

Propuesta de un protocolo para optimizar la dosis de radiación durante la práctica en radiología
convencional

Kevin Andrés Arboleda Ruiz

Mabel Botina Ibarra

Víctor Andrés Muñoz Silva

Luis Edilberto Rodríguez Posada

Asesor

Luis Fernando Gómez

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias de la Salud ECISA

Tecnología en Radiología e Imágenes Diagnosticas

2024

Resumen

La optimización de las dosis de radiación que se generan a los pacientes en el área de radiología convencional es una problemática de gran interés en el ámbito médico, desde 1950 hasta la actualidad la dosis de radiación ha sido una constante preocupación debido al impacto que puede generar la radiación en las personas, es por este motivo que aun en la actualidad, con los grandes avances en cuestión de equipos radiológicos y métodos para reducir la dosis necesaria para realizar los estudios imagenológicos, se sigue buscando formas de reducir estas dosis y con ello, evitar o reducir la posibilidad de que los pacientes puedan desarrollar algún tipo de efecto biológico de gravedad. En este trabajo de profundización su busca ahondar en esta problemática y reconocer las diferentes acciones que se pueden realizar desde la posición de un tecnólogo en radiología para cuidar la salud de cada uno de los pacientes, al mismo tiempo que se generan imágenes de calidad, apropiándose de los principios básicos de la ética radiológica y ampliando el conocimiento para mejorar el desempeño en el área de radiología.

Palabras Clave: optimización de dosis de radiación, radiología convencional, radiación ionizante, radiología digital, efectos biológicos.

Abstract

The optimization of the radiation doses generated to patients in the area of conventional radiology is a problem of great interest in the medical field. From 1950 to the present, the radiation dose has been a constant concern due to the impact it can generate. Radiation in people, it is for this reason that even today, with the great advances in radiological equipment and methods to reduce the dose necessary to perform imaging studies, we continue to look for ways to reduce these doses and with it, avoid or reduce the possibility that patients may develop some type of serious biological effect. In this in-depth work, we seek to delve into this problem and recognize the different actions that can be carried out from the position of a radiology technologist to care for the health of each of the patients, at the same time that quality images are generated, appropriating of the basic principles of radiological ethics and expanding knowledge to improve performance in the area of radiology.

Keywords: radiation dose optimization, conventional radiology, ionizing radiation, digital radiology, biological effects.

Tabla de Contenido

Introducción	10
Planteamiento del Problema	13
Contexto.....	13
Variedad de Pacientes.....	15
Diversidad de Estudios	15
Factores Técnicos.....	15
Necesidad de Reducir Dosis de radiación.....	15
Avances Tecnológicos	16
Justificación	17
Seguridad del Paciente.....	19
Calidad del Diagnóstico.....	19
Eficiencia y Costos	20
Ética Profesional	20
Objetivos.....	21
Objetivo General.....	21
Objetivos Específicos.....	21
Marco Teórico.....	22
Protección Radiológica.....	22
Justificación	22

Optimización (Principio de ALARA).....	22
Límite de Dosis.....	22
Delantales Plomados.....	23
Chalecos y Faldas Plomadas.....	24
Protector de tiroides.....	25
Radiación Ionizante.....	25
Radiología Convencional.....	26
Efectos Biológicos.....	28
Efectos deterministas.....	28
Efectos deterministas a nivel tisular.....	28
Efectos estocásticos.....	30
Efectos estocásticos somáticos.....	30
Iniciación.....	30
Conversión.....	31
Promoción.....	31
Progresión.....	31
Efectos estocásticos hereditarios.....	31
Dosis de radiación.....	32
Metodología.....	37
Capítulo 1 Revisión de la Literatura.....	39

Revisión de literatura y documentación asociada con la optimización de dosis de radiación en radiología convencional	39
Capítulo 2 Identificación de métodos de optimización encontrados en la literatura	48
Identificar métodos para lograr una optimización personalizada de dosis de radiación, teniendo en cuenta las características morfológicas de cada paciente, el tipo de estudio y la tecnología disponible del equipo	48
Capítulo 3 Establecer Protocolo de optimización	54
Establecer estructura y desarrollo de un protocolo para optimizar la dosis de radiación en los pacientes en radiología convencional	54
Conclusiones	55
Referencias	57
Apéndices	60

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Efectos Deterministas a Nivel Tisular</i>	29
Tabla 2 <i>Efectos Sobre Algunos Tejidos y Órganos Según la Dosis Absorbida.</i>	33
Tabla 3 <i>Dosis Efectivas Representativas para los Estudios de Rayos X más Comunes</i>	34
Tabla 4 <i>Factores de ponderación de los tejidos</i>	35
Tabla 5 <i>Límites de Dosis para Público y Personal Ocupacionalmente Expuesto.</i>	36
Tabla 6 <i>Resultados de búsqueda en bases de datos</i>	40
Tabla 7 <i>Bibliografía Seleccionada</i>	41
Tabla 8 <i>Métodos de Optimización Propuesto en la Bibliografía Seleccionada</i>	49
Tabla 9 <i>Clasificación por Parámetros de los Métodos de Optimización en la Bibliografía Seleccionada</i>	51

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Fotografía de un Delantal Plomado</i>	24
Figura 2 <i>Fotografía de un chaleco y una Falda Plomada</i>	24
Figura 3 <i>Fotografía de un Protector de Tiroides Plomado</i>	25
Figura 4 <i>Esquema del Proceso Carcinogénico Según el Modelo Multietapa</i>	32

Apéndices

Apéndice A <i>Protocolo de Optimización de Dosis de Radiación</i>	60
--	----

Introducción

La radiografía convencional, desde su descubrimiento por Roentgen en 1895, ha sido una herramienta fundamental en el diagnóstico médico, contribuyendo significativamente al avance de la medicina y al descubrimiento de diversas patologías. Sin embargo, el uso inapropiado de la radiación en la práctica radiológica puede tener consecuencias perjudiciales tanto para los pacientes como para el personal médico. La falta de optimización de los parámetros técnicos durante la adquisición de imágenes puede resultar en una exposición innecesaria a la radiación, comprometiendo la seguridad de los pacientes.

La optimización de dosis, un principio central respaldado por la ICRP y el concepto ALARA (tan bajo como sea razonablemente posible), busca encontrar un equilibrio entre la obtención de imágenes de calidad y la minimización de la dosis de radiación. A pesar de la conciencia de estos principios éticos fundamentales, se observa en la práctica radiológica una falta de prioridad en la reducción de la dosis, especialmente debido a actitudes inadecuadas por parte de algunos tecnólogos en radiología.

El presente trabajo de profundización se centra en la formulación de un protocolo que aborde esta problemática, buscando responder a la pregunta fundamental: ¿cómo lograr imágenes radiológicas de calidad generando dosis de radiación bajas para el paciente? La complejidad radica en considerar factores morfológicos, tipos de estudio y tecnología disponible del equipo, todo ello mientras se asegura un diagnóstico preciso y se cumplen los principios de protección radiológica.

La justificación de este trabajo se basa en la necesidad de proponer soluciones pertinentes para la optimización de parámetros en imágenes radiológicas, cumpliendo con los lineamientos de radio protección y contribuyendo a la reducción de los efectos perjudiciales de las radiaciones ionizantes. En este trabajo se propone no solo como un aporte teórico, sino como una guía

práctica para tecnólogos en radiología, con el objetivo final de mejorar la seguridad radiológica de los pacientes y el personal en salud expuesto.

Los objetivos generales y específicos delimitan el camino que seguirá este trabajo de profundización, desde la revisión de la literatura hasta la formulación de un protocolo estructurado para la optimización de dosis en radiología convencional. En conjunto, este trabajo aspira a destacar la importancia de equilibrar la calidad diagnóstica con la seguridad del paciente en la práctica radiológica contemporánea.

La metodología se llevará a cabo en varias etapas clave. En primer lugar, se realizará una revisión exhaustiva de la literatura y documentación existente relacionada con la optimización de dosis de radiación en radiología convencional. Esta revisión proporcionará una base sólida para comprender las prácticas actuales, los desafíos y las estrategias propuestas en el campo.

Posteriormente, se identificarán métodos específicos para lograr una optimización personalizada de dosis de radiación, considerando las características morfológicas individuales de cada paciente, el tipo de estudio radiológico y la tecnología disponible en los equipos utilizados. Esta fase implicará el análisis detallado de estudios previos, protocolos existentes y avances tecnológicos relevantes.

Con la información recopilada, se procederá a establecer la estructura y desarrollo de un protocolo práctico para optimizar la dosis de radiación en pacientes sometidos a radiología convencional. Este protocolo se diseñará con el objetivo de ser aplicado en la práctica clínica, proporcionando pautas claras y adaptativas que puedan ser implementadas por tecnólogos en radiología.

La metodología propuesta busca no solo abordar la problemática desde un enfoque teórico, sino también proporcionar herramientas prácticas que contribuyan a mejorar la seguridad radiológica y la calidad de la atención médica en el ámbito de la radiología convencional.

Planteamiento del Problema

Contexto

La radiografía convencional es actualmente una herramienta esencial en el diagnóstico médico, utilizada para visualizar las estructuras anatómicas en el interior de las personas, permitiendo detectar diversas patologías por medio del estudio de las imágenes generadas por esta tecnología. Desde el descubrimiento de su potencial utilidad para estudiar la anatomía por parte de Röntgen mediante el uso de radiación, ha evolucionado para conseguir mayor eficiencia y ha contribuido en el descubrimiento y creación de nuevas técnicas de imagen; sin duda alguna, la radiología convencional ha contribuido a salvar un enorme número de vidas.

