

**Propuesta de una guía de consulta sobre exposición irregular a fuentes de radiación
ionizante en el entorno laboral por estimación inadecuada en la dosimetría**

Jazmín Andrea Cardona Castañeda

Shirley Tatiana Espinosa Osorio

Andrea Carolina Matos Arrieta

Diana Catalina Puerta Chanci

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

Este trabajo tiene como objetivo la identificación y corrección de las causas de la exposición irregular a radiación ionizante, así como la implementación de medidas preventivas para garantizar una dosimetría segura en el entorno laboral. Esto permite la optimización de los procedimientos a partir de la identificación de las posibles situaciones de riesgo en las cuales se pueda reducir la exposición a la radiación, sin afectar el procedimiento clínico, teniendo en cuenta el uso adecuado de los elementos de radioprotección, para asegurar una dosimetría adecuada, que permita mitigar los riesgos directos e indirectos al trabajador y al paciente.

Palabras Clave: Dosímetro, efecto adverso, exposición, radioprotección, blindaje.

Abstract

This work aims to identify and correct the causes of irregular exposure to ionizing radiation, as well as the implementation of preventive measures to guarantee safe dosimetry in the work environment. This allows the optimization of procedures based on the identification of possible risk situations in which radiation exposure can be reduced, without affecting the clinical procedure, taking into account the appropriate use of radioprotection elements, to ensure adequate dosimetry, which allows mitigating direct and indirect risks to the worker and the patient.

Key words: Dosimeter, adverse effect, exposure, radioprotection, shielding.

Tabla de Contenido

Introducción	7
Planteamiento del Problema	8
Justificación	10
Objetivos	12
Objetivo General.....	12
Objetivos Específicos.....	12
Marco Teórico.....	13
Exposición (X)	13
Dosis Absorbida (D)	14
Dosis Equivalente (en un órgano o un tejido).....	14
Dosis Efectiva (E).....	14
Efectos Biológicos de la Radiación	14
Clasificación de los Efectos Biológicos.....	15
Efectos Determinísticos.	16
Efectos Estocásticos.....	18
Metodología	20
Tipo de Análisis	20
Análisis de la Situación Actual.....	20
Análisis de Riesgos y Consecuencias	21
Análisis Prácticas y Tecnologías	21
Fases y Tareas	22
Desarrollo del Proyecto.....	24

	5
Capítulo 1. Revisión Documentación Académica y Literatura Gris sobre el Tema.....	24
Capítulo 2. Definir Protocolos	24
Capítulo 3. Identificar Medidas	24
Capítulo 4. Realización de Documento denominado Guía “Guía de consulta para mitigar la exposición irregular a fuentes de radiación ionizante en entornos laborales”	25
Conclusiones	29
Referencias Bibliográficas	30

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Representación porcentual de fuentes de radiación ionizante naturales y artificiales.</i>	15
Figura 2 <i>Guía de consulta para mitigar la exposición irregular a fuentes de radiación ionizante en entornos laborales.</i>	27

Introducción

El principal objetivo de realizar una guía informativa sobre el uso de la radioprotección y dosimetría radiológica es brindar información sobre este tema a todas las personas que trabajan o tienen algún tipo de contacto ya sea directo o indirecto con algún tipo de radiación. Debido a que cada día en el campo de la salud, el área de radiología e imágenes diagnósticas es una de las especialidades donde avanza rápidamente la tecnología, esta área sin duda alguna ocupa un lugar importante ya que por medio de esta los médicos realizan diagnósticos y procedimientos guiados por estos equipos.

Sin duda alguna esta herramienta de trabajo para la salud es indispensable y debido a que su funcionamiento es con radiación, algo muy peligroso para la salud humana en altas dosis, esto hace pensar que las medidas de protección para el personal que lo usa deben ser diseñadas y utilizadas con un estricto control con el fin de mitigar de una manera muy significativa aquellos efectos nocivos para la salud del personal. La intención de este folleto Informativo es que las personas que laboran en el campo de salud u otro campo que devengue la utilización de radiación, encuentre de manera fácil de entender las medidas preventivas para mitigar la exposición a la radiación, dosimetría, controles en la fuente, en el medio y personal. Por otra parte, se muestra los elementos de radioprotección y sus determinadas definiciones para el personal expuesto directa e indirectamente.

Planteamiento del Problema

La exposición irregular a fuentes de radiación ionizante en el entorno laboral plantea una preocupación significativa para la salud y seguridad de los trabajadores, según Montero y colaboradores (2005), esta exposición irregular podría ser el resultado de una estimación inadecuada en la dosimetría, lo que a su vez puede llevar a una subestimación o sobreestimación de la dosis de radiación recibida por los trabajadores; esto puede tener consecuencias graves para la salud, incluyendo un mayor riesgo de efectos agudos y crónicos de la radiación, como síndromes de irradiación aguda, cáncer y otras enfermedades relacionadas con la radiación.

Esta problemática es de gran importancia en el ámbito de la seguridad radiológica. Según el informe de la Organización Internacional de Energía Atómica (OIEA), la exposición laboral a la radiación ionizante continúa siendo un riesgo significativo en numerosas industrias y las estimaciones incorrectas en la dosimetría pueden tener graves consecuencias para la salud de los trabajadores. (Organismo Internacional de Energía Atómica, 2022)

[...] Los efectos clínicos producidos por la radiación son variados. Una clasificación los divide entre efectos estocásticos, que son consecuencia del daño celular a una o varias células; y determinísticos, en los que se provoca muerte celular de una cantidad de células y que no puede ser compensada por los mecanismos correspondientes. Cabe mencionar que en los estocásticos la posibilidad de que aparezca el efecto es una función de la dosis y se desconoce si existe un umbral. Por su parte, en los efectos determinísticos la magnitud del efecto depende de la dosis, es decir, existe un umbral por debajo del cual no se produce el daño (Puerta & Morales, 2020; Ramos, et al., 2020).

