

**Análisis comparativo de tecnologías de tomografía computarizada en clínicas del sur de  
Bogotá y hospitales de España: eficiencia operativa, técnica, impacto ambiental y  
sostenibilidad**

Luis Fernando Acevedo Arenas

Ana María Caraballo González

Jesica Carolina Español López

Edgar Eduardo Garnica Mira

Cindy Yurany Hernández Fletcher

Asesor

Edna Rocío Jamaica Guio

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias de la Salud (ECISA)

Tecnología en Radiología e Imágenes Diagnósticas

2024

## **Agradecimientos**

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a todos aquellos que hicieron posible la realización de este trabajo.

A nuestros tutores de la UNAD, por compartir sus conocimientos, orientarnos con paciencia y motivarnos a superar cada obstáculo académico. Su experiencia y guía fueron fundamentales para que pudiéramos alcanzar nuestros objetivos.

A nuestros compañeros, por su colaboración, sus ideas y el espíritu de equipo que nos acompañó durante el diplomado. Juntos, enfrentamos cada reto con compromiso y dedicación, y esto enriqueció nuestro aprendizaje y crecimiento personal.

A nuestras familias, por el apoyo incondicional, el aliento constante y la comprensión durante los momentos de mayor esfuerzo. Su amor y confianza nos impulsaron a continuar, aún en los momentos más desafiantes.

A nuestros amigos, por estar a nuestro lado en este camino y comprender las largas horas de dedicación que este proyecto implicó.

Finalmente, agradecemos a todos aquellos profesionales en el campo de las imágenes diagnósticas cuya labor diaria inspira y orienta a futuros profesionales a avanzar con pasión y responsabilidad en el área de la salud.

Con gratitud y aprecio,

El equipo de Diplomado en Profundización en Imágenes Diagnósticas.

### **Dedicatoria**

A nuestras familias, cuyo amor y apoyo incondicional nos han impulsado a alcanzar este logro.

A nuestros amigos, por comprender nuestros tiempos y alentarnos a seguir adelante.

A nuestros docentes y tutores de la UNAD, quienes con su dedicación, paciencia y conocimiento nos guiaron en este proceso de aprendizaje y profundización en el fascinante mundo de las imágenes diagnósticas.

A nuestros compañeros de equipo, por el esfuerzo compartido, la perseverancia y el compromiso que demostramos a lo largo de este diplomado. Juntos enfrentamos cada desafío, celebramos cada logro y aprendimos unos de otros, construyendo más que un equipo de trabajo: una familia. Dedicamos este trabajo a todos aquellos que, de alguna manera nos ayudaron a llegar hasta aquí y nos inspiraron a continuar en nuestro camino profesional y académico.

Con gratitud y respeto,

Equipo de trabajo.

## Resumen

El rápido avance de las tecnologías de adquisición de imágenes médicas ha mejorado significativamente la capacidad diagnóstica en la atención sanitaria. Sin embargo, estos avances también han generado preocupaciones sobre su impacto ambiental, costos operativos y consumo energético.

Analizar comparativamente las tecnologías de adquisición de imágenes médicas (TC), se debe considerar; no solo las características técnicas y de calidad de imagen, sino también su impacto ambiental, el costo operativo y el consumo energético, de esta forma, se establecerá el impacto y las opciones más sostenibles teniendo en cuenta el avance en clínicas del sur de Bogotá - Colombia y España - Europa.

El estudio se realizará a partir de una metodología cualitativa, donde se tiene en cuenta datos relevantes y referentes bibliográficos de la información.

Las recomendaciones derivadas de esta investigación ayudarán a los centros de salud a tomar decisiones informadas sobre la adquisición de tecnologías de imagen (TC), priorizando aquellas que minimicen el impacto ambiental y reduzcan costos a largo plazo.

**Palabras clave:** tomografía axial computarizada, sostenibilidad energética, impacto ambiental, costos operativos y eficiencia tecnológica.

## Abstract

The rapid advancement of medical imaging acquisition technologies has significantly improved diagnostic capabilities in healthcare. However, these advancements have also raised concerns regarding their environmental impact, operational costs, and energy consumption.

To perform a comparative analysis of medical imaging acquisition technologies (CT), it is essential to consider not only technical characteristics and image quality but also their environmental impact, operational cost, and energy consumption. This approach will help determine the impact and identify the most sustainable options, taking into account developments in clinics in southern Bogotá, Colombia, and Spain, Europe.

The study will adopt a qualitative methodology, incorporating relevant data and bibliographic references.

The recommendations derived from this research will help healthcare centers make informed decisions about acquiring imaging technologies (CT), prioritizing those that minimize environmental impact and reduce long-term costs.

**Keywords:** computed tomography, energy sustainability, environmental impact, operational Costs, and technological efficiency.

## Tabla de contenido

Introducción.....	9
Planteamiento del problema.....	11
Justificación.....	13
Objetivos.....	15
Objetivo general.....	15
Objetivos específicos.....	15
Marco teórico.....	18
Metodología.....	27
Recolección de datos.....	29
Análisis de datos.....	30
Cronograma.....	31
Resultados.....	33
Características técnicas de los equipos.....	34
Calidad de Imagen.....	35
Impacto Ambiental.....	36
Costos Operativos.....	37
Consumo Energético.....	39
Conclusiones.....	40
Referencias Bibliográficas.....	44

**Lista de Tablas**

<b>Tabla 1</b> <i>Proceso recolección de datos</i> .....	29
<b>Tabla 2</b> <i>Cronograma</i> .....	32
<b>Tabla 3</b> <i>Comparativo en Consumo</i> .....	38

## Lista de Figuras

**Figura 1** *Los gases y su efecto invernadero* ..... 23

**Figura 2** *Países con mayor emisión de gases* ..... 26

## Introducción

La tomografía axial computarizada (TC) es una herramienta fundamental en la medicina moderna, permitiendo diagnósticos precisos en una amplia gama de patologías. A pesar de sus beneficios clínicos, la operación de estos equipos supone un reto significativo en términos de costos operativos y consumo energético, además de su impacto ambiental, especialmente en un contexto global donde la sostenibilidad y la reducción de la huella de carbono son prioridades emergentes.

En las últimas décadas, la eficiencia tecnológica y el impacto ambiental de las tecnologías de imágenes médicas han cobrado mayor relevancia en la planificación y gestión de los sistemas de salud. Si bien los avances en calidad de imagen y reducción de tiempos de adquisición son evidentes, la transición hacia el uso de energías limpias y la optimización del consumo energético en el ámbito hospitalario es un área que aún requiere atención.

Este estudio tiene como objetivo evaluar comparativamente las tecnologías TC en clínicas del sur de Bogotá, Colombia, y en hospitales de España, Europa. Se pretende analizar no solo sus características técnicas y de calidad de imagen, sino también su impacto ambiental, los costos operativos asociados y su consumo energético. Dado el aumento de la conciencia sobre la sostenibilidad en el sector sanitario, esta investigación busca identificar las opciones tecnológicas más sostenibles, que utilicen energías renovables y minimicen el impacto ambiental sin comprometer el rendimiento clínico.

Los equipos de imagen médica, al igual que otras tecnologías industriales avanzadas, consumen grandes cantidades de energía, generan residuos electrónicos y requieren de un mantenimiento intensivo. Esto plantea preocupaciones importantes en términos de sostenibilidad, particularmente en un mundo donde la atención sobre el cambio climático y la reducción de

huellas de carbono es cada vez más apremiante. Además, los altos costos operativos asociados con la adquisición, operación y mantenimiento de estos equipos pueden representar una carga significativa para los sistemas de salud, especialmente en países en vías de desarrollo o con limitados recursos financieros.

A pesar de estos desafíos, la evaluación y selección de tecnologías de adquisición de imágenes en los centros de salud sigue enfocándose principalmente en su rendimiento técnico, sin incorporar de manera adecuada criterios de sostenibilidad. Este enfoque limitado no solo subestima el impacto ambiental y económico de dichas tecnologías, sino que también compromete la posibilidad de optimizar los recursos disponibles a largo plazo.

La comparación entre estos dos países, con realidades socioeconómicas y normativas distintas, permitirá obtener una visión integral sobre cómo se gestionan los recursos energéticos y la sostenibilidad en el ámbito médico, y ofrecerá recomendaciones para la implementación de tecnologías más eficientes y respetuosas con el medio ambiente.

