



| **unitec**®

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**PROPUESTA DE MANUAL DE SEGURIDAD RADIOLÓGICA PARA CENTROS BÁSICOS DE
ATENCIÓN SANITARIA EN SAN PEDRO SULA, CORTÉS**

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO

INGENIERÍA EN BIOMÉDICA

PRESENTADO POR:

ANDREA VELÁSQUEZ 21651120

ASESOR: REYNA E. VALLE ORDOÑEZ

CAMPUS SAN PEDRO SULA

OCTUBRE, 2022

DEDICATORIA

A mis papás, Roxana y William, por ser el apoyo incondicional a lo largo de mi vida, por estar siempre para mí con su paciencia, consejos, y enseñanzas. Son mi ejemplo de superación, a quienes les debo cada uno de mis éxitos y agradezco su enorme esfuerzo por guiarme e instruirme en mi formación personal.

A mis hermanos, Michelle y William, por estar siempre pendientes de mí con su ayuda y consejos para afrontar problemas y por siempre cuidar con su cariño y amor incondicional.

A Alejandro, por acompañarme en los buenos y malos momentos y por motivarme a seguir adelante y dar mi mayor esfuerzo.

AGRADECIMIENTO

Primeramente, a Dios, por brindarme todo lo que tengo, por darme salud y por guiarme e iluminarme en cada paso que doy, con la sabiduría y perseverancia para poder instruirme personal y profesionalmente.

A mi familia, por darme apoyo moral en todo momento que lo necesitaba y por su paciencia en todo el proceso.

A mis docentes, especialmente a la Ing. Reyna Valle, por su dedicación y apoyo incondicionalmente y por ser parte de mi formación académica con su experiencia y pasión por la docencia.

A mis compañeros y amigos por ayudarme en este proceso educativo y haciéndolo una experiencia inolvidable.

RESUMEN EJECUTIVO

La radiación ionizante tiene una gran cantidad de aplicaciones beneficiosas, pero puede producir efectos perjudiciales para la salud de las personas y el medio ambiente. La protección radiológica tiene como finalidad limitar y prevenir hasta niveles aceptables estos efectos perjudiciales. Los blindajes en una sala de radiología tienen por objeto proteger la exposición de los trabajadores ocupacionalmente expuestos y al público en general que hace uso de las instalaciones hospitalarias. El nivel de protección que el blindaje debe proporcionar con respecto a la cantidad de dosis recibida anualmente depende de los límites permitidos por la legislación vigente en cada país, en el caso de Honduras es la Secretaría de Energía la encargada de la legislación. Existen diferentes riesgos asociados a la radiación ionizante, entre ellos, mal funcionamiento de órganos, caída del cabello e incluso un alto riesgo de cáncer. Se efectuó un estudio con enfoque mixto, con aspectos cuantitativos y cualitativos por medio de la recolección de mediciones y entrevistas realizadas al personal en centros de atención sanitaria ubicados en San Pedro Sula, Cortés, con el objetivo de proponer un manual de seguridad radiológica el cual sirva como una guía de referencia para los centros visitados y su personal al momento de realizar los procedimientos establecidos. Los resultados obtenidos mostraron que el 66.67% de los centros si cumple con el límite de dosis anual establecido por la Autoridad Reguladora, pero se debe mantener informado al personal sobre aspectos de protección radiológica y del equipo a utilizar.

Palabras clave: *Blindaje, dosis, manual, protección radiológica, radiación ionizante.*

ABSTRACT

Ionizing radiation has a large number of beneficial applications, but it can produce harmful effects on human health and the environment. Radiation protection aims to protect the general public and the environment by limiting and preventing these harmful effects to acceptable levels. Shielding in a radiology room is intended to protect the exposure of occupationally exposed workers and the general public using hospital facilities. The level of protection that the shielding must provide with respect to the amount of dose received annually depends on the limits allowed by the legislation in force in each country; in the case of Honduras, the Secretariat of Energy is in charge of the legislation. A study with a mixed approach was carried out, with quantitative and qualitative aspects through the collection of measurements and interviews with personnel in health care centers located in San Pedro Sula, Cortés, with the objective of proposing a radiological safety manual to serve as a reference guide for the centers visited. The results obtained showed that 66.67% of the centers do comply with the annual dose limit established by the Regulatory Authority, but the personnel must be kept informed about radiation protection aspects and the equipment to be used.

