



## **UNIVERSIDAD SANTANDER**

### **Facultad de Ciencias de la Salud**

### **Licenciatura en Radiología e Imágenes Diagnósticas**

Estudio documental sobre la influencia del mantenimiento preventivo en la nitidez de las imágenes diagnósticas en equipos de rayos X.

Trabajo de grado para optar por el título de Licenciatura en Radiología e Imágenes Diagnósticas

#### **Autores:**

Paola Alvarado

Elías Camacho

Joaquín Castillo

Eynar Pimentel

#### **Director del trabajo:**

Magíster Juan Villarreal

#### **Asesora metodológica:**

Profesora Margot Carrillo

Panamá, febrero de 2026

## **DEDICATORIA**

Dedicamos este trabajo a nuestras familias, por su apoyo incondicional, amor y comprensión durante todo este proceso académico. A nuestros docentes, quienes nos guiaron con sabiduría y paciencia. A todos los que, de alguna manera, contribuyeron con su motivación y confianza para alcanzar esta meta.

## **AGRADECIMIENTOS**

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a la Universidad Santander por brindarnos las herramientas necesarias para nuestra formación profesional. Al director, Magíster Juan Villarreal, y a nuestra asesora metodológica, profesora Margot Carrillo, por sus orientaciones constantes y valiosos aportes en cada etapa de este proyecto. A nuestras familias y amigos, por su paciencia y apoyo incondicional. A todos los profesionales del área de radiología que inspiran la mejora continua en la calidad diagnóstica.

## RESUMEN

El presente estudio analiza la influencia del mantenimiento preventivo en la nitidez de las imágenes diagnósticas generadas por equipos de rayos X convencionales, aspecto fundamental para garantizar diagnósticos precisos y la seguridad del paciente. El objetivo general de la investigación fue analizar la evidencia científica disponible sobre la relación entre el mantenimiento preventivo y la calidad de las imágenes radiográficas en equipos de rayos X.

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cualitativo de tipo documental, mediante la revisión sistemática de literatura científica, normativas internacionales, guías técnicas y documentos institucionales relacionados con la radiología diagnóstica y el control de calidad en equipos radiológicos. Para el análisis se revisaron 20 documentos científicos y técnicos publicados entre los años 2007 y 2023, provenientes de organismos internacionales y literatura especializada en radiología. El proceso de análisis se realizó mediante categorización temática y comparación documental, permitiendo identificar los principales factores técnicos asociados con la nitidez de las imágenes radiográficas.

Los resultados evidencian que la aplicación sistemática de programas de mantenimiento preventivo y control de calidad contribuye significativamente a mantener la estabilidad de los parámetros técnicos del equipo, tales como el kilovoltaje (kVp), el mili amperaje (mA) y el tiempo de exposición, factores que influyen directamente en la nitidez de la imagen diagnóstica. Asimismo, se identificó que la ausencia de mantenimiento preventivo incrementa la repetición de estudios radiográficos, favorece la aparición de artefactos en la imagen y aumenta innecesariamente la dosis de radiación al paciente.

Se concluye que el mantenimiento preventivo constituye un elemento esencial para garantizar la calidad diagnóstica de las imágenes radiológicas, optimizar la seguridad radiológica y fortalecer la eficiencia operativa de los servicios de imagenología. En este sentido, se destaca la importancia de implementar programas estructurados de mantenimiento y control de calidad que aseguren el adecuado funcionamiento de los equipos de rayos X y la obtención de imágenes diagnósticas nítidas y confiables.

**Palabras clave:** rayos X, mantenimiento preventivo, nitidez de imagen, calidad diagnóstica, seguridad radiológica.

## ABSTRACT

This study analyzes the influence of preventive maintenance on the sharpness of diagnostic images produced by conventional X-ray equipment, a fundamental aspect to ensure accurate diagnoses and patient safety. The main objective of this research was to analyze the available scientific evidence regarding the relationship between preventive maintenance and the quality of radiographic images in X-ray equipment.

The research was conducted using a qualitative documentary approach, through a systematic review of scientific literature, international regulations, technical guidelines, and institutional documents related to diagnostic radiology and quality control in radiological equipment. For the analysis, 20 scientific and technical documents published between 2007 and 2023 were reviewed, including publications from international organizations and specialized radiology literature. The analysis process was carried out through thematic categorization and documentary comparison, allowing the identification of the main technical factors associated with the sharpness of radiographic images.

The results show that the systematic implementation of preventive maintenance and quality control programs significantly contributes to maintaining the stability of technical parameters of the equipment, such as kilovoltage (kVp), milliamperere (mA), and exposure time, which directly influence the sharpness of diagnostic images. Likewise, the absence of preventive maintenance increases the repetition of radiographic studies, promotes the appearance of image artifacts, and unnecessarily increases the radiation dose to the patient.

It is concluded that preventive maintenance is an essential element to guarantee the diagnostic quality of radiological images, optimize radiation safety, and strengthen the operational efficiency

of imaging services. In this regard, the importance of implementing structured maintenance and quality control programs that ensure the proper functioning of X-ray equipment and the acquisition of sharp and reliable diagnostic images is highlighted.

**Keywords:** X-rays, preventive maintenance, image sharpness, diagnostic quality, radiation safety.

## ÍNDICE GENERAL

<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>3</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>4</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>6</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>5</b>
1.1 Descripción del problema de investigación .....	5
1.1.1 Planteamiento del problema o pregunta de investigación .....	7
1.2 Justificación .....	7
1.3 Objetivos .....	9
1.3.1 Objetivo general .....	9
1.3.2 Objetivos específicos .....	10
1.4 Delimitación de la línea y sublínea de investigación.....	10
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>12</b>
2.1 Marco Histórico .....	13
2.2 Marco Referencial.....	15
2.3 Marco conceptual.....	16
2.3.1 Radiología diagnóstica.....	16
2.3.2 Rayos X .....	16
2.3.3 Equipos de rayos X.....	16
2.3.4 Mantenimiento preventivo .....	17
2.3.5 Control de calidad .....	17
2.3.6 Calidad de la imagen radiográfica.....	17
2.3.7 Nitidez de la imagen radiográfica.....	17

2.3.8 Seguridad radiológica .....	18
2.3.9 Principio ALARA .....	18
2.4 Marco Legal .....	18
2.5 Marco Contextual.....	19
<b>CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>22</b>
3.1 Tipo y diseño de investigación .....	22
3.2 Unidades de estudio.....	22
3.3 Criterios de inclusión y exclusión .....	23
3.4 Técnicas de búsqueda documental.....	24
3.5. Matriz Bibliográfica.....	27
3.6. Procedimiento de análisis .....	31
3.7. Plan de análisis de resultados.....	31
3.8. Aspectos éticos .....	32
<b>CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS .....</b>	<b>35</b>
4. Resultados .....	35
4.1 Presentación de los resultados .....	36
4.1.1. Frecuencia de categorías temáticas identificadas en los documentos analizados.....	36
4.1.2.Síntesis comparativa de hallazgos en la literatura analizada.....	38
4.2 Discusión de los resultados.....	39
<b>CAPÍTULO V: PROPUESTA DE INTERVENCIÓN.....</b>	<b>42</b>
5. Intervención .....	42
5.1 Denominación o título de la propuesta .....	42
5.2 Justificación de la propuesta .....	42
5.3 Objetivos de la propuesta.....	43
5.4 Contenido de la propuesta .....	44
5.5 Desarrollo de la propuesta .....	44

5.6 Resultados obtenidos .....	46
5.7 Beneficiarios de la propuesta .....	47
5.8 Delimitación física o espacial de la propuesta .....	48
5.9 Factibilidad económica de la propuesta .....	48
5.10 Cronograma operativo de la propuesta .....	49
5.11 Evaluación de la propuesta .....	50
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>52</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>54</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>57</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>61</b>

## INTRODUCCIÓN

Los equipos de rayos X convencionales constituyen una herramienta esencial en los servicios de diagnóstico por imagen, ya que permiten identificar diversas condiciones clínicas como fracturas, lesiones internas y enfermedades pulmonares. Para que estas imágenes radiográficas sean útiles en la práctica médica, deben cumplir con estándares técnicos que aseguren su nitidez, uniformidad y adecuada calidad diagnóstica. En este contexto, el mantenimiento preventivo y el control de calidad diario representan prácticas fundamentales para garantizar el buen funcionamiento del equipo y la seguridad del paciente.

El mantenimiento preventivo se ha consolidado como un componente clave en la gestión tecnológica de los servicios de radiología, pues permite verificar la estabilidad de parámetros como el kilovoltaje, miliamperaje, tiempo de exposición y alineación del haz. La literatura científica evidencia que la ausencia de controles sistemáticos incrementa la probabilidad de artefactos descalibrados y variaciones técnicas que afectan la nitidez de la imagen, generando repeticiones innecesarias y mayor exposición a radiación.

El presente estudio tiene como objetivo analizar la evidencia documental existente sobre la influencia del mantenimiento preventivo en la nitidez de las imágenes diagnósticas producidas por equipos de rayos X. Para ello, se adopta un enfoque cualitativo de tipo documental basado en la revisión crítica de artículos científicos, normativas, guías internacionales y documentos técnicos especializados. Este diseño permite comprender, desde una perspectiva teórica, los factores que intervienen en la calidad radiográfica y la importancia de seguir protocolos adecuados de mantenimiento.

La investigación se estructura en cinco capítulos: el primero, aborda la identificación del problema, sus antecedentes y objetivos; el segundo, desarrolla el marco teórico y referencial; el tercero, describe el diseño metodológico; el cuarto presenta el análisis de los resultados y en el quinto se analiza la propuesta que se hace con el fin de fortalecer el mantenimiento preventivo de los equipos de rayos X para el mejoramiento de sus imágenes y evitar la sobreexposición de los pacientes. A pesar de que este estudio no involucra interacción directa con equipos o entornos clínicos, la revisión documental permite consolidar un análisis actualizado y fundamentado sobre la relevancia del mantenimiento preventivo. Este aporte resulta valioso para promover prácticas de calidad y fortalecer la seguridad radiológica en los servicios de imagenología.

A pesar de los avances tecnológicos en los equipos de diagnóstico por imagen, diversos estudios señalan que la falta de programas sistemáticos de mantenimiento preventivo continúa siendo un factor que afecta la calidad de las imágenes radiológicas en numerosos centros de salud. En muchos casos, las deficiencias en el mantenimiento de los equipos de rayos X pueden generar alteraciones en los parámetros técnicos de funcionamiento, lo que repercute directamente en la nitidez de las imágenes diagnósticas y en la confiabilidad de los resultados clínicos.

En el contexto panameño, la literatura científica disponible sobre la relación entre el mantenimiento preventivo de equipos radiológicos y la calidad de las imágenes diagnósticas es aún limitada, lo que evidencia un vacío científico en este campo de estudio. Esta situación resalta la necesidad de analizar la evidencia documental existente que permita comprender la influencia del mantenimiento preventivo en la nitidez de las imágenes generadas por equipos de rayos X convencionales.

En este sentido, la presente investigación tiene como propósito analizar la información científica disponible sobre el impacto del mantenimiento preventivo en la calidad de las imágenes radiológicas, con el fin de aportar elementos que contribuyan al fortalecimiento de las prácticas de control de calidad, optimización del diagnóstico médico y mejora de la seguridad radiológica en los servicios de imagenología.

**CAPÍTULO I:**  
**EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

## **CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1 Descripción del problema de investigación**

Los equipos de rayos X convencionales constituyen una herramienta diagnóstica fundamental en los servicios de salud, ya que permiten la identificación de enfermedades osteoarticulares, lesiones traumáticas, patologías pulmonares y diversas alteraciones internas. Su utilidad, sin embargo, depende de que las imágenes generadas presenten nitidez, contraste adecuado y ausencia de artefactos, requisitos indispensables para que los profesionales de salud puedan formular diagnósticos precisos.