## Planteamiento del problema

El avance de las tecnologías de adquisición de imágenes médicas como la tomografía computarizada (TC) ha mejorado significativamente la capacidad diagnóstica en el ámbito de la salud. Sin embargo, a medida que la tecnología avanza, también lo hace la preocupación sobre su impacto ambiental, sus costos operativos y el consumo de energía asociado con estos equipos. En muchos hospitales y clínicas, la evaluación de nuevas tecnologías se enfoca casi exclusivamente en su rendimiento técnico, calidad de imagen y capacidad diagnóstica, sin considerar a profundidad su sostenibilidad ambiental y económica.

El consumo energético de las tecnologías de adquisición de imágenes, junto con el uso de materiales no reciclables y la generación de residuos electrónicos, representan desafíos ambientales considerables. Además, la alta inversión inicial y los costos operativos de estas tecnologías, incluyendo mantenimiento y consumo energético, pueden aumentar significativamente los costos de atención médica.

Uno de los problemas radica en la falta de estudios comparativos que analicen el impacto ambiental, los costos operativos y el consumo de energía de las diferentes tecnologías de adquisición de imágenes médicas, considerando su uso en hospitales de diferentes contextos socioeconómicos del sur de Bogotá. Esto es especialmente importante en un entorno donde se busca minimizar el impacto ambiental en todas las industrias, incluidas las ciencias de la salud.

Las tecnologías de adquisición de imágenes médicas como la tomografía axial computarizada (TC), son ampliamente utilizadas para el diagnóstico de diversas patologías. No obstante, su operación requiere altos niveles de energía y genera costos considerables, tanto en términos económicos como ambientales. En particular, el uso intensivo de equipos TC en clínicas del sur de Bogotá y en hospitales de España plantea preguntas sobre la sostenibilidad de

estas tecnologías en ambos países.

En Bogotá, las clínicas del sur pueden enfrentarse a limitaciones presupuestarias que dificulten la adquisición de tecnologías más eficientes energéticamente. A su vez, en España, si bien los hospitales podrían contar con mayor acceso a tecnologías avanzadas, el uso de energías renovables y la minimización del impacto ambiental sigue siendo un desafío. Ambas realidades invitan a cuestionarse si se está logrando un equilibrio entre la necesidad de ofrecer imágenes de alta calidad para el diagnóstico médico y la urgencia de reducir el consumo energético y las emisiones de gases de efecto invernadero.

El problema central de esta investigación radica en que no existe un análisis comparativo exhaustivo que evalúe cómo las tecnologías TC utilizadas en ambos países, difieren en términos de eficiencia técnica, impacto ambiental, costos operativos y consumo energético. Además, no se ha explorado suficientemente si las clínicas y hospitales están implementando tecnologías que utilicen energías limpias y renovables, lo que podría contribuir a un sistema de salud más sostenible. Por tanto, es fundamental identificar las opciones más sostenibles de tecnologías TC que permitan reducir los costos operativos y el impacto ambiental sin comprometer la calidad de las imágenes médicas.

Para terminar, el presente proyecto plantea la siguiente pregunta de investigación:  
¿Cuáles son los criterios de sostenibilidad al adquirir imágenes diagnósticas por tomografía computarizada y cuál sería su implicación ambiental en hospitales y clínicas de la ciudad de Bogotá para el año 2024?

## Justificación

En la actualidad, el uso de tecnologías de adquisición de imágenes médicas desempeña un papel crucial en el diagnóstico y tratamiento de diversas patologías. No obstante, la creciente demanda de estos equipos ha puesto de manifiesto preocupaciones significativas relacionadas con el consumo energético, los costos operativos y el impacto ambiental.

En el contexto actual de la medicina moderna, las tecnologías de adquisición de imágenes, como la tomografía axial computarizada (TC), juegan un papel fundamental en el diagnóstico médico preciso y oportuno. Sin embargo, su creciente uso plantea desafíos no sólo en términos de costos operativos y tecnológicos, sino también desde una perspectiva ambiental y energética. A medida que los sistemas de salud buscan optimizar la eficiencia y sostenibilidad, surge la necesidad de evaluar no solo la calidad de imagen y las características técnicas de los equipos TC, sino también su impacto ambiental, consumo energético y los costos asociados a su operación.

Este estudio es relevante porque permitirá identificar las características en la gestión tecnológica y energética entre las clínicas del sur de Bogotá - Colombia, y hospitales en España - Europa, dos países con realidades socioeconómicas y normativas distintas. En un contexto global en el que la sostenibilidad y la transición hacia el uso de energías limpias son cada vez más prioritarias, es crucial analizar si las instituciones sanitarias están adoptando tecnologías que minimicen su huella ambiental.

Además, la comparación entre clínicas de Bogotá y hospitales de España proporcionará una perspectiva más amplia sobre las posibles mejoras y aportes del estudio en ambos países, sirviendo como guía para la adopción de prácticas más eficientes y sostenibles.

Evaluar tecnologías como la tomografía computarizada, permitirá identificar de qué

manera esta opción nos aporta una mejor calidad de imagen y sus características técnicas superiores, así como también aquellas características que presenten un menor consumo energético y menor huella ambiental.

Así mismo, la mayoría de los estudios en torno a la adquisición de imágenes médicas (TC) se centran en aspectos técnicos y de calidad de imagen, dejando de lado variables clave como el costo operativo a largo plazo y el impacto ambiental de los equipos. Este proyecto busca llenar este vacío al considerar de manera integral estos factores. Al abordar tanto el consumo energético como los costos de operación y la gestión de residuos, se proporcionará una visión más completa que facilitará la toma de decisiones informadas para los centros de salud.

Las recomendaciones resultantes de este proyecto servirán como guía para instituciones de salud al momento de adquirir nuevas tecnologías de imagen médica como equipos (TC). Así, se favorecerá aquellas opciones que no solo optimicen el diagnóstico, sino que también promuevan una gestión más sostenible de los recursos, contribuyendo a la reducción de costos y al cumplimiento de las metas ambientales globales.

Finalmente es importante tener en cuenta el criterio disponibilidad de almacenamiento "sistema ris y pacs", que puedan tener los hospitales de la ciudad de Bogotá porque evidentemente un equipo de tomografía computarizada requiere en su instalación, funcionamiento e implementación una nube adecuada con su correspondiente sistema operativo para salvaguardar las imágenes de cada estudio realizado.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Comparar tecnologías de adquisición de imágenes médicas en tomografía computada (TC) en clínicas del sur de Bogotá y hospitales de España, identificando características técnicas, calidad de imagen, impacto ambiental, costos operativos y consumo energético.

### **Objetivos Específicos**

Estudiar las características técnicas y la calidad de imagen de las tecnologías TC utilizadas en las clínicas del sur de Bogotá y en clínicas y hospitales de España.

Comparar el impacto ambiental generado por las tecnologías TC en ambos países, considerando el tipo de energía utilizada y la emisión de gases de efecto invernadero.

Evaluar los costos operativos asociados al uso de tecnologías TC en clínicas del sur de Bogotá y en clínicas u hospitales de España, incluyendo el consumo de recursos energéticos.

Proponer estrategias para la implementación de tecnologías TC más sostenibles en términos de consumo energético, energías limpias y renovables y minimización del impacto ambiental en ambos países.

## Marco Teórico

Según Díaz, I. R. R. (2014). En la revista de Imágenes diagnósticas: conceptos y generalidades, de la Facultad de Ciencias Médicas, 35-42. La tomografía computarizada (TC) es una herramienta clave en el diagnóstico por imágenes, permitiendo obtener cortes transversales detallados del cuerpo humano. A medida que las tecnologías avanzan, también lo hacen los debates sobre su impacto ambiental, consumo energético y costos operativos, factores que son cruciales en un contexto global donde la sostenibilidad es prioritaria. La presente investigación busca realizar un análisis comparativo de las tecnologías de TC utilizadas en clínicas del sur de Bogotá y en hospitales de España, considerando no solo sus características técnicas y de calidad de imagen, sino también su sostenibilidad ambiental y económica.

La Tomografía Computarizada (TC) es una técnica de adquisición de imágenes que ha revolucionado el diagnóstico médico desde su introducción en la década de 1970. Utiliza rayos X y algoritmos computacionales para generar imágenes detalladas del interior del cuerpo humano en secciones transversales, proporcionando información crítica para el diagnóstico y tratamiento de una amplia gama de patologías. Con el avance de la tecnología, las máquinas de TC han experimentado mejoras significativas en la resolución de imagen, tiempos de escaneo y reducción de dosis de radiación, lo que ha permitido un uso más amplio y seguro de esta herramienta.

