

**Innovación Tecnológica en el Diseño de Hardware Médico para la Eficiencia Energética en  
Servicios de Radiología: Una Revisión documental (2020-2025)**

Daniela Arango Pedrozo

Iván Luna Veloza

Leiner Alfredo Suárez Maestro

Luis Carlos Castellano Pérez

María Bonifacia Palacio García

Asesora

Edna Rocío Jamaica Guío

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias de la Salud – ECISA

Tecnología en Radiología e Imágenes Diagnosticas

2026

## Resumen

La presente investigación tiene como objetivo analizar las innovaciones tecnológicas en el diseño de hardware médico orientadas a la eficiencia energética en los servicios de radiología durante el periodo 2020-2025. El estudio surge debido al alto consumo energético generado por equipos de diagnóstico por imagen, como la tomografía computarizada, la resonancia magnética y la radiología digital, lo cual impacta tanto en los costos operativos como en el medio ambiente.

Metodológicamente, se desarrolló una investigación con enfoque cualitativo y diseño de revisión documental, basada en el análisis de literaturas científicas proveniente de bases de datos académicas reconocidas. Se empleó la técnica de análisis de contenido para clasificar la información en categorías como tecnologías radiológicas, consumo energético, innovaciones tecnológicas e impacto ambiental. Los resultados evidencian que las principales innovaciones tecnológicas incluyen sistemas de gestión energética inteligente, mejoras en los componentes de hardware y tecnologías de recuperación de energía. Asimismo, se identificó que la radiología digital presenta mayor eficiencia energética, mientras que la resonancia magnética representa el mayor consumo energético.

Se concluye que la integración de innovaciones tecnológicas permite optimizar el consumo energético, reducir el impacto ambiental y mejorar la sostenibilidad en los servicios de radiología. No obstante, se requieren mayores esfuerzos en la implementación de tecnologías eficientes en equipos de alto consumo.

**Palabras Clave:** Eficiencia energética, hardware médico, radiología sostenible.  
innovación tecnológica, investigación documental.

### **Abstract**

The objective of this research is to analyze technological innovations in the design of medical hardware aimed at improving energy efficiency in radiology services during the period 2020-2025. This study arises from the high energy consumption generated by imaging diagnostic equipment, such as computed tomography, magnetic resonance imaging, and digital radiology, which significantly impacts both operational costs and the environment.

Methodologically, a qualitative approach with a documentary review design was employed, based on the analysis of scientific literature from recognized academic literature from recognized academic databases. Content analysis techniques were used to classify the information into categories such as radiological technologies, energy consumption, technological innovations, and environmental impact. The results show that the main technological innovations include intelligent energy management systems, improvements in hardware components, and energy recovery technologies. Additionally, digital radiology was identified as the most energy-efficient modality, while magnetic resonance imaging represents the highest energy consumption.

It is concluded that the integration of technological innovations allows for optimizing energy consumption, reducing environmental impact, and improving sustainability in radiology services.

However, further efforts are required to implement efficient technologies in high-energy-consuming equipment.

**Keywords:** Energy efficiency, medical hardware, sustainable radiology, technological innovation, documentary research.

## Contenido

Introducción .....	9
Planteamiento del Problema .....	11
Justificación .....	13
Objetivos .....	15
Objetivo General.....	15
Objetivos Específicos .....	15
Marco Teórico.....	16
Radiología Sostenible: Green Radiology como Paradigma Emergente .....	16
Eficiencia Energética en el Sector Salud .....	16
Pilares de la Sostenibilidad Aplicados al Ciclo de Vida del Equipo Médico .....	17
Servicios de Radiología y Consumo Energético .....	17
Indicadores de Desempeño Energetico (EnPIs) .....	18
Economía Circular en Radiología.....	19
Tecnologías de Adquisición: Análisis Comparativo del Hardware Médico .....	19
<i>Radiología Digital (DR)</i> .....	19
<i>Tomografía Computarizada (TC)</i> .....	19
<i>Resonancia Magnética (RM)</i> .....	20
Consumo Energético y Eficiencia en el Hardware Médico.....	20
<i>Perfiles de Consumo por Modalidad</i> .....	20
Innovaciones en la Gestión de Energía.....	20
<i>Smart Standby</i> .....	21
<i>Sistemas de Recuperación de Energía en Gantry de TC</i> .....	21

<i>Mantenimiento Preventivo y Eficiencia Energética</i> .....	22
Innovaciones Tecnológicas en Hardware Médico.....	22
Análisis de Vida Útil y Obsolescencia Tecnológica.....	22
Productividad vs. Consumo Energético.....	23
Impacto Ambiental de la Radiología.....	23
<i>Huella de Carbono (CO<sub>2</sub>e)</i> .....	24
<i>Gestión de Residuos Tecnológicos (e-waste)</i> .....	24
<i>Criogénico y Refrigerantes</i> .....	24
Normativa y Estándares de Evaluación.....	25
<i>Protocolo de Medición COCIR</i> .....	25
<i>ISO 14001 y Certificaciones Energéticas</i> .....	25
Integración Conceptual del Marco Teórico.....	25
Metodología.....	27
Enfoque de la Investigación.....	27
Tipo y Diseño del Estudio: Investigación Documental.....	27
Técnicas de Obtención de Datos.....	28
Procedimiento.....	28
<i>Búsqueda de información</i> .....	28
<i>Selección de Información</i> .....	28
<i>Organización de la Información</i> .....	28
<i>Análisis de la Información</i> .....	28
<i>Síntesis de Resultados</i> .....	28
Criterios de Inclusión y Exclusión.....	28

<i>Criterio de Inclusión</i> .....	28
<i>Criterios de Exclusión</i> .....	29
Limitaciones del Estudio .....	29
Técnicas de Análisis de Datos .....	29
Parámetros Éticos y Legales .....	30
Resultados .....	31
Conclusiones .....	37
Referencias Bibliográficas .....	39

## Lista de Tablas

<b>Tabla 1.</b> <i>Indicadores de Desempeño Energético en Equipos de Radiología</i> .....	19
<b>Tabla 2</b> <i>Comparación de Consumo Energético por Modalidad Radiológica</i> .....	20
<b>Tabla 4</b> <i>Consumo Energético Según Modalidad Radiológica</i> .....	32
<b>Tabla 5</b> <i>Innovaciones Tecnológicas en Eficiencia Energética en Radiología</i> .....	33
<b>Tabla 6</b> <i>Impacto Ambiental del Consumo Energético en Radiología</i> .....	34
<b>Tabla 7</b> <i>Integración de Resultados en Función del Objetivo General</i> .....	35

## Lista de Figuras

<b>Figura 1</b> <i>Ciclo de Vida de los Equipos Médicos en Radiología</i> .....	18
<b>Figura 2</b> <i>Modelo Conceptual de Radiología Sostenible</i> .....	26
<b>Figura 3</b> <i>Árbol del Problema Innovación Tecnológica en el Diseño de Hardware Médico para la Eficiencia Energética en Servicios de Radiología Durante la Última Década</i> .....	26

## Introducción

En los últimos años, el sector salud ha experimentado un crecimiento significativo en el uso de tecnologías para el diagnóstico por imagen, lo que ha incrementado considerablemente el consumo energético en las instituciones hospitalarias. En particular, los servicios de radiología, que utilizan equipos como la tomografía computarizada, la resonancia magnética y la radiología digital, demandan altos niveles de energía para su funcionamiento continuo (Fernández & López, 2022; Torres & Molina, 2022).