Aunque es una técnica valiosa, el uso inapropiado de la radiación en la radiología convencional puede tener consecuencias perjudiciales para los pacientes e incluso para el personal médico. Algunos tecnólogos en radiología llegan a tener actitudes poco correctas durante la práctica radiológica, debido a que no priorizan la reducción de la dosis de radiación con la que se realiza un estudio imagenológico (Cortés & Moncada, 2021). Es necesario recordar los principios básicos indicados por la ICRP, en especial la optimización y limitación de dosis, que según (Moore & Kaushik (2016); Llano & Trejos (2023), optimizar las dosis de radiación en los pacientes es uno de los principios centrales de la radiología, el cual conforma lo que se conoce como principio de ALARA, que son las siglas inglesas de la expresión (tan bajo como sea razonablemente posible).

Según Dixit (2021), existe relación entre la dosis de radiación que se genera y la calidad de la imagen que se obtiene, por lo tanto, la optimización garantiza que se cumpla con uno de los principios éticos fundamentales y al mismo tiempo se proporcione una imagen con calidad adecuada. Reducir la dosis de radiación que se genera a los pacientes al realizar un estudio de radiología convencional y al mismo tiempo la clara necesidad de obtener imágenes de excelente

calidad, es según Ruhm *et al* (2023), una problemática que ha acompañado a la radiología a partir de 1950, debido a que antes de esta época, la protección radiológica solo tenía en cuenta a los trabajadores ocupacionalmente expuesto, teniendo como inquietud y objetivo la protección a los efectos estocásticos, los cuales están ligados a la dosis de radiación.

Esta problemática tan importante es la que impulsa a los autores de este trabajo a tratar este tema en el presente trabajo de profundización, pues tener un claro conocimiento de esta problemática es algo importante para los tecnólogos en radiología. La profesión radiológica no es solo generar imágenes radiológicas sin importar lo que conlleva realizarlas, como sugiere García (2016), algunos tecnólogos admiten no reducir los parámetros técnicos aun si es posible reducirlos, solo se limitan a utilizar los parámetros preestablecidos, lo cual es incorrecto debido a que la morfología de cada paciente es diferente.

La problemática que se plantea en este trabajo de profundización es: ¿cómo lograr imágenes radiológicas de calidad, generando dosis de radiación bajas para el paciente? Según (Lin *et al* (2023), esto es un desafío que conlleva tener en cuenta factores como kVp, mAs y los parámetros corporales de cada paciente como la anatomía a evaluar, el espesor corporal y el receptor de imagen. Sin embargo, se determinó que las mediciones del grosor corporal realizadas anteriormente con un calibrador/regla, pueden ser propensos a errores y se corre el riesgo de una sobrexposición o una subexposición. Como consecuencia, resulta necesario repetir la adquisición de las imágenes que no se generaron con una buena calidad y, por ende, se aumenta la dosis de radiación (Buscà, Vigil, & Medina, 2018); (Bueno, 2018).

Para concluir, los autores del presente trabajo de profundización destacan una serie de factores que influyen directamente sobre la problemática descrita en este planteamiento del

problema, los cuales son factores en los que coinciden estudios anteriores Lin *et al.* (2023), estos factores son:

Variedad de Pacientes

Los pacientes varían en su morfología, estas variaciones como altura y grosor corporal influyen en los factores técnicos y en la cantidad de radiación que se requiere para generar imágenes de calidad (Lin *et al.*, 2023).

Diversidad de Estudios

En la radiografía convencional se realizan diferentes estudios radiológicos enfocados a distintas zonas de la anatomía humana, las cuales exigen dosis de radiación específicas, ya que cada estudio requiere considerar la morfología en cuestión y cómo se comporta esta con la radiación (Lin *et al.*, 2023).

Factores Técnicos

Los factores técnicos que se emplean en cada estudio de radiología convencional están directamente relacionados con la zona anatómica a evaluar y las características de la región anatómica que varía según el paciente (Lin *et al.*, 2023).

Necesidad de Reducir Dosis de radiación

La comunidad médica y científica es consciente del potencial riesgo para los pacientes y el personal ocupacionalmente expuesto que representa el mal uso de la radiación ionizante en estudios radiológicos y esto ha llevado a establecer normativas que garanticen la seguridad de las personas al regular las dosis máximas permitidas, así mismo, se sigue buscando la manera de minimizar cada vez más las dosis que se generan con cada estudio, cuidando el equilibrio entre seguridad y calidad (Lin *et al.*, 2023).

Avances Tecnológicos

El avance tecnológico representa mejoras en los equipos y esto permite mejorar el diagnóstico de las patologías y la reducción de la dosis de radiación, pero, aun así, se requieren una serie de decisiones que recaen en los tecnólogos para llevar a cabo un estudio radiológico, por tal motivo, persiste la necesidad y el interés de seguir investigando métodos para usar los avances tecnológicos a favor del paciente.

Esta problemática que se plantea es de gran interés para los autores de este trabajo de profundización, desarrollar esta temática no solo permitirá a los autores tener un conocimiento más profundo de como desempeñarse como tecnólogos en radiología, además contribuye a cuidar la seguridad radiológica de los pacientes e incluso, influir en la práctica clínica de otros tecnólogos (Lin *et al.*, 2023).

Justificación

Desde el descubrimiento de los rayos X en 1895 se han desarrollado tecnologías imagenológicas que han sido necesarias y de gran aporte a la medicina y a diferentes tipos de investigaciones, ya que permiten la captación de estructuras óseas lo cual ayudan en el diagnóstico médico y en un posible tratamiento. Sin embargo, se ha observado a través del tiempo y con diversos estudios que la radiación puede causar efectos perjudiciales tanto en los trabajadores como en los pacientes, en estos últimos en mayor medida ya que se exponen a altas dosis de radiación. Esto debido a la optimización inadecuada de los parámetros técnicos y al poco cumplimiento de las normas de protección radiológica, lo que implica que los pacientes reciban dosis de radiación innecesaria y se aumenten los riesgos relacionados con la exposición excesiva (Arias, 2006).

En el siguiente trabajo de profundización se busca proponer soluciones pertinentes para la optimización de parámetros en imágenes radiológicas y el cumplimiento adecuado de los lineamientos de radio protección adaptados por la ICRP, los cuales ayudaran a evitar en gran medida los efectos de las radiaciones ionizantes en los pacientes y en el personal en salud expuestos. Esta problemática actualmente se presenta mucho al momento de hacer la adquisición de imágenes.

Según Arias (2006), sabiendo que los efectos deterministas, como son la esterilidad, la catarata, el eritema, los trastornos hematopoyéticos y el síndrome agudo por radiación, se pueden evitar del todo regulando la dosis por debajo del umbral para exposiciones agudas a 0.5 gray (Gy) y para exposiciones crónicas a 0,1 (Gy), entonces por este lado se podría garantizar la protección del paciente aplicando la buena práctica en optimización de parámetros que permita reducir o manejar dichas dosis sin necesidad de comprometer la calidad de la imagen. Teniendo en cuenta que el tecnólogo está bien capacitado y va a promover buenas prácticas en

optimización que permitan un equilibrio en la calidad de la imagen diagnóstica y la reducción de dosis de radiación ionizante. Dicho por la Organismo internacional de Energía Atómica (2021), el objetivo de las prácticas en radiodiagnóstico no es obtener la imagen perfecta, sino una imagen que ofrezca información diagnóstica adecuada para la posterior resolución del problema de salud específico.

Por otro lado, los efectos estocásticos no tienen umbral y al ser generados por dosis de radiación bajas, no pueden evitarse por completo, pero si limitarse a niveles aceptables, por tal motivo son los más considerados Saravia (2013). El ICRP en la norma NOM-229-SSA-2002, establece para los efectos estocásticos un límite anual de dosis de 20-50 mSv para el trabajador profesional expuesto y para el público un límite anual de dosis de 1-5mSv (Shengli, 2011).

Por todo lo anterior hay algo que se tiene claro, qué las afectaciones de salud asociadas a las altas dosis de radiación ionizante que pueden ser a corto, mediano y largo plazo, se pueden controlar reduciendo las dosis y la exposición innecesaria de tal forma que no se rebasen a los límites establecidos y para esto es primordial aplicar los principios del sistema de protección radiológica que se son la justificación, la optimización y limitación de dosis, y los factores básicos que son tiempo, distancia y barreras (Saravia, 2013).

En esta investigación cabe mencionar también la importancia de los programas de garantía de calidad que contribuyen a la creación de imágenes diagnósticas de calidad reduciendo las variaciones en función de los equipos de imagenología y los programas de control de calidad que incluyen la medición de parámetros físicos de los generadores de radiación y de los dispositivos de imagen en el momento de su puesta en servicio, así como las verificaciones periódicas posteriores, lo que es vital que se realicen con regularidad para aportar beneficios en

el funcionamiento de los equipos desde un inicio (Organismo internacional de Energía Atómica, 2021).

Uno de los métodos más relevantes es el estudio de control de calidad de los equipos de imagenología que ha sido adaptado por entidades como la IAEA (su sigla en inglés por International Atomic Energy Agency) y la ICRP del inglés International (Commission on Radiological Protection), siendo su principal objetivo el de producir imágenes diagnósticas de calidad suficiente que facilite la interpretación por el profesional a cargo y se pueda dar un juicio certero con la menor dosis posible para determinar una intervención apropiada.

En leve, de acuerdo con (Lin *et al*, 2023), la optimización de dosis de radiación en radiografía convencional, optando todos los lineamientos establecidos y sumado a los conocimientos del tecnólogo, es un tema de gran relevancia que aporta grandes beneficios en el ámbito de la salud por las siguientes razones:

Seguridad del Paciente

La optimización adecuada de dosis es esencial para garantizar que los pacientes reciban la cantidad mínima necesaria de radiación, reduciendo así los riesgos relacionados con la exposición excesiva (Lin *et al*, 2023).