En este momento vale la pena resaltar la importancia de las características técnicas de la TC. Las tecnologías de TC se diferencian en términos de número de detectores, velocidad de escaneo, capacidad de reconstrucción tridimensional y calidad de imagen. Las máquinas de TC de última generación, como las de múltiples cortes o multicorte (TCMD), ofrecen imágenes de alta resolución en tiempo real, lo que facilita diagnósticos más precisos y rápidos. Factores como

el uso de algoritmos de reconstrucción iterativa (IR), software avanzado de posprocesamiento y el uso de contrastes específicos también influyen en la calidad de la imagen.

La calidad de la imagen en TC está directamente relacionada con variables como el tamaño del voxel, la relación señal-ruido y la resolución espacial. La elección de protocolos optimizados y la capacidad de la máquina para ajustar estos parámetros permiten una evaluación diagnóstica precisa, mientras que el uso de técnicas avanzadas puede ayudar a minimizar la exposición a la radiación sin comprometer la calidad de la imagen.

La evolución de la tomografía computarizada ha permitido la introducción de sistemas más rápidos y precisos, con una mejora en la resolución de imagen y en la reducción de dosis de radiación. Estas mejoras incluyen avances en la reconstrucción iterativa, reducción de artefactos y optimización de protocolos de escaneo. Entre los fabricantes líderes en tecnología TC se encuentran Siemens, GE Healthcare, y Philips, cada uno con equipos que varían en términos de resolución espacial, contraste y dosis de radiación. Ortega Hrescak, M. C., & Socolsky, G. A. (2012). Historia de la tomografía computada. *Revista argentina de radiología*, 76(4), 331-341.

Por otra parte, la calidad de imagen en TC está determinada por varios factores, como el tamaño del detector, la resolución espacial, el ruido, y la dosis de radiación administrada. La tecnología de reconstrucción iterativa ha sido un avance significativo, reduciendo el ruido en las imágenes y permitiendo exámenes con dosis más bajas, sin comprometer la calidad de la imagen. Esto es especialmente relevante en el contexto de la medicina diagnóstica, donde se busca minimizar los riesgos asociados con la radiación ionizante. Loiza, A. Y. G., Reina, J. S. E., Reyes, A. C. C., & Carvajal, M. B. V. (2023).

De acuerdo con lo anterior, el impacto ambiental de las tecnologías médicas es un tema de creciente preocupación, especialmente debido a la alta demanda energética que requieren los

equipos avanzados de TC. En particular, las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) generadas por el consumo energético de los hospitales son un componente importante del análisis. La procedencia de la energía utilizada (fósil, nuclear o renovable) afecta directamente la huella de carbono de estos equipos. En Europa, las políticas ambientales impulsan la transición hacia energías limpias y renovables, mientras que, en Colombia, el uso de energías limpias todavía enfrenta ciertos desafíos, especialmente en clínicas de menor tamaño. Iñigo, E, Gozalbo, V. M., Molla, N. G., Soriano, (2024).

Uno de los temas contemporáneos más relevantes es el impacto ambiental que genera la operación de las tecnologías médicas, incluyendo la TC. La producción de desechos radiactivos, el alto consumo energético y la necesidad de materiales especiales, como los agentes de contraste, plantean desafíos ambientales significativos. Según estudios recientes, las instalaciones hospitalarias son responsables de una parte considerable de las emisiones de carbono y el consumo energético global.

En Europa, especialmente en países como España, se están implementando políticas para la reducción de la huella de carbono de los sistemas de salud, que incluyen el uso de energías limpias y renovables en hospitales y la optimización del uso de equipos de alto consumo energético como la TC. En contraste, las clínicas del sur de Bogotá, aunque están avanzando en la modernización tecnológica, enfrentan desafíos en términos de acceso a energías renovables y prácticas de sostenibilidad, en parte debido a las diferencias estructurales y económicas con los países europeos.

Definitivamente, el costo operativo de un sistema de TC incluye no solo el precio inicial del equipo, sino también los gastos relacionados con su mantenimiento, actualización de software, consumibles (como los agentes de contraste), capacitación del personal, y la energía

consumida durante su funcionamiento. Los equipos más avanzados tienden a tener costos iniciales más altos, pero son más eficientes energéticamente y requieren menos tiempo de escaneo, lo que puede traducirse en ahorro a largo plazo.

En España, las políticas gubernamentales y la estructura del sistema de salud público permiten una mayor inversión en tecnologías médicas de alta gama, mientras que las clínicas en Bogotá enfrentan restricciones presupuestarias que limitan su capacidad para adquirir y mantener estos equipos. Sin embargo, las estrategias de gestión de costos en ambos contextos están convergiendo en la adopción de equipos que no solo sean efectivos en términos de diagnóstico, sino también eficientes en el uso de recursos energéticos y financieros.

En Colombia, el costo de la energía eléctrica y la infraestructura de salud presentan un escenario distinto al de Europa, donde las políticas públicas están orientadas hacia la eficiencia energética y la sostenibilidad ambiental. Según Murallas Carrillo, L. V., & Rodríguez Rocha, B. (2019). La estimación del consumo energético por centros de costo de la Clínica permitirá, la comparación entre estos dos escenarios permitirá identificar los factores determinantes en los costos y el consumo energético en ambas regiones, brindando información valiosa para la toma de decisiones.

Son varios estudios que se han realizado en el mundo para lograr la implementación de un sistema de gestión de la energía para el Hospital Universitario la Samaritana. Suarez Suarez, L. A., & Tovar Fonseca, S. A. (2014). Proponen el uso de energías limpias y renovables en el sector salud, un tema emergente en el ámbito global. Las energías eólica, solar y geotérmica han comenzado a ser adoptadas en ciertas regiones como fuentes de energía para hospitales, especialmente en Europa, donde las políticas ambientales y de sostenibilidad están más desarrolladas. En Bogotá, el reto es integrar estas fuentes de energía en las clínicas y hospitales,

buscando reducir la dependencia de combustibles fósiles y mejorar la sostenibilidad del sector salud. La implementación de energías limpias en el funcionamiento de los equipos de TC podría ser clave para reducir el impacto ambiental de estas tecnologías.

En este mundo globalizado existen políticas públicas que promueven el uso de energías sostenibles y limpias, según Fernández, F. J. L., López, F. R. J. (2016). En su texto de Gestión pública de la salud. ACCI (Asociación Cultural y Científica Iberoamericana). En este estudio, se comparará la implementación de tecnologías TC de Bogotá y España. Las clínicas del sur de Bogotá enfrentan limitaciones de infraestructura y recursos económicos, mientras que, en España, los hospitales tienden a estar mejor equipados con tecnologías más avanzadas y sostenibles. Este contraste permitirá identificar las áreas donde se pueden hacer mejoras y adoptar soluciones más sostenibles para el contexto colombiano.

El análisis comparativo de las tecnologías de TC entre Bogotá y España proporcionará una visión integral sobre cómo la sostenibilidad, el impacto ambiental y los costos operativos influyen en la elección y el uso de equipos de diagnóstico. Asimismo, permitirá identificar estrategias viables para integrar energías limpias y renovables en los sistemas de salud de Bogotá, contribuyendo al desarrollo de un sector de la salud más sostenible.

Por otro lado, la revolución en el campo de la salud ha sido impulsada en gran medida por el desarrollo de tecnologías avanzadas para la obtención de imágenes médicas, siendo la tomografía computarizada (TC) uno de los avances más significativos.

Esta técnica ha transformado la capacidad de diagnóstico, permitiendo a los profesionales de la salud obtener imágenes detalladas del interior del cuerpo humano lo que resulta en diagnósticos más precisos y tratamientos más efectivos. Sin embargo, a medida que estas tecnologías continúan evolucionando y expandiéndose, emergen preocupaciones sobre sus

impactos ambientales, costos operativos y consumo energético. En muchas instituciones de salud, la evaluación de estas innovaciones tiende a centrarse en su eficacia técnica y en la calidad de las imágenes que producen, dejando en un segundo plano cuestiones críticas relacionadas con la sostenibilidad ambiental y la viabilidad económica. Esta situación plantea un dilema importante, ya que la búsqueda de avances en la atención médica no debería comprometer la salud del planeta ni la viabilidad de los sistemas de salud.