Key words: dose, ionizing radiation, manual, radiation protection, shielding.

ÍNDICE DE CONTENIDO

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
2.1	PRECEDENTES DEL PROBLEMA	2
2.2	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	5
2.3	JUSTIFICACIÓN	6
2.4	PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	6
2.5	OBJETIVOS	7
2.5.1	<i>OBJETIVO GENERAL</i>	<i>7</i>
2.5.2	<i>OBJETIVOS ESPECIFICOS</i>	<i>7</i>
III.	MARCO TEÓRICO	8
3.1	ANÁLISIS DE SITUACIÓN ACTUAL	8
3.2	ANÁLISIS DE MACROENTORNO	10
3.2.1	<i>ORGANISMOS INTERNACIONALES</i>	<i>10</i>
3.2.2	<i>EMPRESAS CERTIFICADAS</i>	<i>16</i>
3.2.3	<i>NIVELES DE ATENCIÓN DE SALUD.....</i>	<i>18</i>
3.2.4	<i>APLICACIONES MÉDICAS DE RADIACIÓN IONIZANTE</i>	<i>20</i>
3.3	ANÁLISIS DE MICROENTORNO	24
3.3.1	<i>AUTORIDAD REGULADORA NACIONAL.....</i>	<i>24</i>
3.3.2	<i>ORGANIZACIÓN ESTABLECIDA</i>	<i>25</i>
3.3.3	<i>NIVELES DE ATENCIÓN DE SALUD.....</i>	<i>26</i>
3.4	ANÁLISIS INTERNO	27
3.5	TEORÍAS DEL SUSTENTO	28
3.5.1	<i>RADIACIÓN IONIZANTE</i>	<i>28</i>
3.5.2	<i>EFFECTOS DE LAS RADIACIONES IONIZANTES</i>	<i>29</i>

IV.	METODOLOGÍA	31
4.1	ENFOQUE.....	31
4.1.1	<i>HIPÓTESIS</i>	<i>31</i>
4.2	VARIABLES DE INVESTIGACIÓN	32
4.2.1	<i>VARIABLES DEPENDIENTES</i>	<i>32</i>
4.2.2	<i>VARIABLES INDEPENDIENTES</i>	<i>32</i>
4.3	TÉCNICAS DE INSTRUMENTACIÓN APLICADAS	33
4.3.1	<i>REVISIÓN DE LITERATURA</i>	<i>33</i>
4.3.2	<i>RECOLECCIÓN DE DATOS</i>	<i>33</i>
4.3.3	<i>ENTREVISTAS</i>	<i>34</i>
4.4	MATERIALES	34
4.5	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	34
4.1.1	<i>ETAPA 1: RECOLECCIÓN DE MEDICIONES</i>	<i>35</i>
4.1.2	<i>ETAPA 2: REALIZACIÓN DE ENTREVISTAS</i>	<i>34</i>
4.1.3	<i>ETAPA 3: VERIFICACIÓN DE REQUISITOS</i>	<i>35</i>
4.1.4	<i>ETAPA 4: EVALUACIÓN DE RESULTADOS</i>	<i>36</i>
4.1.5	<i>ETAPA 5: REALIZACIÓN PROPUESTA DE MANUAL.....</i>	<i>36</i>
4.1.6	<i>MATRIZ METODOLÓGICA</i>	<i>36</i>
4.1.7	<i>OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES</i>	<i>38</i>
4.2	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	40
V.	RESULTADOS Y ANÁLISIS	41
5.1	MEDICIONES	41
5.1.1	<i>CENTRO 1</i>	<i>42</i>
5.1.2	<i>CENTRO 2</i>	<i>44</i>
5.1.3	<i>CENTRO 3</i>	<i>46</i>