En Panamá y otros países de la región, diversos informes institucionales y estudios técnicos han señalado que una proporción significativa de las instalaciones radiológicas presenta deficiencias en la aplicación sistemática del mantenimiento preventivo y el control de calidad diario. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2016), más del 50% de los servicios radiológicos en países de ingresos medios carecen de programas estructurados de control de calidad, lo que incrementa significativamente el riesgo de errores diagnósticos y exposiciones innecesarias a radiación. En el contexto latinoamericano, la Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA, 2020) ha documentado que la ausencia de protocolos de calidad puede aumentar hasta en un 25% la repetición de estudios radiográficos.

En Panamá, informes técnicos de la Caja de Seguro Social (CSS, 2020) han indicado que aún existen instalaciones con equipos descalibrados, deficiencias en el registro de parámetros de exposición, desgaste en componentes críticos y ausencia de pruebas periódicas como el control de congruencia del haz, la linealidad del mA o la repetibilidad del kVp. Estas fallas repercuten directamente sobre la nitidez de la imagen, provocando pérdida de detalles anatómicos, artefactos

por malas condiciones del detector, variaciones innecesarias en la exposición y deterioro anticipado del equipo.

Diversos estudios técnicos han demostrado que el mantenimiento preventivo constituye un factor clave para garantizar el correcto funcionamiento de los equipos de radiología y la calidad de las imágenes diagnósticas. El mantenimiento permite detectar fallas tempranas en los componentes del sistema radiológico, prevenir averías mayores y asegurar que los parámetros técnicos del equipo operen dentro de los rangos establecidos para la obtención de imágenes claras y confiables (Bonilla Palacio et al., 2025).

De igual manera, los programas de control de calidad en radiología incluyen pruebas periódicas destinadas a verificar parámetros fundamentales del equipo como el kilovoltaje (kVp), la corriente del tubo (mA) y el tiempo de exposición, los cuales influyen directamente en la densidad, contraste y nitidez de las imágenes radiográficas (Suasnavas Mera, 1999).

Asimismo, las guías técnicas de calidad en radiología recomiendan realizar inspecciones y revisiones del equipo antes del inicio de las actividades diarias para asegurar que todos los componentes funcionen correctamente y evitar fallas que puedan comprometer la calidad de la imagen diagnóstica y la seguridad del paciente (Clínica Guane, 2024).

Asimismo, la falta de mantenimiento preventivo eleva los costos operativos y aumenta el riesgo de fallas mayores que interrumpen los servicios radiológicos, afectando la continuidad y oportunidad de la atención al paciente. En estudios recientes, como González y López (2020), se identificó que los centros con programas activos de control de calidad reducen hasta en un 30% la probabilidad de fallas críticas y duplican la vida útil de ciertos componentes del equipo.

La magnitud del problema adquiere mayor relevancia si se considera su impacto en la seguridad del paciente. La repetición de estudios por mala nitidez ocasiona un incremento directo en la dosis de radiación, especialmente preocupante en poblaciones vulnerables como niños, embarazadas y pacientes crónicos. El principio ALARA, ampliamente reconocido en la práctica radiológica, establece que toda exposición debe mantenerse tan baja como sea razonablemente posible; sin embargo, su cumplimiento depende en gran medida de que los equipos funcionen bajo parámetros óptimos.

Por estas razones, se hace necesario realizar un estudio documental que analice la evidencia científica disponible sobre la influencia del mantenimiento preventivo en la nitidez de las imágenes obtenidas mediante equipos de rayos X en el contexto panameño y regional. Esta revisión permitirá comprender la magnitud del problema, identificar factores técnicos determinantes y reforzar la necesidad de implementar programas sistemáticos de control de calidad en los servicios de salud.

### **1.1.1 Planteamiento del problema o pregunta de investigación**

¿Cuál es la evidencia documental disponible sobre la influencia del mantenimiento preventivo en la nitidez de las imágenes diagnósticas en equipos de rayos X?

## **1.2 Justificación**

La presente investigación se justifica desde diferentes perspectivas. Desde el punto de vista científico, el estudio permite ampliar el conocimiento existente sobre la relación entre el mantenimiento preventivo de los equipos radiológicos y la calidad de las imágenes diagnósticas obtenidas mediante equipos de rayos X. A través de la revisión documental de literatura científica, guías técnicas y estudios especializados, se busca comprender cómo los programas de

mantenimiento influyen en el funcionamiento adecuado de los equipos y en la obtención de imágenes con la nitidez necesaria para apoyar diagnósticos médicos confiables. De esta manera, el estudio contribuye al fortalecimiento del conocimiento académico en el área de radiología y control de calidad en equipos médicos.

Asimismo, desde el punto de vista técnico-profesional, esta investigación aporta información relevante para tecnólogos médicos, técnicos en radiología y profesionales que laboran en los servicios de diagnóstico por imágenes. La revisión de la evidencia científica relacionada con el mantenimiento preventivo permite resaltar la importancia de aplicar programas sistemáticos de control de calidad, así como la verificación periódica de los parámetros técnicos de los equipos de rayos X. Esto contribuye a fortalecer las buenas prácticas en el manejo y mantenimiento de los equipos radiológicos, favoreciendo un mejor desempeño profesional y una mayor confiabilidad en los procedimientos diagnósticos.

Finalmente, desde la perspectiva social y sanitaria, la investigación adquiere relevancia al destacar la importancia de garantizar la calidad de las imágenes radiológicas para mejorar la precisión de los diagnósticos médicos y la seguridad de los pacientes. Un adecuado mantenimiento preventivo de los equipos de rayos X contribuye a reducir la repetición innecesaria de estudios radiográficos, lo que a su vez disminuye la exposición a radiación ionizante. En consecuencia, el fortalecimiento de las prácticas de mantenimiento y control de calidad en los servicios de radiología favorece una atención médica más segura, eficiente y de mayor calidad para la población.

### **1.3 Objetivos**

El estudio se justifica por la necesidad de fortalecer la práctica del control de calidad diario en equipos de rayos X, elemento clave para garantizar imágenes confiables y diagnósticos precisos. Aunque existen lineamientos internacionales, su aplicación en muchos servicios de salud es limitada debido al desconocimiento, falta de recursos o ausencia de políticas institucionales. La omisión de estos controles puede derivar en errores diagnósticos, aumento en la dosis de radiación recibida por los pacientes y fallas técnicas costosas en los equipos. Además, la implementación de mantenimiento preventivo contribuye a la seguridad del paciente, al cumplimiento del principio ALARA y a la eficiencia operativa de los servicios.

Este estudio, de carácter documental, pretende evidenciar la importancia del mantenimiento preventivo como una estrategia de mejora continua que optimiza la calidad diagnóstica, promueve la seguridad radiológica y fomenta la cultura de calidad en la práctica radiológica.

### **1.3.1 Objetivo general**

Realizar un análisis documental de la evidencia científica existente acerca de la influencia del mantenimiento preventivo en la nitidez de las imágenes diagnósticas producidas por equipos de rayos X.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Identificar la información científica y técnica existente sobre mantenimiento preventivo en equipos de rayos X y su relación con la calidad de la imagen diagnóstica.

- Analizar los criterios y métodos utilizados en los estudios documentales para evaluar la nitidez de las imágenes diagnósticas en equipos de rayos X.
- Evaluar las recomendaciones y protocolos de mantenimiento preventivo descritos en la literatura y su impacto reportado en la mejora de la nitidez de las imágenes diagnósticas.
- Analizar la relación entre el mantenimiento preventivo de equipos de rayos X y la seguridad radiológica en los servicios de diagnóstico por imagen.

#### **1.4 Delimitación de la línea y sublínea de investigación**

- **Línea de investigación:** Radiología e imagenología.
- **Sublínea de investigación:** Gestión de calidad en diagnóstico por imágenes o Seguridad radiológica y control técnico.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

El mantenimiento preventivo de los equipos de rayos X constituye un elemento fundamental para garantizar la calidad diagnóstica de las imágenes radiográficas y la seguridad radiológica en los servicios de imagenología. En la práctica clínica, el correcto funcionamiento de los equipos influye directamente en la obtención de imágenes con la nitidez y el contraste necesarios para la adecuada interpretación médica. Cuando los equipos presentan fallas técnicas o desviaciones en sus parámetros de funcionamiento, pueden generar imágenes de baja calidad que dificultan el diagnóstico y obligan a repetir los estudios.

De acuerdo con la Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA, 2014), los programas de aseguramiento y control de calidad en radiología permiten verificar el desempeño técnico de los equipos, mantener la estabilidad de los parámetros de exposición y prevenir fallas que puedan afectar la calidad de la imagen diagnóstica. Estos programas incluyen inspecciones periódicas, calibraciones técnicas y evaluaciones del rendimiento de los sistemas radiológicos.

La calidad de la imagen radiográfica depende de diversos factores técnicos, entre los que destacan el kilovoltaje (kVp), el miliamperaje (mA), el tiempo de exposición, la alineación del haz de radiación y el funcionamiento adecuado del sistema de detección. Según Bushong (2016), la estabilidad de estos parámetros resulta esencial para obtener imágenes con suficiente resolución espacial y contraste diagnóstico. Cuando dichos parámetros no se controlan de manera periódica, aumenta la probabilidad de que aparezcan artefactos, pérdida de nitidez o variaciones en el contraste que pueden afectar la interpretación clínica.

Asimismo, organismos internacionales como la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) destacan que la implementación de

programas de mantenimiento preventivo contribuye a reducir la repetición innecesaria de estudios radiográficos, disminuyendo la exposición del paciente a radiación ionizante y favoreciendo el cumplimiento del principio ALARA, el cual establece que toda exposición a radiación debe mantenerse tan baja como sea razonablemente posible (OMS, 2016; ICRP, 2007).

En el contexto actual de la radiología diagnóstica, caracterizado por la incorporación de sistemas digitales, la necesidad de protocolos de mantenimiento y control de calidad se ha intensificado. La transición de sistemas analógicos a digitales ha incrementado la dependencia del correcto funcionamiento de los detectores, los sistemas de procesamiento y el software asociado, lo que hace indispensable la aplicación de controles técnicos periódicos que garanticen la estabilidad del sistema y la consistencia de las imágenes diagnósticas.

Desde esta perspectiva, el mantenimiento preventivo no solo contribuye a preservar el funcionamiento de los equipos, sino que también representa una estrategia fundamental para mejorar la calidad del diagnóstico médico, optimizar el uso de los recursos tecnológicos y fortalecer la seguridad radiológica en los servicios de salud.

## **2.1 Marco Histórico**

La radiología diagnóstica tiene su origen en el año 1895, cuando el físico alemán Wilhelm Conrad Röntgen descubrió los rayos X, lo que representó un avance significativo para la medicina al permitir la visualización de estructuras internas del cuerpo humano sin necesidad de procedimientos invasivos. Este descubrimiento marcó el inicio del desarrollo de la radiología como disciplina científica y clínica (Bushong, 2016).

Durante las primeras décadas del siglo XX, los equipos de rayos X eran de carácter analógico y carecían de sistemas estandarizados de control de calidad. En esa etapa, la obtención de imágenes dependía principalmente de la experiencia del operador y de condiciones técnicas poco controladas, lo que generaba variabilidad en la calidad de las imágenes y mayores riesgos de exposición a radiación.

A partir de mediados del siglo XX se incorporaron importantes avances tecnológicos en los equipos radiológicos, como el control automático de exposición, mejoras en el diseño de los tubos de rayos X y sistemas de revelado más eficientes. Estos avances permitieron una mayor estabilidad en la producción de imágenes radiográficas y favorecieron el desarrollo de protocolos técnicos más estandarizados (Kotre, 2015).

Posteriormente, con la introducción de la radiología digital a finales del siglo XX, la obtención y procesamiento de las imágenes experimentó una transformación significativa. Los sistemas digitales permitieron mejorar la calidad de la imagen, facilitar su almacenamiento y optimizar los procesos de diagnóstico. Sin embargo, esta evolución tecnológica también generó nuevas exigencias en cuanto al mantenimiento preventivo y al control de calidad de los equipos radiológicos.

Ante esta evolución tecnológica, organismos internacionales como la Organización Mundial de la Salud, la Agencia Internacional de Energía Atómica y la Comisión Internacional de Protección Radiológica han desarrollado lineamientos orientados a fortalecer los programas de garantía de calidad en radiología diagnóstica, con el objetivo de asegurar la obtención de imágenes confiables y garantizar la seguridad radiológica en los servicios de salud.

