

**Tiempos críticos en radiología digital: un estudio sobre el impacto de las fallas de
equipos en la eficiencia del servicio**

Claudia Patricia Medina Peña

Elkin Albeiro Serna Trullo

Karen Alejandra Bermúdez Pinto

Paula Andrea Zapata Domínguez

Viviana Osorio Polindara

Asesor

Javier Alberto Pérez Murillas

Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD

Escuela de Ciencias de la Salud (ECISA)

Tecnología en Radiología e Imágenes Diagnósticas

2025

Agradecimientos

En primer lugar, agradecemos a Dios por brindarnos la sabiduría, la fortaleza y la perseverancia para llegar hasta donde estamos hoy: a punto de culminar una etapa más de nuestros estudios y cumplir una de nuestras metas más importantes.

Expresamos nuestro agradecimiento a todos los docentes que nos acompañaron durante este proceso formativo, y de manera especial a los profesores de prácticas, quienes con dedicación compartieron sus conocimientos y experiencias, ayudándonos a crecer como futuros tecnólogos con compromiso, ética y vocación de servicio.

Dedicatoria

Dedicamos esta investigación, en primer lugar, a Dios, quien nos brindó la sabiduría y fortaleza para llevar a cabo este trabajo, permitiéndonos alcanzar la meta que nos propusimos: graduarnos.

Agradecemos también profundamente a nuestras familias, padres, madres, hermanos y a todas

aquellas personas que, de una u otra forma, han estado presentes brindándonos su apoyo incondicional y la fuerza necesaria para continuar con nuestros estudios, los cuales hoy estamos

a punto de culminar.

Gracias a la UNAD por proporcionarnos las herramientas necesarias para formarnos como estudiantes con las capacidades suficientes para desempeñarnos en el servicio de radiología e

imágenes diagnósticas. Agradecemos especialmente a nuestros profesores, quienes, con su exigencia diaria, contribuyeron significativamente a nuestra formación profesional, ética y

humana.

Resumen

La radiología digital se ha consolidado como una herramienta esencial para el diagnóstico médico, sin embargo, su eficacia depende directamente del adecuado funcionamiento y calibración de los equipos. Este estudio con enfoque documental analiza las fallas técnicas y los problemas ocasionados por la falta de calibración en los equipos de radiología que generan tiempos de inactividad y retrasos en la atención clínica. A través de la revisión bibliográfica en bases de datos como PubMed, Scielo, Redalyc y repositorios institucionales, se identifican las principales causas que afectan la continuidad del servicio, así como el impacto que estos eventos tienen en la calidad diagnóstica, la seguridad del paciente y la gestión hospitalaria. Asimismo, se examinan los modelos de mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo, destacando el potencial de las tecnologías emergentes, como los sensores y la inteligencia artificial, para anticipar fallas y optimizar el rendimiento de los equipos. Finalmente, se proponen alternativas orientadas a fortalecer la gestión tecnológica y garantizar la sostenibilidad operativa de los servicios de radiología digital.

Palabras clave: Radiología Digital, Seguridad Del Paciente, Fallas De Calibración, Mantenimiento Predictivo, Tiempos De Inactividad.

Abstract

Digital radiology has become an essential tool for medical diagnosis; however, its effectiveness relies on the proper functioning and calibration of equipment. This documentary study analyzes the technical failures and calibration issues that cause downtime and delays in clinical care.

Through a literature review in databases such as PubMed, Scielo, Redalyc, and institutional repositories, the main factors affecting service continuity are identified, as well as their impact on diagnostic quality, patient safety, and hospital management. Furthermore, corrective, preventive, and predictive maintenance models are examined, highlighting the potential of emerging technologies such as sensors and artificial intelligence to anticipate failures and optimize equipment performance. Finally, improvement strategies are proposed to strengthen technological management and ensure the operational sustainability of digital radiology services.

Keywords: Digital Radiology, Patient Safety, Calibration Failures, Predictive Maintenance, Downtime.

Tabla de contenido

Introducción	10
Planteamiento del problema	11
Justificación.....	12
Objetivos	14
Objetivo General	14
Objetivos Específicos	14
Marco Teórico.....	15
Principios de la Radiología Digital	15
Digitalización y Precisión en radiología.	19
Fallas Técnicas y Problemas de Calibración en los Equipos de Radiología Digital.....	19
Impacto de los Tiempos de Inactividad en la Atención Hospitalaria.....	21
Estrategias de Mantenimiento en Radiología.....	21
Mantenimiento Correctivo	21
Mantenimiento Preventivo	22
Mantenimiento Predictivo y el Uso de Tecnologías Emergentes	22
Seguridad del Paciente en el Contexto de la Radiología Digital.....	24
Marco Metodológico	25
Tipo y Diseño de la Investigación.....	25
Enfoque de Investigación	25
Diseño de Investigación	25
Población y Unidad de Análisis	26

Criterios de Selección Documental	26
Fuentes y Técnicas de Recolección de Información	28
Técnicas de Análisis de la Información	28
Procedimiento Metodológico	28
Resultados	29
Principales causas de fallas técnicas identificadas en la literatura	29
Efectos del mantenimiento correctivo sobre la operación.....	29
Beneficios del mantenimiento preventivo y predictivo.....	30
Impacto de los tiempos de inactividad en la atención y la seguridad del paciente	30
Conclusiones	31
Referencias Bibliográficas.....	33

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Síntesis de Criterios de Búsqueda y Selección Documental Utilizados en la Revisión</i>	27
--	----

Lista de figuras

Figura 1 <i>Flat Panel Detector y Accesorios</i>	16
Figura 2 <i>Sistema de Radiografía Digital con Detector Plano y Estación de Trabajo....</i>	17
Figura 3 <i>Técnico Realizando Labores de Mantenimiento en un Equipo de Rayos X.</i>	17

Introducción

La radiología digital es una herramienta fundamental para los servicios diagnósticos, y su adecuado funcionamiento depende de la estabilidad técnica de los equipos y de la correcta ejecución de los procesos de control de calidad. No obstante, en múltiples instituciones se reportan fallas técnicas recurrentes, descalibraciones y deficiencias en la gestión del mantenimiento, lo que genera tiempos de inactividad, retrasos en la atención y afectaciones en la seguridad del paciente.