5.2	ENTREVISTAS	48
5.3	LISTA DE VERIFICACIÓN	54
5.4	RESULTADOS DE COSTOS	62
VI.	CONCLUSIONES	63
VII.	RECOMENDACIONES	64
VIII.	APLICABILIDAD	65
	BIBLIOGRAFÍA	83
	ANEXOS	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Organismos reguladores de cada país.....	14
Tabla 2. Procedimientos realizados en Radiodiagnóstico	18
Tabla 3. Principales diferencias entre Radioterapia y Medicina Nuclear.....	20
Tabla 4. Trámites realizados por medio de la Dirección General de Seguridad Radiológica..	22
Tabla 5. Radiaciones No Ionizantes.....	25
Tabla 6. Matriz Metodológica.....	34
Tabla 7. Operacionalización de Variables.....	36
Tabla 8. Resultados obtenidos en Centro 1	39
Tabla 9. Resultados obtenidos en Centro 2	41
Tabla 10. Resultados obtenidos en Centro 3.....	43
Tabla 11. Costos.....	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fuentes de exposición para un ciudadano promedio.	2
Figura 2. Cantidad de procedimientos realizados por año en el 2005.....	4
Figura 3. Representación porcentual de fuentes de radiación ionizante naturales y artificiales.	9
Figura 4. Estudio de la radiación en la vida diaria.	12
Figura 5. Clasificación de los accidentes e incidentes en una escala del 0 al 7.	13
Figura 6. Mapa de clientes de empresa PROMISA.	17
Figura 7. Clasificación de los niveles de atención nuevo modelo de salud.	26
Figura 8. Representación esquemática de los efectos directos e indirectos de las radiaciones ionizantes.	30
Figura 9. Directriz de proceso establecido.	35
Figura 10. Diagrama general de operacionalización de variables.	38
Figura 11. Límite de dosis establecido en Honduras.	42
Figura 12. Sala de Rayos X en Centro 1.	43
Figura 13. Sala de Rayos X en Centro 2.	45

LISTA DE SIGLAS Y GLOSARIO

Atenuación: Acción y efecto de atenuar. (RAE, 2022)

Autoridad Reguladora: Entidad que, de acuerdo con la legislación de cada país, esta encargada de velar por la seguridad nuclear y la protección radiológica. (SEN, 2022)

Célula: Unidad fundamental de los organismos vivos, capaz de reproducción independiente y formada por un citoplasma rodeado por una membrana. (RAE, 2022)

Diagnóstico: Determinación de la naturaleza de una enfermedad mediante la observación de sus síntomas. (RAE, 2022)

Dosimetría: Medida de la acumulación de una radiación ionizante. (SEN, 2022)

Dosis: Cantidad o porción de algo, material o inmaterial. (RAE, 2022)

Dosis Efectiva: Se utiliza para evaluar la posibilidad de efectos a largo plazo que podrían ocurrir en el futuro. (SEN, 2022)

Dosis Absorbida: Concentración de energía depositada en tejido o material como resultado de una exposición a la radiación ionizante. (SEN, 2022)

Dosis Colectiva: Suma de las dosis efectivas individuales de los miembros de grupo. (SEN, 2022)

Efecto: Aquello que sigue por virtud de una causa. (RAE, 2022)

Exposición: Cantidad de intensidad de radiación. (RAE, 2022)

Gray (Gy): Unidad de dosis absorbida de radiación ionizante del sistema internacional. (RAE, 2022)

Helicoidal: En forma de hélice. (RAE, 2022)

Protección Radiológica: Actividad multidisciplinar, de carácter científico y técnico, tiene como finalidad la protección de las personas y del medio ambiente. (SEN, 2022)