Desde otro punto de vista, los efectos dañinos que se producen por la exposición a radiaciones ionizantes se clasifican en somáticos y hereditarios. Los somáticos son los que suceden en la persona expuesta y los hereditarios ocurren en la descendencia del sujeto expuesto a la radiación (Ramos, et al., 2020).

Existen distintos ejemplos de los efectos de las radiaciones en la salud de los trabajadores expuestos a ella. Es clásica la asociación entre radiaciones y cáncer, tal

como lo plantean tanto Hernández Piñero y Pernalet Ruiz (2017) como Satta et al. (2020). Por otro lado, Hernández et al. (2020), plantea la existencia de una relación entre una exposición ocupacional a radiaciones y la aparición de cataratas. Incluso se han comenzado a elaborar hipótesis sobre la relación de las radiaciones con un aumento en el riesgo cardiovascular con daños potenciales que pueden tener diversas expresiones: enfermedad aterosclerótica acelerada, envejecimiento vascular prematuro, enfermedad valvular, afectación pericárdica, miocardiopatía y disfunción autonómica (Aristizábal, 2020) y en la aparición de mal de Parkinson (Azizova, et al., 2021)[...]. (Ávila, 2022, p. 135)

En resumen, según lo expresan Úbeda de la C. y otros (2008), la exposición a las radiaciones ionizantes puede producirse como consecuencia de las diversas actividades llevadas a cabo por el ser humano, particularmente por el trabajo. En este sentido, la exposición ocupacional, sobre todo en el campo médico, representa un problema que hay que atender para minimizar los riesgos del personal.

Justificación

Las radiaciones ionizantes producen efectos adversos en los trabajadores ocupacionalmente expuestos; la exposición irregular o inadecuadamente estimada a esta radiación puede resultar en efectos perjudiciales para la salud, que van desde síntomas agudos hasta enfermedades crónicas como el cáncer. Garantizar una dosimetría precisa es esencial para minimizar estos riesgos y proteger la salud de los trabajadores. Además, regulaciones gubernamentales como las establecidas por la Agencia de Protección Radiológica (APR) han establecido límites de dosis para proteger a los trabajadores contra la exposición excesiva. El incumplimiento de estas regulaciones puede resultar en graves consecuencias legales y financieras para las organizaciones. En este sentido, el compromiso de las empresas con la seguridad y la responsabilidad social se ha vuelto esencial en el contexto empresarial actual.

[...] Por otro lado, esto tiene un costo para la salud del personal sanitario. Según las cifras que presentan Carranza et al. (2012), a nivel mundial más de 20 millones de trabajadores están expuestos a radiaciones ionizantes. Dentro de este tipo de personal, Bernal, T. (2019), menciona a los licenciados en radiología, personal médico y de enfermería que realizan labores relacionadas tanto para radiodiagnóstico como para radioterapia y radiología intervencionista y personal auxiliar de dichas áreas. [...] (Ávila, 2022, pp. 134-135)

En este sentido, también crece la preocupación por los efectos ambientales que se generan a partir de las radiaciones, según un estudio publicado en la Rev. salud ambient. (2010), alrededor de un 17% de la energía eléctrica generada en el mundo es de origen nuclear. La creciente preocupación sobre el cambio climático, la protección del medio ambiente y la crisis energética han reabierto el debate en torno a la energía nuclear. En este contexto, se han desarrollado iniciativas a nivel mundial en radiología verde que buscan reducir el impacto medioambiental y promover la colaboración entre radiólogos, fabricantes de equipos y

organizaciones de salud; de esta manera a medida que los profesionales de la salud adoptan prácticas más sostenibles, se reducen los desechos y las emisiones de radiación, promoviendo la eficiencia energética y adoptando prácticas más ecológicas en la radiología. Estos esfuerzos son necesarios para preservar la salud del medio ambiente y garantizar un futuro sostenible para las generaciones futuras. (Lojo-Lendoiro, et al., 2023)

Las normas básicas internacionales de seguridad (NBS) para la protección contra las radiaciones ionizantes y para la seguridad de las fuentes de radiación son el resultado de un esfuerzo internacional sin precedentes hacia la armonización de los requerimientos de protección radiológica de los pacientes, los trabajadores y el público. Copatrocinadas por la Agencia de Energía Nuclear (AEN/OCDE), la Organización para la Agricultura y Alimentación (FAO), el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), la Organización Internacional del Trabajo (OIT), la OMS y la Organización Panamericana de la Salud (OPS), las NBS han sido un punto de referencia internacional en materia de seguridad radiológica. (Pérez, 2010), citado por (Revista de Salud Ambiental, 2010, p. 2)

Objetivos

Objetivo General

Proponer una guía de medidas preventivas que permitan mitigar la exposición irregular a fuentes de radiación ionizante en entornos laborales, causada por estimaciones inadecuadas en la dosimetría.

Objetivos Específicos

Revisar documentación académica y literatura gris sobre el tema.

Definir protocolos sobre medidas preventivas y correctivas de dosimetría que contribuyan a la reducción de la exposición irregular y la mejora de la seguridad radiológica.

Identificar las medidas de control a nivel de fuente, medio y de atenuación en el trabajador.