Calidad del Diagnóstico

Al encontrar un equilibrio entre la calidad de la imagen y la dosis de radiación, se obtendrá no una imagen perfecta, pero si una imagen que permite un diagnóstico preciso y un tratamiento efectivo, al mismo tiempo que se garantiza la protección de la salud del paciente y del trabajador ocupacional (Lin *et al.*, 2023).

Eficiencia y Costos

La optimización de dosis ajustando factores técnicos reduce la necesidad de repetir estudios, lo que mejora la eficiencia de los servicios de radiología y reduce los costos asociados (Lin *et al*, 2023).

Ética Profesional

La optimización de dosis ajustando parámetros es una parte fundamental de la práctica ética y profesional en radiología, ya que implica brindar la mejor atención posible al paciente (Lin *et al*, 2023). La justificación para tener en cuenta los altos riesgos de radiación en la radiología convencional se centra en salvaguardar la salud de los pacientes y profesionales, reducir la exposición a la radiación y promover prácticas seguras y responsables en el diagnóstico por imágenes médicas. Para asegurarse de que las ventajas de los rayos X superen con creces cualquier riesgo potencial es necesario tenerlos en cuenta (Lin *et al.*, 2023).

Objetivos

Objetivo General

Proponer un protocolo para optimizar la dosis de radiación durante la práctica radiológica, manteniendo el equilibrio entre la calidad de la imagen y la exposición a la radiación ionizante.

Objetivos Específicos

Revisión de literatura y documentación asociada con la optimización de dosis de radiación en radiología convencional.

Identificar métodos para lograr una optimización personalizada de dosis de radiación, teniendo en cuenta las características morfológicas de cada paciente, el tipo de estudio y la tecnología disponible del equipo.

Establecer estructura y desarrollo de un protocolo para optimizar la dosis de radiación en los pacientes en radiología convencional.

Marco Teórico

Protección Radiológica

En pro de la protección radiológica tanto para los trabajadores ocupacionalmente expuestos, público en general y medio ambiente, la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) emite una serie de recomendaciones y brinda asesoría a cerca de todos aquellos aspectos que se relacionan con la protección de radiaciones ionizantes. Dichas recomendaciones han sido la base fundamental para establecer la normativa por parte de los organismos de control radiológicos del mundo (Justo, 2012).

Existen 3 principios básicos:

Justificación

No se deberá adoptar prácticas de ningún tipo que conlleven exposición a radiaciones ionizantes si su implementación no genera un beneficio positivo. Es necesario considerar los efectos negativos y posibles alternativas, solo en caso de ser mayor el beneficio que brinda determinada practica con radiación ionizante a los efectos negativos se justifica la misma (Justo, 2012).

Optimización (Principio de ALARA)

Todas y cada una de las exposiciones a radiaciones ionizantes generadas en diferentes prácticas, deben permanecer en niveles lo más bajos posibles. El principio de ALARA es el término que corresponde a las siglas en ingles de la expresión “As Low As Reasonably Achievable” (tan bajo como sea razonablemente posible), haciendo referencia a los niveles de radiación (Justo, 2012).

Límite de Dosis

Es fundamental que las dosis de radiación ionizante que reciben las personas no superen los límites establecidos por los organismos reguladores, los cuales sigue las recomendaciones de

la ICRP. Estos límites se encuentran actualmente establecidos en 100 mSv promediado a 5 años sin superar 50 mSv/ años (trabajadores ocupacionalmente expuestos) y 1 mSv/ año (para público en general) (Justo, 2012).

Por su parte, la protección radiológica no solo radica en los principios mencionados anteriormente, para llevar cada uno de estos principios y cada una de las recomendaciones que dicta la Comisión Internacional de Protección Radiológica, también se debe realizar en correcto y necesario uso de elementos de protección radiológica, con el fin de proteger también la integridad de cada uno de los profesionales ocupacionalmente expuestos a las radiaciones ionizantes. Por tal motivo, los profesionales que participan de procedimientos de tipo intervencionista y que se ven expuestos a radiaciones ionizantes debe hacer uso de elementos de protección, según Poveda & Plazas (2020), estos elementos se seleccionan en función de la necesidad y conveniencia de estos y pueden ser:

Delantales Plomados

Son prendas protectoras tradicionalmente con láminas de plomo en su interior encargadas de atenuar la radiación, pero debido a los efectos contaminantes del plomo, actualmente se está optando por prendas que llevan polvo de metales pesados como el tungsteno que generan una atenuación similar a los tradicionales (Poveda & Plazas, 2020).

Figura 1

Fotografía de un Delantal Plomado



Fuente: Poveda & Plazas (2020)

Chalecos y Faldas Plomadas

Debido a que el personal expuesto puede estar un tiempo considerable con estos elementos de protección, se puede optar por el uso de los chalecos y faldas plomadas para así evitar sostener tanto peso en los hombros como en el caso de los chalecos (Poveda & Plazas, 2020).

Figura 2

Fotografía de un Chaleco y una Falda Plomada



Fuente. Poveda & Plazas (2020)

Protector de tiroides

Estos protectores están hechos especialmente para proteger la glándula tiroidea de la radiación ionizante.

Figura 3

Fotografía de un Protector de Tiroides Plomado



Fuente. Poveda & Plazas (2020)

Radiación Ionizante

Tal y como lo describe la Organización Mundial de la salud, World. (2023a), la radiación ionizante es una forma de radiación de alta energía e invisible para el ojo humano, con la capacidad de liberar o desprender electrones de los átomos o moléculas con los que interactúa, creando así, iones cargados eléctricamente. Esto significa que puede eliminar electrones de los átomos y alterar la estructura de las moléculas en su camino. Esta capacidad de ionizar átomos y moléculas puede tener efectos nocivos para los seres vivos y en los materiales (Poveda & Plazas, 2020).

Los rayos X, los cuales son el tipo de radiación de interés para este marco teórico y el presente documento, se encuentran dentro del espectro electromagnético, este describe y clasifica

los tipos de radiaciones, las cuales encuentran en un rango que va desde las ondas de radio (menor cantidad de energía y mayor longitud de onda) hasta los rayos gamma (mayor energía y menor longitud de onda) (OIEA, 2022). Los rayos X se encuentran por debajo de los rayos gamma, siendo estos de un valor de 10^{-10} tal y como se muestra en la figura 4 (Poveda & Plazas, 2020).

Figura 4

Descripción de la Longitud de Onda de Diferentes Tipos de Radiación



Fuente. Galindo (2022)

Radiología Convencional

La radiología convencional es un método imagenológico con el cual se consigue obtener imágenes anatómicas de la zona del cuerpo que se desea observar. Este método de obtención de imágenes se logra gracias al tubo de rayos X, el cual consiste en una válvula de vacío que alberga en su interior además de otros elementos, un ánodo y un cátodo, siendo estos últimos los encargados de generar los rayos X, usando energía eléctrica de alta intensidad. Estos rayos X son los que se hacen pasar a través de la anatomía que se desea evaluar, teniendo como receptor un

detector que capta la imagen que generan los rayos x en su paso por la anatomía de interés (Kocak, 2021).

Según Campana (2018), los inicios de la radiología convencional se remontan al descubrimiento de los rayos X por parte de Wilhelm Roentgen a finales del año 1895, quien de forma inesperada descubre unos rayos invisibles para el ojo humano, capaces de atravesar gran variedad de objetos y generando registro de estas sombras en placas de fotografía; bautizando a estos rayos de naturaleza desconocida como rayos X. Roentgen también es el responsable de generar lo que sería la primera radiografía de la historia, al experimentar con estos rayos que había descubierto, dejando que estos pasaran a través que la mano de su esposa, registrando la estructura ósea la mano de su esposa en la placa fotográfica; es este descubrimiento y acontecimiento lo que dio origen a lo que hoy conocemos como radiología (Dávalos, 2018).

Por supuesto, durante las primeras décadas del siglo XX la sociedad científica comprendido la gran importancia que tenía el desarrollo de esta nueva tecnología en el diagnóstico médico, dando paso a el desarrollo de avances en los equipos de rayos X y generando sistemas de tubos de rayos X más eficientes; así mismo, durante el siglo XX se establecieron avances significativos en las técnicas, se introdujo técnicas con utilización de medios de contrastes, se adaptaron equipos para desarrollar técnicas como la fluoroscopia (Dávalos, 2018).

Además, la revolución tecnológica de finales del siglo XX e inicios del siglo XXI hizo posibles que lo recibió como nombre Radiología convencional, tuviera grandes avances referentes a los sistemas de imágenes, adaptando la radiología a lo digital, estableciendo los sistemas de radiología computarizada y radiología digital directa (Dávalos, 2018).

Efectos Biológicos

Debido a la naturaleza de la radiación ionizantes y tal como se explicó anteriormente, Gallego (2014) este tipo de radiación tiene la capacidad de desprender o liberar electrones de los átomos o moléculas con los que interactúa, es decir, tiene la capacidad de eliminar electrones de los átomos y alterar la estructura de las moléculas, es por este motivo que mantener los niveles de radiación en niveles óptimos es sumamente importante, ya que al tratarse de pacientes, una de las estructuras que se pueden ver alteradas por la radiación es el ADN, lo cual supone resultados nocivos en la salud de cada persona.

Según Puerta & Morales (2020), los efectos biológicos nocivos que pueden generar las radiaciones ionizantes en el cuerpo humano se clasifican en somáticos (cuando los efectos biológicos se manifiestan en individuo expuesto) y hereditarios (si los efectos biológicos se presentan en la dependencia del individuo expuesto). Así mismo, Puerta & Morales (2020), los efectos biológicos somáticos y hereditarios se pueden clasificar de la siguiente manera:

Efectos Deterministas

Los efectos deterministas presentan la gravedad de sus efectos en función de la dosis que recibe el individuo, generando una afectación letal a muchas células y se presentan de manera inmediata o tardía. A diferencia de los efectos estocásticos, estos efectos son de tipo somáticos y poseen una dosis umbral, es decir, no se manifiestan los efectos si se mantienen los niveles de radiación por debajo de dicha dosis umbral (Puerta & Morales, 2020).