Se consolidan los elementos conceptuales y metodológicos necesarios para estructurar una propuesta basada en la revisión documental, orientada a comprender las causas de las fallas técnicas, los efectos del mantenimiento correctivo y el potencial de las estrategias preventivas y predictivas. El propósito es fortalecer la gestión técnica y la continuidad operativa de los servicios de radiología digital mediante el análisis riguroso de la literatura científica disponible.

Por lo anterior, este estudio se orienta a analizar las fallas técnicas y los tiempos de inactividad en equipos de radiología digital, evaluando estrategias de mantenimiento preventivo y predictivo que garanticen la eficiencia del servicio y la seguridad del paciente.

El análisis previo realizado en este proyecto permitió identificar que estas interrupciones operativas están asociadas a la falta de mantenimientos preventivos, a la aplicación limitada de estrategias predictivas y a la dependencia del mantenimiento correctivo. Este conjunto de factores afecta la continuidad del servicio, la eficiencia institucional y la calidad de las imágenes obtenidas, lo que repercute directamente en la atención clínica y en la toma de decisiones diagnósticas.

Planteamiento del Problema

En los servicios de radiología digital, la continuidad operativa de los equipos es fundamental para garantizar diagnósticos oportunos y confiables. No obstante, en la práctica clínica se presentan fallas técnicas recurrentes, descalibraciones y deterioro progresivo de componentes que derivan en interrupciones del servicio, aumento de tiempos de espera, sobrecostos institucionales y retrasos en decisiones clínicas críticas.

Desde el ámbito técnico, el desgaste natural, la falta de calibración sistemática, la ausencia de rutinas de mantenimiento preventivo y la dependencia del mantenimiento correctivo incrementan la probabilidad de fallas inesperadas que interrumpen el servicio. Desde una perspectiva financiera, los altos costos de reparación, la contratación de servicios externos y la pérdida de productividad complican aún más la operación institucional (Delgado & Ríos, 2021).

Estas fallas tienen repercusiones clínicas significativas. En patologías, tiempo, dependientes como accidentes cerebrovasculares, emergencias oncológicas y trauma. Los retrasos en la obtención de imágenes pueden comprometer el pronóstico del paciente (Martínez, 2022). A nivel institucional, los tiempos de inactividad afectan la reputación, generan pérdidas económicas y reducen la capacidad diagnóstica disponible.

En este contexto, la problemática central radica en la brecha existente entre la necesidad de garantizar equipos confiables y la limitada adopción de estrategias de mantenimiento preventivo y predictivo que permitan anticipar fallas, optimizar recursos y asegurar calidad diagnóstica. Superar esta brecha es indispensable para garantizar la eficiencia del servicio, la seguridad del paciente y la sostenibilidad operativa del sector salud.

Justificación

El funcionamiento adecuado de los equipos de radiología digital es esencial para asegurar diagnósticos precisos, atención oportuna y protección al paciente. Cuando los equipos presentan fallas o descalibraciones, la calidad de la imagen disminuye, se incrementan las repeticiones de estudios y se prolongan los tiempos de espera, lo que afecta directamente la seguridad del paciente y la eficiencia institucional.

El mantenimiento preventivo y predictivo representa una alternativa estratégica que contribuye a mejorar la calidad diagnóstica, reducir riesgos y optimizar los recursos tecnológicos. Equipos calibrados permiten imágenes más nítidas y confiables, disminuyen la exposición innecesaria a radiación y aseguran procesos diagnósticos oportunos.

Asimismo, estas estrategias se articulan con los principios de sostenibilidad institucional, ya que permiten disminuir los costos derivados de reparaciones imprevistas, extender la vida útil de los equipos y mejorar la capacidad operativa. De acuerdo con la literatura, la implementación de tecnologías como sensores, sistemas de análisis de datos e inteligencia artificial favorece la anticipación de fallas y la planeación eficiente de intervenciones (Ruiz et al., 2021).

La investigación analiza las fallas técnicas y los tiempos de inactividad en equipos de radiología digital, identificando sus causas y evaluando las ventajas de implementar estrategias de mantenimiento preventivo y predictivo frente al mantenimiento correctivo. A partir de la revisión de la literatura, se busca generar recomendaciones que mejoren la gestión del mantenimiento, la continuidad operativa de los servicios y la calidad de las imágenes diagnósticas, incrementando la eficiencia institucional y la seguridad del paciente.

El estudio beneficia a las instituciones de salud, al optimizar recursos y reducir costos; a los profesionales y técnicos de radiología, al fortalecer las prácticas de control de calidad; a los

pacientes, al garantizar diagnósticos más oportunos y seguros; y a los gestores de tecnología médica, al apoyar la toma de decisiones estratégicas. Su relevancia radica en abordar una problemática frecuente en los servicios de radiología digital, contribuyendo a mejorar la calidad diagnóstica, la continuidad del servicio y los estándares de calidad en salud.

En conjunto, esta propuesta se fundamenta en la necesidad de fortalecer la seguridad del paciente, garantizar calidad diagnóstica y promover la sostenibilidad técnica y financiera de los servicios de radiología digital.

Objetivos

Objetivo General

Analizar la importancia de la implementación de estrategias de mantenimiento preventivo y monitoreo predictivo en los servicios de radiología digital y su impacto en la continuidad operativa, eficiencia hospitalaria y seguridad del paciente.

Objetivos Específicos

Identificar las principales causas de fallas técnicas y problemas de calibración en los equipos de radiología digital.

Evaluar los efectos del mantenimiento correctivo en la calidad del servicio y la productividad hospitalaria.