Realizar documentos denominado “Guía de consulta para mitigar la exposición irregular a fuentes de radiación ionizante en entornos laborales”.

Marco Teórico

La Dosimetría de las radiaciones ionizantes es la rama de la ciencia que se ocupa de la medida de la dosis absorbida por un material o tejido como consecuencia de su exposición a las radiaciones ionizantes presentes en un campo de radiación. El objetivo de la dosimetría de radiaciones ionizantes es prevenir o limitar la aparición de efectos nocivos producidos por la radiación. Según el método empleado para conseguir ese objetivo, podemos distinguir: Dosimetría ambiental, dosimetría de área y personal. (Consejo de Seguridad Nacional, 2009, p. 7)

La dosimetría en radiología es un tema difícil de abordar, pero de vital importancia para una adecuada estimación de las dosis con las cuales se están trabajando.

Las unidades dosimétricas más utilizadas en radiología para cuantificar las dosis incluyen la exposición (C/kgaire o roentgen [R]), la dosis absorbida (Gy o rad), la dosis equivalente (Sv o REM) y la dosis efectiva (Sv o REM).

Exposición (X)

La exposición es una magnitud que cuantifica la capacidad que posee un haz de rayos X para ionizar una masa de aire. Esto es, expresa la cantidad de carga eléctrica de los electrones (Q) que se genera por unidad de masa de aire (m). La exposición puede ser utilizada para medir la radiación que recibe un chasis, un intensificador de imágenes o la piel del paciente. Esta magnitud es muy utilizada, porque es fácil de medir, pero no ofrece información sobre el daño producido en el paciente debido a que no tiene en cuenta la radio-sensibilidad de los tejidos u órganos que atraviesa. (Andiscoa, et al., 2014).

Dosis Absorbida (D)

La dosis absorbida es una magnitud que expresa la cantidad de energía absorbida por unidad de masa de un material. Es una magnitud genérica, definida para cualquier tipo de radiación o material, que se utiliza en radiobiología debido a que es una excelente magnitud para estimar el daño producido por la radiación en un órgano que ha sido irradiado por un tipo específico de radiación. (Andiscoa, et al., 2014)

Dosis Equivalente (en un órgano o un tejido)

La dosis media absorbida en un órgano o un tejido humano T, multiplicada por el factor de ponderación del tipo de radiación considerado, se llama la “dosis equivalente” en el órgano o el tejido (representado por HTR). La dosis equivalente se mide en Sievert (Sv). $1 \text{ Sv} = 1 \text{ J/Kg}$. La “tasa de dosis equivalente” es la dosis equivalente por unidad del tiempo, se representa por H^*TR o H^*T y se mide en Sv/h o Sv/s. (Dixon & Ogden, 2016)

Dosis Efectiva (E)

La probabilidad de aparición de efectos estocásticos en un determinado órgano o tejido depende no solo de la dosis equivalente recibida por dicho órgano o tejido, sino también de la radio-sensibilidad del órgano irradiado. Por esto, y a partir de la irradiación que recibiría una persona en todo su cuerpo, se ha adjudicado un factor de peso (WT) a cada órgano (International Commission on Radiological Protection, 2007). (Andiscoa, et al., 2014)

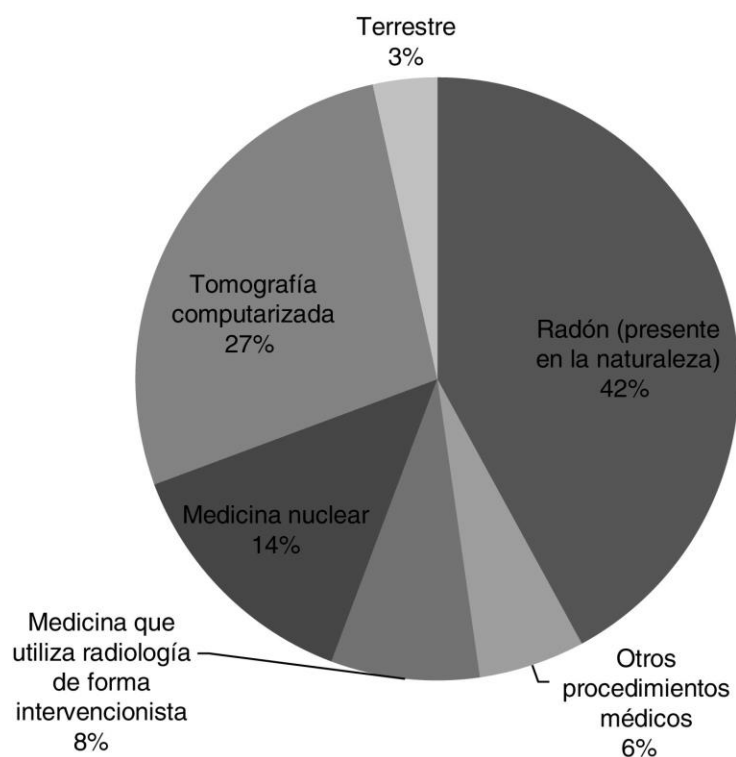
Efectos Biológicos de la Radiación

A diferencia de la luz visible, los rayos X tienen la suficiente energía para penetrar los tejidos humanos y ocasionar reacciones ionizantes, lo que trae consigo potencial mutagénico. Todos los seres humanos están expuestos a radiación proveniente de fuente natural o artificial. La dosis anual promedio de radiación recibida por una persona es alrededor 2-3 mSv de E/año

mientras que la creada por fuentes médicas es más de la mitad de este valor. (Mettler & Upton, 2008).