Efectos Deterministas A Nivel Tisular

Hacen referencia a los cambios predecibles y específicos que ocurren en el cuerpo como resultado a altas dosis de radiación afectando los tejidos celulares de diferentes órganos y sistemas del cuerpo (Puerta & Morales, 2020).

Tabla 1*Efectos Deterministas a Nivel Tisular*

Tejido	Efectos	Periodo de latencia aproximado	Umbral Aproximado (Gy)	Dosis efectos severos	Causa
Sistema hematopoyético	Infecciones hemorrágicas	2 semanas	0,5	2,0	Leucopenia plaquetopenia
Sistema Inmune	Inmunosupresión Infección sistémica	Algunas Horas	0,1	1,0	Linfopenia
Sistema Gastrointestinal	Deshidratación Desnutrición	1 semana	2,0	5,0	Lesión del epitelio intestinal
Piel	Encamación	3 semanas	3,0	10,0	Daño en la capa basal
Testículo	Esterilidad	2 meses	0,2	3,0	Aspermia Celular
Ovario	Esterilidad	< 1 mes	0,5	3,0	Muerte Interfásica de ovocito
Pulmón	Neumonía	3 meses	8,0	10,0	Fallos en la barrera alveolar
Cristalino	Cataratas	>1 años	0,2	5,0	Fallos en la maduración
Tiroides	Deficiencias metabólicas	< 1 año	5,0	10,0	Hipotiroidismo
Sistema Nervioso Central	Encefalopatías y mielopatías	Muy variable según dosis	15,0	30,0	Desmielinización y daño vascular

Fuente. Soriano & Montoro (2013)

En la tabla 1, se describe la relación entre diferentes tejidos y los efectos deterministas que se generan en ellos (Puerta & Morales, 2020).

Efectos Estocásticos

En Laboratorio virtual (2018), estos efectos la probabilidad de que ocurran se da en función de la dosis de radiación recibida por el individuo, pero no la gravedad de los mismo, generando afectación subletal a una o pocas células. Pueden ser de tipo somático o hereditario y su manifestación es tardía, además, estos efectos no tienen dosis umbral.

Efectos Estocásticos Somáticos

En la actualidad el efecto estocástico de tipo somático que genera mayor preocupación y de mayor relevancia luego de exposiciones a bajas dosis de radiación es el desarrollo de cáncer. Según Soriano & Montoro (2013), la transición que sufre una célula sana hasta convertirse en una célula maligna se describe como un complejo proceso, implicando distintos cambios y que dependerán de factores como el tipo de células, mecanismos de acción que presente el carcinógeno involucrado y tipo de cáncer que se origine.

Así mismo, el Soriano & Montoro (2013), existe diferentes modelos generales para describir el proceso carcinogénico, actualmente el modelo más aceptado es el modelo multietapa, el cual predice la aparición del cáncer a partir de una serie de sucesos; este modelo considera 4 etapas:

Iniciación

Implica el inicio de cambios estables o mutaciones celulares principalmente irreversibles, en uno o más genes de importancia para el control y diferenciación celular, por lo tanto, estos genes sufren una modificación de su función en una dirección favorable para el crecimiento

celular o bien, dificultando o evitando la diferenciación de las células (Soriano & Montoro, 2013).

Conversión

En esta fase las células preneoplásicas se involucran más en el desarrollo maligno, acumulando mutaciones genéticas adicionales (Soriano & Montoro, 2013).

Promoción

Es un proceso en el que es necesario una exposición continua o repetitiva al agente promotor, normalmente el daño es reversible si es eliminado. En esta fase, debido a la presencia del agente promotor se genera una respuesta super proliferativa en las células que están en las fases anteriores, al igual que sus progenies, formándose población de células con fenotipo alterado (Soriano & Montoro, 2013).

Progresión

Es la etapa menos conocida de la carcinogénesis. Se sabe que es una etapa compleja y multifacética en la cual los clones de las células preneoplásicas acumulan cambios celulares, afectando la tasa de crecimiento como respuesta de factores de proliferación, diferenciación, la capacidad de invadir y de realizar metástasis (Soriano & Montoro, 2013).

En la figura 5 se observa un esquema del proceso carcinogénico por el que pasan las células en las 4 fases que propone el modelo multietapa.

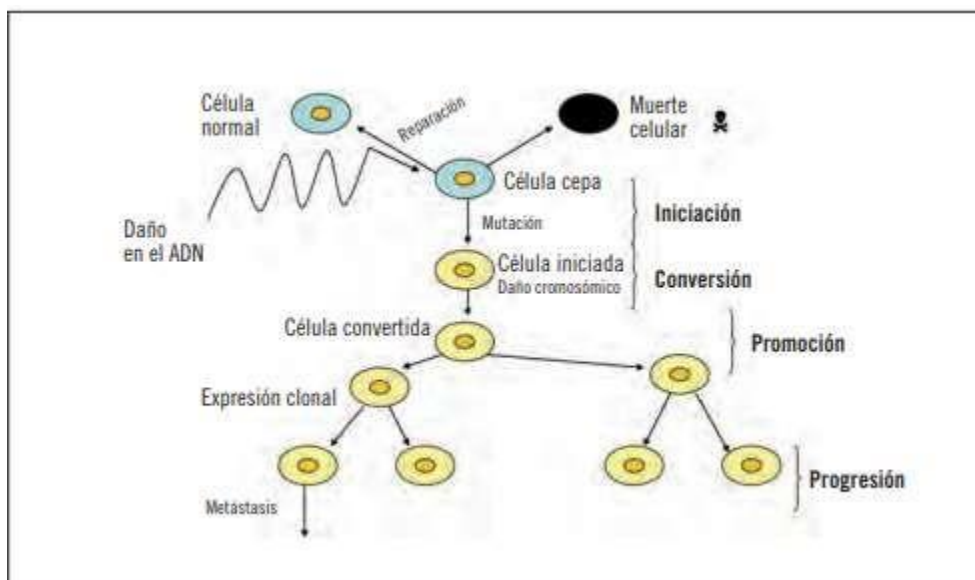
Efectos Estocásticos Hereditarios

Según el Consejo de Seguridad Nuclear. (2013), además de generar cambios neoplásicos en los tejidos de forma somática, la radiación ionizante también tiene la capacidad de producir efectos estocásticos de forma hereditaria, es decir, estos efectos pueden ser transmitidos a la

dependencia a través de mutaciones en el ADN de las células germinales tanto masculinas como femeninas. Aunque estos efectos no se presentan en individuo expuesto, pueden presentarse en las generaciones posteriores.

Figura 4

Esquema del Proceso Carcinogénico Según el Modelo Multietapa



Fuente. Soriano & Montoro (2013)

Dosis de Radiación

Gamo (2022), hace referencia a la cantidad de radiación que una persona recibe por unidad de masa al estar expuesto a una fuente radioactiva. Andisco et al., (2014), señala que la dosis absorbida es una magnitud general, utilizada en radiobiología para definir cualquier tipo de radiación o material, debido a que es ideal para estimar el daño que produce la radiación en un órgano o tejido expuesto a una radiación específica, su unidad de medida es el Gy (Gray), que es equivalente a J/ Kg.

Tabla 2*Efectos Sobre Algunos Tejidos y Órganos Según la Dosis Absorbida*

Órgano	Dosis media absorbida (Gy)	Efectos
Piel	5	Alopecia
Piel	2 a 5	Eritema
testículo	> 4	Esterilidad permanente
testículo	0,15 a 4	Esterilidad temporal
Ovarios	> 3	Esterilidad permanente
Ovarios	> 0,6	Esterilidad temporal
Cristalino	> 2	Cataratas
Medula ósea	0,25	Decrecimiento plaquetario

Fuente. Andiscoa, Blancob, & Buzzia (2014)

Por otra parte, la Organización Mundial de la Salud indica que la manera en que se mide el potencial que tiene la radiación ionizante para causar daño, es utilizando la dosis efectiva, la cual es medida con la unidad Sv (Sievert), esta considera el tipo de radiación en cuestión y el nivel de vulnerabilidad de un órgano o tejido (Organización Mundial de la Salud OMS, 2023).

Tabla 3*Dosis Efectivas Representativas para los Estudios de Rayos X más Comunes*

Tipo de estudio	Dosis efectiva (mSv)	Cantidad equivalente de placas de tórax
Rx de extremidades	< 0,01	< 0,5
Rx de tórax PA	0,02	1
Rx de cráneo	0,07	3,5
Rx de cadera	0,3	15
Rx de columna dorsal	0,7	35
Rx de columna lumbar	1,3	65
Rx de pelvis	0,7	35
Rx de abdomen	1,0	50
Esofagograma	1,5	75
Urografía excretora	2,5	125
Tránsito intestinal	3	150
Colon por enema	7	350

Fuente. Andiscoa, Blancob, & Buzzia (2014)

Tabla 4*Factores de Ponderación de los Tejidos*

Medula ósea	12%	
Colon	12%	
Pulmón	12%	72 %
Estomago	12%	
Mama	12%	
Resto de tejido	12%	
Gónadas	8%	8%
Vejiga	4%	
Hígado	4%	16%
Esófago	4%	
Tiroides	4%	
Superficie de los huesos	1%	
Cerebro	1%	
Glándulas salivales	1%	4%
Piel	1%	

Nota. Para el cálculo de la dosis efectiva, cada órgano o tejido tiene una contribución al dañototal de la persona que no está en proporción directa con el volumen de ese órgano con respecto al conjunto del cuerpo humano. *Fuente.* Soriano & Montoro (2013)

Otro factor importante además de la dosis de radiación es la velocidad en que un órgano o tejido recibe estas dosis, la cual recibe el nombre de tasa de dosis, esta es medida en $\mu\text{Sv/hora}$ (micro Sievert por hora) o mSv/año (mili sievert al año) (Organización Mundial de la Salud OMS, 2023)

Tabla 5*Límites de Dosis para Público y Personal Ocupacionalmente Expuesto*

Aplicación	Ocupacional	Publico
Dosis efectiva	100 mSv en un periodo de 5 años oficiales, no superando 50 mSv en un año	1 mSv/año oficial
Dosis equivalente anual en		
Cristalino		
Piel	150 mSv	15 mSv
Manos y pies	500 mSv	50 mSv
	500 mSv	-----

Fuente. Adaptado de Consejo de Seguridad Nuclear. (2012).