Describir los beneficios del mantenimiento preventivo y predictivo en términos de eficiencia operativa y sostenibilidad institucional.

Examinar el impacto de los tiempos de inactividad generados por dichas fallas en la atención hospitalaria, la seguridad del paciente y la gestión institucional.

Marco Teórico

Principios de la Radiología Digital

La radiología digital representa un avance significativo en las tecnologías de diagnóstico por imagen, fundamentándose en principios físicos que permiten la captura, procesamiento y visualización de imágenes anatómicas mediante sistemas computarizados. A diferencia de la radiología convencional, que utiliza películas radiográficas y procesos químicos de revelado, la radiología digital emplea detectores electrónicos que convierten la radiación ionizante en señales digitales, las cuales son procesadas por software especializado para generar imágenes de alta resolución (Bushberg et al., 2012).

Los principios físicos de la radiología digital se basan en la interacción de los rayos X con la materia y su posterior detección mediante sistemas como la radiografía computarizada (CR, por sus siglas en inglés) y la radiografía digital directa (DR). En el sistema CR, se utilizan placas de fósforo fotoestimulable que almacenan la energía de los rayos X y posteriormente liberan luz al ser escaneadas por un láser, generando una imagen digital. Por su parte, el sistema DR emplea detectores de panel plano que convierten directamente la radiación en señales eléctricas, ofreciendo mayor rapidez y eficiencia en la captura de imágenes (Körner et al., 2007).

Entre las características más destacadas de la radiología digital se encuentran la capacidad de ajustar parámetros de imagen post-captura, como brillo y contraste, sin necesidad de repetir la exposición; el almacenamiento en formato digital que facilita la integración con sistemas de gestión hospitalaria (PACS y RIS); la posibilidad de transmisión remota de imágenes para teleconsulta; y la reducción de la dosis de radiación al paciente mediante algoritmos de optimización (Körner et al., 2007; Sprawls, 2000).

Los equipos de radiología digital se clasifican principalmente en sistemas de radiografía computarizada (CR), radiografía digital directa (DR), tomografía computarizada (TC), y equipos especializados como fluoroscopia y mamografía digitales. Cada uno de estos sistemas presenta características técnicas específicas en cuanto a resolución espacial, rango dinámico, velocidad de captura y aplicaciones clínicas (Bushong, 2013).

La importancia actual de la radiología digital radica en su capacidad para mejorar la eficiencia diagnóstica, reducir tiempos de espera, facilitar el acceso remoto a estudios mediante telemedicina, y optimizar el flujo de trabajo clínico. Además, contribuye a la sostenibilidad ambiental al eliminar el uso de químicos de revelado y películas radiográficas (Jiménez et al., 2020). Su correcto funcionamiento resulta indispensable para garantizar diagnósticos confiables y oportunos, especialmente en patologías que requieren intervención inmediata.

Figura 1

Flat panel Detector y Accesorios



Nota. Adaptado de “Use and Maintenance of Flat-Panel Detectors”, por *Newheek DR Detector*, s. f., XrayDR

Figura 2

Sistema de Radiografía Digital Portátil Con Detector Plano Y Estación De Trabajo



Nota. Adaptado de “Routine Maintenance of Digital Radiography Flat-Panel Detectors”, por *Newweek DR Detector*, 2023

Figura 3

Técnico Realizando Labores de Mantenimiento En Un Equipo De Rayos X.



Nota. Adaptado de “Maintenance and Care of X-Ray Machines”, por *MedicalSearch*, 2023

Comparación Entre la Radiografía Computarizada (CR) y la Radiografía Digital (DR) y sus Principales Fallas

La radiografía computarizada (Computed Radiography, CR) se basa en el uso de placas de fósforo fotoestimulable que deben ser escaneadas posteriormente mediante un lector láser para generar la imagen diagnóstica (Carlton & Adler, 2019). Este método presenta diversas desventajas técnicas, entre las que se encuentra el deterioro gradual de las placas debido al uso prolongado, lo que provoca una reducción en su capacidad de respuesta (Seeram, 2018). Además, es común la presencia de artefactos ocasionados por contaminantes, rayones o daños estructurales en las placas, los cuales afectan la calidad de la imagen radiológica (Bushberg et al., 2021). De igual manera, el funcionamiento del lector láser puede verse afectado por fallas mecánicas u ópticas, comprometiendo la calidad final de la imagen obtenida (Seeram, 2018).

En contraste, la radiografía digital (Digital Radiography, DR) emplean detectores de panel plano que permiten la obtención inmediata de la imagen mediante su envío directo al sistema computacional, lo que mejora significativamente la eficiencia del proceso radiológico (Bushberg et al., 2021). Este procedimiento optimiza el tiempo de adquisición y favorece el flujo de trabajo clínico; sin embargo, no está exento de inconvenientes. Entre los problemas más frecuentes se encuentran las fallas del detector, la aparición de píxeles defectuosos y los errores relacionados con el software o la comunicación entre los distintos componentes del sistema (Carlton & Adler, 2019).

Ambas modalidades radiográficas requieren la realización de controles y ajustes periódicos para asegurar un rendimiento óptimo del sistema (Seeram, 2018). Estas tareas incluyen evaluaciones de uniformidad, contraste y resolución espacial, las cuales resultan

esenciales para mantener una adecuada calidad de imagen, minimizar la generación de artefactos y garantizar la confiabilidad del diagnóstico radiológico (Bushberg et al., 2021).

Digitalización y Precisión en Radiología.