## 2.2 Marco Referencial

El mantenimiento preventivo en los equipos de rayos X se refiere al conjunto de actividades técnicas planificadas y periódicas destinadas a conservar el funcionamiento adecuado del equipo y prevenir fallas que puedan afectar la calidad de las imágenes diagnósticas. Estas actividades incluyen la inspección de componentes, la calibración de parámetros técnicos y la verificación del rendimiento de los sistemas de detección y procesamiento de imagen (IAEA, 2014).

La calidad de la imagen radiográfica es un elemento esencial en la práctica de la radiología diagnóstica, ya que permite representar con precisión las estructuras anatómicas que serán evaluadas por el profesional de salud. Según Bushong (2016), esta calidad depende de factores como la resolución espacial, el contraste, el ruido y la presencia de artefactos.

Entre estos factores, la nitidez de la imagen ocupa un lugar fundamental, debido a que permite identificar detalles anatómicos finos y diferenciar con mayor claridad los bordes de las estructuras evaluadas. Cuando la nitidez se ve afectada por fallas técnicas o desviaciones en los parámetros del equipo, la imagen puede presentar desenfoque o pérdida de resolución, lo que dificulta la interpretación diagnóstica (Willis & Slovis, 2021).

Diversos estudios señalan que los servicios de radiología que aplican programas sistemáticos de mantenimiento preventivo y control de calidad presentan una mayor estabilidad en los parámetros de exposición y una menor tasa de repetición de estudios radiográficos. Esto se traduce en una mejora en la calidad de las imágenes y en una reducción de la exposición innecesaria a la radiación.

En este sentido, el mantenimiento preventivo debe entenderse como parte integral de los programas de garantía de calidad en radiología diagnóstica, ya que permite detectar desviaciones técnicas en etapas tempranas y asegurar el funcionamiento adecuado de los equipos utilizados en la obtención de imágenes médicas.

## **2.3 Marco conceptual**

### **2.3.1 Radiología diagnóstica**

La radiología diagnóstica es la especialidad médica que utiliza radiación ionizante para obtener imágenes del interior del cuerpo humano con fines diagnósticos. Estas imágenes permiten identificar alteraciones anatómicas y apoyar el diagnóstico de diversas enfermedades (Bushong, 2016).

### **2.3.2 Rayos X**

Los rayos X son una forma de radiación electromagnética capaz de atravesar los tejidos del cuerpo humano y producir imágenes en función de la densidad de las estructuras anatómicas. Su uso en medicina requiere un control riguroso de los parámetros de exposición debido a los efectos biológicos potenciales asociados a la radiación ionizante (Willis & Slovis, 2021).

### **2.3.3 Equipos de rayos X**

Los equipos de rayos X están compuestos por diversos elementos, entre los que se incluyen el tubo de rayos X, el generador, el sistema de colimación, el detector de imagen y los sistemas de

procesamiento. El correcto funcionamiento de cada uno de estos componentes es esencial para obtener imágenes radiográficas de calidad diagnóstica (IAEA, 2014).

#### **2.3.4 Mantenimiento preventivo**

El mantenimiento preventivo se define como el conjunto de acciones técnicas planificadas destinadas a conservar los equipos médicos en condiciones óptimas de funcionamiento, prevenir fallas y prolongar su vida útil (IAEA, 2014).

#### **2.3.5 Control de calidad**

El control de calidad en radiología consiste en la aplicación de pruebas y evaluaciones técnicas que permiten verificar que los equipos radiológicos funcionen dentro de los parámetros establecidos y produzcan imágenes con calidad diagnóstica adecuada (Kotre, 2015).

#### **2.3.6 Calidad de la imagen radiográfica**

La calidad de la imagen radiográfica se refiere al grado en que una imagen representa de forma precisa las estructuras anatómicas evaluadas, permitiendo su correcta interpretación diagnóstica (Bushong, 2016).

#### **2.3.7 Nitidez de la imagen radiográfica**

La nitidez corresponde a la capacidad de la imagen radiográfica para mostrar bordes definidos y detalles anatómicos finos. Este aspecto es fundamental para la identificación de estructuras pequeñas y para la precisión del diagnóstico médico (Willis & Slovis, 2021).

### **2.3.8 Seguridad radiológica**

La seguridad radiológica comprende el conjunto de medidas destinadas a proteger al paciente, al personal de salud y al entorno de los efectos potencialmente dañinos de la radiación ionizante (OMS, 2016).

### **2.3.9 Principio ALARA**

El principio ALARA establece que la exposición a radiación ionizante debe mantenerse tan baja como sea razonablemente posible, considerando factores técnicos, económicos y sociales, sin comprometer la calidad del diagnóstico (ICRP, 2007).

## **2.4 Marco Legal**

El uso de equipos emisores de radiación ionizante en los servicios de salud se encuentra regulado por normativas nacionales e internacionales destinadas a garantizar la seguridad radiológica y la calidad de los procedimientos diagnósticos.

A nivel internacional, la Comisión Internacional de Protección Radiológica establece principios fundamentales relacionados con la justificación, la optimización y la limitación de dosis en el uso de radiaciones ionizantes (ICRP, 2007). Estas recomendaciones constituyen la base de las políticas de protección radiológica aplicadas en el ámbito sanitario.

De igual manera, la Agencia Internacional de Energía Atómica ha desarrollado normas de seguridad orientadas a fortalecer los programas de garantía de calidad en radiología diagnóstica, incluyendo la implementación de programas de mantenimiento preventivo y controles periódicos del funcionamiento de los equipos (IAEA, 2014).

En Panamá, el Ministerio de Salud es la entidad responsable de regular el uso de fuentes de radiación ionizante en los establecimientos de salud, estableciendo lineamientos relacionados con la protección radiológica, el mantenimiento de los equipos y el control de calidad de los procedimientos diagnósticos.

## **2.5 Marco Contextual**

La presente investigación se desarrolla en el contexto de los servicios de imagenología que utilizan equipos de rayos X para la obtención de imágenes diagnósticas, los cuales desempeñan un papel fundamental en el apoyo al diagnóstico médico y en la toma de decisiones clínicas. En Panamá, estos servicios forman parte de la red pública y privada de atención en salud y se encuentran regulados por normativas nacionales y lineamientos internacionales orientados a garantizar la calidad diagnóstica y la seguridad radiológica.

En los establecimientos de salud panameños, los equipos de rayos X son utilizados de manera cotidiana para la evaluación de diversas patologías, lo que implica una alta demanda operativa y un uso constante de esta tecnología. Esta situación hace indispensable la implementación de programas sistemáticos de mantenimiento preventivo que aseguren el correcto funcionamiento de los equipos y la estabilidad de los parámetros técnicos, elementos directamente relacionados con la nitidez de las imágenes obtenidas (MINSA, 2018).

No obstante, diversos informes institucionales y estudios documentales señalan que en algunos centros de salud aún persisten limitaciones asociadas a la disponibilidad de recursos técnicos, la capacitación del personal y la actualización de los protocolos de mantenimiento. Estas condiciones pueden generar deficiencias en el control de calidad de los equipos de rayos X,

incrementando el riesgo de fallas técnicas, repetición de estudios y exposición innecesaria a radiación ionizante (OMS, 2016; IAEA, 2014).

En este contexto, la aplicación de programas de mantenimiento preventivo adquiere especial relevancia, ya que permite optimizar el desempeño de los equipos de imagenología, prolongar su vida útil y mejorar la calidad de las imágenes diagnósticas. Asimismo, contribuye al cumplimiento de los principios de protección radiológica y a la eficiencia operativa de los servicios, aspectos esenciales para garantizar una atención en salud segura y de calidad.

En el contexto panameño, el fortalecimiento de los programas de mantenimiento preventivo representa una oportunidad para mejorar la calidad de los servicios de imagenología y optimizar el uso de los recursos disponibles. Diversos estudios documentales indican que la inversión en mantenimiento preventivo resulta más costo-efectiva que la corrección de fallas graves o la sustitución prematura de equipos, además de contribuir a la continuidad operativa del servicio y a la satisfacción del usuario (OMS, 2016; IAEA, 2014).

Por lo tanto, el marco contextual de la presente investigación se sitúa en la necesidad de fortalecer las prácticas de mantenimiento preventivo en los servicios de imagenología, como estrategia para asegurar la nitidez de las imágenes radiográficas y promover una atención sanitaria acorde con los estándares nacionales e internacionales vigentes.

# **CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO**

## **CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO**

### **3.1 Tipo y diseño de investigación**

El presente estudio corresponde a una investigación cualitativa de tipo documental, basada en la recopilación, análisis e interpretación crítica de fuentes secundarias como artículos científicos, normativas técnicas, guías internacionales y documentos institucionales relacionados con el mantenimiento preventivo y la calidad de imagen en equipos de rayos X.

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque documental, ya que se basó en la revisión y análisis de fuentes bibliográficas relacionadas con el mantenimiento preventivo de los equipos radiológicos y su influencia en la calidad de las imágenes diagnósticas. Este tipo de investigación permite recopilar, analizar e interpretar información proveniente de diferentes documentos académicos, artículos científicos y publicaciones institucionales, con el propósito de comprender el fenómeno estudiado y sustentar teóricamente los hallazgos obtenidos.

El diseño de investigación es no experimental, dado que no se manipulan variables ni se interviene directamente en equipos o entornos clínicos; la información se analiza tal como se presenta en los documentos seleccionados. Asimismo, el estudio es transaccional, ya que la recolección y el análisis de la información se realizan en un único periodo de tiempo.

Este enfoque y diseño resultan apropiados porque permiten examinar la evidencia científica disponible, identificar patrones temáticos y comprender, desde una perspectiva teórica, cómo el mantenimiento preventivo influye en la nitidez de las imágenes diagnósticas producidas por equipos de rayos X.

### **3.2 Unidades de estudio**

Las unidades de estudio están conformadas por documentos académicos y técnicos que abordan el control de calidad en equipos de rayos X y su relación con la calidad de imagen diagnóstica. Estas unidades incluyen publicaciones científicas, normativas internacionales, manuales técnicos y guías de organismos especializados en radiología y protección radiológica.

Para el análisis, se establecieron categorías cualitativas que permitieron clasificar los aspectos temáticos relacionados con el mantenimiento preventivo, el control de calidad y la nitidez de las imágenes diagnósticas.

La categorización completa puede consultarse en el Anexo A, donde se presenta la matriz de análisis documental con las subcategorías, definiciones operativas y fuentes de referencia.

### **3.3 Criterios de inclusión y exclusión**

#### **Criterios de inclusión**

- Estudios de revisión, metaanálisis, investigaciones cualitativas y cuantitativas sobre el control de calidad en radiología.
- Investigaciones realizadas en el ámbito de la radiología y la salud pública que aborden temas de calidad de imagen y seguridad radiológica.
- Documentos emitidos por organismos reguladores (Ministerio de Salud de Panamá, Caja de Seguro Social), agencias internacionales (OIEA, OMS, ICRP) y asociaciones profesionales que establezcan estándares y protocolos para el control de calidad en equipos de rayos X.

- Documentos que describen los procedimientos para la realización de pruebas de control de calidad.
- Publicaciones de entidades gubernamentales o sanitarias que detallen la situación o implementación de programas de calidad en radiología en Panamá.
- Recursos de organizaciones reconocidas en el campo de la radiología y la protección radiológica.

### **Criterios de exclusión**

- Blogs personales, foros, redes sociales y sitios web sin respaldo institucional o científico.
- Publicaciones anteriores al año 2007, a menos que se trate de normas internacionales vigentes o literatura fundamental.
- Investigaciones centradas exclusivamente en otras modalidades de diagnóstico por imágenes (ultrasonido, resonancia magnética, entre otras) sin vinculación con el objetivo del estudio.
- Documentos repetidos en bases de datos o cuya versión completa no esté disponible para un análisis riguroso.

### **3.4 Técnicas de búsqueda documental**

La técnica empleada corresponde a una revisión documental sistemática, sustentada en la búsqueda, selección y análisis de fuentes secundarias obtenidas de bases de datos académicas y organismos oficiales.