Como se menciona anteriormente; el desarrollo de tecnologías de diagnóstico médico y su relación con la sostenibilidad ambiental son parte de la evolución de estas, en los últimos años hemos visto como la tomografía computarizada ha revolucionado la atención sanitaria, permitiendo diagnósticos más precisos y oportunos. Sin embargo, esta evolución conlleva la responsabilidad de minimizar su impacto ambiental. La sostenibilidad se ha convertido en un imperativo para las empresas del sector, que deben integrar prácticas responsables en el diseño, fabricación y utilización de tecnologías médicas.

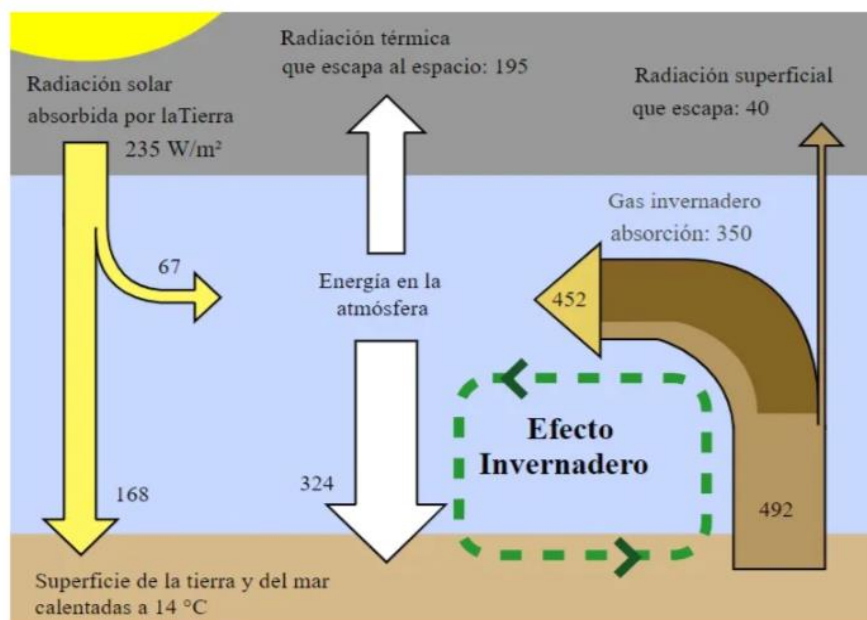
Las tecnologías de diagnóstico médico, en especial aquellas que utilizan técnicas de imagen como la tomografía han mejorado significativamente la calidad de la atención sanitaria. Estos avances no solo facilitan la detección temprana de enfermedades, sino que también optimizan los tratamientos y la gestión de recursos en las instituciones de salud. Siemens Healthineers, una empresa líder en tecnología médica destaca su compromiso con la innovación y la accesibilidad en su Informe de Sostenibilidad 2023, enfatiza que su objetivo es brindar atención médica a la mayor cantidad de personas posible, especialmente en regiones desatendidas, donde se ha logrado un aumento del 50% en los puntos de contacto con pacientes desde 2020.

A medida que el sector de la salud crece también lo hace su huella de carbono, los

dispositivos médicos incluida la tomografía generan una cantidad considerable de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). En el año fiscal 2023 Siemens Healthineers reportó una reducción del 27% en sus emisiones en comparación con 2019, lo que refleja un esfuerzo consciente por mitigar su impacto ambiental. Este enfoque no solo es beneficioso para el planeta, sino que también está alineado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU, en particular el ODS 3 (Buena salud y bienestar) y el ODS 12 (Consumo y producción responsables).

### Figura 1

*Los Gases de Efecto Invernadero.*



*Nota.* Los Gases de Efecto Invernadero como el  $\text{CO}_2$  son los actores principales del cambio climático actual. Tomado de Gómez (2019) <https://puentesdigitales.com/2019/01/28/los-gases-de-efecto-invernadero-y-el-cambio-climatico-datos-y-tendencias/>

La transición hacia una economía circular es clave para la sostenibilidad en el

sector de la salud y Siemens Healthineers ha implementado estrategias de circularidad a través de su Centro de Devoluciones que ha logrado reparar y reutilizar más de 30,000 piezas de equipos médicos generando un ahorro de aproximadamente 11,300 toneladas de CO2 en un solo año. Este tipo de iniciativas no solo contribuyen a la reducción de la huella de carbono, sino que también crean un nuevo valor económico al prolongar la vida útil de los productos.

La calidad es un aspecto esencial en la producción de tecnologías médicas, Siemens establece altos estándares de calidad en sus productos y procesos garantizando que estos cumplan con las regulaciones internacionales y nacionales. La empresa aplica un enfoque de gestión de calidad que no solo protege a los pacientes, sino que también incorpora prácticas sostenibles en el ciclo de vida del producto. El compromiso con la sostenibilidad está integrado en la estrategia de la empresa, como lo indica Bernd Montag, CEO de Siemens Healthineers, quien enfatiza la importancia de considerar los negocios y la sostenibilidad como objetivos interrelacionados.

Finalmente, el desarrollo de tecnologías para el diagnóstico médico y la sostenibilidad son dos caras de la misma moneda en la atención sanitaria moderna, a medida que el sector continúa avanzando es fundamental que las empresas como Siemens Healthineers integren prácticas responsables y sostenibles en todas sus operaciones. Esto no solo garantiza un futuro más saludable para el planeta, sino que también mejora la calidad de la atención médica disponible para las comunidades más necesitadas.

En el hospital universitario Mollet (Barcelona, España), que es un hospital que se encuentra en la ruta de la descarbonización se tiene un proyecto que está basado en principios de cultura verde y su compromiso en la lucha contra el cambio, iniciaron su proyecto realizando el diseño arquitectónico sostenible del que no se tenía ningún precedente y su apertura fue en el año

2010, a la fecha presenta unas instalaciones geométricas que poseen cubiertas sostenibles que recogen agua para almacenarla y reutilizarla, cuentan con 1368 paneles fotovoltaicos, con electricidad 100% procedente de fuentes renovables, 29 tipos de residuos segregados y una flota de vehículos eléctricos. Logrando la mejora de la gestión de los residuos sólidos, optimizando los procesos clínicos, reduciendo la movilidad y el uso adecuado de sus recursos.

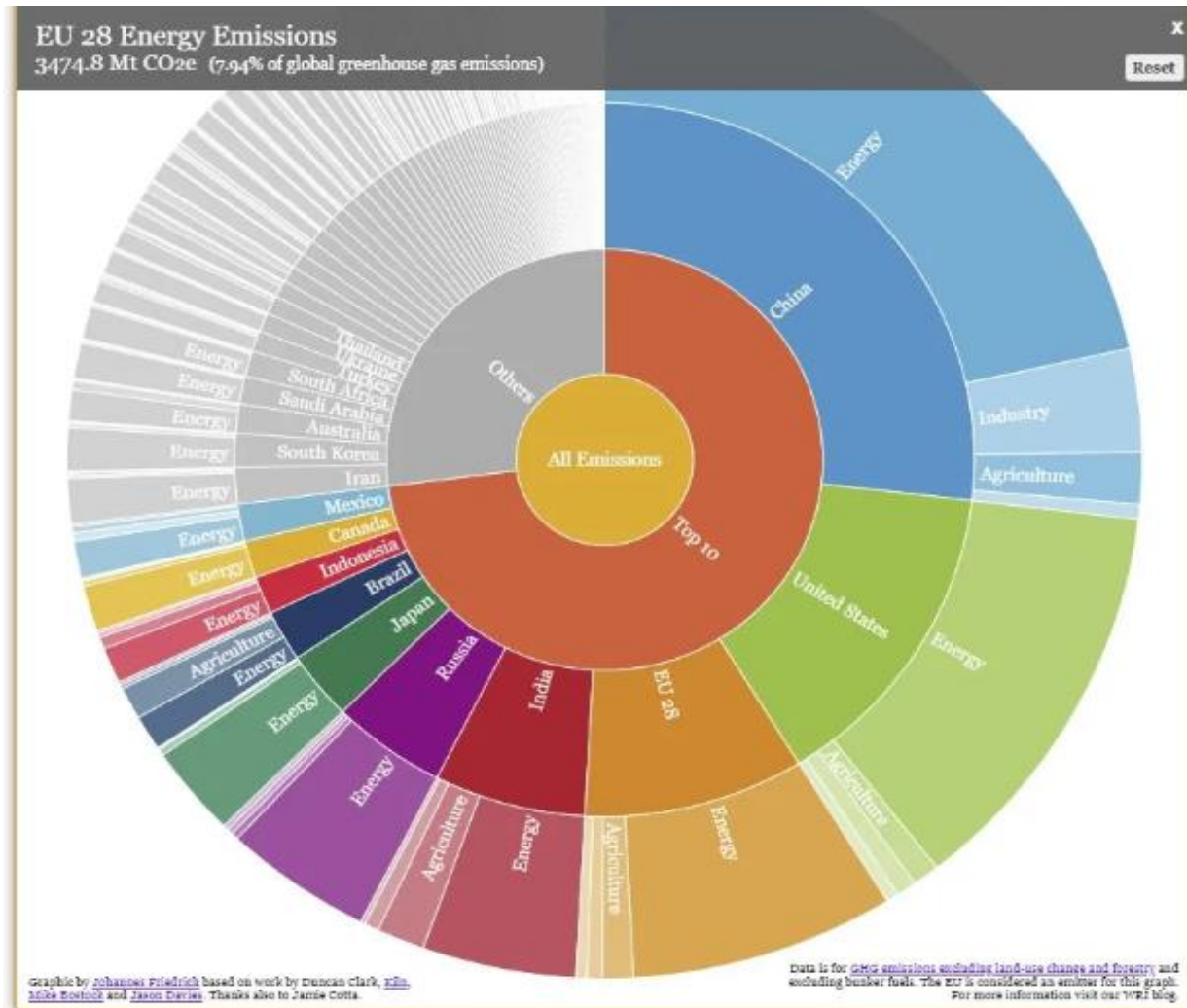
Entre otras cosas, según informe de la revista puentes digitales (2019) que publica los gases y su efecto invernadero Los países o conjuntos de países que lideran el ranking de contaminación ambiental son China, EEUU y la UE, sumando más de la mitad de las emisiones mundiales. El sector energético destaca con un 72% de las emisiones totales, debido a un aumento en el transporte mundial, la calefacción en las crecientes ciudades y una producción de electricidad que aún depende de combustibles fósiles mayoritariamente. China es, con diferencia, el mayor contaminante del mundo. Y es que, solo en 2023, fue responsable de alrededor del 32% del total de las emisiones globales de gases de efecto invernadero. Estados Unidos, que acaparó algo más del 13%, e India, completaron el podio. En conjunto, los 15 países que integran la clasificación están detrás de más de tres cuartos de las emisiones globales de este tipo.