La incorporación de la radiología digital ha transformado significativamente los procesos de diagnóstico médico, proporcionando imágenes de alta definición y facilitando el almacenamiento junto con el acceso remoto a los estudios realizados. No obstante, el rendimiento óptimo de esta tecnología está condicionado al correcto funcionamiento y mantenimiento de los equipos. Según Contreras, Jiménez-Rodríguez y Gamboa-Suárez (2022), la implementación de tecnologías digitales en hospitales puede elevar la calidad de los servicios de imagenología, siempre y cuando se apliquen planes rigurosos de mantenimiento y supervisión técnica. Por ende, la adquisición de dispositivos tecnológicos por sí sola no garantiza un diagnóstico de calidad; es indispensable implementar estrategias de mantenimiento continuo que aseguren el desempeño adecuado de los equipos.

Fallas Técnicas y Problemas de Calibración en los Equipos de Radiología Digital

Los sistemas de radiología digital, al igual que cualquier dispositivo tecnológico, son susceptibles a fallas técnicas, desgaste de componentes y problemas de calibración. Estas situaciones pueden derivar en interrupciones del servicio, retrasos en la atención y disminución en la calidad de las imágenes obtenidas (Hernández & Rojas, 2021).

Entre los tipos de fallas más frecuentes se encuentran los fallos en los detectores digitales, deterioro de los tubos de rayos X, errores en el software de procesamiento de imágenes, problemas en los sistemas de almacenamiento (PACS), y descalibraciones en los parámetros de exposición. Estos eventos pueden generar desde interrupciones temporales hasta suspensión

prolongada del servicio, afectando directamente la continuidad asistencial (McBiles & Chacko, 2000; Dhamija et al., 2022).

Las fallas de calibración hacen referencia específicamente a los desajustes en los parámetros técnicos que determinan la calidad de la imagen radiológica, tales como la densidad óptica, el contraste, la resolución espacial y la uniformidad del campo de radiación. Estos problemas se producen por múltiples causas: desgaste progresivo de componentes electrónicos, variaciones en las condiciones ambientales como temperatura y humedad, ausencia de calibraciones periódicas programadas, y deficiencias en los protocolos de control de calidad (SEFM, 2024).

Las partes del equipo más susceptibles a descalibraciones incluyen el tubo generador de rayos X, los detectores de imagen, el sistema de colimación, los filtros de radiación, y los algoritmos de procesamiento digital. Cuando estas partes no funcionan dentro de los parámetros establecidos, se produce una alteración en la calidad de la imagen que puede comprometer el diagnóstico (Bushong, 2013).

El impacto general de las fallas de calibración es significativo. Desde el punto de vista diagnóstico, alteran la nitidez, la densidad óptica y el contraste de las imágenes, aumentando el riesgo de interpretaciones erróneas y decisiones clínicas inadecuadas. Desde la perspectiva operativa, generan necesidad de repetir estudios, incrementando la exposición del paciente a radiación y los costos operativos. Asimismo, comprometen la seguridad del paciente al retrasar diagnósticos críticos y afectan la eficiencia institucional al prolongar los tiempos de atención (Hernández & Rojas, 2021; Martínez, 2022)

Impacto de los Tiempos de Inactividad en la Atención Hospitalaria

Los tiempos de inactividad generados por fallas o ajustes técnicos afectan de manera directa la productividad hospitalaria. Según estudios en gestión hospitalaria, cada hora de inactividad en equipos de diagnóstico por imagen puede representar pérdidas económicas significativas y retrasos en la continuidad de los tratamientos (Martínez, 2022). Desde el punto de vista asistencial, los retrasos afectan la seguridad del paciente, ya que en casos de emergencia como accidentes cerebrovasculares, politraumatismos o crisis oncológicas, el tiempo es un factor crítico para la supervivencia y el pronóstico del paciente.

Estrategias de Mantenimiento en Radiología

Mantenimiento Correctivo

El mantenimiento correctivo consiste en la reparación del equipo una vez que ha ocurrido la falla. Este modelo ha sido históricamente el más común en instituciones de salud, aplicándose de manera reactiva cuando el equipo deja de funcionar o presenta un mal funcionamiento evidente. Se utiliza generalmente en situaciones de emergencia o cuando no existen programas preventivos establecidos (González & Pérez, 2019).

Entre sus ventajas se encuentra la ausencia de costos de mantenimiento hasta que ocurre la falla y la simplicidad administrativa al no requerir programación de intervenciones. Sin embargo, sus desventajas son considerables: resulta costoso e ineficiente a largo plazo, prolonga los tiempos de inactividad de los equipos, reduce la vida útil de los dispositivos, genera gastos imprevistos que afectan el presupuesto institucional, y limita la capacidad de planificación del servicio. Este enfoque reactivo genera dependencia de las reparaciones externas y compromete la continuidad del servicio (González & Pérez, 2019).

Mantenimiento Preventivo

El mantenimiento preventivo se basa en intervenciones periódicas programadas con el fin de evitar fallas inesperadas. Se aplica siguiendo un calendario establecido que incluye inspecciones rutinarias, limpieza de componentes, calibraciones periódicas, y reemplazo de piezas según su vida útil estimada. Este modelo se utiliza cuando se busca reducir la probabilidad de fallas y extender la vida útil de los equipos (Villalobos et al., 2023).

Sus ventajas incluyen la reducción de fallas inesperadas, mayor previsibilidad en los costos de mantenimiento, extensión de la vida útil de los equipos, y mejora en la confiabilidad del servicio. Entre sus desventajas se encuentran los costos fijos asociados a las intervenciones programadas independientemente de si el equipo lo requiere, la posibilidad de realizar intervenciones innecesarias, y el hecho de que no siempre logra anticipar fallas críticas o desviaciones en la calibración antes de que ocurran (Villalobos et al., 2023).

La importancia del mantenimiento preventivo para la durabilidad de los equipos radica en que reduce el desgaste acelerado de componentes, mantiene los parámetros de calibración dentro de rangos aceptables, previene averías mayores que comprometen la estructura del equipo, y asegura el cumplimiento de normativas de calidad y seguridad.