Se consultaron principalmente las siguientes fuentes: SciELO, PubMed, Scopus y Google Scholar, así como documentos emitidos por organismos internacionales como la Organización

Mundial de la Salud (OMS), la Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA), la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) y entidades nacionales de salud.

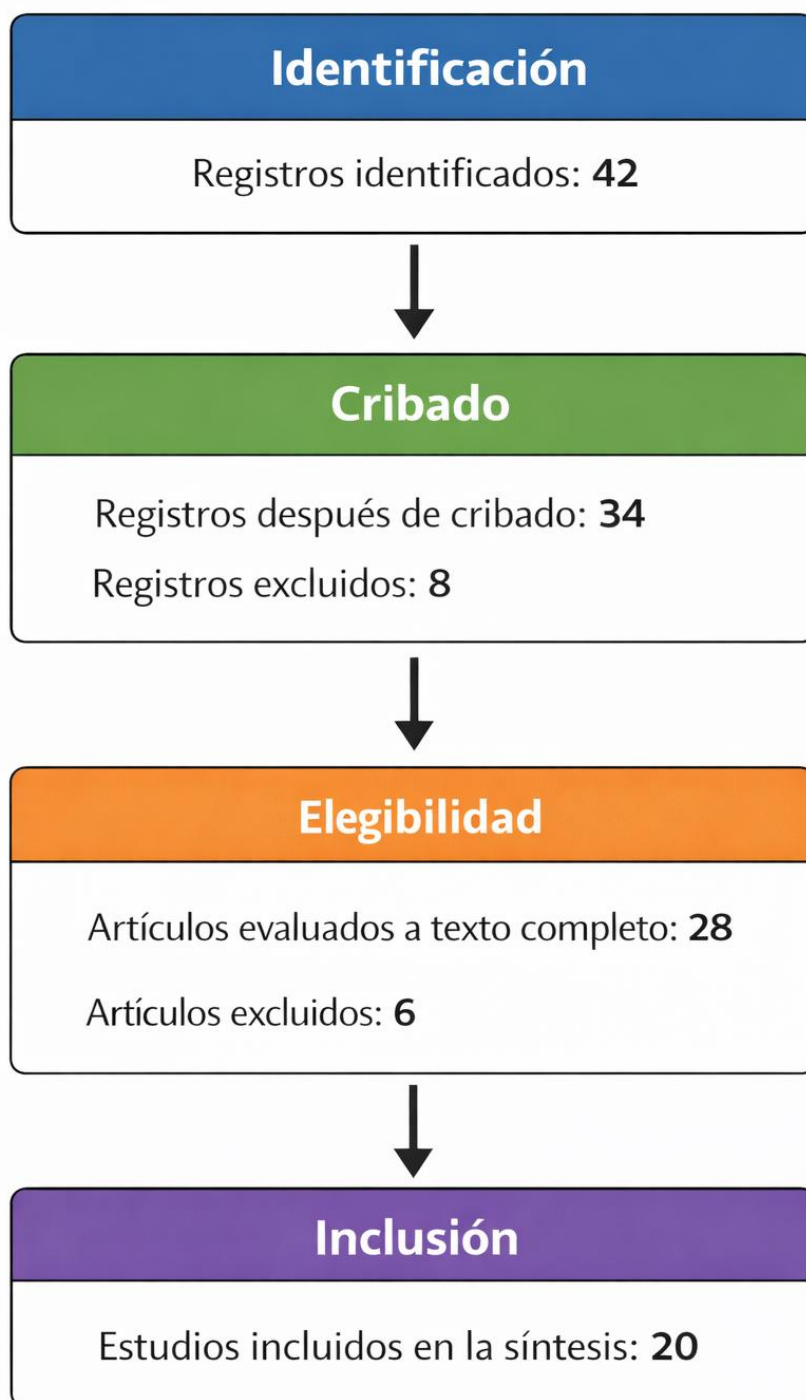
El proceso de búsqueda se realizó mediante palabras clave relacionadas con los ejes temáticos de la investigación, tales como: control de calidad, radiología diagnóstica, mantenimiento preventivo, nitidez de imagen y seguridad del paciente. La información recopilada fue organizada utilizando gestores bibliográficos como Zotero y Mendeley, con el propósito de garantizar un registro sistemático de las fuentes, su trazabilidad y la correcta citación según las normas APA.

Durante el proceso de búsqueda documental se identificaron inicialmente 42 documentos científicos y técnicos relacionados con la temática del estudio. Posteriormente, se aplicaron los criterios de inclusión y exclusión previamente establecidos, lo que permitió depurar las fuentes bibliográficas y seleccionar aquellas que presentaban mayor pertinencia temática, actualidad y respaldo académico. Como resultado de este proceso se seleccionaron 20 documentos, los cuales constituyen la base bibliográfica utilizada para el desarrollo de la investigación.

El proceso de identificación, selección y depuración de las fuentes se realizó siguiendo los lineamientos del método PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), el cual permite organizar de manera sistemática la revisión de literatura mediante las etapas de identificación, cribado, elegibilidad e inclusión de documentos. Este procedimiento contribuye a garantizar la transparencia metodológica y el rigor científico en la selección de las fuentes utilizadas en la investigación.

Este proceso se presenta en el siguiente diagrama de flujo PRISMA.

## Método PRISMA



### 3.5. Matriz Bibliográfica

N°	Autor(es)	Año	Título del documento	Tipo de fuente	Objetivo del documento	Metodología	Principales resultados	Aporte al estudio
1	Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA)	2014	Quality assurance programme for digital radiography	Informe institucional	Establecer lineamientos de aseguramiento de calidad en radiografía digital	Revisión técnica y normativa	El control periódico de parámetros técnicos mejora la nitidez de la imagen y reduce fallas del equipo	Sustenta la importancia del mantenimiento preventivo como requisito técnico
2	Organización Mundial de la Salud (OMS)	2016	Radiological quality assurance programme	Manual institucional	Orientar a tecnólogos en prácticas de calidad y seguridad radiológica	Revisión documental	La falta de mantenimiento o incremento de la repetición de estudios y la dosis al paciente	Refuerza la relación mantenimiento–seguridad del paciente
3	Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP)	2007	Protección radiológica en medicina	Informe normativo	Establecer principios de protección radiológica	Análisis normativo	El mantenimiento adecuado contribuye al cumplimiento del principio ALARA	Fundamenta el enfoque de seguridad radiológica
4	Bushong, S. C.	2016	Radiologic science for technologists	Libro científico	Explicar principios físicos y técnicos de la radiología	Revisión teórica	La estabilidad del kVp, mA y tiempo de exposición influye en la nitidez de la imagen	Base teórica sobre calidad de imagen
5	González, J. A., & López, M. P.	2020	Evaluación de un programa de control de calidad en equipos de rayos X convencionales	Artículo científico	Evaluar el impacto del control de calidad en equipos de rayos X	Estudio evaluativo	Los centros con control de calidad presentan mejor nitidez y menor repetición de estudios	Evidencia empírica directa para los resultados

6	Kotre, C. J.	2015	Practical quality assurance in medical imaging	Artículo científico	Analizar prácticas de aseguramiento de calidad en imagen médica	Revisión técnica	El mantenimiento o preventivo detecta fallas antes de afectar la imagen	Sustenta la prevención como estrategia clave
7	Willis, C. E., & Slovis, T. L.	2021	Pediatric imaging: Balancing image quality and radiation dose	Artículo científico	Analizar la relación calidad de imagen-dosis	Revisión clínica	Mejor calidad técnica reduce la necesidad de repetir estudios	Refuerza la optimización de dosis
8	Ministerio de Salud de Panamá (MINSA)	2018	Normas técnicas para servicios de imagenología diagnóstica	Norma nacional	Regular el uso seguro de equipos radiológicos	Marco normativo	Exige mantenimiento y control de calidad periódico	Contextualiza el estudio a Panamá
9	Caja de Seguro Social (CSS)	2020	Protocolo de control de calidad para equipos de radiología	Documento institucional	Establecer controles técnicos internos	Guía técnica	El seguimiento técnico mejora el desempeño del equipo	Apoya la propuesta de intervención
10	European Society of Radiology (ESR)	2020	ESR quality and safety strategy 2020-2025	Documento institucional	Promover calidad y seguridad en radiología	Estrategia institucional	La cultura de calidad reduce riesgos técnicos	Refuerza la cultura de calidad
11	Almeida, R., & Moreno, G.	2022	La cultura de seguridad en radiología médica	Artículo científico	Analizar la cultura de seguridad en servicios de radiología	Revisión documental	La implementación de protocolos de seguridad mejora la calidad de los procedimientos radiológicos	Refuerza la importancia de la seguridad en los procesos de imagen

12	American College of Radiology (ACR)	2017	ACR–AAPM–SIIM technical standard for electronic practice of medical imaging	Norma técnica	Establecer estándares para la práctica electrónica de imágenes médicas	Análisis normativo	El uso de estándares mejora la gestión y calidad de las imágenes diagnósticas	Apoya la estandarización de procesos en radiología
13	Bonilla, L. F., Muñoz, A. P., Ortigón, J. S., Penagos, V. P., & Rincón, I. V.	2025	Mantenimiento preventivo de equipos de rayos X para mejorar la calidad de las imágenes en radiología digital	Trabajo de grado	Analizar el impacto del mantenimiento preventivo en la calidad de imagen	Estudio aplicado	El mantenimiento o programado reduce fallas técnicas y mejora la calidad de imagen	Evidencia académica directa relacionada con el problema de estudio
14	Clínica Guane	2024	Guía para garantizar la calidad de la imagen en radiología	Guía técnica	Establecer procedimientos para mejorar la calidad de las imágenes radiológicas	Guía técnica	La aplicación de protocolos técnicos mejora la nitidez y reduce errores diagnósticos	Apoya la aplicación de buenas prácticas técnicas
15	Hernández, J., & Damonte, L.	2023	Protocolo para el control de calidad de equipos generadores de rayos X en radiodiagnóstico	Artículo científico	Desarrollar protocolos de control de calidad para equipos de rayos X	Investigación aplicada	La implementación de protocolos técnicos reduce fallas operativas	Refuerza la importancia del control de calidad
16	Iriarte, A., & Pérez, J.	2018	Programas de control de calidad en servicios de imagenología	Artículo científico	Analizar normativas internacionales de control de calidad	Revisión documental	Los programas de control de calidad mejoran la confiabilidad de los diagnósticos	Apoya el marco teórico sobre control de calidad

17	Ministerio de Salud de Panamá (MINSa)	2018	Reglamento técnico sobre protección radiológica y uso de equipos emisores de radiación ionizante	Norma nacional	Regular el uso de radiaciones ionizantes	Marco normativo	Establece requisitos de mantenimiento y seguridad radiológica	Refuerza el marco legal del estudio
18	Organización Mundial de la Salud (WHO)	2016	Communicating radiation risks in paediatric imaging	Documento técnico	Orientar sobre la comunicación de riesgos en radiología pediátrica	Revisión técnica	La correcta gestión de la radiación reduce riesgos al paciente	Refuerza la seguridad del paciente
19	Suasnavas Mera, J. M.	1999	Guías de mantenimiento y pruebas de control de calidad para equipos de imagenología	Documento académico	Describir pruebas técnicas para mantenimiento de equipos radiológicos	Investigación técnica	El control de calidad periódico mejora el desempeño de los equipos	Apoya los procedimientos técnicos de mantenimiento
20	International Commission on Radiological Protection	2007	The 2007 recommendations of the International Commission on Radiological Protection	Informe científico	Establecer recomendaciones internacionales de protección radiológica	Revisión científica	La optimización de la dosis y el control técnico son esenciales para la seguridad radiológica	Refuerza el marco teórico de protección radiológica

Fuente: Elaboración propia a partir de la revisión documental (2025).

### 3.6. Procedimiento de análisis

Para la recolección y análisis de datos se utilizó una matriz de análisis documental diseñada específicamente para organizar y sistematizar la información obtenida de las fuentes seleccionadas.