Este elevado consumo energético no solo genera un aumento en los costos operativos de las instituciones de salud, sino que también contribuye al impacto ambiental debido a la emisión de gases de efecto invernadero y al uso intensivo de recursos energéticos (Díaz & Salazar, 2021; Morales & Castillo, 2020). En este contexto, la eficiencia energética se ha convertido en un factor clave para promover la sostenibilidad en el ámbito hospitalario (García, 2023; Núñez, 2023).

Frente a esta problemática, las innovaciones tecnológicas en el diseño de hardware médico han permitido el desarrollo de equipos más eficientes, incorporando sistemas inteligentes de gestión energética, mejoras en los componentes físicos y tecnologías de reutilización de energía (Pérez & Suárez, 2024; Gutiérrez & León, 2023). Estas innovaciones buscan optimizar el consumo energético sin afectar la calidad del diagnóstico, contribuyendo así a una radiología más sostenible.

Sin embargo, a pesar de los avances tecnológicos, la información relacionada con estas innovaciones se encuentra dispersa en diversas fuentes científicas, lo que dificulta su análisis integral y sistemático. Por ello, surge la necesidad de realizar una revisión documental que

permita identificar, analizar y sintetizar las principales innovaciones tecnológicas en el diseño de hardware médico orientadas a la eficiencia energética en los servicios de radiología.

En este sentido, la presente investigación tiene como objetivo analizar las innovaciones tecnológicas en el diseño de hardware médico que contribuyen a la eficiencia energética en los servicios de radiología durante el periodo 2020-2025, mediante una revisión documental con enfoque cualitativo.

Finalmente, este estudio aporta a la consolidación del conocimiento en el campo de la radiología sostenible, proporcionando información relevante para la toma de decisiones en la gestión hospitalaria, la implementación de tecnologías eficientes y la reducción del impacto ambiental en el sector salud.

## Planteamiento del Problema

En la actualidad, el sector salud enfrenta importantes desafíos relacionados con el incremento del consumo energético en sus diferentes áreas operativas, especialmente en los servicios de radiología, donde se utilizan equipos de diagnóstico por imagen que requieren un alto nivel de energía para su funcionamiento, como la tomografía computarizada, la resonancia magnética y la radiología digital (Fernández & López, 2022; Torres & Molina, 2022).

Este elevado consumo energético genera un impacto significativo tanto en los costos operativos de las instituciones hospitalarias como en el medio ambiente, debido al aumento en la demanda de recursos energéticos y la consecuente emisión de gases de efecto invernadero (Díaz & Salazar, 2021; Morales & Castillo, 2020). Asimismo, el uso continuo de estos equipos, especialmente en el caso de la resonancia magnética, incrementa el consumo energético incluso en periodos de inactividad, lo que evidencia la necesidad de implementar soluciones tecnológicas más eficientes (Ramírez & Gómez, 2022; Jiménez & Salas, 2020).

Frente a esta problemática, las innovaciones tecnológicas en el diseño de hardware médico han surgido como una alternativa para mejorar la eficiencia energética en los servicios de radiología. Estas innovaciones incluyen sistemas de gestión energética inteligente, mejoras en los componentes electrónicos y tecnologías de reutilización de energía, las cuales permiten optimizar el consumo energético sin comprometer la calidad del diagnóstico (Pérez & Suárez, 2024; Gutiérrez & León, 2023).

Sin embargo, a pesar de la existencia de estas innovaciones, la información sobre su aplicación y efectividad se encuentra dispersa en diversas fuentes científicas, lo que dificulta

su análisis integral y limita la toma de decisiones en la gestión hospitalaria, esta falta de sistematización del conocimiento impide identificar con claridad cuáles son las tecnologías más eficientes y cómo contribuyen realmente a la reducción del consumo energético y del impacto ambiental (Quintero, 2023; Escobar & Vargas, 2024).

En este contexto, surge la necesidad de realizar una revisión documental que permita analizar las innovaciones tecnológicas en el diseño de hardware médico orientadas a la eficiencia energética en los servicios de radiología, con el fin de organizar, evaluar y sintetizar la información existente.

Por lo tanto, se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuáles son las principales innovaciones tecnológicas en el diseño de hardware médico que contribuyen a la eficiencia energética en los servicios de radiología durante el periodo 2020-2025?

## Justificación

La presente investigación se justifica desde una perspectiva teórica, práctica y ambiental, debido a la creciente necesidad de optimizar el consumo energético en los servicios de radiología, los cuales representan una de las áreas con mayor demanda energética dentro de las instituciones de salud (Torres & Molina, 2022; García, 2023).

Desde el punto de vista teórico, este estudio contribuye a la consolidación del conocimiento científico sobre eficiencia energética en el diseño de hardware médico, al integrar y sistematizar información dispersa en diversas fuentes académicas. De esta manera, se fortalece el campo de la radiología sostenible, proporcionando una base conceptual que permite comprender la relación entre innovación tecnológica, consumo energético e impacto ambiental (Escobar & Vargas, 2024; Quintero, 2023).

En el ámbito práctico, la investigación resulta relevante para los gestores hospitalarios, ingenieros biomédicos y profesionales del sector salud, ya que permite identificar las principales innovaciones tecnológicas que contribuyen a la reducción del consumo energético en equipos de diagnóstico por imagen. Esto facilita la toma de decisiones orientadas a la implementación de tecnologías más eficientes, lo que puede traducirse en una disminución de costos operativos y una mejora en la eficiencia de los servicios de radiología (Pérez & Suarez, 2024; Gutiérrez & León, 2023).

Desde la perspectiva ambiental, la investigación cobra especial importancia debido al impacto que genera el alto consumo energético en las emisiones de gases de efecto invernadero y en este sentido, la identificación de tecnologías más eficientes construye a la reducción de la huella de carbono en las instituciones de salud, promoviendo prácticas más sostenibles y responsables con el medio ambiente (Díaz & Salazar, 2021; Fuente & Navarro, 2021).

Finalmente, la investigación se justifica metodológicamente al emplear una revisión documental que permite analizar, evaluar y sintetizar información científica reciente (2020-2025), garantizando la validez y pertinencia de los resultados. Este enfoque facilita la identificación de tendencias tecnológicas y aportar evidencias relevantes para futuras investigaciones en el campo de la eficiencia energética en radiología (Arias, 2020; Hernández-Sampieri & Mendoza, 2021). En conjunto, este estudio no solo contribuye al desarrollo del conocimiento científico, sino que también ofrece herramientas prácticas y sostenibles para mejorar la eficiencia energética en los servicios de radiología.

## Objetivos

### Objetivo General

Analizar, a partir de la evidencia documental, las innovaciones tecnológicas en el diseño de hardware médico orientadas a la eficiencia energética en los servicios de radiológica.

### Objetivos Específicos

Identificar las principales tecnologías de hardware médico utilizadas en los servicios de radiología.

Determinar el nivel de consumo energético de los equipos de radiología en diferentes modalidades diagnóstico.

Analizar las innovaciones tecnológicas orientadas a la eficiencia energética en equipos de radiología.

Evaluar el impacto ambiental del consumo energético en radiología.