Radiación Ionizante: Flujo de partículas o fotones con suficiente energía para producir ionizantes en las moléculas que atraviesa. (SEN, 2022)

Radiación: Energía ondulatoria o partículas materiales que se propagan a través del espacio. (RAE, 2022)

Radiobiología: Estudio de los efectos y las aplicaciones de las radiaciones sobre los seres vivos. (SEN, 2022)

Radiotrazador: Formado por moléculas portadoras unidas fuertemente a un átomo radioactivo. (SEN, 2022)

Sievert (Sv): Unidad de equivalencia de dosis de radiación ionizante del sistema internacional. (RAE, 2022)

I. INTRODUCCIÓN

El uso de dispositivos médicos cuya tecnología se basa en la exposición a radiación requiere de normas de seguridad para garantizar que los beneficios recibidos son mayores a los riesgos expuestos. La protección radiológica tiene como objetivo permitir el mayor aprovechamiento de la radiación teniendo en cuenta que las áreas de trabajo, mobiliario, equipo y materiales que se utilizan en las instalaciones con radioactividad son susceptibles a contaminarse y construir una fuente de exposición tanto como para el personal como para el usuario.

Considerando la importancia de contar con una excelente gestión de seguridad radiológica en centros que ofrecen el servicio de imágenes médicas a nivel nacional, se identifica la investigación a realizar como una herramienta para poder establecer una mejor gestión. El presente proyecto de investigación tendrá como objetivo proponer un manual de seguridad radiológica para centros de atención sanitaria y cuya finalidad a poder facilitar el manejo de requisitos con respecto a la normativa nacional.

La investigación por realizar constará de ocho capítulos, incluyendo el capítulo actual. En el capítulo II se presentará el problema de investigación junto con la justificación, preguntas de investigación y objetivos; el capítulo III mostrará el sustento teórico. Seguidamente el capítulo IV exhibirá la metodología utilizada para la recolección de datos, posteriormente en el capítulo V se encontrarán los resultados con sus respectivos análisis, continuando con el capítulo VI y capítulo VII que expondrá las conclusiones y recomendaciones respectivamente, concluyendo con el capítulo VIII que incluirá el manual generado.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el presente capítulo se abordará el problema de investigación que se estará estudiando a lo largo del proyecto. En este se incluye los precedentes, definición y justificación del problema con su importancia de analizar el tema y buscar una solución. De igual manera, se incluyen las preguntas de investigación y los objetivos a lograr con la investigación realizada.

2.1 PRECEDENTES DEL PROBLEMA

La tierra está siendo irradiada continuamente con niveles bajos de radiación ionizante, de manera que todos los organismos vivos están expuestos diariamente a pequeñas cantidades de radiación ionizante provenientes de varias fuentes. La mayor parte de la radiación que el ser humano recibe proviene de fuentes naturales en el ambiente. Porciones más pequeñas provienen de productos médicos, productos de consumo y de otras fuentes (Resúmenes de Salud Pública, 2016). A continuación, en la figura 1, se presenta el porcentaje detallado por cada fuente de radiación recibida por el ser humano.