Dentro de estos gases, uno de los más dañinos es el dióxido de carbono. Por ese motivo, no es poco alarmante que, desde la década de 1960, la concentración atmosférica de CO<sub>2</sub> haya aumentado de forma constante. En 2023, los niveles superaron las 421 partes por millón, frente a las 317 partes por millón registradas en 1960. La razón es sencilla. Las emisiones de dióxido de carbono no han cesado en ese periodo, sino todo lo contrario. De hecho, estas rozaron los 37.600 millones de toneladas métricas en 2023, según las últimas previsiones. El resultado es un calentamiento gradual de la Tierra que, si bien viene sucediendo desde finales del siglo XIX, parece haberse intensificado en las últimas décadas. La temperatura de la superficie terrestre y

oceánica en 2023 era 1,19 grados centígrados más cálida que el promedio del siglo XX y las previsiones para el futuro cercano no son ni mucho menos esperanzadoras. Esta situación ha provocado el deshielo polar ártico.

**Figura 2**

*Países con mayor emisión de gases.*



*Nota.* Países con mayor efecto Contaminante. Gómez (2019) Tomado de

<https://puentesdigitales.com/2019/01/28/los-gases-de-efecto-invernadero-y-el-cambio-climatico-datos-y-tendencias/>

Por todo esto, en los últimos años este hospital ha logrado reducir en un 71% las emisiones directas de CO<sub>2</sub> el consumo eléctrico ha disminuido en un 15,47% y por estos objetivos por esta clínica le ha valido el reconocimiento a nivel internacional como un green hospital de referencia internacional. En el desarrollo de las buenas prácticas una motivación de clínicas de ser los responsables del 4,4% de las emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel europeo.

Adicional a lo anterior; es fundamental resaltar cómo el análisis comparativo de las tecnologías de adquisición de imágenes médicas (TC) no solo debe centrarse en la evaluación de las características técnicas y la calidad de imagen, sino también en una visión que consideran factores adicionales como el impacto ambiental, los costos operativos, eficiencia operativa y sostenibilidad.

En este sentido, el avance de la tecnología ha permitido el desarrollo de equipos de TC con mayor eficiencia y calidad de imagen. El crecimiento exponencial en el uso de estas tecnologías también ha planteado desafíos en términos de sostenibilidad y consumo de recursos energéticos, especialmente en un contexto global que exige la transición hacia modelos más respetuosos con el medio ambiente y que aprovechen las energías limpias y renovables.

El análisis comparativo entre las clínicas del sur de Bogotá y las clínicas en España ofrece una oportunidad única para identificar las mejores prácticas que permiten una gestión eficiente de los recursos. España, al estar inmersa en el contexto europeo, ha adoptado regulaciones y tecnologías más avanzadas para la reducción del impacto ambiental y la optimización del consumo energético en la atención sanitaria. Por otro lado, las clínicas del sur de Bogotá se enfrentan a desafíos específicos relacionados con las limitaciones en infraestructura y la necesidad de implementar soluciones sostenibles que se adapten a su contexto socioeconómico.

## **Metodología**

Basados en el enfoque propuesto por Hernández Sampieri, esta investigación se desarrollará siguiendo los pasos y criterios establecidos en su metodología de investigación cualitativa. La metodología está diseñada para cumplir con los objetivos planteados y responder a la necesidad de Comparar tecnologías de adquisición de imágenes médicas en tomografía computada (TC) en clínicas del sur de Bogotá y hospitales de España, identificando características técnicas, calidad de imagen, impacto ambiental, costos operativos y consumo energético, con el fin de proponer estrategias energéticas sostenibles limpias y renovables. El enfoque de la investigación será cualitativo, Esto permitirá recolectar datos y características (por ejemplo, consumo energético, costos operativos, emisiones de gases de efecto invernadero) como también, (publicaciones, políticas de sostenibilidad, uso de energías limpias), proporcionando una comprensión más completa de las diferencias y similitudes entre las tecnologías TC en las clínicas del sur de Bogotá y de España.

El estudio es de carácter comparativo, descriptivo y analítico. La comparación se centrará en las clínicas del sur de Bogotá y clínicas u hospitales de España, y buscará describir, analizar y contrastar las tecnologías TC en cuanto a sus características técnicas, costos operativos, impacto ambiental y uso de energías renovables.

El diseño de investigación es no experimental y comparativo, ya que no se manipularon las variables, sino que se observarán y analizarán en su entorno natural en un solo momento del tiempo. Se realizará una comparación simultánea entre las clínicas de ambos países para obtener información contrastante.

**Tabla 1***Proceso de recolección de datos*

Variable	Métodos de recolección
Estudio de las características técnicas y la calidad de imagen	Se realizará un análisis técnico de los equipos TC disponibles en cada clínica. Se recolectarán información mediante la revisión de documentación técnica de los equipos y publicaciones y/o documentos en la web.
Comparación del impacto ambiental	Se evaluará el consumo energético, la fuente de energía utilizada (energías renovables o no renovables), y las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por el uso de TC en ambas regiones. Se utilizarán análisis de información de la red, y de la revisión bibliográfica de la gestión ambiental de las clínicas.
Identificación de tecnologías que utilicen energías limpias	A través de la revisión de revisión bibliográfica, se buscará identificar qué equipos utilizan energías renovables, si existen planes de transición hacia energías limpias y cuál es la disponibilidad de infraestructura para su uso.
Análisis de la información	Se clasifica la información y se analiza de acuerdo a los objetivos del estudio.
Conclusiones	Descripción de la información y datos encontrados y presentación de conclusiones.

---

*Nota.* Proceso de recolección de datos, según metodología. Autoría propia (2024)



	Cronograma	Semanas		
3	Comparar el impacto ambiental generado por las tecnologías TC en hospital del Sur de Bogotá y hospital de España.	X	X	
4	Investigar el consumo energético de las tecnologías TC en clínicas de ambos países. Comparar la eficiencia energética de los equipos y su relación con las emisiones.		X	X
5	Identificar las tecnologías TC que utilizan energías limpias y renovables en el hospital de Bogotá y España. Revisar estudios de casos donde ya se implementan estas tecnologías.		X	X
6	Integrar los hallazgos en un informe preliminar, detallando los resultados, análisis comparativo de los dos hospitales, propuestas y conclusiones preliminares.		X	X X
7	Presentar los resultados de la investigación o como parte de la entrega final del proyecto. Elaborar conclusiones finales, referencias bibliográficas y sugerencias.			X X

*Nota.* Proceso de actividades. Cronograma, equipo de diplomado en radiología. Autoría propia (2024).