Determinar la importancia de la sostenibilidad y la eficiencia energética en la gestión hospitalaria.

## **Marco Teórico**

### **Radiología Sostenible: Green Radiology como Paradigma Emergente**

La radiología ecológica, conocida también como Radiología Verde, se presenta como un método enfocado en disminuir el impacto ambiental causado por los servicios de diagnóstico por imagen. Este enfoque sugiere la adopción de tácticas que faciliten la mejor utilización de los recursos energéticos, reduzcan las emisiones de carbono y fomenten prácticas sostenibles en el ámbito de la salud (Fernández & López, 2022).

Varios estudios han indicado que los servicios de radiología son una de las áreas de los hospitales que más energía consume, principalmente por el uso constante de equipos como tomógrafos, sistemas de resonancia magnética y detectores digitales. Por lo tanto, la implementación de tecnologías que sean eficientes en cuanto al uso de energía se ha vuelto crucial para avanzar en la sostenibilidad de las instituciones de salud (Diaz et al., 2026).

### **Eficiencia Energética en el Sector Salud**

La eficacia energética en el sector salud se ha convertido en un aspecto fundamental debido al alto consumo de energía asociado al funcionamiento de equipos médicos y a la operación continua de los servicios hospitalarios.

Según Torres & Molina (2022), los hospitales son una de las infraestructuras con mayor demanda energética, lo que implica costos elevados y un impacto significativo en el medio ambiente. En este sentido, la eficiencia energética se define como la capacidad de reducir el consumo de energía manteniendo los mismos niveles de rendimiento y calidad en los servicios prestados (García, 2023).

Así mismo, la implementación de estrategias de eficiencia energética permite optimizar el uso de recursos, reducir costos operativos y disminuir la huella de carbono en las instituciones de

salud (Delgado & Ruiz, 2022). Esto cobra especial relevancia en áreas críticas como la radiología, donde el uso intensivo de equipos tecnológicos incrementa el consumo energético.

### **Pilares de la Sostenibilidad Aplicados al Ciclo de Vida del Equipo Médico**

Evaluar el ciclo de vida de los dispositivos médicos permite apreciar el impacto ambiental de las tecnologías empleadas en los servicios de radiología desde su fabricación hasta su eliminación final. Este enfoque toma en cuenta fases como el diseño, la producción, el transporte, el uso y el reciclaje de los equipos médicos (López & Martínez, 2022).

Desde la óptica de la sostenibilidad, mejorar el consumo energético durante la fase de operación se presenta como uno de los principales desafíos para los hospitales contemporáneos. La adopción de tecnologías de bajo consumo y sistemas de gestión eficientes puede jugar un papel importante en la reducción del impacto ambiental del equipamiento médico (Paneque & Paneque, 2025).

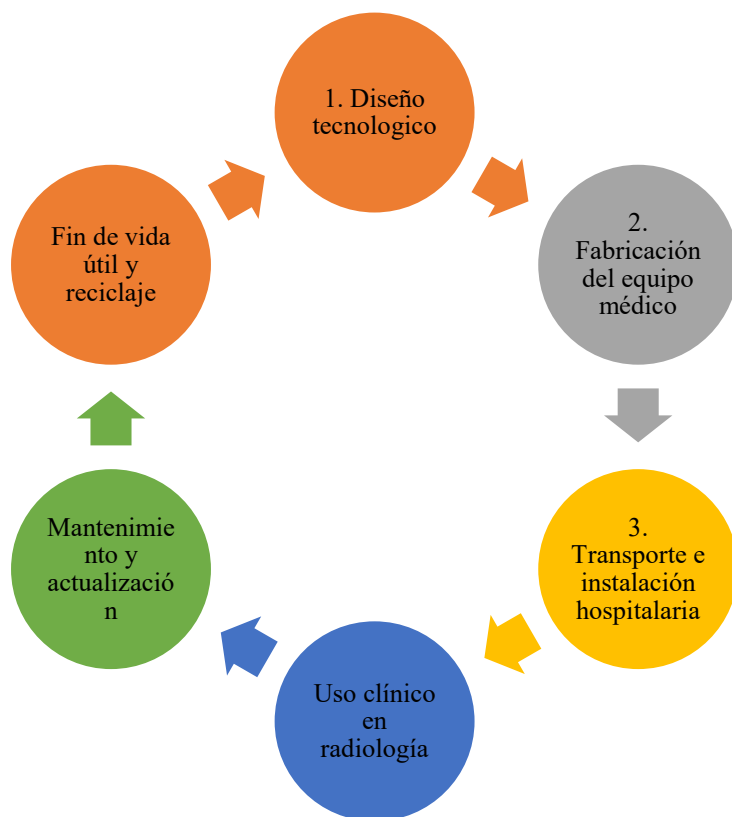
### **Servicios de Radiología y Consumo Energético**

Los servicios de radiología desempeñan un papel fundamental en el diagnóstico médico, utilizando tecnologías avanzadas como la radiología digital (DR), la tomografía computarizada (TC) y la resonancia magnética (RM). Sin embargo, estas tecnologías requieren un alto consumo energético para su funcionamiento (Fernández & López, 2022).

De acuerdo con Ramírez & Gómez (2022), la resonancia magnética es uno de los equipos con mayor consumo energético debido a su operación continua, mientras que la tomografía computarizada presenta un consumo intermedio y la radiología digital se caracteriza por ser más eficiente energéticamente. Estas diferencias evidencian la necesidad de implementar tecnologías que optimicen el consumo energético en cada modalidad.

**Figura 1**

*Ciclo de Vida de los Equipos Médicos en Radiología*



*Nota.* El ciclo de vida de los equipos de imagen médica va más allá de un proceso aislado.

Corresponde a una serie de eventos articulados para asegurar la calidad de la gestión de estos.

Fuente. López y Martínez (2022).

### **Indicadores de Desempeño Energético (EnPIs)**

Los indicadores de desempeño energético, conocidos como EnPIs, permiten evaluar el rendimiento energético de los equipos médicos utilizados en radiología. Estos indicadores facilitan la medición del consumo energético por examen, el consumo en estado de reposo y el consumo total anual del equipo (Gómez & Pineda, 2020).

**Tabla 1.***Indicadores de Desempeño Energético en Equipos de Radiología*

Indicador	Descripción
kWh por examen	Energía utilizada en cada procedimiento
Consumo en standby	Energía utilizada cuando el equipo no está activo
Consumo anual	Energía total utilizada por equipo

*Nota.* Elaboración propia. Fuente. Gómez y Pinedo (2020).

**Economía Circular en Radiología**

La economía circular en el ámbito de la salud tiene como objetivo prolongar la duración de los dispositivos médicos a través de métodos de reutilización, cuidado y mejora de la tecnología. Este modelo ayuda a disminuir la producción de residuos electrónicos y a maximizar el uso de recursos en el entorno hospitalario (Martínez & Rojas, 2021).

**Tecnologías de Adquisición: Análisis Comparativo del Hardware Médico**

Los sistemas de imagenología médica emplean diferentes tecnologías para obtener imágenes, entre las que se incluyen la radiología digital, la tomografía por computadora y la resonancia magnética.

***Radiología Digital (DR)***

La radiología digital constituye un avance tecnológico notable en comparación con los sistemas tradicionales de radiografía. Esta innovación utiliza detectores digitales que permiten la obtención de imágenes médicas de forma más rápida y con mejor calidad para el diagnóstico (Pérez & Suárez, 2024).