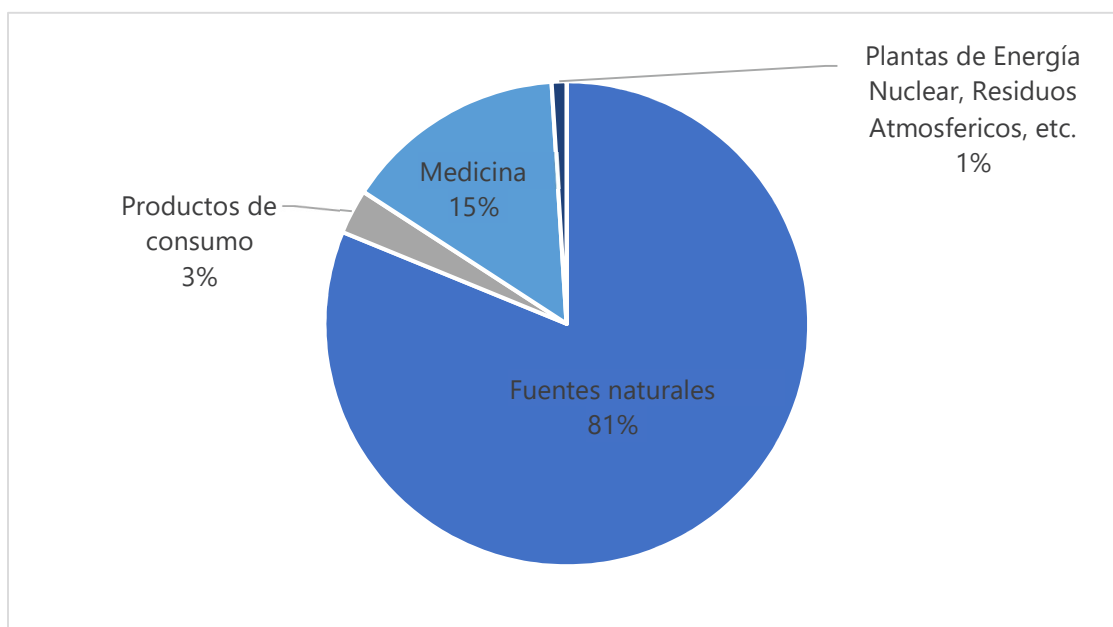


Figura 1. Fuentes de exposición para un ciudadano promedio.

Fuente: (Resúmenes de Salud Pública, 2016).

En la actualidad, la radiología tiene un papel de suma importancia en el área de salud. Algunos ejemplos de aplicación son el hallazgo de lesiones o fracturas por medio de los Rayos X, la detección temprana del cáncer de mama, a través de la mamografía, entre otros. La radiación posee riesgo carcinogénico comprobado. El uso de la tomografía computarizada (TC) en los Estados Unidos (EE. UU.) se ha multiplicado por más de 3 desde 1993 hasta alcanzar aproximadamente 70 millones de exploraciones anuales (Berrington de González, Mahesh, & KwangPyo, 2009). Los estudios relacionados con la situación de seguridad radiológica en Honduras son escasos, prácticamente nulos, lo que conlleva a una desinformación en el tema.

Los efectos de la radiación se pueden clasificar según el tiempo de aparición en: precoces, que aparecen en minutos y horas después de haberse expuesto a la radiación; y tardíos, que aparecen en meses o años después de la exposición (Saravia-Rivera, 2013).

Existen 3 organizaciones relevantes en la protección radiológica: la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP), el Organismo Internacional de Energía Atómica (IAEA) y el Comité Científico de Naciones Unidas Sobre los Efectos de la Radiación Atómica (UNSCEAR).

En 2009, se decreta la Ley de Actividades Nucleares y Seguridad Radiológica, en esta ley se establece como necesaria la creación de una unidad técnica en el sector salud, dependiente de la Unidad Reguladora Nacional, pertinente al uso de las radiaciones ionizantes en el diagnóstico y tratamiento al ser humano, cuyas fuentes radiológicas son usadas en los centros asistenciales del país. Beneficia la dosimetría personal con el fin de controlar la radiación recibida por las personas expuestas, hubo casos de personal auxiliar y médico afectados por la exposición radiológica. En 2014, se crea por decreto legislativo No. 33,552 el Reglamento de Autorizaciones para Instalaciones Radiactivas y Equipos Generadores de Radiaciones Ionizantes, este reglamento regula las exposiciones ocupacionales, del paciente y del público que se generan como resultado de cualquier actividad o uso de fuentes de radiación, incluyendo tanto las exposiciones normales como las potenciales.

