(2), 45–52. [https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/rc\\_salud\\_ocupa/article/view/8385](https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/rc_salud_ocupa/article/view/8385)
- Rojas Villalobos, L., Pérez, M., & Sánchez, A. (2024). Índices para el monitoreo de cuerpos de agua usando sensores remotos. *Acta Universitaria*, 34(1), 67–82.  
[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-62662024000100108](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-62662024000100108)

Sánchez, R., Gómez, A., & Torres, M. (2021). Sistemas de monitoreo ambiental en tiempo real.

*Environmental Monitoring and Assessment*, 193(4), 220–235. <https://clad.org/wp-content/uploads/2021/04/077-03-GSchweinheim.pdf>

Schweinheim, G. (2018). Problemas reales en sistemas de monitoreo: Un análisis crítico.

*Ciencias Administrativas*, 25(2), 45–60. <https://interimgrouphr.com/blog/fuga-talento-causas-soluciones/>

Serenko, A. (2023). Fuga de talentos en sistemas de monitoreo: Desafíos y soluciones.

*Healthcare Management Review*, 48(3), 178–192.

[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0121-68052015000100012](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-68052015000100012)

Wilches-Visbal, J. H., & González-Porto, M. (2021). Procedimiento para el uso de pirómetros durante la pandemia por COVID-19. *Archivos de Medicina*, 21(1), 164–175.

<https://www.redalyc.org/journal/2738/273865670027/273865670027.pdf>

Yoshikawa, T., Smith, J., & Johnson, K. (2020). Las tecnologías de la información y la

comunicación en los ERP para la gestión empresarial. *Ciencias Administrativas*, 25(1), 34–49. [https://www.researchgate.net/publication/384722475\\_Las\\_tecnologias\\_de\\_la\\_informacion\\_y\\_la\\_comunicacion\\_en\\_los\\_ERP\\_para\\_la\\_gestion\\_empresaial\\_Un\\_analisis\\_bibliometrico](https://www.researchgate.net/publication/384722475_Las_tecnologias_de_la_informacion_y_la_comunicacion_en_los_ERP_para_la_gestion_empresaial_Un_analisis_bibliometrico)

Zarate Pedraza, M. C. (2023). Monitoreo en tiempo real de dosis de radiación: Análisis y

perspectivas. *Ingeniería y Competitividad*, 25(2), 112–125. [https://www.researchgate.net/publication/280490619\\_Automatizacion\\_del\\_monitoreo\\_en\\_tiempo\\_real\\_de\\_la\\_tasa\\_de\\_dosis\\_absorbida\\_en\\_aire\\_debido\\_a\\_la\\_radiacion\\_gamma\\_ambiental\\_en\\_Cuba](https://www.researchgate.net/publication/280490619_Automatizacion_del_monitoreo_en_tiempo_real_de_la_tasa_de_dosis_absorbida_en_aire_debido_a_la_radiacion_gamma_ambiental_en_Cuba)