***Tomografía Computarizada (TC)***

La tomografía computarizada utiliza rayos X junto con algoritmos de reconstrucción digital para producir imágenes tridimensionales del cuerpo humano. Debido a su funcionamiento complejo, estos dispositivos tienen un alto consumo de energía (Ramírez & Gómez, 2022).

### ***Resonancia Magnética (RM)***

La resonancia magnética se basa en campos magnéticos y ondas de radio para generar imágenes precisas de los tejidos internos del organismo. Estos dispositivos necesitan un suministro constante de energía para asegurar la estabilidad del campo magnético (Valencia & Pardo, 2021).

### **Tabla 2**

#### *Comparación de Consumo Energético por Modalidad Radiológica*

Modalidad	Nivel de Consumo Energético
Radiología digital	Baja
Tomografía Computarizada	Alta
Resonancia magnética	Muy alta

*Nota.* Elaboración Propia. Fuente. Morales y Castillo (2020).

### **Consumo Energético y Eficiencia en el Hardware Médico**

El consumo de energía de los dispositivos de radiología está influenciado por varios factores, incluyendo la tecnología adoptada, la frecuencia de uso y las condiciones operativas del sistema. Mejorar estos aspectos puede aumentar la eficiencia energética en los servicios de diagnóstico por imagen (Torres & Molina, 2022).

#### ***Perfiles de Consumo por Modalidad***

Cada modalidad de diagnóstico por imagen tiene diferentes características en su consumo energético. Mientras la radiología digital muestra un uso relativamente bajo de energía, tecnologías como la resonancia magnética necesitan un suministro energético considerable para su operación continua (Ramírez & Gómez, 2022).

### **Innovaciones en la Gestión de Energía**

Las mejoras tecnológicas han facilitado la optimización del uso de energía en los servicios de radiología a través de sistemas automáticos de control energético y modos de

operación inteligentes. Estas innovaciones tienen como objetivo minimizar el uso eléctrico de los equipos médicos cuando no están en funcionamiento, lo que ayuda a la sostenibilidad ambiental de los hospitales (Pérez & Suárez, 2024).

Según investigaciones recientes, el uso de sistemas de gestión de energía en los departamentos de radiología puede disminuir el consumo eléctrico hasta un 20 %, especialmente cuando se implementan protocolos de apagado automático y se supervisa el rendimiento energético de los equipos (Gómez & Pineda, 2020).

### ***Smart Standby***

El sistema de Modo de Espera Inteligente es una solución que busca reducir el consumo energético de los equipos médicos durante los momentos de inactividad. Este sistema permite que el equipo se active automáticamente en un estado de bajo consumo sin comprometer su funcionalidad operativa (Ramírez & Gómez, 2022).

La utilización de esta tecnología en sistemas de radiología digital y tomografía computarizada ha demostrado ser un enfoque efectivo para aumentar la eficiencia energética en los servicios de diagnóstico por imagen (Torres & Molina, 2022).

### ***Sistemas de Recuperación de Energía en Gantry de TC***

Los sistemas avanzados de tomografía computarizada incluyen mecanismos para recuperar energía en el gantry, que es la estructura circular que alberga los elementos principales del dispositivo. Durante el proceso de desaceleración del gantry, es posible recuperar y reutilizar parte de la energía cinética que se genera (Valencia & Pardo, 2021).

Esta tecnología ayuda a mejorar la eficiencia energética del equipo y a disminuir el consumo eléctrico total del sistema de tomografía computarizada (Ramírez & Gómez, 2022).

### ***Mantenimiento Preventivo y Eficiencia Energética***

El mantenimiento preventivo de los dispositivos médicos es fundamental para asegurar su rendimiento energético y extender su duración. Un equipo que esté bien calibrado y cuidado puede funcionar con un menor gasto de energía y proporcionar diagnósticos más precisos (López & Martínez, 2022).

De igual forma, realizar revisiones técnicas de manera regular ayuda a detectar posibles fallos en los sistemas eléctricos o de refrigeración que pueden aumentar el gasto energético del dispositivo (Paneque & Paneque, 2025).

### **Innovaciones Tecnológicas en Hardware Médico**

Las innovaciones tecnológicas en el diseño de hardware médico han permitido el desarrollo de equipos más eficientes y sostenibles. Estas innovaciones incluyen mejoras en los componentes electrónicos, el uso de materiales más eficientes y la incorporación de sistemas inteligentes de gestión energética (Pérez & Suárez, 2024).

Según Gutiérrez & León (2023), los sistemas inteligentes permiten regular el consumo energético de los equipos médicos, optimizando su funcionamiento en función de la demanda. Asimismo, las tecnologías de recuperación de energía, especialmente en equipos de tomografía computarizada, permiten reutilizar la energía generada durante su operación, reduciendo el consumo total (Gómez & Pinedo, 2020).

### **Análisis de Vida Útil y Obsolescencia Tecnológica**

La rápida innovación en las tecnologías médicas ha originado un fenómeno conocido como obsolescencia tecnológica, que significa que los equipos médicos son sustituidos antes de que terminen su vida útil efectiva. Esto puede resultar en un incremento de los costos en los hospitales y en una mayor generación de desechos electrónicos (Martínez & Rojas, 2021).

Por esta razón, las iniciativas de sostenibilidad en el ámbito de la radiología abogan por la actualización de tecnología y el mantenimiento adecuado de los equipos para extender su vida útil y minimizar su impacto en el medio ambiente (Fernández & López, 2022).

### **Productividad vs. Consumo Energético**

Uno de los retos más importantes en los servicios de radiología es encontrar un equilibrio entre la productividad en diagnósticos y la eficiencia en el consumo de energía. Un mayor número de exámenes realizados puede llevar a un aumento en el uso energético del equipo; no obstante, al optimizar los protocolos de adquisición, se puede mejorar la eficiencia operativa sin que esto afecte significativamente el consumo eléctrico (Díaz et al., 2026).

La adopción de sistemas de gestión energética permite evaluar la relación entre la productividad del dispositivo y su consumo de energía, lo que facilita decisiones informadas en la administración hospitalaria (Gómez & Pineda, 2020).

### **Impacto Ambiental de la Radiología**

El efecto sobre el medio ambiente de los servicios de radiología ha captado una atención creciente en el campo de la investigación científica. El uso constante de dispositivos de diagnóstico por imagen y la utilización de tecnologías especializadas pueden provocar emisiones de carbono y desechos electrónicos que impactan el entorno (Valencia & Pardo, 2021; Díaz & Salazar, 2021).

Debido a esto, varias organizaciones de salud han comenzado a poner en marcha políticas sostenibles con el objetivo de disminuir la huella ambiental de los servicios de diagnóstico por imagen (Torres & Molina, 2022; Matinez & Rojas, 2021).

### ***Huella de Carbono (CO<sub>2</sub>e)***

La huella de carbono se refiere a la cantidad total de gases de efecto invernadero que se liberan como consecuencia de una actividad específica. En relación con los servicios de radiología, esta huella se vincula mayormente al consumo de energía de los dispositivos médicos (Ramírez & Gómez, 2022).

Calcular la huella de carbono ayuda a descubrir áreas donde se puede mejorar la eficiencia energética y la gestión ambiental en los hospitales (Fernández & López, 2022).