Figura 1

Representación porcentual de fuentes de radiación ionizante naturales y artificiales



Nota. (Mettler & Upton, 2008)

Clasificación de los Efectos Biológicos

El proceso de ionización realiza cambios necesariamente en átomos y moléculas, aunque sólo sea en forma transitoria, que a veces puede dañar a las células. Si se producen daños celulares y no se reparan adecuadamente, puede ocurrir que las células afectadas mueran o se vea impedida su reproducción, o bien que se origine una célula viable, pero modificada. Ambos extremos tienen implicancias profundamente distintas para el organismo. La probabilidad de que se produzcan tales daños será cero a dosis pequeñas, pero por encima de un determinado nivel de dosis (umbral) aumentará rápidamente hasta la unidad (100%). Por encima del umbral aumentará

asimismo la gravedad del daño con la dosis. Este tipo de efectos, conocidos anteriormente como “no estocásticos”, se denominan ahora “determinísticos”. El resultado será muy diferente si en vez de producirse la muerte de la célula irradiada, ésta sobrevive con una alteración en su genoma. Estos efectos se denominan “estocásticos”, es decir de naturaleza aleatoria o estadística (Sánchez, 2008).

Tabla 1

Clasificación de los tipos de efectos biológicos estocásticos/deterministas y somáticos/genéticos.

	Efecto Estocástico	Efectos Determinista
Efectos Hereditarios	(La gravedad depende de la dosis, Se relaciona con las mutaciones)	(La gravedad depende de la dosis. Se relaciona con la letalidad)
	Ejemplo: Anormalidades hereditarias	
Efectos Somáticos	Ejemplo: Carcinogénesis	Ejemplo: Anemias, caída de cabello, esterilidad.

Nota. Commission of the European Communities/U.S. Department of Energy. Guide-book for the Treatment of Accidental Internal Radionuclide Contamination of Workers. Publication n° EUR 14320 EN. Commission of the European Communities (1992). (Sánchez, 2008, p. 36)

Efectos Determinísticos. Son aquellos en los que la gravedad del efecto y su frecuencia varían en función de la dosis. La relación dosis-efecto tiene umbral. El 100% de frecuencia de un efecto determinístico se logra con una dosis suficiente como para alcanzar el umbral de severidad en toda la población. La dosis umbral es la cantidad de radiación necesaria para provocar el efecto en por lo menos el 1-5% de los individuos expuestos. (Gisone & Pérez, p. 8)

De acuerdo a la dosis en todo el cuerpo, se pueden distinguir las siguientes formas del Síndrome Agudo de Radiación (SAR):

- Hematopoyética: para dosis comprendidas entre 1-10 Gy.

- Gastrointestinal: dosis entre 10-50 Gy (algunos autores distinguen una forma denominada cardiovascular o toxémica entre 20-50 Gy).
- Neurológica: con dosis superiores a los 50 Gy.
- **Efectos Determinísticos Localizados:** La gravedad del daño que puede ser tolerado en un tejido u órgano depende de varios factores: nivel de depleción celular que produce disfunciones en los tejidos; momento de manifestación de daño; capacidad de reparación y recuperación del tejido; volumen incluido en el campo; dosis total administrada; tiempo total y número de fracciones en que se subdivide la dosis. (Gisone & Pérez, p. 11)
- **Piel:** Los efectos de las radiaciones sobre la piel, son dependientes de la dosis de la profundidad y área de la piel irradiada. La escala de severidad de los síntomas es la misma que para las quemaduras comunes: eritema, edema, ampollas, úlceras, necrosis y esclerosis. (p. 11)
- **Aparato Digestivo:** Los daños al tubo digestivo provocan síntomas agudos y crónicos, que van desde la diarrea y dispepsia hasta úlcera, estenosis, obstrucciones. Hay una variada radiosensibilidad de las diferentes partes del tubo digestivo, siendo las más sensibles el intestino delgado, recto, colón y estómago, en ese orden. Estos efectos producen un síndrome gastrointestinal mortal cuando gran parte del intestino es expuesto en forma aguda a una dosis mayor de 10 Gy. Las complicaciones tardías debido a lesiones localizadas en el aparato digestivo se manifiestan en meses o años posteriores a la exposición, y aparecen en forma de obstrucciones, constricciones y adherencias, resultantes de la fibrosis, pudiendo aparecer perforaciones y fístulas. (p. 12)

- **Efectos a Nivel Ocular:** De los tejidos de la región del ojo (glándulas lagrimales, conjuntiva, córnea, retina) el cristalino es el más sensible a la radiación. La producción de opacidades es la consecuencia del daño sobre las células del epitelio anterior del cristalino. El cristalino es particularmente sensible a la irradiación uniforme. Responde a dosis de aproximadamente 1 Gy en tratamiento único ó 4 Gy en forma fraccionada, con la formación de cataratas. (p. 13)

- **Órganos de la Reproducción**

- a. **Ovario:** órgano sumamente radiosensible. Dosis únicas de 2-6 Gy producen esterilidad temporal, siendo necesarias dosis mayores cuando se administran fraccionadas para igual efecto. Las mujeres mayores son más susceptibles, probablemente debido a un decreciente número de folículos con la edad. La dosis umbral para esterilidad permanente disminuye con la edad. (pp. 13-14)

- b. **Testículo:** El testículo es también un órgano radiosensible. Dosis de 0,1-0,15 Gy producen esterilidad temporal. La dosis que induce esterilidad permanente en el 100% de los hombres expuestos es mayor a los 6 Gy. (p. 14)