Hace unos años había más de un millón y medio de fuentes de radiación ionizante declaradas en el mundo, tanto para diagnóstico como para tratamiento médico, y con ellas se realizan más de dos mil millones de procedimientos anualmente (Arias, 2006). A continuación, en la figura 2, se presenta la cantidad de procedimientos realizados por año en el 2005.

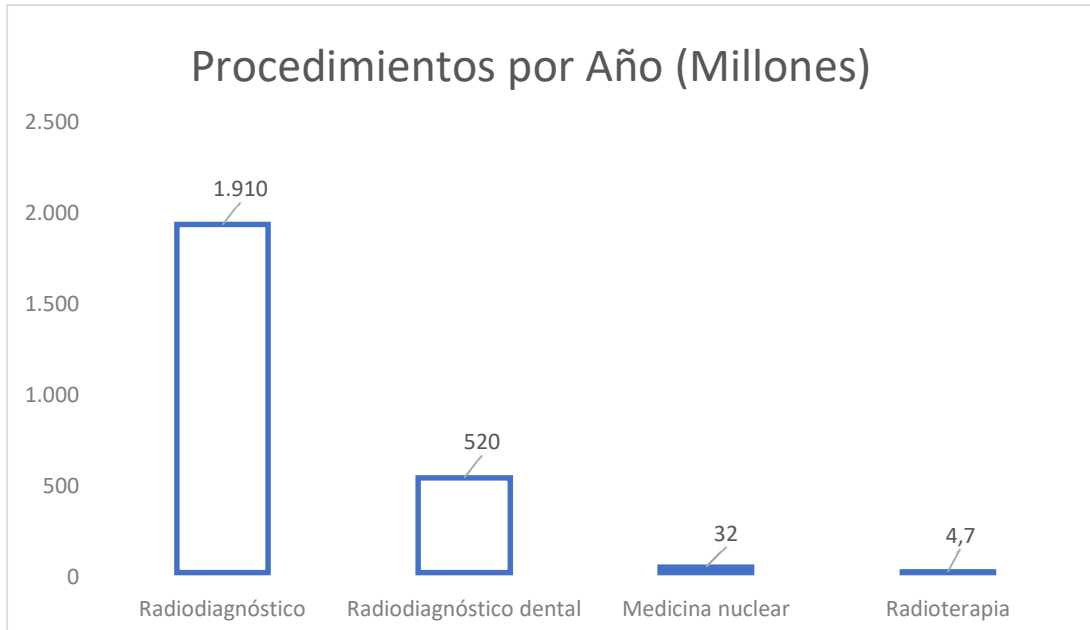


Figura 2. Cantidad de procedimientos realizados por año en el 2005.

Fuente: (Arias, 2006).

2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En los decretos antes mencionados se identifican los diferentes requisitos y obligaciones a seguir con respecto a la seguridad radiológica en Honduras. Actualmente, existe una autoridad reguladora que verifica el cumplimiento de estos en los centros que ofrecen servicios de imágenes médicas a nivel nacional. Se observa con preocupación el aumento progresivo de la dosis colectiva recibida con fines médicos, y el objetivo de la protección radiológica es evitar los efectos deterministas y reducir la probabilidad de efectos estocásticos. Las radiaciones ionizantes no pueden ser percibidas por el hombre, a menos que sean dosis agudas de enorme intensidad, por lo cual los centros que ofrecen este servicio de imágenes médicas requieren una buena gestión con respecto a la seguridad radiológica en sus instalaciones, debido a que la complejidad tecnológica implica incremento de las dosis de radiación recibida por los pacientes.

La práctica que implique la exposición a las radiaciones ionizantes debe suponer un beneficio para el ser humano, pero se deben considerar los efectos negativos que se pueden generar o alternativas posibles. Existen tres tipos de exposición que son la exposición médica, la exposición ocupacional y la exposición pública. La exposición médica no incluye solamente a los pacientes, también incluye los individuos como familiares y amigos que colaboran acompañando al paciente en algún procedimiento. Es aquí la importancia del seguimiento de una buena gestión de seguridad radiológica en cada centro.