### ***Gestión de Residuos Tecnológicos (e-waste)***

Los desechos electrónicos producidos por los dispositivos médicos suponen un reto significativo para la gestión ambiental en hospitales. Estos desechos pueden incluir materiales que son potencialmente contaminantes y que requieren métodos específicos para su reciclaje y correcta disposición (Martínez & Rojas, 2021).

La implementación de estrategias de economía circular ayuda a disminuir la producción de desechos tecnológicos a través de la reutilización, reparación y reciclaje de los componentes electrónicos (Paneque & Paneque, 2025).

### ***Criogénico y Refrigerantes***

Los equipos de resonancia magnética utilizan helio líquido como un agente criogénico para mantener la estabilidad en el campo magnético. La liberación accidental de estos gases puede ocasionar efectos ambientales severos si no se manejan de forma adecuada (Valencia & Pardo, 2021).

Por ello, los fabricantes de dispositivos médicos han creado tecnologías que permiten una disminución en el uso de helio y mejoran la eficiencia de los sistemas de refrigeración (Pérez & Suárez, 2024).

## **Normativa y Estándares de Evaluación**

La adopción de estándares internacionales asegura el uso eficaz de la energía y la sostenibilidad ambiental en los servicios de radiología. Estas regulaciones establecen criterios para medir el consumo energético, la eficiencia de los dispositivos médicos y la gestión ambiental en hospitales (Torres & Molina, 2022).

### ***Protocolo de Medición COCIR***

El Comité Europeo de Coordinación de la Industria Radiológica, Electromédica y de Tecnologías de la Salud (COCIR) ha creado protocolos para evaluar el consumo de energía de los equipos de diagnóstico por imagen. Estos protocolos facilitan la comparación del rendimiento energético entre diversas tecnologías médicas (Ramírez & Gómez, 2022).

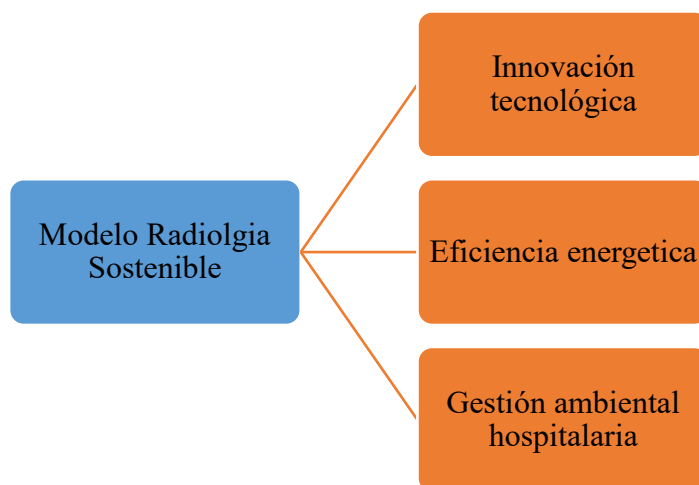
### ***ISO 14001 y Certificaciones Energéticas***

La norma ISO 14001 define los requisitos necesarios para implementar sistemas de gestión ambiental tanto en organizaciones públicas como privadas. En el contexto del sector salud, esta certificación contribuye a mejorar la gestión de recursos naturales y a minimizar el impacto ambiental de las operaciones hospitalarias (Fernández & López, 2022).

## **Integración Conceptual del Marco Teórico**

El marco teórico expuesto combina ideas conectadas con la sostenibilidad ecológica, la eficiencia en el consumo de energía y las innovaciones tecnológicas utilizadas en los dispositivos de diagnóstico por imagen. Estos componentes facilitan la comprensión de la conexión entre la utilización de tecnología médica y su efecto sobre el medio ambiente en los sistemas de salud.

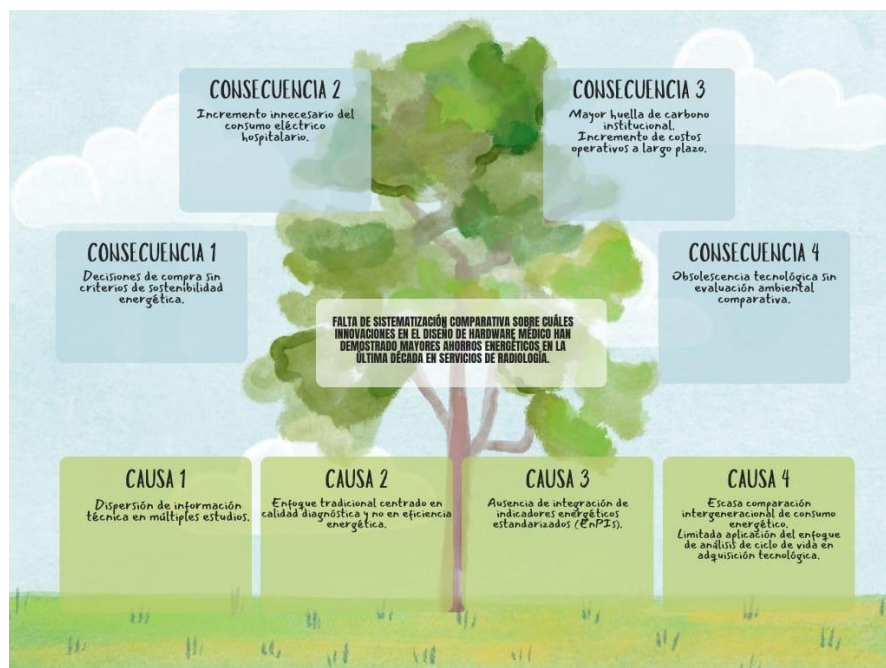
Además, el estudio de la radiología sostenible, los parámetros de rendimiento energético y las tácticas de economía circular ofrece una base conceptual firme para llevar a cabo investigaciones que busquen optimizar la eficiencia energética en los servicios de radiología.

**Figura 2***Modelo Conceptual de Radiología Sostenible*

*Nota.* Elaboración propia. Fuente. Fernández y López (2022).

**Figura 3**

*Árbol del Problema Innovación Tecnológica en el Diseño de Hardware Médico para la Eficiencia Energética en Servicios de Radiología Durante la Última Década*



*Nota.* Elaboración propia

## **Metodología**

### **Enfoque de la Investigación**

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cualitativo, debido a que se orienta al análisis e interpretación de información documental relacionada con las innovaciones tecnológicas en el diseño de hardware médico y su impacto en la eficiencia energética en los servicios de radiología.

De acuerdo con Hernández-Sampieri & Mendoza (2021), el enfoque cualitativo permite explorar y comprender la realidad a partir de la revisión de múltiples fuentes, lo cual resulta adecuado para investigaciones basadas en literatura científica.

### **Tipo y Diseño del Estudio: Investigación Documental**

El estudio corresponde a una investigación documental, la cual se fundamenta en la recopilación, revisión y análisis de fuentes secundarias como artículos científicos, informes técnicos y publicaciones académicas.

Según Arias (2020), la investigación documental permite analizar información existente con el fin de generar nuevas interpretaciones, establecer comparaciones y construir conocimiento a partir de estudios previos. En este caso, se emplea para identificar y analizar las innovaciones tecnológicas en equipos de radiología y su impacto en la eficiencia energética.