Efectos Estocásticos

- **Carcinogénesis Radioinducida:** Se denomina carcinogénesis a la sucesión de eventos que llevan a la aparición de un cáncer. Se incluyen bajo esta denominación a un conjunto de enfermedades que pueden afectar distintos órganos, que tienen como elemento común el crecimiento celular ilimitado, invasivo, potencialmente letal. La manifestación clínica de un cáncer es el resultado final de una serie de cambios celulares producidos a lo largo de un tiempo muy prolongado (años), denominado período de latencia. Es un proceso complejo, de etapas

múltiples, que tiene su origen en mutaciones relativamente simples a nivel del ADN. (Molls, et al., 1993)

Es crucial que el personal de salud que trabaja con radiaciones ionizantes siga estrictos protocolos de seguridad y esté debidamente capacitado para minimizar la exposición y los riesgos asociados. Además, se deben proporcionar medidas de monitoreo y protección adecuadas. (Mettler & Upton, 2008)

El principio ALARA (del inglés, tan bajo como razonablemente alcanzable) continúa siendo la base del manejo de riesgo con la exposición a la radiación ionizante, tanto para los operadores, como para los pacientes. Las alternativas para reducir la dosis de radiación recibida habitualmente han logrado demostrar resultados favorables. (Hirshfeld, et al., 2018)

Metodología

El enfoque de esta investigación es de tipo cualitativo, el cual se centra en la identificación y corrección de las causas de la exposición irregular a radiación ionizante, así como en la implementación de medidas preventivas para garantizar una dosimetría segura en el entorno laboral.

Los autores Blasco y Pérez (2007), señalan que la investigación cualitativa estudia la realidad en su contexto natural y cómo sucede, sacando e interpretando fenómenos de acuerdo con las personas implicadas. Así mismo, Hernández, Fernández y Baptista (2010) "el enfoque cualitativo utiliza la recolección de datos sin medición numérica para descubrir o afinar preguntas de investigación en el proceso de interpretación" (p. 7).

Tipo de Análisis

Se realizará un análisis descriptivo, teniendo en cuenta que según Hurtado (2002), infiere que el objetivo de éste es realizar una descripción del objeto de estudio, se asocia al diagnóstico y al propósito de exponer el evento estudiado y de enumerar sus características de tal modo que se pueda obtener resultados de análisis en un contexto determinado.

Análisis de la Situación Actual

Identificación de factores que contribuyen a la exposición irregular.

➤ Errores en la Calibración de Equipos:

La calibración inadecuada de los dispositivos de medición de radiación puede llevar a mediciones incorrectas y, por lo tanto, a una estimación incorrecta de la dosis recibida.

➤ Falta de Conciencia o Cumplimiento de Protocolos:

Si el personal no está completamente consciente de los protocolos de seguridad o no los sigue rigurosamente, existe un mayor riesgo de exposición irregular.

Análisis de Riesgos y Consecuencias

Evaluación de los posibles riesgos para la salud de los trabajadores debido a la exposición irregular.

Los principales efectos producidos por las radiaciones ionizantes que son ocasionados por la recepción de altas dosis, son los siguientes:

- **Riesgo de padecer cáncer:** La exposición a dosis significativas de radiación puede aumentar el riesgo de desarrollar cáncer, especialmente en órganos sensibles a la radiación como el pulmón, la tiroides y el sistema hematopoyético. (Puerta & Morales, 2020)
- **Cataratas:** La exposición crónica a radiación ionizante puede aumentar el riesgo de desarrollar cataratas, una opacidad en el cristalino del ojo que afecta la visión. (Hernández, et al., 2020, p. 74)

- **Trastornos Genéticos en Descendientes:**

Los trabajadores expuestos a radiación ionizante pueden transmitir mutaciones genéticas a su descendencia, lo que puede aumentar el riesgo de trastornos genéticos en generaciones futuras. (Puerta & Morales, 2020)

Análisis Prácticas y Tecnologías

Revisión de guías de buenas prácticas en seguridad radiológica.

- **Uso de Equipos de Protección Personal (EPP):**

Suministrar y exigir el uso de EPP adecuado, como delantales de plomo, guantes y gafas protectoras, para reducir la exposición a la radiación.

La aplicación de buenas prácticas de protección radiológica constituye

un aspecto importante para reducir la exposición de los trabajadores y, por consiguiente, es un paso decisivo hacia el logro de una protección radiológica óptima. (Organización Internacional del Trabajo [OIT], 1987)

➤ Control de Zonas de Radiación:

Designar y señalizar claramente áreas donde existe riesgo de exposición a radiación. Limitar el acceso a personal autorizado y establecer procedimientos de entrada y salida. ([OIT], 1987)

➤ Promoción de una Cultura de Seguridad:

Fomentar una cultura de seguridad en el lugar de trabajo, donde se priorice la protección contra la exposición a radiaciones. ([OIT], 1987)

Fases y Tareas

Fase 1: Revisar documentación académica y literatura gris sobre el tema.

Tarea 1. Realizar búsquedas en bases de datos como Google académico, Ebsco, Science Direct, Scopus.

Tarea 2: Clasificar documentos encontrados en protocolos y otra literatura.

Fase 2. Definir protocolos.

Tarea 3. Identificar protocolos que se adapten mejor al contexto de estudio.

Fase 3. Identificar medidas.

Tarea 4. Definición de medidas de control a nivel de fuente.

Tarea 5. Definición de medidas de control a nivel de medio.

Tarea 6. Definición de medidas de control de atenuación.