2.3 JUSTIFICACIÓN

Los centros que ofrecen servicios de imágenes médicas requieren una buena gestión con respecto a la seguridad radiológica en sus instalaciones. El uso inadecuado de radiación ionizante puede producir efectos perjudiciales en la salud de las personas y de igual manera en el medio ambiente. La protección radiológica es un factor fundamental, ya que se reduce de manera significativa estos efectos, especialmente para el personal técnico que maneja el equipo.

El presente proyecto puede ser un punto de partida para poder analizar la situación de seguridad radiológica en los centros que ofrecen estos servicios en el país, y de esta manera se puede verificar el cumplimiento de los requisitos necesarios para poder ofrecer una mejor calidad de vida a la población hondureña. El manual por proporcionar a cada centro de atención sanitaria facilitará la gestión de seguridad radiológica en el mismo, sirviendo como guía sobre el tema para prevenir o disminuir en lo máximo posible los riesgos relacionados a la radiación ionizante.

2.4 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

- ¿Lograría un manual sobre seguridad radiológica facilitar la gestión de la misma en centros de atención sanitaria en San Pedro Sula?
- ¿Cuentan los centros de atención sanitaria en San Pedro Sula con un servicio contratado y/o plan de protocolo con respecto a la seguridad radiológica?
- ¿Qué variables técnicas y/o financieras influyen al momento de cumplir con requerimientos de seguridad radiológica en centros de atención sanitaria?
- ¿Cuál es el nivel de información manejado sobre seguridad radiológica y sus riesgos?

2.5 OBJETIVOS

A continuación, se presenta el objetivo general de la investigación y sus respectivos objetivos específicos.

2.5.1 OBJETIVO GENERAL

Presentar manual de protección radiológica como guía de referencia, formulado con base en la investigación realizada sobre la situación de seguridad radiológica en centros de atención sanitaria en San Pedro Sula, Cortes.

2.5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Verificar el plan de protocolo y servicio contratado sobre gestión de seguridad radiológica en centros de atención sanitaria en San Pedro Sula.
- Identificar las variables técnicas y/o financieras que influyen al momento de cumplir con los requerimientos de seguridad radiológica en centros de atención sanitaria en San Pedro Sula.
- Definir nivel de información manejado por personal sobre seguridad radiológica y sus riesgos.

III. MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se establece un análisis de la situación actual, del macroentorno, microentorno y a nivel interno con relación al tema investigado. De la misma manera se presentan las teorías del sustento.

3.1 ANÁLISIS DE SITUACIÓN ACTUAL

Según el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN, 2012):

La protección radiológica es una actividad multidisciplinar, de carácter científico y técnico, que tiene como finalidad la protección de las personas y del medio ambiente contra los efectos nocivos que pueden resultar de la exposición a radiaciones ionizantes.

Considerando la definición, la protección radiológica es el elemento clave dentro de los centros que utilizan radiación ionizante para realizar imágenes diagnósticas. La finalidad de la protección radiológica es la protección del individuo, sus descendientes y la humanidad en general, por los riesgos derivados de los materiales o equipos que utilizan exposición a radiaciones ionizantes, entre ellos, los efectos deterministas y efectos estocásticos. Las radiaciones ionizantes provienen en su mayor parte por el uso médico y esto genera una cuota alta de "exposición del público" (Jara, 2020). A continuación, en la figura 3, se presenta la representación porcentual de fuentes de radiación ionizante naturales y artificiales.