Esta matriz, elaborada por el equipo investigador y validada por el asesor metodológico, permitió registrar los datos clave de cada documento, tales como: autor, año, tipo de fuente, objetivo del estudio, metodología utilizada, resultados principales y relevancia con respecto al tema de investigación.

El análisis de la información se desarrolló mediante la identificación de temas recurrentes relacionados con el mantenimiento preventivo y su influencia en la nitidez de las imágenes diagnósticas. Posteriormente, se realizó la comparación y contraste entre los enfoques, resultados y recomendaciones de los distintos autores, con el propósito de identificar coincidencias, diferencias y aportes significativos dentro de la literatura científica.

Finalmente, la información fue integrada en un marco teórico y conceptual coherente que permite sustentar los objetivos de la investigación.

El proceso de análisis documental se llevó a cabo mediante una lectura analítica y sistemática de las fuentes seleccionadas. Cada documento fue revisado con el objetivo de identificar información relevante relacionada con el mantenimiento preventivo de los equipos radiológicos y su influencia en la nitidez de las imágenes diagnósticas. Posteriormente, la información obtenida fue organizada en categorías de análisis previamente definidas, lo que permitió comparar los aportes de los distintos autores y establecer relaciones entre los conceptos abordados en la investigación.

### **3.7. Plan de análisis de resultados**

El análisis de los resultados se llevó a cabo mediante un enfoque temático–comparativo, organizando la información recopilada en una matriz que permitió identificar patrones, coincidencias y diferencias entre los distintos documentos revisados.

Se examinaron los temas centrales relacionados con el mantenimiento preventivo, el control de calidad y su influencia en la nitidez de la imagen diagnóstica, contrastando los aportes de autores, normativas y estudios previos.

Posteriormente, se realizó una síntesis interpretativa que integró los hallazgos más relevantes, destacando tendencias, vacíos teóricos y consistencias entre las fuentes analizadas. Este proceso permitió construir una comprensión estructurada y fundamentada del impacto que tiene el mantenimiento preventivo en la calidad radiográfica según la evidencia científica disponible.

### **3.8. Aspectos éticos**

El presente estudio es de carácter documental y no involucra la participación directa de seres humanos ni la manipulación de información clínica sensible. No obstante, el proyecto fue considerado dentro de los lineamientos institucionales para la evaluación ética de investigaciones académicas, contemplando la revisión por parte del comité de bioética correspondiente, de acuerdo con las normativas establecidas.

No obstante, durante el desarrollo del estudio se respetaron los principios éticos fundamentales que garantizan la integridad académica. Todas las fuentes consultadas fueron citadas conforme a las normas APA, respetando la propiedad intelectual de los autores.

La información fue analizada de manera objetiva, sin alteración, manipulación o interpretación sesgada de los datos encontrados. Asimismo, se utilizaron únicamente documentos científicos, técnicos e institucionales provenientes de fuentes confiables y reconocidas en el ámbito de la radiología y la protección radiológica.

Finalmente, se evitó cualquier forma de plagio mediante el adecuado parafraseo y la correcta atribución de las ideas de los autores consultados. De esta manera, la investigación cumple con los principios de honestidad, rigor académico, transparencia y responsabilidad en el manejo de la información.

**CAPÍTULO IV:**

**PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS**

**RESULTADOS**

## **CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS**

### **4. Resultados**

El presente capítulo expone los resultados obtenidos a partir del análisis documental realizado sobre el mantenimiento preventivo de los equipos de rayos X y su influencia en la nitidez de las imágenes diagnósticas. Para el desarrollo del estudio se revisaron 20 documentos científicos y técnicos, entre los que se incluyen artículos académicos, libros especializados, guías institucionales, normativas internacionales y documentos emitidos por organismos de salud.

La información recopilada fue analizada mediante una matriz bibliográfica, la cual permitió identificar los objetivos, metodologías y principales aportes de cada fuente consultada. A partir de este proceso se establecieron cuatro categorías de análisis, relacionadas con los aspectos más relevantes del estudio:

- Mantenimiento preventivo de equipos de rayos X
- Control de calidad en radiología
- Calidad y nitidez de la imagen diagnóstica
- Seguridad radiológica

La clasificación temática permitió organizar la información de forma sistemática e identificar coincidencias conceptuales, tendencias en la literatura científica y aportes relevantes para comprender la influencia del mantenimiento preventivo en la calidad de las imágenes radiográficas.

## 4.1 Presentación de los resultados

A partir del análisis de los 20 documentos científicos revisados, se identificaron diferentes categorías temáticas relacionadas con el mantenimiento preventivo de los equipos de rayos X y su influencia en la calidad de la imagen diagnóstica. Para facilitar la interpretación de los hallazgos, los resultados se organizaron según la frecuencia con que cada temática aparece en la literatura analizada.

### 4.1.1. Frecuencia de categorías temáticas identificadas en los documentos analizados

<b>Categoría de análisis</b>	<b>Número de documentos</b>	<b>Porcentaje</b>
Mantenimiento preventivo de equipos de rayos X	17	85%
Control de calidad en radiología	15	75%
Calidad y nitidez de la imagen diagnóstica	16	80%
Seguridad radiológica	13	65%

Los resultados evidencian que 17 de los 20 documentos analizados (85%) destacan que el mantenimiento preventivo tiene una relación directa con la calidad de la imagen diagnóstica. En estos estudios se señala que la verificación periódica de parámetros técnicos como el kilovoltaje (kVp), el miliamperaje (mA), el tiempo de exposición y la alineación del haz de radiación

contribuye a mantener la nitidez y uniformidad de las imágenes radiográficas (Bushong, 2016; Agencia Internacional de Energía Atómica, 2014).

Asimismo, 15 documentos (75%) resaltan la importancia del control de calidad en los equipos de rayos X. Estas fuentes indican que la aplicación de pruebas técnicas periódicas permite evaluar el funcionamiento del tubo de rayos X, el desempeño del detector, la linealidad del generador y la consistencia del sistema de procesamiento de imagen, lo que favorece la obtención de imágenes diagnósticas más precisas (Kotre, 2015; Willis & Slovis, 2021).

En relación con la calidad y nitidez de la imagen diagnóstica, 16 documentos (80%) coinciden en que el mantenimiento preventivo contribuye a mantener la estabilidad de los parámetros técnicos del equipo, lo cual permite obtener imágenes con mayor definición y reducir la presencia de artefactos o distorsiones que puedan afectar el diagnóstico médico.

Por otra parte, 13 documentos (65%) destacan la relación entre el mantenimiento preventivo y la seguridad radiológica. Según estas fuentes, la falta de mantenimiento puede generar fallas técnicas que obliguen a repetir estudios radiográficos, lo que incrementa la exposición del paciente a radiación ionizante. Por esta razón, organismos internacionales recomiendan implementar programas de mantenimiento preventivo como parte de las estrategias de optimización de la dosis radiológica (Organización Mundial de la Salud, 2016; Comisión Internacional de Protección Radiológica, 2007).

Cabe señalar que un mismo documento puede abordar más de una categoría temática, por lo que los valores presentados no son excluyentes y pueden repetirse entre las diferentes categorías analizadas.

#### 4.1.2. Síntesis comparativa de hallazgos en la literatura analizada

<b>Autor / Fuente</b>	<b>Tema principal</b>	<b>Hallazgo relevante</b>	<b>Relación con el estudio</b>
IAEA (2014)	Aseguramiento de calidad	El control técnico periódico mejora la estabilidad del sistema radiológico	Sustenta la importancia del mantenimiento preventivo
OMS (2016)	Seguridad radiológica	La falta de mantenimiento incrementa la repetición de estudios	Relación directa con la optimización de dosis
ICRP (2007)	Protección radiológica	El mantenimiento contribuye al cumplimiento del principio ALARA	Base teórica de seguridad radiológica
Bushong (2016)	Física radiológica	La estabilidad de los parámetros técnicos influye en la calidad de la imagen	Fundamentación teórica de la calidad de imagen
Kotre (2015)	Control de calidad	El mantenimiento permite detectar fallas antes de afectar el diagnóstico	Evidencia técnica del mantenimiento preventivo
Willis & Slovis (2021)	Optimización de dosis	La calidad técnica reduce la repetición de estudios	Relación entre calidad de imagen y seguridad
MINSA (2018)	Normativa nacional	Exige control técnico periódico de equipos radiológicos	Contexto normativo del estudio
CSS (2020)	Gestión institucional	El control técnico mejora el desempeño de los equipos	Apoya la implementación de programas de mantenimiento

La síntesis de la literatura evidencia que existe un consenso entre los diferentes autores y organismos especializados respecto a la importancia del mantenimiento preventivo y los programas de control de calidad para garantizar el adecuado funcionamiento de los equipos radiológicos y la obtención de imágenes diagnósticas confiables.

#### **4.2 Discusión de los resultados**

La discusión de los resultados permite interpretar los hallazgos obtenidos a partir del análisis documental y contrastarlos con los fundamentos teóricos desarrollados en el marco teórico de la investigación.

Los resultados evidencian que la mayoría de los documentos revisados coinciden en que el mantenimiento preventivo influye directamente en la calidad de la imagen diagnóstica. Este hallazgo coincide con lo planteado por Bushong (2016), quien señala que la estabilidad de los parámetros técnicos del equipo radiológico es fundamental para evitar la degradación progresiva de la calidad de imagen.

De igual forma, las recomendaciones emitidas por la Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA, 2014) enfatizan que los programas de aseguramiento de la calidad deben incluir controles periódicos del equipo radiológico con el objetivo de mantener la consistencia de los parámetros de exposición y prevenir fallas técnicas que puedan afectar la imagen radiográfica.

Desde la perspectiva de la protección radiológica, los resultados también coinciden con las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2016) y la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP, 2007), las cuales señalan que la repetición de

estudios radiográficos debido a deficiencias técnicas constituye una de las principales causas de exposición innecesaria a radiación ionizante.

En este sentido, el mantenimiento preventivo no solo contribuye a mejorar la calidad de la imagen diagnóstica, sino que también constituye una estrategia fundamental para optimizar la dosis de radiación y garantizar el cumplimiento del principio ALARA (As Low As Reasonably Achievable).

Asimismo, los resultados muestran que los servicios de imagenología que implementan programas estructurados de mantenimiento preventivo presentan mejores condiciones operativas y mayor estabilidad en los parámetros técnicos de los equipos. Esto coincide con lo señalado por Kotre (2015), quien afirma que el mantenimiento preventivo permite detectar fallas incipientes antes de que estas afecten la calidad de la imagen.

A pesar del consenso existente en la literatura respecto a la importancia del mantenimiento preventivo, se identificó que varios estudios analizan este aspecto desde una perspectiva técnica general, sin profundizar en evaluaciones específicas sobre su impacto directo en la nitidez de la imagen en equipos convencionales de rayos X dentro de contextos hospitalarios latinoamericanos. Esta situación evidencia la necesidad de continuar desarrollando investigaciones que analicen de manera más detallada la relación entre los programas de mantenimiento y los parámetros técnicos que influyen en la calidad diagnóstica de las imágenes.

Desde una perspectiva analítica, los resultados obtenidos en la revisión documental permiten identificar que el mantenimiento preventivo no debe considerarse únicamente como una actividad técnica de revisión periódica de los equipos, sino como un componente integral de la gestión de calidad en los servicios de imagenología. La coincidencia de la mayoría de los autores

en destacar la relación entre mantenimiento, calidad de imagen y seguridad radiológica sugiere que estos elementos forman parte de un mismo sistema de control que busca garantizar diagnósticos confiables y seguros. En este sentido, la evidencia analizada indica que la correcta implementación de programas de mantenimiento preventivo contribuye no solo a preservar el funcionamiento técnico de los equipos, sino también a fortalecer la eficiencia del servicio y la calidad de la atención al paciente.

Asimismo, el análisis de los documentos revisados permite observar que las instituciones y organismos internacionales enfatizan la necesidad de integrar los programas de mantenimiento preventivo dentro de políticas institucionales de control de calidad y seguridad radiológica. Esto evidencia que el mantenimiento no debe aplicarse de forma aislada, sino como parte de un sistema estructurado de gestión tecnológica en los servicios de salud. De esta manera, los resultados del presente estudio refuerzan la importancia de promover una cultura de mantenimiento y supervisión técnica continua, orientada a mejorar la confiabilidad de los equipos radiológicos y la precisión del diagnóstico médico.