Metodología

Para este trabajo de profundización y teniendo en cuenta las características de este, se optó por un enfoque de metodología cualitativa, es cual está basado y se desarrolla a partir del análisis y comparación de literatura disponible, relacionada con la optimización de dosis de radiación en el área de radiología convencional y métodos con los cuales se puede lograr dicha optimización.

Según Hernández, Fernández, & Baptista (2014), el enfoque cualitativo toma como base fundamental la recopilación de información disponible y a partir de esta, se genera un análisis con el fin de precisar preguntas de investigación e incluso generar interrogantes nuevas sobre el tema tratado durante el proceso de interpretación.

El tipo de estudio que se estableció para el presente trabajo de investigación es de tipo exploratorio. La investigación de tipo exploratoria permite a quien la emplea, familiarizarse más sobre el tema de interés y obtener una comprensión más general de la temática (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014).

Al ser una investigación exploratoria se utilizará como técnica la recopilación de información bibliográfica de fuentes académicas y científicas relacionadas al tema de interés.

A continuación, se presenta la ruta metodológica que se estableció para el desarrollo de este trabajo de profundización, en la cual se plantearon tres fases de desarrollo y de las cuales se enumeran 5 tareas en total de la siguiente manera:

Ruta Metodológica de Trabajo

Fase 1 Revisión de la Literatura.

Tarea 1. Búsqueda de literatura relacionada disponible en bases de datos académicas.

Tarea 2. Clasificación de la literatura encontrada.

Fase 2 Identificación de Métodos de Optimización Encontrados en la Literatura.

Tarea 3. Listar métodos de optimización encontrados en la literatura revisada.

Tarea 4. Clasificación de los métodos de optimización encontrados por parámetros.

Fase 3 Establecer Protocolo de Optimización.

Tarea 5. Diseño y estructuración del protocolo de optimización de dosis de radiación.

Revisión de la Literatura

A continuación, se describe la ejecución de la ruta metodológica propuesta en este trabajo para el desarrollo de los objetivos específicos y la consecución del objetivo general, establecido en este trabajo de profundización por parte de los autores, dando como resultado la totalidad de 3 capítulos.

Revisión de literatura y documentación asociada con la optimización de dosis de radiación en radiología convencional

En la fase inicial de este trabajo de profundización, como tarea 1 se realizó una búsqueda de documentación relacionada al tema de interés en diferentes bases de datos académicas dispuestas en la biblioteca de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Seguido a dicha búsqueda se realizó la selección de la bibliografía que se centrara en el tema optimización de dosis de radiación en pacientes para el área de radiología convencional, reduciéndose aún más la cantidad de documentación y posteriormente realizó su clasificación.

Resultados de Búsqueda

Se realizó la búsqueda en un total de 6 bases de datos dispuestas en la biblioteca de la universidad, esta búsqueda se realizó desde el idioma inglés con el fin de obtener mejores resultados y usando las palabras “optimization of radiation dose in x-rays” como punto de partida, además se aplicaron filtros a las búsquedas como fechas de publicación entre los años 2000-2023; subtemas como radiología, radiografía, rayos x, imagenología; también se aplicaron cuando la base de datos lo permitía, palabras claves como optimización de radiación en pacientes, radiología convencional, dosis de radiación, con el fin de reducir el número de resultados obtenidos. En la tabla 6 se muestran los resultados obtenidos:

Tabla 6*Resultados de Búsqueda en Bases de Datos*

Base de datos consultadas	Números de resultados obtenidos
Biblioteca Regional de medicina (BIREME)	261
Cambridge University Press	16.377
Oxford University Press	177
PubMed	4.183
ScienceDirect	2.308
Springer Link	1.826

Fuente. Elaboración propia

Es necesario precisar que los resultados señalados en la tabla 6, son los resultados obtenidos aplicando los filtros que permitían las bases de datos; sin embargo, la gran mayoría de los resultados, aunque relacionados al tema, no eran útiles en este caso, debido a que trataban situaciones ajenas, tecnologías imagenológicas que no eran de interés y demás situaciones que los descalificaba para ser seleccionados.

Para la tarea 2 se realizó la clasificación de la literatura encontrada, seleccionando aquellos documentos que se centraran en la búsqueda de un método de optimizar las dosis de radiación en los pacientes, esto se hizo listando los respectivos documentos e indicando sus respectivos resúmenes y conclusiones a las que llegaron los autores de cada documento.

Tabla 7*Bibliografía Seleccionada*

Nombre de documento	Resumen	Conclusión
Investigación de la relación entre los parámetros corporales y los mA mediante medición de espesor bidimensional sin contacto en radiografía digital de tórax. (Lin, J., Cheng, I., Liang, Y., Li, J. Y., Tsai, J.-M., Wang, M.-T., Lin, T.-P., Huang, S. H., & Chou, M.-D. (2023).)	El presente estudio tuvo como objetivo investigar la relación entre los parámetros corporales y el producto corriente-tiempo (mAs) en la radiografía digital de tórax utilizando un sensor de medición de espesor infrarrojo sin contacto. Se utilizó por primera vez un fantasma de tórax antropomórfico para comprender las variaciones en mA en múltiples posiciones durante la radiografía de tórax cuando se utiliza la técnica de control automático de exposición (AEC). En un estudio en humanos, se inscribieron 929 sujetos masculinos consecutivos que se sometieron a exámenes torácicos regulares y se registraron su altura (H), peso (W) e índice de masa corporal (IMC). Además, se midió el grosor del tórax (T) al exhalar utilizando un sensor infrarrojo sin contacto y luego se realizó una radiografía de tórax mediante la técnica AEC. Finalmente, se investigó la relación entre cuatro parámetros corporales (T, IMC, T*IMC y W/H) y mA ajustando los	En conclusión, el presente estudio utilizó un sensor infrarrojo sin contacto para estimar el espesor corporal bidimensional y determinó la relación entre cuatro parámetros corporales y mA durante la radiografía de tórax. Nuestros resultados demostraron que las variaciones de posicionamiento podrían conducir a una sobreexposición en la radiografía fantasma de tórax con la técnica AEC, y que W/H era un parámetro corporal más adecuado para predecir mA en comparación con el grosor y el IMC cuando se utiliza la función de potencia de primer orden para la radiografía de tórax humana. Por lo tanto, llegamos a la conclusión de que la relación entre W/H y mA en el modelo de potencia de primer orden puede ayudar a predecir los mA óptimos y reducir la dosis de radiación para pacientes sometidos a radiografía de tórax cuando se utiliza la técnica AEC.

	parámetros corporales a mA usando tres modelos de curva.	
Reducción de la dosis de radiación y evaluación de la calidad de la imagen para la proyección lateral de la columna lumbar. (Nocetti, D., Villalobos, K., Natividad García Marín, M Villalobos Monardes, Tapia, B., Toledo, M. D., & Villegas, C. (2023).)	Los estudios de optimización en radiología digital ayudan a reducir el riesgo radiológico para los pacientes y maximizar los beneficios asociados a su finalidad clínica. El objetivo de este estudio fue evaluar la optimización de la proyección lateral de la columna lumbar mediante una combinación de ajustes de los parámetros de exposición y filtración adicional utilizando un fantasma antropomórfico seccional.	Nuestros hallazgos muestran que optimizar la proyección de la columna lumbar puede reducir la dosis de radiación sin comprometer la calidad de la imagen. Los filtros de cobre y titanio de bajo costo pueden resultar valiosos en entornos con recursos limitados. Investigaciones futuras pueden explorar estrategias adicionales para la optimización radiológica.
Un método para derivar parámetros de exposición apropiados a partir del índice de exposición objetivo y el grosor del paciente en radiografía digital pediátrica. (Zhang, M., Li, K., Niu, X., & Liu, X. (2012).)	Establecer un método conveniente de exposición adecuada a partir del índice de exposición objetivo (EI) y el espesor en la radiografía digital pediátrica y estimar la dosis de superficie de entrada del paciente (ESD) y el producto dosis-área (DAP) asociados con la radiografía de tórax, abdomen y pelvis.	El estudio estableció un método conveniente para establecer parámetros de exposición apropiados (mA) para alcanzar una IE objetivo utilizando el peso y la altura del niño en radiografía pediátrica. Con este método, la ESD y la DAP se pueden reducir significativamente en los niños.
Selección de factores de exposición radiográfica basada en el paciente: una revisión sistemática. (Ching, W., Robinson, J. M., & McEntee, M. F. (2014).)	Este estudio tiene como objetivo identificar todos los sistemas de adaptación a la exposición radiográfica publicados que se han utilizado o se están utilizando en radiografía general y discutir su aplicabilidad a los sistemas digitales.	Sólo dos artículos evaluaron la eficacia de los sistemas de ajuste de la exposición. No existe literatura que compare la eficacia del sistema de adaptación de la exposición para radiografía de película/pantalla con la tecnología de radiografía digital ni tampoco hay literatura sobre un sistema