Fase 4. Realización de documento denominado guía “Guía de consulta para mitigar la exposición irregular a fuentes de radiación ionizante en entornos laborales”.

Tarea 7. Definir estructura.

Tarea 8. Redacción de las secciones.

Desarrollo del Proyecto

Capítulo 1. Revisión Documentación Académica y Literatura Gris sobre el Tema

En primer lugar, se desarrolló una búsqueda en diferentes bases académicas como Google académico, Ebsco, Scopus, entre otras y literatura gris sobre el tema de interés, donde obtuvimos información sobre las medidas preventivas básicas, protección de los trabajadores y los equipos generadores de radiaciones ionizantes de diferentes instituciones.

En segundo lugar, después de haber recolectado toda la información necesaria nos dispusimos a clasificar los documentos encontrados relacionados con los protocolos afines con la prevención y reducción de las dosis radiaciones ionizantes.

Capítulo 2. Definir Protocolos

En tercer lugar, después de haber clasificado la información, identificamos los protocolos que se adaptaran mejor al contexto de estudio; algunos de ellos fueron:

- Limitar el tiempo de exposición.
- Aumentar la distancia a la fuente, ya que la dosis disminuye de manera inversamente proporcional al cuadrado de la distancia.
- Apantallamiento o utilización de blindajes.
- Protección de las estructuras, instalaciones y zonas de trabajo.
- Protección del personal y procedimientos de trabajo.

Capítulo 3. Identificar Medidas

Seguido a la clasificación nos encargamos de definir las medidas de control a nivel de fuente, medio y atenuación, las cuales nos indican las recomendaciones generales para optimizar la protección radiológica.

A nivel de fuente encontramos las siguientes recomendaciones:

- Limitación del tiempo de exposición: la dosis recibida es inversamente proporcional al tiempo de exposición, por lo que, reduciendo el tiempo, reducirá la dosis recibida.
- Utilización de pantallas o blindajes de protección: Permiten una reducción notable de la dosis recibida por el operador. Existen dos tipos de pantallas o blindajes, las denominadas barreras primarias (atenúan la radiación del haz primario) y las barreras secundarias (evitan la radiación difusa).
- Distancia a la fuente radiactiva: La dosis recibida es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia a la fuente radiactiva. Por lo tanto, si se aumenta el doble la distancia, la dosis recibida disminuirá la cuarta parte. Es recomendable la utilización de dispositivos o mandos a distancia en aquellos casos en que sea posible.

A nivel de medio encontramos:

- Diseño de la parte estructural
- Demarcar y señalizar

Y a nivel de atenuación hallamos:

- Capacitación, inducción y entrenamiento
- Dosimetría personal mensual
- Equipos de protección personal plomados

Capítulo 4. Realización de Documento denominado Guía “Guía de consulta para mitigar la exposición irregular a fuentes de radiación ionizante en entornos laborales”

Consecutivamente, especificamos la distribución que se le iba a dar a la guía con los temas más relevantes y específicos, la cual fuera fácil de comprender, con ilustraciones representativas de cada tema relacionado.

Finalmente, las secciones quedaron divididas de la siguiente manera:

- Medidas preventivas para mitigar la exposición irregular a fuentes de radiación ionizante en entornos laborales.
- Dosimetría.
- Radiaciones ionizantes
- Fuentes de radiación
- Controles en la fuente
 - Tiempo
 - Distancia
 - Blindaje
- Controles en el medio
 - Zona controlada
 - Zona de permanencia limitada
 - Zona de permanencia reglamentada
 - Zona de acceso prohibido
- Controles en el personal
 - Capacitación e inducción
 - Dosimetría personal mensual
 - Dosimetría personal de lectura directa
 - Elementos de radioprotección.

Para obtener una mejor visualización de la “Guía de consulta para mitigar la exposición irregular a fuentes de radiación ionizante en entornos laborales”. (canva.com)

Figura 2

Guía de consulta para mitigar la exposición irregular a fuentes de radiación ionizante en entornos laborales

Medidas preventivas para mitigar la exposición irregular a fuentes de radiación ionizante en entornos laborales

Esta guía esta diseñada para dar a conocer al personal de la salud en radiología la forma de restringir los riesgos derivados del uso de las radiaciones ionizantes y promover la aplicación de los principios básicos de protección radiológica con la fin de evitar la aparición de efectos biológicos.



Dosimetría

Informa la dosis de radiación ionizante que ha recibido una persona y, con ello, permite verificar que las condiciones de trabajo han sido adecuadas para la protección de su salud.

Radiaciones Ionizantes

Tiene suficiente energía para producir cambios químicos en las células y dañar el ADN. Esto aumenta el riesgo de padecer de ciertas afecciones, como el cáncer.

Fuentes de Radiación

Equipos generadores de radiación: RX (Análogos y digital), TC, PECT.

TIPOS DE RADIACIÓN



Controles en la Fuente

01 Tiempo

Minimizar el tiempo de exposición.

TIEMPO



02 Distancia

Maximizar la distancia de la fuente de radiación.

DISTANCIA



03 Blindaje

Blindar la fuente de radiación o interponer un blindaje entre ella y la persona expuesta.


BLINDAJE




Nota. Elaboración propia

Controles en el Medio


01 Zona Controlada
Evitar la dispersión significativa de contaminación radioactiva, prevenir o limitar la probabilidad de accidentes radiológicos o sus consecuencias.




02 Zona de Permanencia Limitada
Riesgo de recibir una dosis superior a los límites de dosis para los trabajadores expuestos.