En consecuencia, el análisis comparativo de la literatura evidencia que el mantenimiento preventivo constituye un componente esencial dentro de los programas de gestión de calidad en radiología diagnóstica. Su aplicación sistemática permite mejorar la nitidez de las imágenes radiográficas, reducir la repetición de estudios y fortalecer la seguridad radiológica en los servicios de imagenología.

# **CAPÍTULO V: PROPUESTA DE INTERVENCIÓN**

## **CAPÍTULO V: PROPUESTA DE INTERVENCIÓN**

### **5. Intervención**

El presente capítulo desarrolla una propuesta de intervención orientada al fortalecimiento del mantenimiento preventivo de los equipos de rayos X, con el propósito de mejorar la nitidez de las imágenes diagnósticas y garantizar la seguridad radiológica en los servicios de imagenología. La propuesta se fundamenta en los resultados del análisis documental realizado, los cuales evidencian que la aplicación sistemática de programas de mantenimiento preventivo constituye un factor determinante para la calidad de la imagen diagnóstica, la optimización de dosis y la eficiencia operativa de los servicios de salud.

La intervención planteada tiene un carácter técnico–preventivo y se concibe como una guía aplicable a los servicios de imagenología, alineada con los lineamientos de organismos internacionales y la normativa vigente en Panamá.

#### **5.1 Denominación o título de la propuesta**

Programa de mantenimiento preventivo para equipos de rayos X orientado a la mejora de la nitidez de las imágenes diagnósticas y la seguridad radiológica en los servicios de imagenología.

#### **5.2 Justificación de la propuesta**

La propuesta se justifica en la necesidad de garantizar imágenes diagnósticas de calidad, que permitan una correcta interpretación clínica y reduzcan la repetición innecesaria de estudios radiográficos. El análisis documental evidenció que la ausencia o deficiencia de programas de mantenimiento preventivo puede generar alteraciones en la nitidez de la imagen, aparición de

artefactos y variaciones en los parámetros técnicos del equipo, afectando la confiabilidad diagnóstica.

Asimismo, la propuesta responde a los lineamientos establecidos por la Organización Mundial de la Salud, la Agencia Internacional de Energía Atómica y la Comisión Internacional de Protección Radiológica, las cuales recomiendan la implementación de programas sistemáticos de mantenimiento y control de calidad como estrategias esenciales para la optimización de dosis y el cumplimiento del principio ALARA. En el contexto panameño, esta propuesta contribuye al fortalecimiento de las prácticas técnicas en los servicios de imagenología y al cumplimiento de la normativa nacional en materia de protección radiológica.

### **5.3 Objetivos de la propuesta**

#### **Objetivo general**

Proponer un programa estructurado de mantenimiento preventivo para equipos de rayos X que contribuya a mejorar la nitidez de las imágenes diagnósticas y a fortalecer la seguridad radiológica en los servicios de imagenología.

#### **Objetivos específicos**

- Establecer lineamientos técnicos básicos para la ejecución del mantenimiento preventivo de equipos de rayos X.
- Identificar los principales parámetros técnicos que influyen en la nitidez de la imagen diagnóstica.
- Proponer un cronograma referencial de mantenimiento preventivo.
- Definir indicadores teóricos de evaluación del programa.
- Fortalecer el cumplimiento de las normas de seguridad radiológica en los servicios de

imagenología.

#### **5.4 Contenido de la propuesta**

La propuesta de intervención está estructurada en los siguientes componentes:

- Lineamientos generales de mantenimiento preventivo de equipos de rayos X.
- Clasificación del mantenimiento preventivo según periodicidad (diario, mensual y anual).
- Parámetros técnicos a verificar, tales como:
  - kilo voltaje (kVp),
  - mili amperaje (mA),
  - tiempo de exposición,
  - alineación del haz de radiación,
  - funcionamiento del detector y sistema de procesamiento de imagen.
  - Indicadores básicos de calidad de imagen, enfocados en la nitidez, contraste y presencia de artefactos.
  - Orientaciones sobre seguridad radiológica y protección del paciente.
  - Registro y documentación de las actividades de mantenimiento preventivo.

#### **5.5 Desarrollo de la propuesta**

El desarrollo de la propuesta se fundamenta en la implementación de un programa estructurado de mantenimiento preventivo para equipos de rayos X, orientado a garantizar la estabilidad de los parámetros técnicos, la calidad de la imagen diagnóstica y la seguridad radiológica en los servicios de imagenología. Este programa se concibe como un proceso continuo

y sistemático, integrado a la gestión operativa del servicio.

La propuesta se organiza en etapas secuenciales que permiten una aplicación ordenada y progresiva. En una primera etapa, se plantea la planificación del programa, que incluye la identificación de los equipos de rayos X disponibles, la revisión de la documentación técnica, los manuales del fabricante y la normativa vigente aplicable. Esta etapa permite establecer las necesidades específicas de mantenimiento y definir los recursos técnicos requeridos para su ejecución.

En una segunda etapa, se propone la ejecución del mantenimiento preventivo, clasificada según la periodicidad de las actividades. El mantenimiento diario contempla la inspección visual del equipo, la verificación del correcto encendido, el estado de los cables, la limpieza básica y la comprobación de las condiciones operativas del área. El mantenimiento mensual se orienta a la verificación de los parámetros técnicos de exposición, la alineación del haz de radiación, la colimación, el desempeño del detector y la revisión del sistema de procesamiento de imagen. Por su parte, el mantenimiento anual comprende evaluaciones técnicas más exhaustivas, calibraciones especializadas y pruebas de control de calidad que aseguren el desempeño integral del equipo.

Una tercera etapa corresponde al seguimiento y control del programa, mediante el registro sistemático de todas las actividades de mantenimiento realizadas. La propuesta contempla el uso de formatos de registro técnico que permitan documentar fechas, actividades ejecutadas, responsables y observaciones relevantes. Estos registros facilitan la identificación temprana de desviaciones técnicas y contribuyen a la mejora continua del programa.

Asimismo, el desarrollo de la propuesta incorpora la capacitación básica del personal involucrado en el uso de los equipos de rayos X, con el fin de fortalecer la correcta operación, el reconocimiento de fallas iniciales y el cumplimiento de las normas de seguridad radiológica. La capacitación se orienta a reforzar buenas prácticas en el uso del equipo y a promover una cultura de calidad y prevención dentro del servicio de imagenología.

La propuesta contempla la evaluación periódica del programa a través de indicadores teóricos, tales como la estabilidad de los parámetros técnicos, la disminución de la repetición de estudios por deficiencias de imagen y el cumplimiento del cronograma de mantenimiento. Esta evaluación permite valorar el impacto del programa y realizar ajustes orientados a optimizar su funcionamiento y sostenibilidad en el tiempo.

## **5.6 Resultados obtenidos**

Dado el carácter documental de la propuesta, los resultados se plantean como resultados esperados derivados de su implementación teórica. Entre los principales resultados se prevé:

- Mejora en la nitidez y uniformidad de las imágenes diagnósticas.
- Reducción de la repetición de estudios radiográficos por deficiencias técnicas.
- Optimización de la vida útil de los equipos de rayos X.
- Fortalecimiento de la seguridad radiológica del paciente y del personal ocupacionalmente expuesto.
- Mayor eficiencia operativa de los servicios de imagenología.

## **5.7 Beneficiarios de la propuesta**

La propuesta de intervención contempla beneficiarios directos e indirectos, los cuales se

describen a continuación:

#### Beneficiarios directos

Son aquellos que se ven impactados de manera inmediata por la implementación del programa de mantenimiento preventivo:

- Pacientes, quienes se benefician directamente al recibir imágenes diagnósticas con mayor nitidez y confiabilidad, así como una reducción en la repetición de estudios y en la exposición innecesaria a radiación ionizante.
- Personal técnico y profesional en imagenología, al contar con equipos de rayos X en condiciones óptimas de funcionamiento, mayor seguridad ocupacional y mejores condiciones para la realización de los procedimientos diagnósticos.
- Servicios de imagenología, al mejorar la calidad del servicio, la continuidad operativa y la eficiencia en los procesos diagnósticos.

#### Beneficiarios indirectos

- Son aquellos que se benefician de manera secundaria o a mediano plazo a partir de los resultados de la propuesta:
- Instituciones de salud públicas y privadas, al optimizar el uso de los recursos tecnológicos, prolongar la vida útil de los equipos y reducir costos asociados a reparaciones correctivas y repetición de estudios.
- Sistema de salud en general, mediante el fortalecimiento de las prácticas de calidad, seguridad radiológica y atención sanitaria basada en estándares nacionales e internacionales.

- Familiares de los pacientes, al recibir diagnósticos más oportunos y confiables que contribuyen a una atención médica más eficiente.

### **5.8 Delimitación física o espacial de la propuesta**

La propuesta de intervención está delimitada a los servicios de imagenología que utilizan equipos de rayos X para la obtención de imágenes diagnósticas, en establecimientos de salud del contexto panameño. Su aplicación se orienta tanto a centros de atención pública como privada que cuenten con equipos radiológicos y requieran fortalecer sus programas de mantenimiento preventivo y control de calidad.

### **5.9 Factibilidad económica de la propuesta**

La propuesta de intervención presenta una alta factibilidad económica, debido a que se fundamenta principalmente en la organización y sistematización de actividades de mantenimiento preventivo que, en su mayoría, ya forman parte de las funciones técnicas del personal de imagenología y de ingeniería biomédica en los servicios de salud.

La implementación del programa no requiere la adquisición de nuevos equipos radiológicos, sino la optimización del uso de los recursos existentes, tales como manuales técnicos, herramientas de verificación, registros de mantenimiento y controles de calidad básicos.

Los costos asociados a la propuesta se relacionan principalmente con:

- Capacitación básica del personal técnico.
- Elaboración y gestión de registros de mantenimiento.
- Ejecución de pruebas periódicas de control de calidad.

- Mantenimiento técnico especializado anual.

Sin embargo, estos costos son considerablemente menores en comparación con los gastos derivados de fallas técnicas, reparaciones correctivas mayores o sustitución prematura de equipos.

Por lo tanto, la implementación de un programa estructurado de mantenimiento preventivo resulta económicamente viable y contribuye a optimizar el uso de los recursos institucionales, prolongar la vida útil de los equipos y reducir costos operativos a mediano y largo plazo.

### 5.10 Cronograma operativo de la propuesta

El programa de mantenimiento preventivo se organiza mediante un cronograma operativo que establece la periodicidad de las actividades técnicas necesarias para garantizar el adecuado funcionamiento de los equipos de rayos X.

<b>Actividad</b>	<b>Responsable</b>	<b>Frecuencia</b>
Inspección visual del equipo	Técnico en radiología	Diario
Verificación del encendido y funcionamiento general	Técnico en radiología	Diario
Limpieza básica del equipo y área de trabajo	Personal técnico	Diario
Revisión de cables y conexiones	Técnico en radiología	Mensual
Verificación de parámetros técnicos (kVp, mA, tiempo)	Técnico especializado / física médica	Mensual
Revisión de alineación y colimación del haz	Ingeniería biomédica	Trimestral

Evaluación del detector y sistema de procesamiento	Ingeniería biomédica	Semestral
Calibración general del equipo	Servicio técnico especializado	Anual
Evaluación integral de control de calidad	Física médica / ingeniería biomédica	Anual

Este cronograma permite establecer un control sistemático del estado operativo del equipo, facilitando la detección temprana de fallas técnicas y garantizando la estabilidad de los parámetros que influyen en la calidad de la imagen diagnóstica.

### 5.11 Evaluación de la propuesta

La evaluación del programa de mantenimiento preventivo se plantea mediante indicadores de seguimiento que permiten valorar su efectividad en la mejora de la calidad de la imagen diagnóstica y la seguridad radiológica.