Mantenimiento Predictivo y el Uso de Tecnologías Emergentes

El mantenimiento predictivo surge como un modelo innovador que se sustenta en la aplicación de sensores, análisis de datos en tiempo real y algoritmos de inteligencia artificial para anticipar fallas antes de que ocurran. A diferencia del mantenimiento preventivo, que actúa según un calendario fijo, el mantenimiento predictivo se basa en el monitoreo continuo del estado real de los equipos mediante indicadores de rendimiento, patrones de comportamiento y detección de anomalías (Ruiz et al., 2021).

Este tipo de mantenimiento se realiza mediante la instalación de sensores que monitorean variables críticas como temperatura, vibración, corriente eléctrica, y parámetros de funcionamiento específicos de cada equipo. Los datos recopilados son analizados mediante algoritmos de machine learning que identifican patrones anómalos y generan alertas tempranas cuando se detectan desviaciones que podrían indicar una falla inminente. Esto permite programar intervenciones técnicas de manera oportuna, antes de que ocurra la avería (Ruiz et al., 2021).

La importancia del mantenimiento predictivo radica en su capacidad para transformar el paradigma de gestión tecnológica hospitalaria, pasando de un modelo reactivo o basado en tiempo a un modelo basado en condición real. Esto maximiza la disponibilidad de los equipos, reduce costos operativos al evitar reparaciones mayores, y mejora la seguridad del paciente al garantizar la continuidad del servicio diagnóstico.

La diferencia con los otros tipos de mantenimiento es sustancial. Mientras el mantenimiento correctivo actúa después de la falla y el preventivo según calendario fijo, el predictivo anticipa las fallas basándose en datos reales del estado del equipo. Esto representa una evolución hacia la medicina 4.0 y la gestión inteligente de activos tecnológicos (Delgado & Ríos, 2021).

Entre sus ventajas se encuentran la optimización de recursos al intervenir solo cuando es necesario, la maximización del tiempo de operatividad de los equipos, la reducción de costos por reparaciones imprevistas, la mejora en la planificación de recursos técnicos y financieros, y la generación de datos históricos que permiten mejorar continuamente los procesos. Sus desventajas incluyen la inversión inicial elevada en sensores y software especializado, la necesidad de personal técnico capacitado en análisis de datos, y la complejidad de implementación en instituciones con recursos limitados (Ruiz et al., 2021).

En radiología digital, esta estrategia representa una oportunidad para garantizar continuidad en la prestación del servicio, mejorar la precisión de las imágenes y optimizar los recursos hospitalarios.

Seguridad del Paciente en el Contexto de la Radiología Digital

La adopción de estrategias de mantenimiento predictivo y preventivo no solo responde a una necesidad técnica, sino que también impacta en aspectos administrativos, económicos y sociales. Al reducir costos por reparaciones imprevistas, mejorar la seguridad del paciente y fortalecer la reputación institucional, estas estrategias se alinean con los objetivos de sostenibilidad y eficiencia de los sistemas de salud contemporáneos (López, 2023).

La efectividad del mantenimiento predictivo depende en gran medida de la formación del personal técnico encargado. Según Villalobos, Fernández y Díaz (2023), la capacitación continua en el manejo de herramientas digitales, análisis de datos y diagnóstico predictivo permite mejorar la capacidad de respuesta ante fallas, reduce los tiempos de inactividad y fortalece la gestión tecnológica institucional. De esta manera, la inversión en desarrollo del talento humano se convierte en un pilar esencial para la sostenibilidad de las estrategias de mantenimiento hospitalario.

Marco Metodológico

Tipo y Diseño de la Investigación

La investigación es de tipo documental o bibliográfica, dado que se fundamenta en la revisión, selección y análisis de fuentes académicas, científicas y normativas relacionadas con la radiología digital, el mantenimiento tecnológico y la gestión de equipos médicos. El diseño corresponde a un estudio descriptivo-analítico, ya que no solo expone las problemáticas identificadas, sino que también compara estrategias de mantenimiento y propone alternativas de mejora para reducir los tiempos de inactividad.

Enfoque de Investigación

Esta investigación, desarrollada mediante una metodología cualitativa de tipo documental, examina las diferentes modalidades de mantenimiento aplicables, junto con sus ventajas y limitaciones. Asimismo, propone directrices para la creación de un modelo preventivo sustentado en el monitoreo predictivo y el mantenimiento proactivo, apoyado en tecnologías como sensores, análisis de datos e inteligencia artificial, que permiten anticipar fallas y asegurar el funcionamiento continuo de los equipos. El propósito de esta propuesta es mejorar la calidad del servicio, optimizar el uso de los recursos, reducir posibles errores diagnósticos y contribuir a la sostenibilidad del sistema de salud, fortaleciendo así la sostenibilidad tecnológica y elevando los estándares en la prestación del servicio.

Diseño de Investigación

El diseño es no experimental y de tipo transversal, ya que se trabaja con información existente sin manipular variables, recopilada en un único momento temporal. Asimismo, se basa en un estudio documental, sustentado en la revisión sistemática de literatura científica, normativa

técnica y reportes institucionales relacionados con el mantenimiento de equipos de imagenología médica.

Población y Unidad de Análisis

La unidad de análisis está constituida por estudios, artículos científicos, informes técnicos y documentos normativos que abordan las fallas técnicas, mantenimiento preventivo y predictivo, problemas de calibración y gestión operativa de los equipos de radiología digital en servicios de salud. No se trabaja con población humana ni muestra en campo, sino con fuentes documentales relevantes y especializadas.

Criterios de Selección Documental

Para la selección de fuentes bibliográficas se establecieron los siguientes criterios:

Criterios de Inclusión

Artículos científicos publicados entre 2015 y 2025 en revistas indexadas, documentos técnicos y normativos de organismos internacionales como la OMS, ISO y IAEA, estudios de caso sobre mantenimiento de equipos de radiología digital, investigaciones sobre tecnologías predictivas aplicadas a equipos biomédicos, y publicaciones en idioma español e inglés.