## Resultados

En el análisis comparativo de las tecnologías de TC en clínicas del sur de Bogotá y hospitales en España, se identificaron diferencias significativas en cinco áreas clave: características técnicas, calidad de imagen, impacto ambiental, costos operativos y consumo energético.

En los hospitales de España, se evidenció una adopción más amplia de equipos de tomografía de última generación (TC espectral o TC con tecnología de baja dosis), que incorporan innovaciones en software y hardware diseñadas para reducir las dosis de radiación, mejorar la calidad de la imagen y aumentar la velocidad de adquisición.

Royo Revenga, E. (2020). Tomografía computarizada de doble energía en hospitales de Valladolid España, la Tomografía Computarizada (TC) constituye un método de diagnóstico esencial en el ámbito hospitalario. Tradicionalmente, los equipos que permitían esta técnica utilizaban un único espectro de energía de rayos X. En los últimos años han surgido dispositivos de última generación que utilizan dos espectros de energía distintos para la formación de imagen, los equipos de TC de doble energía (DECT). Las posibilidades que estos equipos ofrecen suponen un avance enorme en la calidad del diagnóstico. No obstante, no debemos olvidar los peligros de la radiación ionizante y, por tanto, hay que controlar la dosis utilizada. Además, a partir de las medidas tomadas de un equipo real de estas características, se lleva a cabo un análisis sobre las dosis de radiación que reciben los pacientes cuando se les realiza exploraciones con las técnicas de doble energía.

En contraste, las clínicas del sur de Bogotá aún dependen en mayor medida de tecnologías de TC multislice convencionales. Si bien estas también son efectivas, presentan limitaciones en cuanto a la optimización de dosis y calidad de imagen en comparación con las

tecnologías más avanzadas.

Según la fundación del hospital San Carlos del sur de Bogotá, explican como cuentan con equipos de tecnología multicorte con programas avanzados de reconstrucción de imágenes en forma tridimensional, garantizando estudios de excelente calidad en cerebro, cuello, tórax, abdomen y extremidades, con tiempos muy cortos.

Por otra parte, el Hospital de Kennedy en el sur de Bogotá tiene el TC más moderno de Latinoamérica. La Secretaría de Salud adquirió un nuevo Tomógrafo Axial Computarizado, TAC, el más moderno que existe en Latinoamérica, y que fue entregado a la Subred Sur Occidente para beneficiar a por lo menos 2.5 millones de habitantes de la localidad de Kennedy. Esta tecnología reduce el tiempo del examen y la exposición de los pacientes al procedimiento, permitiendo escanear el cuerpo entero en tiempo real, aportando a la realización de estudios vasculares, cardiacos, a la detección oportuna de tumores y lesiones en órganos internos. Informe de la secretaría de Salud de Bogotá.

El moderno TAC está ubicado en el Hospital Occidente de Kennedy, es el modelo más reciente fabricado por la compañía General Electric y cuenta con 64 canales para hacer reconstrucción de imágenes hasta de 28 cortes de manera simultánea, es decir que su precisión para hacer diagnósticos de salud es de la mejor calidad.

Subias, J. C., & Jerez, J. A. S. (2021). Los equipos de TC en hospitales de España, al estar más actualizados, brindan imágenes de alta resolución y mejor definición de contraste, lo que facilita una mejor caracterización de patologías. Las tecnologías avanzadas, como la TC dual o espectral, permiten diferenciar mejor los tejidos y reducir artefactos en la imagen.

En clínicas de Bogotá, se observó que, aunque se obtienen imágenes diagnósticas de buena calidad, las limitaciones tecnológicas pueden derivar en menor detalle en algunos estudios

específicos, especialmente aquellos que requieren alta precisión en contraste y diferenciación tisular.

La calidad y rendimiento de los equipos TC en España son más avanzados, con mejor calidad de imagen y menor tiempo de adquisición, lo que optimiza la eficiencia. En Bogotá los equipos son más antiguos, lo que implica tiempos de estudio más largos y mayor consumo energético.

En la calidad de la prestación del servicio ofreciendo un servicio óptimo para todos los pacientes, logrando mejores resultados en cuanto a los resultados de los estudios y reducción de los tiempos, de adquisición de los estudios donde se logró una reducción en los tiempos. Realizar la toma de un estudio en menor tiempo reduciéndolo a 3 minutos para el estudio por paciente pasando de 30 estudios por día hasta llegar a los 80 estudios diarios, mejorando la respuesta a los requerimientos de los pacientes.

La política ambiental en los hospitales de España incluye directrices para la gestión de desechos electrónicos, planes de reciclaje de componentes y la reducción del uso de materiales no biodegradables en el mantenimiento de los equipos de TC.

En las clínicas de Bogotá, aunque existen esfuerzos por minimizar el impacto ambiental, la gestión de residuos y el reciclaje de componentes suelen estar menos reglamentados, en parte debido a la falta de infraestructura o programas específicos para este fin.

De acuerdo con el impacto ambiental los hospitales en España utilizan más energías renovables reduciendo su huella de carbono, las clínicas en Bogotá, sin embargo, dependen principalmente de energía fósil, lo que incrementa sus emisiones.

Según un análisis publicado en la revista de salud ambiental, la transición a sistemas de imagen digital permite minimizar el uso de materiales peligrosos y optimiza el consumo

energético, alineándose con políticas globales de sostenibilidad. Es en parte una buena evolución para la radiología pues en retrospectiva los mecanismos utilizados en tomografía contribuyen a la reducción del impacto ambiental más aún si se cuenta con los nuevos equipos de tomografía.

Los equipos de tomografía modernos reducen costos operativos al consumir menos energía y prolongar la vida útil de los dispositivos, disminuyendo la frecuencia de reemplazo.

El consumo energético y el impacto hacia el medio ambiente la Secretaría Distrital de Salud de Bogotá lidera el programa “Hospitales Verdes: Bogotá por un mundo sano” en el cual se fomenta la implementación de prácticas sostenibles en hospitales de Bogotá. Incluye iniciativas relacionadas con la optimización del uso de recursos (agua, energía) y la gestión de residuos hospitalarios, reduciendo el impacto ambiental.

En España, los hospitales destinan recursos sustanciales al mantenimiento preventivo y correctivo de sus equipos de TC, lo cual prolonga la vida útil de los mismos y asegura la continuidad en la calidad de los estudios. Además, el uso de tecnologías energéticamente eficientes permite reducir los costos a largo plazo. A 1 de octubre de 2024, la población de España era de 48.946.035 habitantes y tiene una pirámide regresiva, con un porcentaje significativo de personas mayores. La edad media de la población es de 44,07 años, y el índice de envejecimiento es de 133,48%

Las clínicas en Bogotá, por otro lado, enfrentan desafíos financieros que limitan la posibilidad de actualizar equipos o implementar mantenimientos preventivos frecuentes, lo que aumenta el riesgo de fallas y, en ocasiones, incrementa los costos operativos. La población total de Bogotá es de 8.480.817 personas. La población femenina es de 4.417.661 personas, mientras que la población masculina es de 4.063.156 personas.

Según la empresa, soluciones de eficiencia energética de hospitales. Por metro cuadrado sería entre 150 kWh y 350 kWh. Aproximadamente el consumo de los hospitales es de 6 mil GWh lo que implica un consumo del 2% sobre el total del país. En los hospitales se consume energía durante todos los días del año, 8760 horas, energía eléctrica y combustible como gasoil o propano.

En cuanto a los costos operativos en España se realizan inversiones significativas en tecnología avanzada que reducen costos a largo plazo, mientras que Bogotá enfrenta mayores costos energéticos y de mantenimiento debido a equipos menos eficientes.

Los hospitales en España han adoptado en mayor medida equipos de TC que operan con menor consumo energético, gracias a sistemas de gestión de energía y tecnología de optimización de recursos. Algunos hospitales también han implementado sistemas de energía renovable que reducen la dependencia de fuentes tradicionales.

Las energías limpias son la adopción de energías renovables en España y esto avanza, mientras que en Bogotá hay limitaciones económicas que dificultan esta transición.