Entre los principales indicadores de evaluación se proponen:

- Porcentaje de cumplimiento del cronograma de mantenimiento preventivo.
- Número de fallas técnicas registradas en los equipos de rayos X.
- Frecuencia de repetición de estudios radiográficos por deficiencias de imagen.
- Estabilidad de los parámetros técnicos de exposición (kVp, mA y tiempo).
- Cumplimiento de las normas de seguridad radiológica en el servicio.

La revisión periódica de estos indicadores permitirá identificar oportunidades de mejora y realizar ajustes en la implementación del programa, fortaleciendo así la gestión de calidad en los servicios de imagenología.

## CONCLUSIONES

- El análisis documental realizado permitió identificar que el mantenimiento preventivo de los equipos de rayos X constituye un factor determinante en la calidad de las imágenes diagnósticas. A partir de la revisión comparativa de los documentos analizados, se evidenció que los servicios de imagenología que implementan programas sistemáticos de mantenimiento presentan mayor estabilidad en los parámetros técnicos del equipo y mejores condiciones para la obtención de imágenes nítidas y confiables.
- Asimismo, la revisión de la literatura permitió identificar los principales parámetros técnicos que influyen en la nitidez de la imagen radiográfica, entre los cuales destacan el control del kilovoltaje (kVp), el miliamperaje (mA), el tiempo de exposición y la correcta alineación del haz de radiación. Diversos autores coinciden en que la verificación periódica de estos parámetros contribuye a mantener la calidad diagnóstica de las imágenes y a prevenir fallas técnicas en los equipos radiológicos.
- De igual manera, el análisis comparativo de las fuentes consultadas evidenció que la ausencia o deficiencia en los programas de mantenimiento preventivo incrementa la probabilidad de repetición de estudios radiográficos debido a deficiencias en la calidad de la imagen. En contraste, la aplicación adecuada del mantenimiento preventivo permite optimizar la dosis de radiación administrada al paciente y favorece el cumplimiento del principio ALARA, orientado a mantener la exposición a radiación tan baja como sea razonablemente posible.
- En relación con el marco normativo, la revisión de documentos institucionales y normativas internacionales permitió establecer que organismos como la Organización Mundial de la Salud, la Agencia Internacional de Energía Atómica y la Comisión Internacional de Protección Radiológica recomiendan la implementación de programas de mantenimiento preventivo y

control de calidad como parte fundamental de la seguridad radiológica en los servicios de imagenología. Estas disposiciones respaldan la necesidad de fortalecer dichas prácticas en el contexto de los servicios de salud.

- A partir de los resultados obtenidos se elaboró una propuesta de intervención orientada al fortalecimiento del mantenimiento preventivo de los equipos de rayos X, la cual contempla lineamientos técnicos, etapas de implementación, cronograma operativo e indicadores de evaluación. Esta propuesta busca contribuir al mejoramiento de la calidad de las imágenes diagnósticas, a la optimización del funcionamiento de los equipos radiológicos y al fortalecimiento de la seguridad radiológica en los servicios de imagenología.
- Finalmente, es importante señalar que el presente estudio presenta algunas limitaciones. La investigación se desarrolló bajo un enfoque documental, por lo que no incluyó la evaluación directa de equipos radiológicos ni la medición experimental de parámetros técnicos en servicios de salud específicos. Asimismo, el análisis depende de la disponibilidad de fuentes bibliográficas accesibles, lo que puede limitar el alcance de algunos resultados. No obstante, la revisión realizada proporciona una base teórica relevante para futuras investigaciones aplicadas en el área de mantenimiento y control de calidad en radiología.

## RECOMENDACIONES

Con base en los resultados obtenidos del análisis documental realizado, se formulan las siguientes recomendaciones:

- Dado que los resultados evidencian que la aplicación sistemática del mantenimiento preventivo contribuye significativamente a mejorar la nitidez de las imágenes diagnósticas y a reducir la repetición de estudios, se recomienda implementar programas estructurados de mantenimiento preventivo en todos los servicios de radiología, asegurando que las pruebas de control de calidad se realicen conforme a la periodicidad y procedimientos establecidos por organismos internacionales como la IAEA, la OMS y la ICRP.
- Considerando que los resultados destacan que la estabilidad de los parámetros técnicos del equipo depende del conocimiento y correcta ejecución de las pruebas de control, se recomienda fortalecer la capacitación continua del personal técnico y profesional en temas de mantenimiento preventivo, control de calidad, seguridad radiológica y correcta operación de los equipos de rayos X.
- En función de los hallazgos que señalan que la ausencia de protocolos claros favorece la variabilidad técnica y la pérdida de calidad de imagen, se recomienda estandarizar y actualizar los protocolos internos de control de calidad en las instituciones públicas y privadas, incorporando pruebas como la uniformidad del detector, resolución espacial, linealidad del mA, reproducibilidad del kVp, congruencia del haz y verificación de parámetros de exposición.

- Dado que los resultados muestran que la falta de seguimiento institucional limita el cumplimiento efectivo de las normativas vigentes, se recomienda reforzar los procesos de supervisión y auditoría técnica por parte de las autoridades competentes, como el MINSA y la CSS, mediante mecanismos de registro obligatorio y verificable de las actividades de mantenimiento preventivo y control de calidad.
- Tomando en cuenta que el análisis documental evidenció que el mantenimiento preventivo reduce costos asociados a fallas técnicas, reparaciones imprevistas y repetición de estudios, se recomienda destinar recursos presupuestarios específicos para el mantenimiento preventivo de los equipos de rayos X, garantizando la sostenibilidad de los programas de control de calidad en los servicios de imagenología.
- En atención a los resultados que resaltan la necesidad de una supervisión técnica especializada para garantizar el correcto funcionamiento de los equipos, se recomienda promover la creación o fortalecimiento de unidades de ingeniería biomédica, especialmente en hospitales regionales y centros de salud alejados del área metropolitana.
- Dado que los resultados evidencian que el registro sistemático de las actividades de mantenimiento facilita la detección temprana de desviaciones técnicas, se recomienda incorporar herramientas digitales de registro y seguimiento, como bitácoras electrónicas y sistemas de trazabilidad documental, que apoyen la toma de decisiones técnicas y administrativas.
- Considerando que el análisis confirma la relación directa entre la repetición de estudios y el aumento innecesario de la dosis al paciente, se recomienda fomentar investigaciones adicionales sobre calidad de imagen y mantenimiento preventivo, incluyendo estudios

comparativos y evaluaciones de impacto, que permitan fortalecer la evidencia científica disponible en el contexto panameño.

- Dado que los resultados subrayan la importancia del principio ALARA y su relación con el estado técnico del equipo, se recomienda sensibilizar de manera continua al personal de salud sobre prácticas seguras en el uso de radiación ionizante, promoviendo una cultura de responsabilidad y protección radiológica.
- Finalmente, considerando que los resultados evidencian que la calidad de la imagen diagnóstica está directamente vinculada a la gestión técnica del equipo, se recomienda desarrollar campañas internas de cultura de calidad y seguridad radiológica, orientadas a reforzar la importancia del mantenimiento preventivo y su impacto en la atención segura y eficiente del paciente.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia Internacional de Energía Atómica. (2014). *Quality assurance programme for digital radiography* (IAEA Human Health Series No. 28). <https://www.iaea.org/publications>
- Almeida, R., & Moreno, G. (2022). La cultura de seguridad en radiología médica: Implementación de prácticas seguras. *Revista Iberoamericana de Tecnología en Salud*, 11(1), 34–41.
- American College of Radiology. (2017). *ACR–AAPM–SIIM technical standard for electronic practice of medical imaging*. <https://www.acr.org>
- Bonilla, L. F., Muñoz, A. P., Ortégón, J. S., Penagos, V. P., & Rincón, I. V. (2025). *Mantenimiento preventivo de equipos de rayos X para mejorar la calidad de las imágenes en radiología digital* [Trabajo de grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. Repositorio Institucional UNAD. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/65866/lfbonillap.pdf>
- Bushong, S. C. (2016). *Radiologic science for technologists: Physics, biology, and protection* (11th ed.). Elsevier.
- Caja de Seguro Social (CSS). (2020). *Protocolos técnicos para el mantenimiento y control de calidad en servicios de imagenología*. CSS.

Clínica Guane. (2024). *Guía para garantizar la calidad de la imagen en radiología*.

[https://clinicaguane.gov.co/guane/download/procesos\\_y\\_procedimientos/Guia-para-garantizar-la-calidad-de-la-imagen-en-radiologia.pdf](https://clinicaguane.gov.co/guane/download/procesos_y_procedimientos/Guia-para-garantizar-la-calidad-de-la-imagen-en-radiologia.pdf)

Comisión Internacional de Protección Radiológica. (2007). *Protección radiológica en medicina*

(Publicación ICRP 105). <https://www.icrp.org>

European Society of Radiology. (2020). *ESR quality and safety strategy 2020–2025*.

<https://www.myesr.org>

González, J. A., & López, M. P. (2020). Evaluación de un programa de control de calidad en

equipos de rayos X convencionales. *Revista Latinoamericana de Tecnología Médica*, 8(2), 112–118. <https://doi.org/10.1234/rltm.v8i2.2020>

Hernández, J., & Damonte, L. (2023). Protocolo para el control de calidad de equipos

generadores de rayos X en radiodiagnóstico. *Investigación Joven*, 10(2), 45–56. <https://revistas.unlp.edu.ar/InvJov/article/view/15632>

International Commission on Radiological Protection. (2007). *The 2007 recommendations of the*

*International Commission on Radiological Protection* (ICRP Publication 103). Elsevier. [https://www.icrp.org/docs/P103\\_Spanish.pdf](https://www.icrp.org/docs/P103_Spanish.pdf)

Iriarte, A., & Pérez, J. (2018). Programas de control de calidad en servicios de imagenología:

Revisión de normativas internacionales. *Revista de Tecnología en Salud*, 5(2), 66–75.

Kotre, C. J. (2015). Practical quality assurance in medical imaging. *British Journal of Radiology*, 88(1045), 20140638. <https://doi.org/10.1259/bjr.20140638>

Ministerio de Salud de Panamá. (2018). *Normas técnicas para servicios de imagenología diagnóstica*. <https://www.minsa.gob.pa>

Ministerio de Salud de Panamá. (2018). *Reglamento técnico sobre protección radiológica y uso de equipos emisores de radiación ionizante*. [https://www.minsa.gob.pa/sites/default/files/publicacion-general/resolucion\\_0026\\_proteccion\\_radiologica.pdf](https://www.minsa.gob.pa/sites/default/files/publicacion-general/resolucion_0026_proteccion_radiologica.pdf)

Organización Mundial de la Salud. (2016). *Communicating radiation risks in paediatric imaging: Information to support healthcare discussions about benefit and risk*. World Health Organization. <https://iris.who.int/handle/10665/205033>

Suasnavas Mera, J. M. (1999). *Guías de mantenimiento y pruebas de control de calidad para equipos de imagenología*. Escuela Politécnica Nacional. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/8967>

Willis, C. E., & Slovis, T. L. (2021). Pediatric imaging: Balancing image quality and radiation dose. *Pediatric Radiology*, 51(5), 781–788. <https://doi.org/10.1007/s00247-020-04841-w>

# **ANEXOS**

## Anexo 1. Cronograma de actividades

No.	Actividad	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4			
		Semanas:				Semanas:				Semanas:				Semanas:			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Selección y validación del tema				X												
	Revisión bibliográfica inicial								X								
	Elaboración del planteamiento del problema											X					
	Formulación de objetivos de la investigación					X											
	Elaboración del marco teórico												X				



No.	Actividad	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4			
		Semanas:				Semanas:				Semanas:				Semanas:			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Diseño del marco metodológico		X														
	Elaboración de la matriz de análisis documental				X												
	Recolección de información documental					X											
	Análisis de la información							X									
	Interpretación de resultados									X							
	Elaboración de la propuesta o programa											X					
	Redacción del informe final													X			




Para el desarrollo de la presente investigación se contempló un presupuesto básico, debido a que el estudio es de carácter documental y no requiere gastos de transporte ni impresión de materiales. No obstante, se consideraron algunos costos mínimos relacionados con el proceso de evaluación ética y la organización del trabajo investigativo, tal como se muestra en la tabla del anexo 2.