<p>Optimización de la proyección AP del abdomen para pacientes con mayor espesor corporal. (Gatt, S., Portelli, J. L., & Zarb, F. (2022).)</p>	<p>Este estudio tiene como objetivo identificar los parámetros de exposición óptimos, administrando la dosis de radiación más baja y manteniendo imágenes de calidad diagnóstica para la proyección de rayos X de abdomen anteroposterior (AP) en pacientes grandes con un diámetro abdominal AP de > 22,3 cm.</p>	<p>de adaptación de exposición digital específico. La adaptación de los parámetros de exposición para pacientes grandes en la radiografía del abdomen da como resultado reducciones significativas en la DAP que se correlaciona con dosis más bajas para los pacientes y al mismo tiempo se mantiene la calidad de la imagen de diagnóstico.</p>
<p>Dosis al paciente y calidad de imagen en radiología digital de tórax. (D. Salát, & D. Nikodémová. (2008).</p>	<p>Para estudiar la calidad de la imagen de diferentes sistemas digitales de rayos X y para controlar las dosis de los pacientes durante los exámenes radiológicos de tórax, se utilizó el maniquí antropomórfico estándar de pulmón/tórax RSD 330, que se expuso en diferentes modalidades digitales disponibles en Eslovaquia. Para comparar diferentes técnicas de examen de tórax, se ha desarrollado un software especial que permite a los investigadores comparar imágenes digitales y comunicaciones en imágenes de encabezado de medicina de diferentes modalidades digitales, utilizando un visor especial. En este artículo, este software especial se ha utilizado para una auditoría</p>	<p>Los resultados de este estudio han demostrado que, para las imágenes de tórax, la aplicación de sistemas CR tiene un potencial limitado para reducir la dosis. El uso de detectores de pantalla plana parece ser la mejor solución para reducir las dosis a los pacientes, así como para alcanzar la mejor calidad de imagen en la radiografía digital de tórax (máxima puntuación en la auditoría). Los detectores CCD pueden ofrecer buena calidad si las dosis a los pacientes son mayores en comparación con el sistema DR plano. Los métodos descritos de evaluación de las dosis al paciente y de la calidad de la imagen son herramientas importantes para la educación y la formación en radiografía digital y están ampliamente</p>

<p>La influencia del grosor del paciente y el sistema de imágenes en la dosis del paciente y la calidad de la imagen física en las imágenes digitales del tórax. (Ullman, G., Sandborg, M., Dance, D. R., Hunt, R., & Gudrun Alm Carlsson. (2005).)</p>	<p>correspondiente anónima para probar la evaluación de la calidad de la imagen comparando varios parámetros de imágenes de tórax, evaluados por 84 radiólogos eslovacos.</p> <p>El objetivo de este trabajo fue estudiar la influencia del grosor del paciente, el voltaje del tubo y el detector de imágenes en la dosis del paciente, el contraste y la relación señal-ruido ideal del observador (SNR_I), para detalles patológicos ubicados en diferentes regiones de la imagen en la parte posterior. –Radiología de tórax anterior (PA). Se utilizó un modelo computacional de Monte Carlo para calcular medidas de calidad de imagen física (contraste, SNR_I) y dosis efectiva del paciente, E. Se estudiaron dos detalles similares a metástasis ubicados en el pulmón derecho central y en el pulmón derecho cerca de la columna, respectivamente. El voltaje del tubo se varió entre 100 y 150 kV y el espesor del paciente entre 20 y 28 cm. Se investigaron tanto un sistema de radiografía computarizada (CR) como un sistema de radiografía directa (DR). El sistema DR proporciona dosis más bajas y una mejor</p>	<p>reconocidos como el componente básico del proceso de optimización.</p> <p>El sistema DR proporciona dosis más bajas y una mayor calidad de imagen en comparación con el sistema CR. Para un paciente de 24 cm y con el voltaje de tubo más alto, el SNR^2_I/E para la segunda metástasis, el detalle es 2,9 veces mayor para el sistema DR en comparación con el sistema CR. La posición tiene una influencia significativa en la calidad de la imagen; <u>un detalle de metástasis colocado en el pulmón central tiene una SNR_I 1,8 veces mayor en comparación con el detalle colocado cerca de la columna. La degradación correspondiente para el contraste relativo es un factor de 2,7.</u></p> <p>Los autores agradecen a Jalil Bahar, físico médico, por su ayuda con las mediciones de kerma en aire en Motala y Linköping. Este trabajo fue apoyado por la subvención no. FIGM-CT-2000-0036 del V Programa Marco de la UE.</p>
---	--	--

<p>Disminución de la dosis de radiación en el radiodiagnóstico. (Ramos O. & Villarreal M. (2013).)</p>	<p>calidad de imagen en comparación con el sistema CR. El SNR_f^2 / E es aproximadamente 2,9 veces mayor para el sistema DR en comparación con el sistema CR.</p>	<p>Aun cuando el riesgo asociado a un examen radiológico es menor comparado con el riesgo natural, cualquier riesgo añadido, no importa cuán pequeño sea, es inaceptable si no se beneficia el paciente. El concepto de niveles de referencia en radiodiagnóstico se debe utilizar para reducir las variaciones en la práctica entre las instituciones y promover rangos óptimos, indicadores de dosis para los protocolos específicos de las diferentes modalidades. Los principios básicos de la protección radiológica deben ser respetados para ayudar a contrarrestar el incremento injustificado en el número de procedimientos que se realizan. El descriptor BERT expresa en términos de días o años de radiación natural de fondo, la cantidad de radiación recibida de un procedimiento radiológico. Finalmente, el objetivo de un programa de Protección Radiológica del Paciente consiste en evitar las dosis injustificadas, optimizar las prácticas para que las dosis involucradas sean tan bajas como sea posible, para que la práctica médica no aumente</p>
<p>Se reconoce que el uso de radiación ionizante conlleva un riesgo inherente, es por esto que cuando se realiza un examen radiológico se debe asegurar que los beneficios clínicos para el paciente sean mayores que el riesgo asociado. Ahora bien, para reducir dichos riesgos, se aboga por la utilización de niveles de referencia diagnóstico como una estrategia para reducir variaciones en la práctica entre instituciones. La implementación de estos niveles busca establecer rangos óptimos y proporcionar indicadores de dosis para protocolos específicos en diversas modalidades. Cabe mencionar que, al igual que lo anterior, se debe de tener muy en cuenta la importancia de respetar los principios básicos de la protección radiológica, incluyendo la justificación, optimización y límite de dosis. Estos principios fundamentales son esenciales para contrarrestar un aumento injustificado en el número de procedimientos radiológicos,</p>	<p>Finalmente, el objetivo de un programa de Protección Radiológica del Paciente consiste en evitar las dosis injustificadas, optimizar las prácticas para que las dosis involucradas sean tan bajas como sea posible, para que la práctica médica no aumente</p>	

	asegurando que cada estudio aporte un beneficio clínico significativo y que se utilice la menor dosis posible.	indebidamente el riesgo de la exposición a las radiaciones en la población.
Optimización de la dosis absorbida en las exploraciones simples de diagnóstico por imagen con equipos digitalizados de rayos X mediante el control y el ajuste del control automático de exposición. (Domingo, P. (2012).)	En radiodiagnóstico, el control de calidad debe ser capaz de detectar posibles cambios en la calidad de la imagen que puedan afectar al diagnóstico o a la dosis que reciben los pacientes, antes que sean significativos. La garantía de calidad se dedica a realizar pruebas oportunas que incluyen la medición de parámetros físicos de los generadores de radiación y de los dispositivos de imagen en el momento de su puesta en servicio, realizando correcciones si existen desviaciones.	En radiodiagnóstico, el control de calidad debe ser capaz de detectar posibles cambios en la calidad de la imagen que puedan afectar al diagnóstico o a la dosis que reciben los pacientes, antes que sean significativos. La garantía de calidad se dedica a realizar pruebas oportunas que incluyen la medición de parámetros físicos de los generadores de radiación y de los dispositivos de imagen en el momento de su puesta en servicio, realizando correcciones si existen desviaciones. Los protocolos de control de calidad en radiodiagnóstico en América Latina y el Caribe muestran en detalle los procedimientos a seguir para que los físicos médicos y los técnicos puedan realizar las pruebas de los equipos de radiología general y dental, mamografía, tomografía y en intervencionismo contribuyendo a la calidad de la imagen y la protección radiológica de los pacientes y el personal.
Protocolos de control de calidad para radiodiagnóstico en América Latina y el Caribe. (Organismo	Los protocolos de control de calidad en radiodiagnóstico en América Latina y el Caribe muestran en detalle los procedimientos a seguir para que	

internacional de Energía Atómica. (2021).)	los físicos médicos y los técnicos puedan realizar las pruebas de los equipos de radiología general y dental, mamografía, tomografía y en intervencionismo contribuyendo a la calidad de la imagen y la protección radiológica de los pacientes y el personal
---	--

Fuente. Elaboración propia

Identificación de Métodos de Optimización Encontrados en la Literatura Identificar Métodos para Lograr una Optimización Personalizada De Dosis De Radiación, Teniendo en Cuenta las Características Morfológicas de Cada Paciente, el Tipo de Estudio y la Tecnología Disponible del Equipo

En la segunda fase para la tarea 3, se listaron los métodos de optimización propuestos y estudiados por los autores de los diferentes documentos tal y como se muestra en la tabla 8.