El diseño de la investigación es no experimental, debido a que no se manipulan variables, sino que se analizan fenómenos tal como se presentan en su contexto natural. Además, es de tipo descriptivo-analítico ya que describe las principales tecnologías utilizadas en radiología y se analizan sus implicaciones en la eficiencia energética.

## **Técnicas de Obtención de Datos**

Las técnicas empleadas fue la revisión documental, la cual permitió recopilar información relevante de artículos científicos, libros y publicaciones académicas relacionadas con el tema de estudio. Como instrumento se utilizó una matriz de análisis documental, en la que se registraron los datos más relevantes de cada fuente, tales como autor, año, tipo de tecnología, aporte principal y relación con la eficiencia energética.

## **Procedimiento**

El procedimiento de la investigación se desarrolló en las siguientes etapas:

***Búsqueda de información.*** Se realizó la identificación de fuentes científicas en bases de datos académicas como Scopus, SciELO, Google Académico y revistas especializadas en ingeniería biomédica y salud.

***Selección de Información.*** Se aplicaron criterios de inclusión como publicaciones entre los años 2020 y 2025, permitiendo temáticas y relevancia científica.

***Organización de la Información.*** Se clasificaron los documentos en categorías de análisis: tecnologías radiológicas, consumo energético, innovaciones tecnológicas e impacto ambiental.

***Análisis de la Información.*** Se empleó la técnica de análisis de contenido para interpretar los datos recopilados y establecer relaciones entre las variables de estudio.

***Síntesis de Resultados.*** Se elaboraron tablas comparativas que permitieron organizar la información y responder a los objetivos de la investigación.

## **Criterios de Inclusión y Exclusión**

### ***Criterio de Inclusión***

Publicaciones en idioma español.

Artículos científicos publicados entre 2020 y 2025.

Estudios relacionados con eficiencia energética, radiología y sostenibilidad.

Documentos provenientes de revistas indexadas o repositorios académicos.

### ***Criterios de Exclusión***

Estudios anteriores al año 2020.

Documentos sin respaldo científico.

Información no relacionada directamente con la temática.

Fuentes duplicadas.

### **Limitaciones del Estudio**

Entre las principales limitaciones de la investigación se identifican:

Disponibilidad limitada de literatura científica en español sobre eficiencia energética en radiología.

Heterogeneidad en los enfoques metodológicos de los estudios analizados.

Posible sesgo en la selección de información, pero deben ser consideradas en la interpretación de los hallazgos.

Estas limitaciones no invalidan los resultados, pero deben ser consideradas en la interpretación de los hallazgos.

### **Técnicas de Análisis de Datos**

El análisis de la información se realizó mediante la técnica de análisis de contenido, la cual permitió:

Clasificar la información en categorías temáticas.

Identificar patrones y tendencias.

Comparar diferentes tecnologías médicas.

Las principales categorías de análisis fueron:

Tecnologías de radiología (DR, TC, RM)

Consumo energético

Innovaciones tecnológicas

Impacto ambiental

De acuerdo con Bernal (2020), el análisis de contenido es una herramienta fundamental en investigación cualitativas, ya que permite interpretar información de manera sistemática y objetiva.

### **Parámetros Éticos y Legales**

La investigación se desarrolló bajo principios éticos y legales fundamentales, tales como:

Respeto por los derechos de autor

Uso adecuado de la información científica

Aplicación de normas de citación según APA 7

Prevención del plagio académico

Asimismo, el estudio se ajusta a los lineamientos institucionales de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, garantizando la integridad académica y la transparencia en el manejo de la información.

## Resultados

En esta sección se presentan los resultados obtenidos a partir de la revisión documental realizada, los cuales se organizan en función de los objetivos específicos planteados. A través del análisis de fuentes científicas recientes, se identificaron las principales tecnologías utilizadas en los servicios radiológicos, su nivel de consumo energético, las innovaciones tecnológicas orientadas a la eficiencia energética y su impacto ambiental. Estos resultados permiten dar respuesta a la pregunta de investigación y evidencian la relación existente entre el desarrollo tecnológico y la optimización del consumo energético en el sector salud.

**Tabla 4**

*Tecnologías de Hardware Médico en Radiología y su Eficiencia Energética*

Tecnología	Tipo de sistema	Nivel de consumo energético	Eficiencia
Radiología digital (DR)	Detectores digitales	Bajo	Alto
Tomografía computarizada (TC)	Sistemas multicorte	Medio-Alto	Medio
Resonancia magnética (RM)	Sistemas superconductores	Alto	Baja

*Nota.* Elaboración propia. Fuente. Pérez & Suárez (2024), Ramírez & Gómez (2022) y Valencia & Pardo (2021).

Los resultados presentados en la Tabla 3 evidencian que las tecnologías de hardware médico utilizadas en radiología presentan diferencias significativas en cuanto a consumo energético y eficiencia operativa. Se identificó que la radiología digital (DR) representa la modalidad más eficiente energéticamente, debido a la implementación de detectores digitales y sistemas automatizados que optimizan el uso de energía durante la adquisición y procesamiento de imágenes diagnósticas.

En contraste, la resonancia magnética (RM) fue identificada como la tecnología con mayor demanda energética, principalmente por la necesidad de mantener activos de forma continua los sistemas superconductores y de refrigeración. Este comportamiento incrementa considerablemente el consumo eléctrico incluso en periodos de inactividad del equipo.

Por otra parte, la tomografía computarizada (TC) presenta un nivel de consumo energético intermedio, asociado al funcionamiento del gantry y a los sistemas de reconstrucción digital de imágenes. Estos resultados permiten evidenciar que el nivel de eficiencia energética depende directamente del tipo de tecnología implementada en los servicios de radiología.

Asimismo, los hallazgos coinciden con lo planteado por Fernández y López (2022), quienes afirman que las tecnologías digitales permiten mejorar la sostenibilidad hospitalaria mediante la reducción del consumo energético y la optimización de los recursos tecnológicos.

En relación con el primer objetivo específicos de la investigación, los resultados permitieron identificar las principales tecnologías utilizadas en radiología y analizar sus características energéticas, evidenciado diferencias importantes entre las modalidades estudiadas.

### Tabla 3

#### *Consumo Energético Según Modalidad Radiológica*

Tecnología	Consumo en operación	Consumo en reposo	Nivel energético
DR	Bajo	Bajo	Eficiente
TC	Medio-Alto	Medio	Moderado
RM	Alto	Alto	Crítico

*Nota.* Elaboración propia. Fuente. Torres & Molina (2022) y Morales & Castillo (2020).

La Tabla 4 demuestra que el consumo energético varía considerablemente según la modalidad radiológica utilizada. La resonancia magnética presenta niveles críticos de consumo tanto en operación como en estado de reposo, debido a que requiere mantener activos

permanentemente sus sistemas de refrigeración y superconductividad para garantizar la estabilidad del equipo.

En el caso de la tomografía computarizada, el consumo energético se clasifica como moderado, debido al funcionamiento continuo de componentes mecánicos y sistemas computacionales que intervienen en el procesamiento de imágenes. Por otro lado, la radiología digital evidenció el menor nivel de consumo energético, posicionándose como la tecnología más eficiente entre las modalidades analizadas.