## Anexo 2. Presupuesto

<b>Concepto</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo (B/.)</b>
Comité de Bioética	Pago por evaluación del proyecto de investigación	25.00
Material de oficina	Uso de hojas, bolígrafos y carpetas para organización del trabajo	10.00
Imprevistos	Gastos menores relacionados con el desarrollo de la investigación	10.00
<b>Total</b>		<b>45.00</b>

### Anexo 3. Inscripción del proyecto

	<b>COORDINACIÓN DE INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN</b>	
	<b>Inscripción Propuesta Trabajo de Grado FR-INE-01</b>	Fecha: 25 – junio de 2024
		Versión 0.1

#### INSCRIPCIÓN PROPUESTA DE TRABAJO DE GRADO

1. Título del Proyecto:	Estudio documental sobre la influencia del mantenimiento preventivo en la nitidez de las imágenes diagnosticas en equipos de rayos X.
2. Facultad	Ciencias
3. Programa:	Licenciatura en Radiología e Imágenes Diagnosticas
4. Unidad Ejecutora:	
5. Director Técnico del Estudio:	Juan Villarreal
6. Asesor Metodológico del Estudio:	Margot Carrillo
7. Investigador (es):	
Nombre:	Paola Alvarado
Correo Electrónico:	<a href="mailto:palvarado@mail.usantander.edu.pa">palvarado@mail.usantander.edu.pa</a>
Número telefónico:	6964-2552
Nombre:	Elias Camacho
Correo Electrónico:	<a href="mailto:ecamacho@mail.usatander.edu.pa">ecamacho@mail.usatander.edu.pa</a>
Número telefónico:	6321-0750
Nombre:	Joaquín Castillo
Correo Electrónico:	<a href="mailto:jcastillo@mail.usantander.edu.pa">jcastillo@mail.usantander.edu.pa</a>
Número telefónico:	6449-4144
Nombre:	Eynar Pimentel
Correo Electrónico:	<a href="mailto:Epimentel@mail.usantander.edu.pa">Epimentel@mail.usantander.edu.pa</a>
Número telefónico:	6671-6296
8. Duración del Proyecto:	4 meses
9. Fecha Probable de Inicio:	12/8/2025
10. Fecha Probable de Terminación:	12/11/2025
11. Fecha de Aprobación de la Coordinación de Investigación:	12 de agosto de 2025
12. Código del Proyecto:	<b>LRID-2025-08-135</b>
13. Firma del Decano o Coordinador Académico del Programa	
14. Firma Vicerrector de Investigación y Extensión o Coordinador de Investigación	

#### Anexo 4. Carta de aval o de no objeción



### CARTA AVAL DEL ASESOR METODOLÓGICO PARA LA APROBACION DE PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN

Panamá, 8 de octubre de 2025

Señor/a:  
**Coordinación académica y de investigación**  
Universidad Santander  
Ciudad

Estimados representantes de la USANTANDER:

Quien suscribe, Margot Carrillo con cédula de identidad N°. 8-514-1589 hace constar, que, desde el punto de vista metodológico, se aprueba el protocolo de investigación del trabajo de grado titulado: Identificación de la calidad del servicio en instituciones públicas y privadas a partir del instrumento SERVQUAL en América Latina. Revisión documental, 2025; elaborado por las estudiantes: Paola Milagros Alvarado de los Rios con CIP: 8-983-1494, Elias Daniel Camacho Vasquez con CIP 4-825-1415, Joaquin Ernesto Castillo Romero con CIP 8-1007-1174, Eynar Amir Pimentel Fernández con CIP 8-1005-209

Cabe señalar, que pueden continuar con el proceso de presentar carta de exención al comité de Bioética Institucional para poder ejecutar la revisión documental.

Atentamente,

**Margot Carrillo** Asesor/a Metodológico/a del proyecto de investigación.

Anexo 5. Carta Aval del Director Técnico para Sustentación Oral



ANEXO 5  
CARTA AVAL DEL DIRECTOR TÉCNICO PARA LA SUSTENTACIÓN ORAL  
DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Panamá, 18 de diciembre de 2025

Profesor:

**Juan Villarreal**

Asesor metodológico

Universidad Santander

Ciudad de Panamá

Estimado profesor Juan Villarreal:

Por medio de la presente, le notifico que el documento correspondiente al proyecto de investigación titulado, “Estudio documental sobre la influencia del mantenimiento preventivo en la nitidez de las imágenes diagnósticas en equipos de rayos X” desarrollado por los estudiantes:

1. Alvarado, Paola CIP: 8-983-1494
2. Camacho, Elías CIP: 4-825-1415
3. Castillo, Joaquín CIP: 8-1007-1174
4. Pimentel Eynar CIP: 8-1005-209

Cumple con los aspectos técnicos requeridos, por lo cual, doy fe que el documento está listo para ser sustentado.

Atentamente,

**Firma**

**Nombre y apellido**

Director/a técnico/a del proyecto de investigación

Juan Villarreal  
8-231-678

## Anexo 6. Carta aval del asesor metodológico



### ANEXO 6 CARTA AVAL DEL ASESOR METODOLÓGICO PARA LA SUSTENTACIÓN ORAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Panamá, 18 de diciembre de 2025.

Señor/a:

**Coordinación académica y de investigación**  
Universidad Santander  
Ciudad

Estimados representantes de la USANTANDER:

Quien suscribe, Margot Carrillo con cédula de identidad o pasaporte N°. 8-514-1589 hace constar, que desde el punto de vista metodológico, he dado el aval para la sustentación del Proyecto de investigación como opción a trabajo de grado titulado: Estudio documental sobre la influencia del mantenimiento preventivo en la nitidez de las imágenes diagnósticas en equipos de rayos X, elaborado por el/los estudiantes (s): Paola Milagros Alvarado de los Rios con N°.8-983-1494, Elías Daniel Camacho Vásquez con N°. 4-825-1415, Joaquín Ernesto Castillo Romero con N°. 8-1007-1174 y Eynar Amir Pimentel Fernández con N°. 8-1005-209.

Cabe señalar, que este trabajado de investigación ha sido pasado por el programa de detección de contenido duplicado que utiliza la universidad, generando una ponderación de 9%, lo cual, está dentro de los parámetros que se manejan dentro del manual de trabajos de grado.

Atentamente,

**MARGOT CARRILLO**

Asesor/a Metodológico/a del proyecto de investigación.

## Anexo 7. Registro Resegis

The screenshot displays the RESEGIS web interface. At the top left is the RESEGIS logo. To its right is a search bar with the placeholder text "Buscar:". Below the search bar is a table with three columns: "Consecutivo" (with a sort icon), "Estado" (with a sort icon), and "Título del proyecto". The table contains one row with the following data: "4892" in the first column, "REGISTRADO" in the second, and "Estudio documental sobre la influencia del mantenimiento preventivo en la nitidez de las imágenes diagnósticas de equipos de rayos X" in the third. Below the table, the text "Mostrando registros del 1 al 1 de un total de 1 registros" is displayed. At the bottom right, there is a pagination control with three buttons: "Anterior", "1" (highlighted in blue), and "Siguiete".

Consecutivo ↑↓	Estado ↑↓	Título del proyecto
4892	REGISTRADO	Estudio documental sobre la influencia del mantenimiento preventivo en la nitidez de las imágenes diagnósticas de equipos de rayos X

Mostrando registros del 1 al 1 de un total de 1 registros

Anterior 1 Siguiete

## Anexo 8. Carta de aprobación de Exención por Comité Bioética



**CBI-USantander-035-2025**  
Panamá, 18 de noviembre de 2025

Sres.  
**Alvarado, Paola**  
**Camacho, Elías**  
**Castillo, Joaquín**  
**Pimentel, Eynar**  
Investigadores Principales.

Ciudad. -  
Respetados Investigadores:

Luego de revisada la información referente al protocolo: **“Estudio documental sobre la influencia del mantenimiento preventivo en la nitidez de las imágenes diagnósticas en equipos de rayos X”**. Se estableció que el mismo, por ser revisión bibliográfica, no requiere aprobación regulatoria por parte de un comité de bioética.

La decisión obedece a que su estudio **NO** clasifica como una “Investigación con seres humanos”. Se considera que un proyecto de investigación clasifica como “Investigación con participantes humanos” cuando incluye: *“Cualquier actividad de ciencias sociales, biomédica, conductual o epidemiológica que involucre seres humanos e implique recopilación, análisis sistemático y/o uso de sus tejidos, sus muestras y sus datos individualmente identificables con el objeto de generar nuevos conocimientos”*.

Por lo anterior lo exhortamos a seguir adelante con su proyecto y mantener la presente nota disponible en caso de publicación.

Saludos y éxitos.

**Dra. Nydia Flores Chiari.**  
Presidenta  
CBI-USantander



NFCH/ngbf

Comité de Bioética de la Investigación Avenida Colombia calle 44 Bellavista Edificio Capto Tel. 394-3490  
comite.etica@usantander.edu.pa

Anexo 9. Carta revisión profesor español y diploma

La Chorrera, 16 de diciembre de 2025

Señores

Universidad de Santander

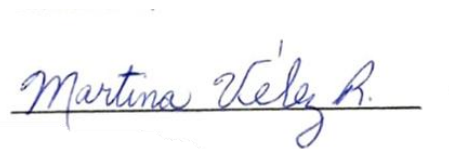
E. S. D.

Respetados Señores:

La suscrita Martina Vélez R., profesora de español, certifica que ha revisado el documento escrito titulado “Estudio Documental sobre la Influencia del Mantenimiento Preventivo en la Nitidez de las Imágenes Diagnósticas en Equipos de Rayos X “, elaborado por la estudiante Paola Milagros Alvarado De Los Ríos con cédula de identidad personal 8-983-1494 correspondiente al trabajo como opción para optar por el título de Licenciatura en Radiología Médica e Imágenes Diagnósticas.

Doy fe que el trabajo cumple con todas las exigencias de redacción y ortografía del idioma español.

Atentamente,



Martina Vélez Rodríguez

Profesora de Español

9-141-971

Registro de diploma N°5129

# UNIVERSIDAD DE PANAMÁ

LA FACULTAD DE

## Humanidades

EN VIRTUD DE LA POTESTAD QUE LE CONFIEREN LA LEY Y EL ESTATUTO UNIVERSITARIO,

HACE CONSTAR QUE

UNIVERSIDAD

*Martina Velez R.*  
PANAMA

HA TERMINADO LOS ESTUDIOS Y CUMPLIDO CON LOS REQUISITOS  
QUE LE HACEN ACREEDOR AL TÍTULO DE

*Licenciada en Humanidades  
con Especialización en Español.*

Y EN CONSECUENCIA, SE LE CONCEDE TAL GRADO CON TODOS LOS DERECHOS,  
HONORES Y PRIVILEGIOS RESPECTIVOS, EN TESTIMONIO DE LO CUAL SE LE EXPIDE  
ESTE DIPLOMA EN LA CIUDAD DE PANAMÁ, A LOS *veintinueve*  
DÍAS DEL MES DE *octubre* DEL AÑO *dos mil uno*.

*Agustín Figuera*  
Secretario General  
Diploma 90956  
Identificación personal 9-141-971

*[Signature]*  
Rector

*[Signature]*  
Rector



31 de enero de 2005  
MARTINA VELEZ R.  
180  
2152

**REPÚBLICA DE PANAMÁ**  
**TRIBUNAL ELECTORAL**

**Martina**  
**Velez Rodriguez**

NOMBRE USUAL:  
FECHA DE NACIMIENTO: 20-OCT-1961  
LUGAR DE NACIMIENTO: VERAGUAS, LA MESA  
SEXO: F TIPO DE SANGRE:  
EXPEDIDA: 20-ENE-2020 EXPIRA: 20-ENE-2030

9-141-971

*Martina Velez R.*



**TE TRIBUNAL ELECTORAL**  
LA PATRIA LA HACEMOS TODOS

*[Signature]*  
DIRECTOR NACIONAL DE CEDULACIÓN



9-141-971

F5A4BN1004B