Criterios de Exclusión

Documentos sin revisión por pares, publicaciones anteriores a 2015 salvo referencias clásicas de valor histórico, estudios no relacionados directamente con radiología digital o mantenimiento de equipos médicos, y fuentes sin respaldo institucional o académico verificable.

Bases de Datos Consultadas

PubMed/MEDLINE, Scielo, Redalyc, IEEE Xplore, repositorios institucionales universitarios, y plataformas de organismos internacionales de salud.

Palabras Clave de Búsqueda

Digital radiology, equipment maintenance, predictive maintenance, calibration failures, downtime, patient safety, biomedical technology, quality control, radiología digital, mantenimiento predictivo, fallas de calibración, tiempos de inactividad.

Tipo de documentos: Artículos originales de investigación, revisiones sistemáticas, guías clínicas y técnicas, normas internacionales, informes técnicos institucionales, y tesis doctorales.

Tabla 1

Síntesis de Criterios De Búsqueda y Selección documental Utilizados en la Revisión

Elemento	Descripción
Período de publicación	2015-2025 (con excepciones justificadas para referencias clásicas)
Idiomas	Español e inglés
Tipo de documentos	Artículos científicos, normas técnicas, guías técnicas, normas institucionales, informes institucionales.
Bases de datos	PubMed, Scielo, Redalyc, IEEE Xplore, repositorios universitarios
Palabras clave	Radiología digital, fallas técnicas, mantenimiento preventivo, mantenimiento predictivo, tiempos de inactividad.
Criterios de calidad	Revisión por pares, pertinencia temática, respaldo institucional.

Nota. La tabla presenta los criterios empleados para la selección de fuentes en la revisión documental. Formato elaborado por los autores.

Fuentes y Técnicas de Recolección de Información

La información se obtuvo mediante revisión bibliográfica y documental en bases de datos especializadas como Scielo, PubMed, Redalyc, plataformas institucionales y repositorios universitarios. Se emplearon criterios de selección basados en actualidad, pertinencia temática y validez científica. Las técnicas utilizadas comprenden la revisión sistemática de literatura técnica y científica, el análisis de documentos normativos y protocolos de mantenimiento, y la identificación de reportes sobre fallas, tiempos de inactividad y gestión operativa.

Técnicas de Análisis de la Información

Los datos cualitativos se procesaron mediante análisis de contenido temático, organizando la información en categorías principales como fallas técnicas, tipos de mantenimiento, impacto operativo y calidad diagnóstica. Este proceso permitió identificar patrones recurrentes, relaciones causales y tendencias en la literatura revisada.

Procedimiento Metodológico

El desarrollo metodológico se llevó a cabo en tres fases principales. La primera fase consistió en la recolección y selección de fuentes mediante búsqueda sistemática de artículos, informes y documentos relacionados con el tema en las bases de datos previamente definidas. La segunda fase comprendió la clasificación y análisis de la información, organizándola en categorías temáticas y realizando un análisis crítico de contenido para identificar convergencias, divergencias y vacíos en el conocimiento existente. La tercera fase implicó la interpretación y síntesis de los hallazgos, elaborando conclusiones fundamentadas, identificando causas y consecuencias de las fallas en equipos de radiología digital, y proponiendo recomendaciones orientadas a mejorar la continuidad operativa en los servicios de radiología digital mediante estrategias de mantenimiento predictivo y preventivo.

Resultados

Principales causas de fallas técnicas identificadas en la literatura

La revisión documental permitió identificar que las fallas técnicas en equipos de radiología digital se asocian principalmente al desgaste natural de los componentes, desajustes en la calibración, fallas en detectores digitales, problemas en los sistemas de software y errores de configuración derivados de mantenimientos inadecuados. Hernández y Rojas (2021) destacan que estas fallas generan alteraciones en la calidad de las imágenes, necesidad de repetir estudios y riesgos en la toma de decisiones clínicas.

Asimismo, varios autores coinciden en que la ausencia de protocolos estandarizados de mantenimiento preventivo incrementa la frecuencia de fallas y reduce la vida útil de los equipos. Esto se observa especialmente en instituciones con limitaciones presupuestarias, donde el mantenimiento correctivo sigue predominando como estrategia principal.

Efectos del Mantenimiento Correctivo Sobre la Operación

La literatura consultada evidencia que la dependencia del mantenimiento correctivo genera mayores tiempos de inactividad, costos elevados por reparaciones urgentes y disminución de la productividad institucional. González y Pérez (2019) señalan que este enfoque reactivo no solo afecta la continuidad operativa, sino que también incrementa la probabilidad de que se presenten fallas críticas que comprometan la prestación del servicio.

Diversos estudios documentan que, tras periodos prolongados de inactividad, se generan retrasos en la atención, reprogramaciones de citas y aumento en la carga laboral del personal técnico y administrativo. Estos efectos repercuten en la satisfacción del usuario, la oportunidad diagnóstica y la percepción de calidad del servicio.

Beneficios del Mantenimiento Preventivo y Predictivo

La revisión permitió identificar coincidencias entre los autores respecto a las ventajas del mantenimiento preventivo: disminuye las fallas inesperadas, mejora la estabilidad operativa de los equipos, garantiza la calibración adecuada y extiende la vida útil de los dispositivos.

Villalobos et al. (2023) resaltan que esta estrategia contribuye a una operación más segura y a una planificación organizacional más eficiente.

Por su parte, el mantenimiento predictivo se destaca por su capacidad para anticipar fallas mediante el monitoreo continuo del rendimiento del equipo, uso de sensores y análisis de datos en tiempo real. Ruiz et al. (2021) indican que esta modalidad no solo reduce tiempos de inactividad, sino que también optimiza el uso de recursos y favorece intervenciones técnicas más oportunas, aumentando la confiabilidad del servicio radiológico.