Por otra parte, se evidencia en la ciudad de Bogotá, el Hospital Universitario Nacional de Colombia (HUN) es parte de la Red Global de Hospitales Verdes y Saludables, lo que incluye el compromiso con prácticas sostenibles, como el uso de sistemas de imagen digital en radiología y tomografía.

Estas tecnologías han eliminado el uso de sustancias químicas contaminantes y reducido la huella de carbono. En 2021, el consumo energético por cama fue de 37.73 KWh, un 4.6% menos que en 2020, mientras que el consumo de agua se redujo en un 4.9%. Además, el reciclaje de residuos aumentó en un 6.1% respecto al año anterior.

En las clínicas de Bogotá, el consumo energético de los equipos de TC tiende a ser más

alto, dado que se utilizan equipos de generaciones anteriores que no siempre cuentan con funciones de optimización energética. Esto resulta en un impacto directo en los costos de energía y la sostenibilidad a largo plazo.

La Subred Sur de Bogotá ha instalado paneles solares en algunos centros de salud de la zona para reducir la emisión de gases de efecto invernadero.

### **Tabla 3**

#### *Comparativo de consumo energético*

Número de paneles	118
Potencia	55.230 vatios de energía al día.
Centro de salud con más paneles.	Manuela Beltrán, en Ciudad Bolívar, que produce más del 70% de su propia energía

*Nota.* Proyecto de Inversión para la adquisición e instalación de un resonador magnético para la clínica privada Reina Fabiola, año 2018 (Bachelor's thesis). Tomado de: López, K. A. (2019).

<https://repositorio.21.edu.ar/handle/ues21/16371>

El consumo energético en los hospitales del sur de Bogotá se debe a la climatización, ventilación, iluminación y suministro de agua caliente. En promedio, cada cama de hospital consume 29.199 kWh al año.

El consumo energético es la cantidad total de energía que se necesita para un proceso, y se mide en kilovatios hora (kWh). Información reportada en informe de los indicadores de la secretaría Distrital de Planeación de Bogotá.

En el marco del proyecto MAPAC-IMAGEN, donde examina estrategias de optimización para el uso de pruebas de imagen en el entorno de urgencias hospitalarias en hospitales de tercer nivel en

España, su investigación destaca varios beneficios clave en la atención hospitalaria y su relación con la sostenibilidad del sistema de salud.

Además; la reducción de la sobreutilización de pruebas de imagen, con la implementación de algoritmos de decisión clínica específicos para casos como cefalea, dolor torácico y abdominal ayuda a reducir el número de tomografías computarizadas (TC) y radiografías innecesarias. Esto no solo disminuye la exposición de los pacientes a la radiación, sino que también reduce la probabilidad de diagnósticos erróneos y de hallazgos incidentales sin relevancia clínica, lo cual evita el sobrediagnóstico y tratamientos posteriores innecesarios.

Al disminuir las pruebas de imagen innecesarias, el proyecto logra un uso más eficiente de los recursos hospitalarios. Esto incluye no solo el ahorro en las pruebas de imagen, sino también en el tiempo de los profesionales de la salud y la utilización de infraestructura hospitalaria, como los equipos de TC. De este modo, se disminuye la carga operativa en los servicios de radiología y se mejora la asignación de recursos en urgencias.

Por otra parte; la integración de los algoritmos de decisión en aplicaciones móviles proporciona acceso rápido y en tiempo real a recomendaciones diagnósticas, especialmente valioso en situaciones de urgencia. Este apoyo permite a los médicos en formación y a los residentes tomar decisiones basadas en evidencia, lo que contribuye a una mayor uniformidad y calidad en la atención médica.

## Conclusiones

En la actualidad, las tecnologías de adquisición de imágenes médicas, como la tomografía computarizada (TC), juegan un papel crucial en el diagnóstico y manejo de enfermedades. Sin embargo, más allá de su capacidad diagnóstica, es imprescindible evaluar su impacto integral, que abarca no solo el rendimiento técnico, sino también aspectos como el consumo energético, los costos operativos y el impacto ambiental. El análisis se torna especialmente relevante en un contexto global donde la sostenibilidad es prioritaria. La comparación entre clínicas del sur de Bogotá y de España ofrece una oportunidad valiosa para identificar fortalezas, áreas de mejora y prácticas sostenibles que puedan ser adoptadas a nivel internacional. Los resultados del estudio pretenden contribuir al desarrollo de modelos más eficientes y responsables para la implementación de estas tecnologías en diversos entornos clínicos.

En la actualidad persisten las diferencias tecnológicas y de actualización de equipos, claramente existe una brecha importante en la actualización de equipos de TC entre las clínicas del sur de Bogotá y los hospitales de España. Mientras que estos últimos muestran un compromiso hacia la implementación de tecnologías avanzadas y sostenibles, las clínicas en Bogotá presentan limitaciones debido a factores financieros y de infraestructura.

La calidad de la imagen en las tecnologías de TC avanzadas en España permite una mejor diferenciación tisular y precisión diagnóstica, lo cual es crucial en la caracterización de patologías complejas. Aunque en Bogotá se logra una calidad diagnóstica aceptable, la actualización de equipos podría mejorar la precisión en diagnósticos complejos y reducir la necesidad de estudios repetidos, optimizando así la experiencia del paciente y la eficiencia del servicio.

La implementación de estrategias ambientales, como la gestión de residuos electrónicos y el reciclaje de componentes, se encuentra más avanzada en los hospitales de España. En contraste, en las clínicas de Bogotá, es necesario fomentar políticas de sostenibilidad que incluyan programas de reciclaje y disposición segura de desechos electrónicos para reducir el impacto ambiental de las tecnologías de TC.

La implementación de equipos de bajo consumo energético y costos en España representa una estrategia de reducción de costos y consumo a largo plazo. Para las clínicas de Bogotá, se recomienda realizar un análisis de costos que permita identificar oportunidades para reemplazar equipos menos eficientes energéticamente, e incorporar gradualmente tecnologías de bajo consumo. Asimismo, se sugiere explorar alternativas de financiamiento y alianzas que permitan la actualización tecnológica sin comprometer la sostenibilidad financiera de las clínicas.

La comparación revela que los hospitales de España están en una posición más avanzada en cuanto a la implementación de estrategias de eficiencia energética. En Bogotá, se podrían aplicar políticas de incentivos para el uso de equipos energéticamente eficientes y explorar el uso de fuentes de energía renovable para alimentar los equipos de TC. Esto no solo reduciría el consumo energético, sino también los costos operativos a largo plazo y el impacto ambiental.

La brecha tecnológica y operativa observada resalta la necesidad de que las clínicas del sur de Bogotá adopten un enfoque progresivo hacia la modernización de los equipos de TC y la implementación de prácticas sostenibles. Esto permitirá optimizar la calidad del servicio, reducir el impacto ambiental y mejorar la eficiencia operativa a través de estrategias energéticas sostenibles.

El equilibrio entre tecnología y sostenibilidad se puede mantener en una alta calidad de imagen sin comprometer la sostenibilidad, Bogotá necesita apoyo financiero para actualizar sus

equipos y mejorar la eficiencia. Se tiene en cuenta la reducción de emisiones y consumo esto quiere decir que mejorar la eficiencia energética y usar energías renovables son esenciales para reducir el impacto ambiental, especialmente en Bogotá.

Así mismo la optimización económica, aunque son costosas al inicio, las inversiones en tecnologías eficientes traerían ahorros a largo plazo. Además, es crucial buscar financiación y apoyo gubernamental.

Adicional a lo anterior, el análisis hecho sobre la proyección de sostenibilidad en hospitales de tercer nivel en España nos arroja que la optimización del uso de tomografías computarizadas (TC) en los servicios de urgencias constituye un importante avance. Pecharromán de las Heras. (2023). La implementación de sistemas de ayuda a la decisión clínica (CDSS) basados en algoritmos específicos ha demostrado ser una herramienta eficaz para reducir las solicitudes innecesarias de TC, mejorando la precisión diagnóstica y minimizando la exposición de los pacientes a la radiación ionizante.

La integración de estos algoritmos en una aplicación móvil facilita la toma de decisiones en tiempo real, beneficiando tanto a los profesionales de la salud como a los pacientes. Así, esta investigación aporta un modelo innovador y sostenible para la atención médica en urgencias, mejorando la eficiencia operativa y contribuyendo al bienestar general de los sistemas hospitalarios en España.