03 Zona de Permanencia Reglamentada
Riesgo de recibir en cortos periodos de tiempo una dosis superior a los límites de dosis para trabajadores expuestos.



04 Zona de Acceso Prohibido
Riesgo de recibir en una exposición en muy corto periodo de tiempo, dosis superiores a los límites de los trabajadores expuestos.



Controles en el Personal

01 Capacitación e Inducción
Ser informados e instruidos sobre el riesgo de exposición a radiaciones ionizantes en su puesto de trabajo.

- ✓ Riesgos de las radiaciones ionizantes y sus efectos biológicos.
- ✓ Normas generales de protección y precauciones
- ✓ Normas específicas, medios y métodos de trabajo para su protección en las operaciones a efectuar.
- ✓ Conocimiento y utilización de los instrumentos de detección, medidas de radiaciones y medios de protección personal.

02 Dosimetría Personal Mensual
Esta dosimetría se recomienda que se haga con dosímetros de película o TLD (termoluminiscencia).

03 Dosimetría Personal de Lectura Directa
Para registro temporal en procedimientos con radiaciones ionizantes que impliquen alta tasa de dosis o exposición ocasional.

04 Elementos de Radioprotección

Delantal plomado


Gafas plomadas con protección lateral

Guantes plomados

Protector tiroideo

Protector gonadal

Dosimetría personal



- Protector gonadal: Preservar la fertilidad del personal salud.
- Protector de tiroides: Proteger la glándula tiroides y evitar desarrollar algún cáncer.
- Lentes plomados: Disminuir daños en el cristalino y la aparición de cataratas
- Mandil plomado: Absorben el 90-95% de la radiación dispersa que llega al tronco.
- Guantes plomados: Protege el contacto directo con el haz de rayos X.

Nota. Elaboración propia

Conclusiones

La dosimetría en la radiología es un tema de vital importancia para una apropiada estimación de las dosis a las cuales nos estamos exponiendo, la concientización crece cada día en este tema y se percibe en las respuestas de manera adecuada a esta problemática.

A lo largo del desarrollo del trabajo se logró identificar los riesgos relacionados con el inadecuado uso de la radioprotección y dosimetría, evidenciando que cuando no se utilizan correctamente, esto hace que se aumenten enfermedades y riesgos a corto, mediano o largo plazo.

Se realizó el diseño de un folleto informativo en un formato digital para su posterior materialización sobre las medidas preventivas para mitigar la exposición irregular a fuentes de radiación ionizante en entornos laborales, controles en la fuente, en el medio, en el personal y los elementos de radioprotección que podemos utilizar para evitar la radiación, de esta manera generando un modo de información sencillo y de fácil acceso; no solo es importante que el personal de radiología tenga claro este tipo de conocimientos, sino todo el personal que allí labore y se pueda ver afectado por dichas radiaciones.

Es de carácter importante que el personal que se encuentra expuesto a radiaciones ionizantes, tengan claro las medidas de radioprotección y las consecuencias que pueden llegar a tener; la cartilla brinda una información de suma importancia siendo clara y concisa para el entendimiento de todo el personal.

Referencias Bibliográficas

- Andiscoa, D., Blanco, S., & Buzzi, A. (2014). Dosimetría en radiología. *Revista Argentina de Radiología*. <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-argentina-radiologia-383-articulo-dosimetria-radiologia-S004876191400012X>
- Aristizábal, J. (2020). Riesgo cardiovascular relacionado con la radiación ionizante. *Revista Colombiana de Cardiología*, 27(S1), 21–24.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.rccar.2019.11.001>
- Ávila, V. (2022). Alteraciones clínicas en la salud del personal expuesto a radiaciones ionizantes en los hospitales. *Revista San Gregorio*, 133-147.
- Azizova, T., Bannikova, M., Grigoryeva, E., Rybkina, V., & Hamada, N. (2021). Occupational exposure to chronic ionizing radiation increases risk of Parkinson’s disease incidence in Russian Mayak workers. *International Journal of Epidemiology*, 49(2), 435–447.
doi:<https://doi.org/10.1093/IJE/DYZ230>
- Badel, E., Rico, J., Gaviria, M., Arango, D., & Hernández, C. (2018). Radiación ionizante: revisión de tema y recomendaciones para la práctica. *Revista Colombiana de Cardiología*, 25(3), 222-229. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rccar.2017.10.008>
- Bernal, R. (2019). Nivel de conocimientos en protección radiológica del personal expuesto a radiaciones ionizantes en un complejo hospitalario. *Revista Intervencionismo*, 19(3), 103–110. doi:<https://doi.org/10.30454/2530-1209.2019.3.1>
- Blasco, J., & Pérez, J. (2007). Metodologías de investigación en las ciencias de la actividad física y el deporte: ampliando horizontes. San Vicente (Alicante): Editorial Club Universitario.
<http://hdl.handle.net/10045/12270>

canva.com. (s.f.). Medidas preventivas para mitigar la exposición irregular a fuentes de radiación ionizante en entornos laborales.

https://www.canva.com/design/DAF0igFGNfY/5OWICZ0cSHA1cslxtmkdEQ/edit?utm_content=DAF0igFGNfY&utm_campaign=designshare&utm_medium=link2&utm_source=sharebutton

Carranza, T., Franco, J., Gaona, E., & Noriega, M. (2012). Evaluación de la seguridad e higiene de un servicio de radioterapia en México, D.F. *Salud de Los Trabajadores*, 20(2), 155–165. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-01382012000200004&lang=es%0Ahttp://www.scielo.org.ve/pdf/st/v20n2/art04.pdf)

[01382012000200004&lang=es%0Ahttp://www.scielo.org.ve/pdf/st/v20n2/art04.pdf](http://www.scielo.org.ve/pdf/st/v20n2/art04.pdf)

Consejo de Seguridad Nacional. (2009). Tema 6. Detección y Dosimetría de la Radiación.

https://csn.ciemat.es/MDCSN/recursos/ficheros_md/537701088_2411200913237.pdf

Dixon, R., & Ogden, K. (2016). A field guide to radiation safety terminology. *Endovascular Today*, 15(8), 48-52.