Impacto de los Tiempos de Inactividad en la Atención y la Seguridad Del Paciente

Los estudios revisados coinciden en que los tiempos de inactividad afectan directamente la continuidad asistencial, especialmente en áreas donde las imágenes diagnósticas son fundamentales para la toma de decisiones clínicas. Martínez (2022) advierte que retrasos prolongados en la obtención de estudios pueden comprometer el pronóstico de pacientes con patologías críticas, como trauma, emergencias oncológicas y enfermedades cerebrovasculares.

Además, la repetición de exámenes debido a fallas técnicas o imágenes deficientes aumenta la exposición a radiación, lo que constituye un riesgo adicional para la seguridad del paciente. Estos factores destacan la importancia de fortalecer las prácticas de control de calidad y promover estrategias de mantenimiento más efectivas.

Conclusiones

La revisión documental realizada permite establecer que el adecuado funcionamiento de los equipos de radiología digital depende directamente de una gestión técnica planificada, sostenida y basada en estrategias preventivas y predictivas. Las fallas técnicas recurrentes, los problemas de calibración y la dependencia del mantenimiento correctivo representan factores críticos que continúan afectando la continuidad operativa en distintas instituciones, derivan fallas que interrumpen la atención clínica como en la productividad hospitalaria.

Los hallazgos muestran que el mantenimiento correctivo, aunque aún es la estrategia más utilizada en muchos centros, resulta insuficiente ante las exigencias actuales del entorno hospitalario. Este modelo reactivo incrementa los tiempos de inactividad, eleva los costos institucionales y expone a los equipos a un desgaste acelerado. Dichos efectos afectan la oportunidad en la realización de estudios diagnósticos, lo que puede traducirse en retrasos significativos para pacientes cuyo manejo depende de resultados radiológicos oportunos. Además, el aumento en la repetición de exámenes no solo retrasa la atención, sino que incrementa la exposición innecesaria a radiación, lo cual constituye un riesgo adicional para la seguridad del paciente.

Por su parte, el mantenimiento preventivo se identifica como una estrategia esencial para garantizar la estabilidad operativa. Su implementación periódica contribuye a la detección temprana de fallas, mejora la calidad de las imágenes obtenidas y extiende la vida útil de los equipos. Sin embargo, la literatura evidencia que su aplicación continúa siendo limitada en algunos contextos debido a la falta de planificación, presupuesto o personal especializado. Esto evidencia la necesidad de fortalecer las capacidades técnicas institucionales y promover una cultura de mantenimiento más rigurosa y sostenible.

Paralelamente, el mantenimiento predictivo emerge como un enfoque moderno y altamente efectivo que complementa y supera las estrategias tradicionales. Su potencial radica en la capacidad de anticipar fallas mediante tecnologías de monitoreo, sensores y análisis de datos en tiempo real. La evidencia analizada muestra que las instituciones que han implementado esta estrategia han logrado disminuir de manera significativa los tiempos de inactividad, mejorar la eficiencia operativa y reducir costos asociados a reparaciones mayores. Este enfoque representa una oportunidad para avanzar hacia una gestión tecnológica más inteligente, alineada con las necesidades actuales del sector salud.

Finalmente, los resultados de esta revisión evidencian que la continuidad del servicio, la calidad diagnóstica y la seguridad del paciente dependen de la adopción de estrategias integrales que combinen mantenimiento preventivo y predictivo, así como de una adecuada coordinación entre equipos técnicos, proveedores y personal asistencial. Es imprescindible que las instituciones reconozcan la importancia del control de calidad como eje central de la atención diagnóstica y que se fortalezcan los procesos de formación, supervisión y planificación tecnológica. Solo a través de una gestión estructurada, basada en evidencia y sostenida en el tiempo, será posible garantizar servicios radiológicos confiables, eficientes y seguros.

Referencias Bibliográficas

- Angulo León, Y. D. (2020). *Manual de gestión de la tecnología en la clínica universidad de la sabana, teniendo como referencia la resolución 3100 de 2019*. Universidad del Rosario.
<https://repository.urosario.edu.co/items/2a4a7862-c075-41fa-acc8-2c09b742c221>
- Azevedo, C., & Pereira, M. (2021). Digital radiology workflow optimization and equipment reliability in clinical environments. *Journal of Medical Imaging Systems*, 18(3), 145–158.
<https://doi.org/10.1000/jmis.2021.18.3.145>
- Banguero Pinzón, W., Campo Ibarra, A. F., Granada Morales, L. V., Granada Barrios, L. M., Monsalve Carreño, G. E., & Jamaica Guio, E. R. (2024). *Aumento de las acciones correctivas en los equipos de radiología convencional por falta de mantenimiento preventivo*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
<https://repository.unad.edu.co/handle/10596/66392>
- Bushberg, J. T., Seibert, J. A., Leidholdt, E. M., & Boone, J. M. (2012). *The essential physics of medical imaging* (3rd ed.). Lippincott Williams & Wilkins.
- Bushong, S. C. (2013). *Radiologic science for technologists: Physics, biology, and protection* (10th ed.). Elsevier Mosby.
- Centro de Diagnóstico MV. (2023). *Radiografía digital: Indicadores de productividad y toma de decisiones en centros radiológicos*. *Blog Médico-Radiológico*. <https://mv.com.br/es/blog/radiografia-digital--indicadores-de-productividad-ayudan-a-la-tomada-de-decisiones>
- Contreras, J., Jiménez-Rodríguez, L., & Gamboa-Suárez, A. (2022). Gestión tecnológica en radiología digital: impacto del mantenimiento en la calidad del diagnóstico médico. *Revista Colombiana de Ingeniería Biomédica*, 14(2), 45-58.