Vale la pena destacar que la tomografía computarizada (TC) ha revolucionado el diagnóstico médico gracias a imágenes transversales de alta resolución, con mejoras como la reconstrucción iterativa que optimiza la calidad de imagen y reduce la dosis de radiación. Además, la integración de tecnologías avanzadas permite mayor precisión diagnóstica y una mejor identificación de patologías complejas.

Los equipos de TC tienen un alto impacto ambiental debido a su elevado consumo energético, que puede alcanzar entre 30 y 50 kW por hora, y a la generación de residuos electrónicos con materiales tóxicos como plomo, mercurio y cadmio. Este impacto se ve agravado en regiones con dependencia de fuentes de energía no renovables.

En España, las políticas públicas y la disponibilidad de energías renovables permiten una mayor adopción de tecnologías médicas avanzadas y sostenibles, mientras que, en Bogotá, especialmente en clínicas pequeñas del sur, las limitaciones presupuestarias, estructurales y de acceso a energías limpias dificultan la implementación de soluciones similares.

La adopción de energías limpias en hospitales y clínicas, tanto en España como en Bogotá, podría reducir significativamente la huella de carbono del sector salud. En Bogotá, esta transición también permitiría mejorar la calidad diagnóstica y reducir costos operativos a largo plazo, fortaleciendo el sistema de salud colombiano.

En Colombia, la dependencia de equipos importados y las limitaciones de infraestructura hospitalaria representan barreras importantes para la sostenibilidad. Sin embargo, estrategias como la integración de tecnologías más eficientes y la gestión adecuada de residuos electrónicos pueden mitigar estos desafíos y fomentar un sistema de salud más ecológico.

### Referencias Bibliográficas

- Davis, K., & Pradilla, V. (2003). La biografía como metodología crítica. Historia, antropología y fuentes orales, 153-160.
- Daza Rodríguez, F. E., Morales Tarquino, V. M., & Rocha Ortega, J. F. (2014). Estudio de prefactibilidad del montaje del centro distrital de resonancia magnética de Bogotá.  
<https://repositorio.escuelaing.edu.co/handle/001/102>
- Decreasing energy consumption in Radiology: How one hospital reduced use and saved big. (2023, abril 18). Health Imaging. <https://healthimaging.com/topics/healthcare-management/healthcare-policy/decreasing-energy-consumption-radiology>
- Enrique Bosch, Ricardo Castillo, Óscar Cea, César Salinas, Javier Rivas, Víctor Díaz-Narváez. 2016, Accepted 13 June 2016, Available online 3 August 2016, Version of Record 11 octubre 2016.
- Fundación Sanitaria Mollet (FSM) (2012) <https://fsm.cat/es/un-hospital-universitario-netzero>  
[https://www.philips.com.co/healthcare/resources/landing/ct-launch?utm\\_id=71700000116327998&origin=7\\_700000002938297\\_71700000116327998\\_58700008623332258\\_43700078782517916&gclid=Cj0KCQjwurS3BhCGARIsADdUH51GsbWgHflpvSIqz6hu2pajWNJQQfbSueRZMi54VS4SxJmSplcuHUaAoZTEALw\\_wcB&gclsrc=aw.ds](https://www.philips.com.co/healthcare/resources/landing/ct-launch?utm_id=71700000116327998&origin=7_700000002938297_71700000116327998_58700008623332258_43700078782517916&gclid=Cj0KCQjwurS3BhCGARIsADdUH51GsbWgHflpvSIqz6hu2pajWNJQQfbSueRZMi54VS4SxJmSplcuHUaAoZTEALw_wcB&gclsrc=aw.ds)
- Idrovo Neira, J. J. (2013). Propuesta para la implementación de Pacs en el Hospital Universitario del Río (Bachelor's thesis, Universidad del Azuay).  
<https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/2198>
- International Atomic Energy Agency (IAEA). (2014). Management of radioactive waste from medical applications. IAEA Safety Standards Series No. WS-G-1.1.

- International Electrotechnical Commission (IEC). (2013). Medical electrical equipment - Particular requirements for the safety of magnetic resonance imaging equipment. IEC 60601-2-33.
- Ipsom. Eficiencia Energética. <https://www.ipsom.com/soluciones/eficiencia-energetica-hospitales/#:~:text=Por%20metro%20cuadrado%20ser%20C3%ADa%20entre,combustible%20como%20gasoil%20o%20propano.>
- Koninklijke Philips N.V., (2004). Philips. <https://www.philips.com.co/>
- Loaiza, A. Y. G., Reina, J. S. E., Reyes, A. C. C., & Carvajal, M. B. V. (2023). Aplicaciones emergentes de la tomografía computarizada en la medicina moderna: avances tecnológicos y beneficios clínicos. *Dominio de las Ciencias*, 9(3), 2285–2295. <https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/3557>
- López, K. A. (2019). Proyecto de Inversión para la adquisición e instalación de un resonador magnético para la clínica privada Reina Fabiola, año 2018 (Bachelor's thesis). <https://repositorio.21.edu.ar/handle/ues21/16371>
- Mariampillai, J., Rockall, A., Manuellian, C., Cartwright, S., Taylor, S., Deng, M., & Sheard, S. (2023). The green and sustainable radiology department. *Radiologie (Heidelberg, Germany)*, 63(S2), 21–26. <https://doi.org/10.1007/s00117-023-01189-6>
- Morales, N. (2015). Investigación exploratoria: tipos, metodología y ejemplos. Recuperado de <https://www.lifeder.com/investigación-exploratoria.>
- Peña, A. Q. (2008). Planteamiento del problema: errores de la lectura superficial de libros de texto de metodología. *Revista de investigación en psicología*, 11(1), 239-253.

- Prada Fandiño, J. F. Diseño de una propuesta para la implementación de sistemas fotovoltaicos como fuente de energía alternativa en IPS ARCASALUD SAS (Doctoral dissertation, Universidad Santo Tomás). <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/46234>
- Puerta, m. A. V. (2018) Guía básica metodológica para el alcance de la certificación leed desde el enfoque hospitales verdes en la institución prestadora de servicio de salud clínica san Rafael de Bogotá. <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/ddd31833-2156-4ce8-bf24-de19bf2ab5a8/content>
- Reyes-Blas, H. (2021). Uso de Biomateriales Funcionalizados con Moléculas Bioactivas en la Ingeniería Biomédica. Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-95322019000300009&lng=es&nrm=iso](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-95322019000300009&lng=es&nrm=iso)
- Rodrigo, I. (2008). Diferentes instrumentos para adecuar la demanda de la tomografía computarizada y la resonancia magnética. Revista de calidad asistencial: órgano de la Sociedad Española de Calidad Asistencial, 23(1), 31–39. <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-calidad-asistencial-256-pdf-S1134282X08704652>
- Rojo Revenga, E. (2020). Tomografía computarizada de doble energía: fundamentos, descripción y análisis de las dosis de radiación a pacientes. <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/44465>
- Roletto, A., Zanardo, M., (2024). The environmental impact of energy consumption and carbón emissions in radiology departments: a systematic review. European Radiology Experimental, 8(1). <https://doi.org/10.1186/s41747-024-00424-6>
- Sampieri, R. H. (2018). Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. McGraw Hill México.

Secretaria de Planeación de Bogotá. Indicadores de Consumo energético.

[https://www.sdp.gov.co/sites/default/files/indicadores\\_de\\_consumo\\_de\\_agua\\_y\\_energia\\_electrica - bogota d.c. 2020 vf.pdf](https://www.sdp.gov.co/sites/default/files/indicadores_de_consumo_de_agua_y_energia_electrica_-_bogota_d.c._2020_vf.pdf)

Secretaria de Salud de Bogotá. <https://bogota.gov.co/mi-ciudad/salud/tac-del-hospital-occidente-de-kennedy-servicios-de-salud-en-bogota>

Subias, J. C., & Jerez, J. A. S. (2021). Tomografía computarizada dirigida a técnicos superiores en imagen para el diagnóstico.

Elsevier.<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=kbGZEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Caracter%20de%20sticaciones+de+los+equipos+de+TC+en+hospitales+de+Espa%C3%B1a&ots=JNiXtNVJ8u&sig=CFSEqQMMdS93PYXX5pK8VRcClvA#v=onepage&q=Caracter%20de%20sticaciones%20de%20los%20equipos%20de%20TC%20en%20hospitales%20de%20Espa%C3%B1a&f=false>

Valle, A., Manrique, L., & Revilla, D. (2022). La investigación descriptiva con enfoque cualitativo en educación.