Tabla 8*Métodos de Optimización Propuesto en la Bibliografía Seleccionada*

Nombre del documento	Método de optimización
<p>Investigación de la relación entre los parámetros corporales y los mA mediante medición de espesor bidimensional sin contacto en radiografía digital de tórax. (Lin, J., Cheng, I., Liang, Y., Li, J. Y., Tsai, J.-M., Wang, M.-T., Lin, T.-P., Huang, S. H., & Chou, M.-D. (2023).)</p>	<p>Determinación del factor mA en función del espesor corporal.</p>
<p>Reducción de la dosis de radiación y evaluación de la calidad de la imagen para la proyección lateral de la columna lumbar. (Nocetti, D., Villalobos, K., Natividad García Marín, M Villalobos Monardes, Tapia, B., Toledo, M. D., & Villegas, C. (2023).)</p>	<p>Ajuste de los parámetros técnicos combinados con el uso de filtros de cobre y titanio de bajo costo.</p>
<p>Un método para derivar parámetros de exposición apropiados a partir del índice de exposición objetivo y el grosor del paciente en radiografía digital pediátrica. (Zhang, M., Li, K., Niu, X., & Liu, X. (2012).)</p>	<p>Fórmula para el cálculo del mAs teniendo en cuenta el espesor del paciente.</p>

<p>Selección de factores de exposición radiográfica basada en el paciente: una revisión sistemática. (Ching, W., Robinson, J. M., & McEntee, M. F. (2014).)</p> <p>Optimización de la proyección AP del abdomen para pacientes con mayor espesor corporal. (Gatt, S., Portelli, J. L., & Zarb, F. (2022).)</p> <p>Dosis al paciente y calidad de imagen en radiología digital de tórax. (D. Salát, & D. Nikodémová. (2008).)</p> <p>La influencia del grosor del paciente y el sistema de imágenes en la dosis del paciente y la calidad de la imagen física en las imágenes digitales del tórax. (Ullman, G., Sandborg, M., Dance, D. R., Hunt, R., & Gudrun Alm Carlsson. (2005).)</p>	<p>Recopila distintos métodos propuestos por diferentes autores como la regla del 25%, técnica del kilovoltaje optimo o la técnica del kilovoltaje variable, regla de 10 kvp, regla del 15%, relación logarítmica lineal entre más y espesor del paciente, regla general, radiografía en pasos unitarios encontrar el pico de kilovoltios (kvp) y sistema de discos. Subir el kVp de 80 a 110 en pacientes con diámetro abdominal AP entre 20 y 30 cm y a 120 kVp en pacientes con diámetro abdominal de 35 cm, combinándolos con el control automático de exposición (AEC), obteniendo una disminución en el producto dosis-área (DAP) y en el porcentaje de más.</p> <p>Uso de sistemas de detectores de pantalla planos, logrando reducir 2 y 3 veces la cantidad de radiación generada en sistemas CCD y CR.</p> <p>Utilización de sistema DR como opción más adecuada respecto a el sistema CR, logrando una reducción de la dosis en pacientes con diámetro variable de tórax</p>
--	---

Fuente. Elaboración propia

Una vez listados los métodos de optimización propuestos, para la tarea 4 se realizó una clasificación de los métodos según los parámetros considerados por los autores para llevar a cabo su investigación, se clasificaron por parámetros corporales,

Tabla 9

Clasificación por Parámetros de los Métodos de Optimización en la Bibliografía Seleccionada

Método de optimización	Parámetros considerados		
	parámetros corporales	parámetros de exposición	parámetros del equipo
Determinación del factor mA y mAs en función del espesor corporal. (Lin, J., Cheng, I., Liang, Y., Li, J. Y., Tsai, J.-M., Wang, M.-T., Lin, T.-P., Huang, S. H., & Chou, M.-D. (2023).)	Se consideraron parámetros corporales como: talla, peso, IMC y grosor del tórax para determinar su relación con el mA y mAs.		
Ajuste de los parámetros técnicos combinados con el uso filtros de cobre y titanio de bajo costo. (Nocetti, D., Villalobos, K., Natividad García Marín, M Villalobos Monardes, Tapia, B., Toledo, M. D., & Villegas, C. (2023).)	Se consideraron parámetros de exposición combinados con sistemas de filtros.		
Fórmula para el calcula del mAs teniendo en cuenta el espesor del paciente. (Zhang, M., Li, K., Niu, X., & Liu, X. (2012).)	Se consideraron los parámetros corporales peso y talla para este estudio.		

<p>Recopila distintos métodos propuestos por diferentes autores como la regla del 25%, técnica del kilo voltaje optimo o la técnica del kilo voltaje variable, regla de 10 kVp, regla del 15%, relación logarítmica lineal entre más y espesor del paciente, regla general, radiografía en pasos unitarios encontrar el pico de kilovoltios (kVp) y sistema de discos. (Ching, W., Robinson, J. M., & McEntee, M. F. (2014).)</p>	<p>Los parámetros que se consideraron en este estudio fueron parámetros de exposición y técnica radiológica.</p>
---	--

<p>Subir el kVp de 80 a 110 en pacientes con diámetro abdominal AP entre 20 y 30 cm y a 120 kVp en pacientes con diámetro abdominal de 35 cm, combinándolos con el control automático de exposición (AEC), obteniendo una disminución en el producto dosis-área (DAP) y en el porcentaje de más. (Gatt, S., Portelli, J. L., & Zarb, F. (2022).)</p>	<p>Se considero como parámetro corporal el espesor corporal del abdomen para determinar el kVp.</p>
--	---

<p>Uso de sistemas de detectores de pantalla planos, logrando reducir 2 y 3 veces la cantidad de radiación generada en sistemas CCD y CR. (D. Salát, & D. Nikodémová. (2008).)</p>		<p>Los parámetros considerados en este estudio son parámetros del equipo de Rx, específicamente los detectores digitales de 3 tecnologías diferentes</p>
<p>Utilización de sistema DR como opción más adecuada respecto a el sistema CR, logrando una reducción de la dosis en pacientes con diámetro variable de tórax. (Ullman, G., Sandborg, M., Dance, D. R., Hunt, R., & Gudrun Alm Carlsson. (2005).)</p>	<p>Se considero como parámetro corporal el espesor de 20, 24 y 28 cm de tórax en posición PA y el parámetro de exposición kV de 100, 135 y 145 en tecnologías DR y CR</p>	<p>Se considero como parámetro corporal el espesor de 20, 24 y 28 cm de tórax en posición PA y el parámetro de exposición kV de 100, 135 y 145 en tecnologías DR y CR</p>

Fuente. Elaboración propia

Establecer Protocolo de Optimización

Establecer Estructura y Desarrollo de un Protocolo para Optimizar la Dosis de Radiación en los Pacientes en Radiología Convencional

Una vez revisadas las fuentes bibliográficas encontradas referentes al tema optimización de dosis de radiación en el área de radiología convencional, clasificadas y analizadas para estructurar a partir de todos estos documentos, un protocolo con el cual se pueda lograr la optimización de las dosis de radiación generadas en los pacientes al momento de realizarles determinado estudio, se encontraron diferentes métodos propuestos por los diferentes autores con el interés de hallar un método con el cual generar reducciones en las dosis de radiación sin perder calidad en la imagen generada.

Si bien cada uno de los resultados obtenidos por los autores de los estudios consultados fueron positivos, algunos de estos autores coinciden en que los resultados son insuficientes y que es necesario investigar aún más esta problemática; otros estudios plantearon métodos para determinada zona anatómica como es el caso del tórax, columna lumbar y en uno de los casos abdomen en pacientes con espesor corporal por encima del promedio. Esto por su puesto, es insuficiente si se tiene en cuenta la variedad de estudios realizados en radiología convencional, la gran variedad de pacientes y las diferentes tecnologías con las que cuentan los equipos de rayos x.

En el apéndice A se describe el protocolo que se estructuro a partir de la investigación bibliográfica realizada y la síntesis de las ideas a las que los autores de este trabajo de profundización llegaron una vez finalizada las fases 1 y 2 del presente trabajo.

Conclusiones

A medida que se avanzaba con la estructuración y realización de este trabajo de investigación, se hacía necesario ahondar en diferentes temas relacionados con la radiología y la optimización de las dosis de radiación en los pacientes, brindando claridad a los participantes de este trabajo sobre el potencial peligro que tiene consigo el uso de la radiación ionizante, sin embargo, también se entiende que el uso de esta radiación es fundamental en el área de la salud, ya que es una herramienta de gran utilidad y que contribuye a salvar y mejorar vidas.

Si bien no es posible en la actualidad evitar el uso de radiación ionizante para realizar estudios imagenológicos como es el caso de la radiología convencional, si es posible y está en cada uno de los profesionales de la radiología, investigadores y demás personas que puedan estar relacionadas, encontrar métodos, prácticas y acciones encaminadas en reducir al máximo la dosis de radiación que se pueda generar en los pacientes, de esta manera se continúan salvando vidas y se cuida la salud futura de cada uno de los pacientes.

Queda claro que aún falta mucho por investigar respecto a la optimización de dosis de radiación, la información que se encuentra disponible puede llegar a ser confusa debido a que muchas de las investigaciones fueron realizadas con tecnología que no es la actual, lo que genera ciertas inconsistencias, así mismo, las investigaciones que se encuentran con la tecnología actual proponen diferentes métodos, siendo poco claro cuál es la mejor manera de lograr una optimización de las dosis de radiación.

El desarrollo de este trabajo ha sido sin duda alguna enriquecedor, ha permitido profundizar aún más de lo que lo había hecho cada uno de los integrantes de este grupo de trabajo y ha contribuido a generar y ampliar el conocimiento de cada uno. Este trabajo de profundización será una gran herramienta de conocimiento para cada uno de los autores de este trabajo y para cualquiera que desee leerlo, de cara a un escenario laboral, brindando pautas y una

guía para desempeñarse de mejor manera como tecnólogos en radiología, partiendo desde la premisa de que la salud de los pacientes y la calidad de las imágenes son dos cosas fundamentales.

El producto generado en el desarrollo de este documento e incluso el ejercicio de realizar este tipo de trabajo tiene gran valor académico y educativo, permite la ampliación del conocimiento y contribuye a crear conciencia en la ética profesional, además de orientar y motivar a estudiantes a investigar y profundizar en temas fundamentales al momento de desempeñarse como tecnólogos en radiología. Este trabajo y cada uno de los trabajos realizados por los estudiantes de este diplomado de profundización pueden ser un punto de partida para cualquier investigación que se quiera iniciar, lo cual resulta gratificante.