Estos resultados permiten comprender que la eficiencia energética no depende únicamente de la frecuencia de uso del equipo, sino también de las características tecnológicas y operativas propias de cada modalidad radiológica. Además, los hallazgos coinciden con Torres 6 Molina (2022), quienes sostiene que los equipos de resonancia magnética representan uno de los sistemas hospitalarios con mayor demanda energética.

En relación con el segundo objetivo específico, los resultados permitieron determinar el nivel de consumo energético de las principales tecnologías utilizadas en radiología, identificando diferencias importantes entre las modalidades diagnosticas analizadas.

#### **Tabla 4**

##### *Innovaciones Tecnológicas en Eficiencia Energética en Radiología*

Innovación	Tipo	Aplicación	Impacto energético
Smart Standby	Software	Modo reposo	Reduce consumo
Recuperación de energía	Mecánico	TC	Reutiliza energía
Detectores digitales	Hardware	DR	Optimiza consumo

*Nota.* Elaboración propia. Fuente. Gómez & Pineda (2020) y Gutiérrez & León (2023).

Los resultados presentados en la Tabla 5 evidencian que las principales innovaciones tecnológicas orientadas a la eficiencia energética se centran en la autorización y optimización del consumo eléctrico de los equipos médicos utilizados en radiología.

Entre las innovaciones más relevantes se identificaron los sistemas Smart Standby, los mecanismos de recuperación de energía y los detectores digitales de bajo consumo. El sistema Smart Standby permite disminuir significativamente el consumo energético durante los periodos de inactividad del equipo, mientras que las tecnologías de recuperación energética implementadas en tomografía computarizada favorecen el aprovechamiento de energía mecánica generada durante el funcionamiento del gantry.

Asimismo, los detectores digitales contribuyen a reducir el gasto energético y mejorar la eficiencia digital. Estas innovaciones permiten optimizar el rendimiento tecnológico sin afectar la calidad diagnóstica de los procesamientos médicos.

Los resultados coinciden con Gutiérrez y León (2023), quienes afirman que los sistemas inteligentes de gestión energética permiten regular el consumo eléctrico en función de la demanda clínica y operativa de los servicios hospitalarios.

En relación con el tercer objetivo específico de la investigación, los hallazgos permitieron analizar las principales innovaciones tecnológicas orientadas a mejorar la eficiencia energética en los equipos de radiología.

## **Tabla 5**

### *Impacto Ambiental del Consumo Energético en Radiología*

Factor	Tipo de impacto	Relación con energía	Consecuencia
Consumo energético	Directo	Alto	Emisión de CO <sub>2</sub>
Emisiones	Directo	Dependiente	Cambio climático
Residuos electrónicos	Indirecto	Obsolescencia	Contaminación

*Nota.* Elaboración propia con base en Díaz & Salazar (2021) y Martínez & Rojas (2021).

La Tabla 6 evidencia que el impacto ambiental generado por los servicios de radiología está estrechamente relacionado con el elevado consumo energético de los equipos médicos utilizados en las instituciones hospitalarias.

Entre los principales efectos identificados se encuentran las emisiones de dióxido de carbono, el incremento de la huella ambiental hospitalaria y la generación de residuos electrónicos derivados de la obsolescencia tecnológica. Los resultados muestran que las tecnológicas de alto consumo energético, especialmente la resonancia magnética y la tomografía computarizada, contribuyen significativamente al impacto ambiental en el sector salud.

Asimismo, la sustitución constante de equipos médicos debido a la innovación tecnológica genera residuos electrónicos que requieren procesos especificados de disposición y reciclaje. Esta situación evidencia la necesidad de implementar estrategias sostenibles que permitan optimizar el consumo energético y reducir el impacto ambiental hospitalario.

Los hallazgos coinciden con Díaz & Salazar (2021), quienes sostienen que el sector salud representa una fuente importante de emisiones asociadas al consumo energético de tecnologías médicas.

En relación con el cuarto objetivo específico, los resultados permiten evaluar el impacto ambiental derivado del consumo energético en los servicios de radiología y la importancia de implementar tecnologías más sostenibles.

## **Tabla 6**

### *Integración de Resultados en Función del Objetivo General*

Categoría	Hallazgos	Sustento teórico
Tecnologías	DR, TC, RM	Fernández & López (2022)
Consumo energético	RM mayor consumo	Torres & Molina (2022)
Innovaciones	Smart Standby, recuperación	Gutiérrez & León (2023)
Impacto ambiental	Emisiones y residuos	Díaz & Salazar (2021)

*Nota.* Elaboración propia.

La integración de resultados presentados en la Tabla 7 permite establecer una relación directa entre las tecnologías radiológicas, el consumo energético, las innovaciones tecnológicas y el impacto ambiental asociado a los servicios de radiología.

Los hallazgos evidencian que la eficiencia energética depende de múltiples factores tecnológicos y operativos que interactúan entre sí. Se identificó que la radiología digital representa la modalidad más eficiente, mientras que la resonancia magnética continúa siendo la tecnología con mayor demanda energética.

Asimismo, las innovaciones tecnológicas orientadas a la gestión inteligente de la energía y la recuperación energética contribuyen significativamente a la optimización del consumo eléctrico en los equipos médicos. Desde una perspectiva ambiental, los resultados demuestran que la implementación de tecnologías eficientes permite reducir emisiones contaminantes y fortalecer la sostenibilidad hospitalaria.

En función del objetivo general de la investigación, los resultados permiten concluir que la eficiencia energética en radiología depende de la integración de innovaciones tecnológicas, estrategias de gestión energética y prácticas sostenibles que favorezca la optimización del rendimiento operativo y ambiental de los servicios de diagnóstico por imagen.

## Conclusiones

A partir del desarrollo de la investigación, se concluyó que las innovaciones tecnológicas en el diseño de hardware médico han contribuido de manera significativa al mejoramiento de la eficiencia energética en los servicios de radiología durante el periodo 2020-2025. El avance tecnológico en equipos de diagnóstico por imágenes ha permitido optimizar el consumo energético, mejorar el rendimiento operativo y promover prácticas más sostenibles en las instituciones de salud.

En relación con el primer objetivo específico, se identificó que las principales tecnologías utilizadas en radiología son la radiología digital, la tomografía computarizada y la resonancia magnética. Estas modalidades presentan diferencias importantes en cuanto a funcionamiento y demanda energética, siendo la radiología digital la más eficiente debido al uso de detectores digitales y sistemas automatizados de bajo consumo.

Respecto al segundo objetivo específico, se determinó que la resonancia magnética representa la modalidad con mayor consumo energético, tanto en funcionamiento como en reposo, debido a la necesidad de mantener activos sus sistemas superconductores y de refrigeración. En contraste, la radiología digital mostró menores niveles de consumo energético, evidenciando una mejor eficiencia operativa.

En cuanto al tercer objetivo específico, se concluye que las principales innovaciones tecnológicas orientadas a la eficiencia energética incluyen sistemas inteligentes de gestión energética, tecnologías Smart Standby, detectores digitales eficientes y mecanismos de recuperación de energía en equipos de tomografía computarizada. Estas innovaciones permiten disminuir el consumo eléctrico sin afectar la calidad diagnóstica de los equipos médicos.

Con relación al cuarto objetivo específico se evidenció que el alto consumo energético en servicios de radiología genera impactos ambientales importantes, entre ellos el aumento de emisiones de gases de efecto invernadero y la generación de residuos tecnológicos. Por ello, la implementación de tecnologías energéticas eficientes contribuye no solo a la reducción de costos operativos, sino también al fortalecimiento de la sostenibilidad ambiental hospitalaria.