Gisone, P., & Pérez, M. (n.d.). Efectos Biológicos de la Radiación. 3-25.

https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/33/052/33052454.pdf

Hernández, A., & Pernaleté, M. (2017). Leucemia ocupacional: importancia de la prevención. *Comunidad y Salud*, 15(1), 86–90.

Hernández, C., Durán, A., & Cortes, M. (2017). Cataratas y exposición a radiación ionizante en personal de cardiología intervencionista. *Rev. Asoc. Esp. Espec. Med. Trab*, 26, 275-283.

<https://scielo.isciii.es/pdf/medtra/v26n4/1132-6255-medtra-26-04-00275.pdf>

Hernández, C., Durán, A., & Cortés, M. (2020). Lesiones oculares y radiación ionizante. *Revista Colombiana de Cardiología*, 27(S1), 72–78.

doi:<https://doi.org/10.1016/j.rccar.2019.09.004>

- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación. 5ta ed.* México D.F: McGraw-Hill Interamericana.
- Hirshfeld, J., Ferrari, V., Bengel, F., Bergersen, L., Chambers, C., Einstein, A., . . . Wann, L. (2018). 2018 ACC/HRS/NASCI/SCAI/SCCT Expert Consensus Document on Optimal Use of Ionizing Radiation in Cardiovascular Imaging. *J Am Coll Cardiol*, *71*(24), 2829-2855. <https://www.elsevier.es/index.php?p=doi-resolver&doi=10.1016/j.jacc.2018.02.018>
- Lojo-Lendoiro, S., Rovira, A., & Morales, Á. (2023). Green radiology: cómo desarrollar una radiología sostenible. *Radiología*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rx.2023.06.007>
- Mettler, F., & Upton, A. (2008). *Efectos médicos de las radiaciones ionizantes. 3 ed.* Saunders Elsevier. <https://www.insst.es/documents/94886/162520/Cap%C3%ADtulo+48.+Radiaciones+ionizantes/45ac8cb5-5e10-402f-bf7c-d1aa8e0ced8d>
- Molls, M., Herrmann, T., Steinberg, F., & Feldmann, H. (1993). Radiopathology of the lung: Experimental and clinical observations. *Recent Results Cancer Res*, *130*, 109-121. <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/54907/SanchezPacheco%20DirectorAlejandro.pdf?sequence=1>
- Montero, A., Hervás, A., Morera, R., Sancho, S., Córdoba, S., Corona, J., . . . Ramos, E. (2005). Control de síntomas crónicos. Efectos secundarios del tratamiento con radioterapia y quimioterapia. *Oncología*, *28*(3). Barcelona. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-48352005000300008
- Organismo Internacional de Energía Atómica. (2022). Informe Anual del OIEA. https://www.iaea.org/sites/default/files/gc/gc67-2_sp.pdf

- Organización Internacional del Trabajo [OIT]. (1987). Protección de los trabajadores contra las radiaciones. *Repertorio de recomendaciones prácticas de la OIT*.
https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---safework/documents/normativeinstrument/wcms_112658.pdf
- Pérez, M. (2010). Radiaciones Ionizantes y Salud. *Revista de Salud Ambiental*, 1-3.
- Puerta, J., & Morales, J. (2020). Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes. *Revista Colombiana de Cardiología*, 27(S1), 61–71.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.rccar.2020.01.005>
- Ramos, S., Uribe, J., Orsi, F., Alarcón, T., Álvarez, J., Angelis, F., . . . Sabini, D. (2020). Descripción de elementos de radioprotección y dosimetría en Unidades de Cardiología Intervencionista Sudamericanas: Un estudio piloto. *Revista Chilena de Cardiología*, 39(2), 105–113. doi:<https://doi.org/10.4067/s0718-85602020000200105>
- Sánchez, H. (2008). Medidas de prevención para evitar efectos en la salud por exposición a radiaciones ionizantes en los trabajadores del sector sanitario. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.
<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/54907/SanchezPacheco%20DirectorAlejandro.pdf?sequence=1>
- Satta, G., Loi, M., Becker, N., Benavente, Y., De Sanjose, S., Foretova, L., . . . Cocco, P. (2020). Occupational exposure to ionizing radiation and risk of lymphoma subtypes: Results of the Epilymph European case-control study. *Environmental Health: A Global Access Science Source*, 19(1), 1–11. doi:<https://doi.org/10.1186/s12940-020-00596-9>
- Sociedad Española de Sanidad Ambiental. (2010, junio- diciembre). *Revista de Salud Ambiental*. X(1-2). Valencia. <https://ojs.diffundit.com/public/journals/2/issues/rsa.10.1-2.2010.pdf>

Úbeda, C., Nocetti, G., & C, I. (2008). Magnitudes y unidades para dosimetría del personal ocupacionalmente expuesto en radiodiagnóstico e intervencionismo. *Revista Chilena de Radiología*, 24(1), 5-11. doi:<https://dx.doi.org/10.4067/S0717-93082018000100005>