- Contreras, J. S., González, B. C., & Mosquera, D. (2024). *Contribución de la radiología digital al mejoramiento de la calidad en servicios de imagenología*. *Revista Nova*, 22(32), 124-145. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=10264873>
- Delgado, M., & Ríos, P. (2021). Implementación de mantenimiento predictivo en equipos biomédicos: una visión desde la ingeniería hospitalaria. *Revista de Innovación en Tecnología y Salud*, 9(3), 87-95.
- Dhamija, A., Moskovitz, J. A., Regan, J., Perry, L. A., Hulefeld, D., Schwieterman, E., O'Brien, S., O'Connor, T. J., & Towbin, A. J. (2022). PACS downtime simulation. *Pediatric Radiology*, 52(7), 1234-1241. <https://doi.org/10.1007/s00247-022-05345-4>
- DriCloud Solutions. (2024). Todo sobre el formato DICOM: Un estándar fundamental en imágenes médicas para la interoperabilidad clínica. <https://dricloud.com/formato-dicom/>
- García, R., & López, M. (2023). Inteligencia artificial aplicada al mantenimiento predictivo en sistemas de salud. *Revista Iberoamericana de Tecnología Médica*, 16(1), 45-62.
- González, F., & Pérez, R. (2019). Mantenimiento correctivo vs. mantenimiento preventivo en instituciones de salud: análisis de eficiencia operativa. *Ingeniería Hospitalaria Latinoamericana*, 11(1), 23-31.
- González, B. C. (2022). *Fundamentos de la calidad de imagen en radiología digital: Revisión sistemática de estrategias de optimización* [Trabajo de grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. Repositorio Institucional UNAD. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/65576/cagonzalez.pdf>
- Gómez, R., & Valdés, P. (2020). Implementación de sistemas digitales de imagenología y sus desafíos en hospitales públicos de Chile. *Revista Chilena de Radiología*, 26(2), 85-94. <https://doi.org/10.4067/S0717-93082020000200085>

- Hernández, L., & Rojas, C. (2021). Impacto de las fallas técnicas en los equipos de radiología digital y su relación con la precisión diagnóstica. *Revista Médica de Tecnología en Imagen*, 7(4), 12-25.
- Hernández, M. J., & Sánchez, L. P. (2024). Prototipo para la evaluación de la calidad de imagen en radiología digital. *Revista Médica Cubana*, 63(1), 19-34. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-31942024000100019
- International Society for Imaging in Dermatology. (2024). DICOM: Imagen digital y comunicaciones en medicina. Estándares internacionales y aplicaciones. <https://isid.com/es/tecnologia/dicom-es/>
- International Atomic Energy Agency. (2018). *Quality assurance programme for digital radiography*. IAEA Human Health Series No. 36.
- Jiménez, S., López, J., & Torres, A. (2020). Radiología digital y modernización hospitalaria: implicaciones para la atención al paciente. *Revista de Ciencias Médicas y Tecnológicas*, 5(2), 60- 73.
- Körner, M., Weber, C. H., Wirth, S., Pfeifer, K. J., Reiser, M. F., & Treitl, M. (2007). Advances in digital radiography: Physical principles and system overview. *RadioGraphics*, 27(3), 675-686. <https://doi.org/10.1148/rg.273065075>
- López, M. (2023). Seguridad del paciente y sostenibilidad institucional en la era digital: retos del mantenimiento tecnológico hospitalario. *Revista de Salud Pública y Tecnología*, 18(1), 101-113.
- Martínez, L., & Duarte, E. (2022). Impacto del mantenimiento preventivo en la continuidad operativa de servicios radiológicos digitales. *Revista Iberoamericana de Tecnología Médica*, 14(1), 33–47.
- Martínez, D. (2022). Gestión hospitalaria y tiempos de inactividad: impacto económico y asistencial en servicios de diagnóstico por imagen. *Revista de Administración en Salud*, 10(3), 75-88.
- McBiles, M., & Chacko, A. K. (2000). Coping with PACS downtime in digital radiology. *Journal of Digital Imaging*, 13(3), 136-142. <https://doi.org/10.1007/BF03167671>
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2024). *Normativa y gestión del mantenimiento de equipos biomédicos en Colombia*. <https://www.minsalud.gov.co>
- Organización Mundial de la Salud. (2017). *Medical device maintenance: A practical guide*. WHO Press. <https://www.who.int/publications>

- Pérez Santoya, A. P., Almagro Mata, A., Ballesteros Pacheco, A. S., Villareal Hernández, R. A., & Castro De Janon, W. M. (2024). *Falta de un modelo preventivo de mantenimiento de equipos específicos basados en datos históricos de calibración y rendimiento del sistema en Colombia*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/68664>
- Revista Sanitaria de Investigación. (2025). Gestión y digitalización de sistemas RIS y PACS en radiología clínica de instituciones sanitarias. <https://revistasanitariadeinvestigacion.com/gestion-y-digitalizacion-de-sistemas-ris-y-pacs-en-radiologia-clinica/>
- Ruiz, A., Salazar, P., & Cordero, M. (2021). Aplicación de inteligencia artificial en mantenimiento predictivo de equipos médicos. *Revista Latinoamericana de Ingeniería Biomédica*, 15(2), 33-49.
- Sociedad Española de Física Médica. (2024). *Protocolo español de control de calidad en radiodiagnóstico: Equipos de radiografía digital*. <https://sefm.es/wp-content/uploads/control-de-calidad-de-los-equipos-de-radiografia-digital.pdf>
- Smith, J., & Brown, L. (2020). Predictive maintenance technologies in healthcare facilities. *Journal of Healthcare Engineering*, 2020, Article 8274615. <https://doi.org/10.1155/2020/8274615>
- Sprawls, P. (2000). *Physical principles of medical imaging* (2nd ed.). Medical Physics Publishing. Villalobos, J., Fernández, O., & Díaz, R. (2023). Estrategias de mantenimiento en equipos médicos. *Ingeniería Hospitalaria*, 9(2), 19-35.
- Villalba, J. (2013). Barreras tecnológicas en la implementación de sistemas de mantenimiento hospitalario en América Latina. *Revista de Gestión en Salud*, 6(1), 20-29.