Referencias

- Andiscoa, D., Blancob, S., & Buzzia, A. (2014). *Radio protección/Actualización en Radiología Dosimetría en radiología*. Argentina: Revista argentina de radiología.
- Arias, C. (2006). La regulación de la protección radiológica y la función de las autoridades de salud. España: Revista Panamericana de Salud Pública.
- Bueno, J. (2018). Papel de los estudios de imagen en el diagnóstico etiológico de las bronquiectasias: la distribución es la clave. Estados Unidos: Universidad de Illinois.
- Buscà, J., Vigil, A., & Medina, R. (2018). Radiología digital en los servicios de radiodiagnóstico. Parámetros dosimétricos. España: Elsevier.
- Campana, F. (2018). *Historia de la Radiología*. Argentina: Revista Argentina de Radiología, vol. 82, núm. 1, p. 54.
- Cortés, J., & Moncada, A. (2021). Diagnóstico acerca del uso de medidas de cuidado y protección radiológica por parte de tecnólogos y practicantes de radiología en estudios con radiación ionizante en Instituciones de la salud del Valle de Aburrá durante el año 2021. Colombia: Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD.
- Dávalos, M. (2018). *Historia de la radiología*. Bolivia: Revistas Bolivarianas.
- Dixit, A. (2021). Dosis correcta para un diagnóstico preciso: seguimiento de las dosis de radiación administradas a los pacientes y utilización de los niveles de referencia para diagnósticos. Estados Unidos: Boletín del OIEA.
- Galindo, A. (2022). *¿Qué es la radiación?* España: Oficina de Información al Público y Comunicación del OIEA.
- Gallego, A. (2014). *Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes*. España: Universidad Complutense.
- Gamo, V. (2022). *Protección radiológica*. España: Proinsa.

- García, C. (2016). *Radiología*. España: Elsevier.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación sexta edición*. Colombia: McGraw-Hill.
- Justo, P. (2012). *Protección radiológica CSN*. España: Consejo de Seguridad Nuclear.
- Kocak, M. (2021). *Radiografía Convencional*. España: msdmanuals.
- Laboratorio virtual, r. l. (2018). *Prevención de riesgos laborales por radiaciones ionizantes*. España: Universidad de Córdoba.
- Lin et al, Z. (2023). Emerging non-native amphibians require immediate prevention management in a megacity of South China. China: Invasivesnet.
- Lin et al., J. R. (2023). Investigación de la relación entre los parámetros corporales y los mA mediante medición de espesor bidimensional sin contacto en radiografía digital de tórax. China: Sensores biomédicos.
- Llano, D., & Trejos, C. (2023). Salud mental positiva ocupacional para las organizaciones colombianas. Colombia: Ciencia y Academia.
- Moore, A., & Kaushik, M. (2016). Revisión: las nano celulosas como soportes versátiles para nanopartículas metálicas y sus aplicaciones en catálisis†. Canadá: Cross Mark.
- Organismo internacional de Energía Atómica. (2021). Protocolos de control de calidad para radiodiagnóstico en América Latina y el Caribe. Colección de documentos técnicos del OIEA. Estados Unidos: Organización Panamericana de la Salud.
- Organización Mundial de la Salud OMS. (27 de julio de 2023). *Efectos en la salud de las radiaciones ionizantes*. Obtenido de OMS,: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ionizing-radiation-and-health-effects>

- Poveda, J., & Plazas, C. (2020). Elementos de protección radiológica en salas de intervencionismo Elementos de protección radiológica en salas de intervención. Colomba: Revista Colombiana de Cardiología.
- Puerta, J., & Morales, J. (2020). *Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes*. Colombia: Revista Colombiana de Cardiología.
- Ruhm *et al*, W. (2023). Llamamiento de Vancouver a la acción para fortalecer los conocimientos especializados en materia de protección radiológica en todo el mundo. Alemania: Revista Radiation and Environmental Biophysics.
- Saravia, G. (2013). *Protección y seguridad radiológicas*. México: Anales de Radiología México.
- Shengli, N. (2011). *NORMA Oficial Mexicana NOM-229-SSA1-2002, el 26-12-2011*. México: SEGOB secretaria de Gobierno.
- Soriano, J. M., & Montoro, A. (2013). *Últimos avances en radio protectores de origen natural*. España: Consejo de Seguridad Nuclear.

Apéndices

Apéndice A

Protocolo de Optimización de Dosis de Radiación

Evaluación de Equipos

Una de las conclusiones a las que se llegó fue la importancia del buen estado de los equipos de rayos x, debido a que, si el equipo no se encuentra en condiciones óptimas, no importara tanto los esfuerzos de los tecnólogos para reducir las dosis en los pacientes; es fundamental que la entidad propietaria de los equipos realice periódicamente en estos las siguientes acciones (Sociedad española de física médica, 2013):

Realización del respectivo control de calidad de los equipos de rayos x, garantizando así, su funcionamiento óptimo y verificando la correspondencia entre los valores indicados y los valores medidos de los parámetros del equipo.

Realizar la calibración de los equipos según las recomendaciones del fabricante y con la periodicidad que este indique.

Lo anterior es importante ya que esto permite conocer la estabilidad y la seguridad que presenta el equipo, además de la exactitud de cada uno de los parámetros del haz de rayos x que emiten los equipos, es decir, permite verificar entre otras cosas, que el equipo está generando el haz de rayos x de acuerdo con los parámetros ingresados por los tecnólogos, siendo la primera medida para la optimización de la dosis de radiación. Sin embargo, cabe aclarar que las entidades prestadoras de servicios de rayos x están obligadas a realizar una valoración periódica de los equipos, pero para efecto de este protocolo se decidió destacarlo.

Educación Continua de los Tecnólogos.

Otro factor importante que se consideró para llevar a cabo la optimización de la dosis de radiación es la educación continua por parte de los tecnólogos en radiología, ya que permite a los

tecnólogos actualizarse respecto a nuevas prácticas y métodos para realizar estudios imagenológicos. La educación continua no es un factor que influya directamente en la optimización de la dosis de radiación, pero permitirá a los tecnólogos mejorar sus conocimientos y herramientas para lograrlo.

Parámetros Técnicos Óptimos.

Los parámetros técnicos son sin duda el factor que más influye en las dosis de radiación, ya que son estos los que determinan las características del haz de rayos x que se usa para generar la imagen. Por tal motivo es importante que se establezcan parámetros técnicos adecuados para cada estudio que se realiza.

En la mayoría de las entidades, se cuenta con guías de parámetros de exposición estandarizados y en los equipos con tecnología digital, estos parámetros estandarizados se encuentran incluidos en la consola del equipo según el tipo de estudio que se desea realizar, pero estos parámetros estandarizados no son los óptimos en todos los casos, en muchas ocasiones se puede bajar un poco al kV sin descuidar la calidad de la imagen.

A continuación, se establecen algunas recomendaciones para tener en cuenta al momento de realizar un estudio:

Utilizar técnicas automáticas de exposición y ajustar manualmente según sea necesario.

En el caso de radiografía de tórax, el cual es uno de los estudios en rayos X más comunes, los autores consultados recomiendan considerar los parámetros peso y altura del paciente para determinar el mA combinado con la técnica AEC.

Un método útil en el Rx de tórax para hallar el kV es utilizar la siguiente fórmula: $kV = \text{espesor del paciente} \times 2 + \text{la constante}$ (la constante depende de cada equipo de rayos x)

El uso de parrillas anti difusoras y colimar el haz de rayos x al área de interés.

Uso de tecnología DR y detectores de pantalla planos son los más adecuados para lograr dosis de radiación más bajas.

La distancia a la que se encuentra el receptor de imagen del tubo de rayos x debe ser siempre la adecuada, recordando que el Rx de tórax se toma a 1.80 metros y el resto de los estudios en su mayoría se toman a 1 metro.

Educación al Paciente

Existe también un factor que si bien no afecta directamente a la dosis de radiación, puede influir indirectamente, ya que el éxito de un estudio de radiología depende en parte del paciente, por tal motivo es importante explicarle al paciente sobre el procedimiento como se llevara a cabo y explicar a este las indicaciones que se le puedan dar al momento de realizar la captura, con el fin de que no se generen errores y se deba repetir alguna imagen, generando una dosis de radiación mayor a la prevista.

Implementar Técnicas Avanzadas de Imagen

En la actualidad se podría decir que la mayoría de las entidades cuenta con equipos de radiología digital, ya que se ha demostrado que esta tecnología emplea menos radiación y sus resultados son mejores, sin embargo, para los casos en los que no se cuenta con esta tecnología es recomendable reemplazarla por radiología digital y de esta manera aumentar la eficiencia, reducir costos y cuidar la salud de los pacientes.

También es recomendable realizar estudios con otra tecnología como tomosíntesis o incluso tomografía computarizada para algunos casos, como por ejemplo niños muy pequeños o condición especial, debido a que no permanecen inmóviles suficiente tiempo y en ocasiones se toman estudios que no sirven.

Registro y Monitorización

Con el objetivo de vigilar que se estén manteniendo las dosis de radiación lo más bajas posibles, es las siguientes acciones:

- Monitorizar los niveles de dosis de cada estudio por medio del índice de exposición de cada imagen generada, esto permite saber cuánta radiación está llegando al detector, dando una idea de que tan correctos son los parámetros utilizados.
- Realizar análisis periódicos para identificar oportunidades de mejora.

La optimización de la dosis de radiación es una problemática que requiere una búsqueda constante de acciones que contribuyan al conocimiento de métodos con los cuales se logre bajar las dosis de radiación al mínimo posible, manteniendo el equilibrio con la calidad de las imágenes generadas. Es una problemática de la que los tecnólogos y futuros tecnólogos deben ser conscientes y tomar responsabilidad de ella siempre que sea posible.