Finalmente, se concluye que la eficiencia energética en radiología depende de la integración de tecnologías innovadoras, estrategias de gestión energética y prácticas sostenibles que permitan optimizar el funcionamiento de los equipos médicos. En respuesta a la pregunta de investigación, se determina que las principales innovaciones tecnológicas que contribuyen a la eficiencia energética son aquellas enfocadas en la autorización del consumo energético, la optimización del hardware y la reutilización de energía, favoreciendo así el desarrollo de una radiología más sostenible y eficiente.

### Referencias Bibliográficas

- Arias, F. (2020). *El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica* (7. ° ed.). Episteme.
- Bernal, C. A. (2020). *Metodología de la investigación* (4. ° ed.). Pearson Educación.  
<https://share.google/K4Je0TIekUlvyicbO>
- Cabrera, M., & Torres, D. (2021). Innovación tecnológica en sistemas de diagnóstico por imagen. *Revista colombiana de Tecnología*, 17(1), 88-101.  
<https://share.google/EfgkS5a5WInUIX8X6>
- Castillo, R., & Méndez, p. (2023). Evaluación del consumo energético en hospitales latinoamericanos. *Revista de Energía y Desarrollo*, 12(3), 145-160.
- Delgado, F., & Ruiz, A. (2022). Gestión energética en instituciones de salud. *Revista de Ingeniería Energética*, 43(1), 33-47.
- Díaz Gómez, M. C., Combata Pinzón, D. V., Peña Saavedra, T. L., Roa Pinto, M. E., & González Sierra, L. D. (2026). *Hacia una radiología sostenible: Revisión bibliográfica sobre el impacto energético y ambiental de las tecnologías de imagen digital*.  
<https://repository.unad.edu.co/handle/10596/78745>
- Díaz, M., & Salazar, H. (2021). Impacto ambiental de tecnologías médicas en instituciones hospitalarias. *Revista de Salud Ambiental*, 21(1), 44–52.  
<https://ojs.diffundit.com/index.php/rsa>
- Fernández, J., & López, P. (2022). Radiología sostenible: estrategias para reducir el consumo energético en servicios de diagnóstico por imagen. *Radiología*, 64(4), 221–229.  
<https://www.elsevier.es/es-revista-radiologia-119>

- Fuentes, G., & Navarro, P. (2021). Impacto ambiental del uso de tecnologías médicas. *Revista de Salud Pública*, 23(2), 98-110.
- Gómez, R., & Pineda, A. (2020). Indicadores de desempeño energético aplicados a tecnología médica. *Revista de Ingeniería Biomédica*, 14(2), 73–81.  
<https://revistas.eia.edu.co/index.php/BME>
- Gutiérrez, M., & León, S. (2023). Sistemas inteligentes para eficiencia energética hospitalaria. *Revista de Innovación Tecnológica*, 19(\$), 300-315.
- Hernández-Sampieri, R., & Mandoza, C. (2021). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill.
- Herrera, J., & Castro, E. (2022). Optimización energética en servicios de diagnóstico por imagen. *Revista de Ingeniería Biomédica*, 16(1), 25-39.
- Jiménez, R., & Salas, D. (2020). Consumo energético en equipos de resonancia magnética. *Revista Mexicana de Física Médica*, 18(2), 60-72.
- López, A., & Martínez, P. (2022). Gestión del ciclo de vida de equipos médicos en instituciones de salud. *Revista de Gestión Hospitalaria*, 10(3), 130–141.  
<https://dialnet.unirioja.es>
- López, F., & Herrera, C. (2024). Sostenibilidad en hospitales modernos. *Revista Gestión en Salud*, 14(2), 75\_89.
- Martínez, D., & Rojas, F. (2021). Economía circular aplicada al equipamiento médico hospitalario. *Revista Latinoamericana de Ingeniería Industrial*, 9(2), 201–213.
- Mendoza, P., & Ríos, A. (2023). Evaluación del desempeño energético en hospitales. *Revista de Ingeniería*, 28(2), 101-115.

- Morales, J., & Castillo, R. (2020). Evaluación del impacto ambiental de tecnologías de diagnóstico por imagen. *Revista Cubana de Salud Pública*, 46(4).  
[https://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_serial&pid=0864-3466](https://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_serial&pid=0864-3466)
- Navarro, P., & Ortega, M. (2023). Gestión de residuos electrónicos en hospitales y centros de diagnóstico. *Revista de Salud Ambiental*, 23(2), 120–132.  
<https://ojs.diffundit.com/index.php/rsa>
- Núñez, V. (2023). Impacto ambiental en el sector salud. *Revista Ambiental Latinoamericana*, 11(2), 55-70.
- Ortega, M., & Salinas, F. (2021). Radiología digital y eficiencia energética. *Revista Científica en Salud*, 11(2), 134-148.
- Paneque, L. M., & Paneque, D. M. (2025). Papel de la ciencia y la tecnología en la salud humana y el desarrollo sostenible en Cuba. *Revista Multidisciplinaria Summum*, 1(2), 36-43.  
<https://granmel.ec/revista/index.php/summum/article/view/11>
- Pérez, G., & Suárez, A. (2024). Tecnologías emergentes en radiología digital y su impacto en la eficiencia operativa. *Revista Colombiana de Radiología*, 35(1), 4105–4113.  
<https://www.revistacolombianaderadiologia.org>
- Pérez, L., & Gómez, R. (2023). Sistemas de gestión energética hospitalaria. *Revista Ingeniería Aplicada*, 15(3), 200-215.
- Quintero, D. (2023). Innovación tecnológica en el sector salud. *Revista de Innovación y Desarrollo*, 8(2), 90-105.
- Ramírez, J., & Gómez, L. (2022). Consumo energético en equipos de resonancia magnética: análisis comparativo. *Revista Mexicana de Física Médica*, 18(3), 85–93.

- Ramírez, F., & Torres, H. (2022). Impacto ambiental en tecnología médica. *Revista Ambiente y Salud*, 6(2), 89-102. <https://share.google/eVZQVw3TW1JCKMfap>
- Sánchez, V., & Delgado, H. (2022). Impacto ambiental en tecnología médica. *Revista ambiental en tecnología médica. Revista Ambiental y Salud*, 6(2), 89-102. <https://share.google/loUeEWg0y8HbweAqD>
- Torres, H., & Molina, S. (2022). Optimización del consumo energético en sistemas hospitalarios. *Revista de Ingeniería Energética*, 43(2), 210–220. <https://rie.cujae.edu.cu>
- Valencia, C., & Pardo, J. (2021). Gestión sostenible de tecnologías médicas en hospitales. *Revista de Tecnología y Salud*, 6(1), 25–34. <https://revistas.unal.edu.co>
- Vargas, E., & Núñez, V. (2023). Evaluación de eficiencia energética en equipos médicos. *Revista Latinoamericana de Ingeniería*, 20(1), 70-85. <https://share.google/ukqlEz1qlGE9h1wrH>
- Zamora, d., & Castillo, R. (2021). Innovación en sistemas de diagnóstico por imagen. *Revista Biomédica*, 12(4), 250-265. <https://share.google/FmgIAI0CoAHuaGF2w>