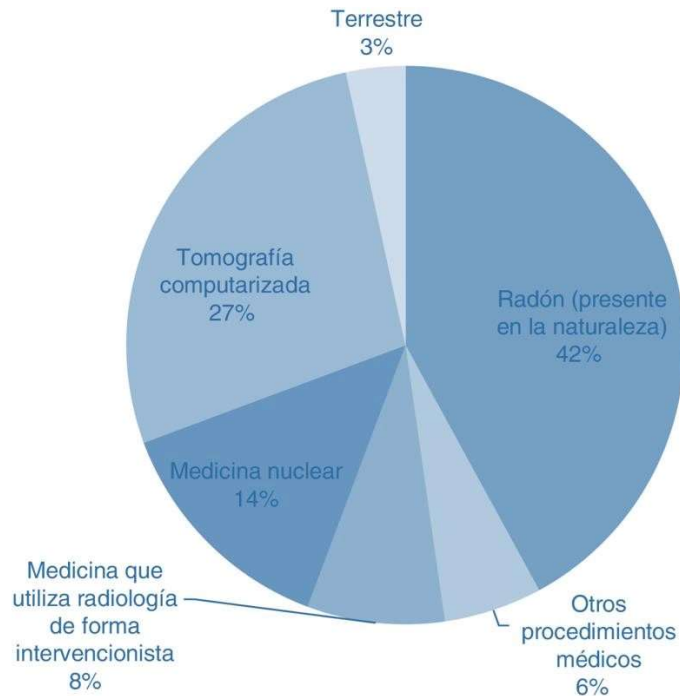


Figura 3. Representación porcentual de fuentes de radiación ionizante naturales y artificiales.

Fuente: (Badel, Rico-Mesa, Gaviria, & Hernandez, 2018).

3.2 ANÁLISIS DE MACROENTORNO

En la sección de macroentorno se presenta lo asociado a organismos internacionales, las empresas especializadas en temas de protección radiológica y los equipos que utilizan radiación ionizante.

3.2.1 ORGANISMOS INTERNACIONALES

Un organismo regulador debe tener independencia efectiva y estar separado de las funciones de promoción y gestión de las actividades que regula. La autoridad de salud posee normalmente competencias en materia de calidad y seguridad de la atención sanitaria. Por lo tanto, para que un programa regulador de control de exposiciones medicas sea sostenible, se requiere, entre otras cosas, que el organismo regulador desarrolle su actividad en estrecha cooperación con la autoridad de salud. En los países cuya legislación no otorga explícitamente a la autoridad de salud funciones reguladoras en materia de protección contra la radiación ionizante, pueden surgir

problemas para lograr esa cooperación, pues dicha autoridad tendrá dificultades en asignar recursos para abordar la protección radiológica del paciente (OEIA, 2013).

Existen diferentes organismos internacionales relacionados con la protección radiológica que establecen diferentes recomendaciones y requerimientos con respecto a las radiaciones ionizantes. En 1955 con la misión de estimar e informar sobre los niveles y efectos de la exposición a las radiaciones ionizantes en la población humana y en el medio ambiente fue creado el Comité Científico de Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de la Radiación Atómica (UNSCEAR). Otro organismo es la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) es una organización no gubernamental creada en 1928, que se ha encargado en establecer la filosofía de la protección radiológica, proporcionando las recomendaciones generales y fundamentales para utilizar de forma segura las radiaciones ionizantes en todas sus aplicaciones.

La reglamentación relativa a la seguridad es una responsabilidad nacional. Sin embargo, los riesgos radiológicos pueden trascender las fronteras nacionales, y la cooperación internacional ayuda a promover y aumentar la seguridad en todo el mundo por medio de experiencias y así existe un mejoramiento de la capacidad para controlar los peligros relacionados. Es por esto por lo que cada país debe contar con un organismo encargado de hacer cumplir la reglamentación existente en el área de seguridad radiológica, inspiradas generalmente en las recomendaciones de la ICRP. Por último, está el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) que tiene como misión el desarrollo de normas y guías que, conteniendo esencialmente las recomendaciones de la ICRP, hayan alcanzado un consenso internacional. Este consenso no es solamente entre países, sino también con otras organizaciones de Naciones Unidas, como la Organización Mundial de la Salud o la Organización Internacional del Trabajo (CSN, 2012). En un estudio de la radiación en la vida diaria, UNSCEAR presenta los siguientes datos:

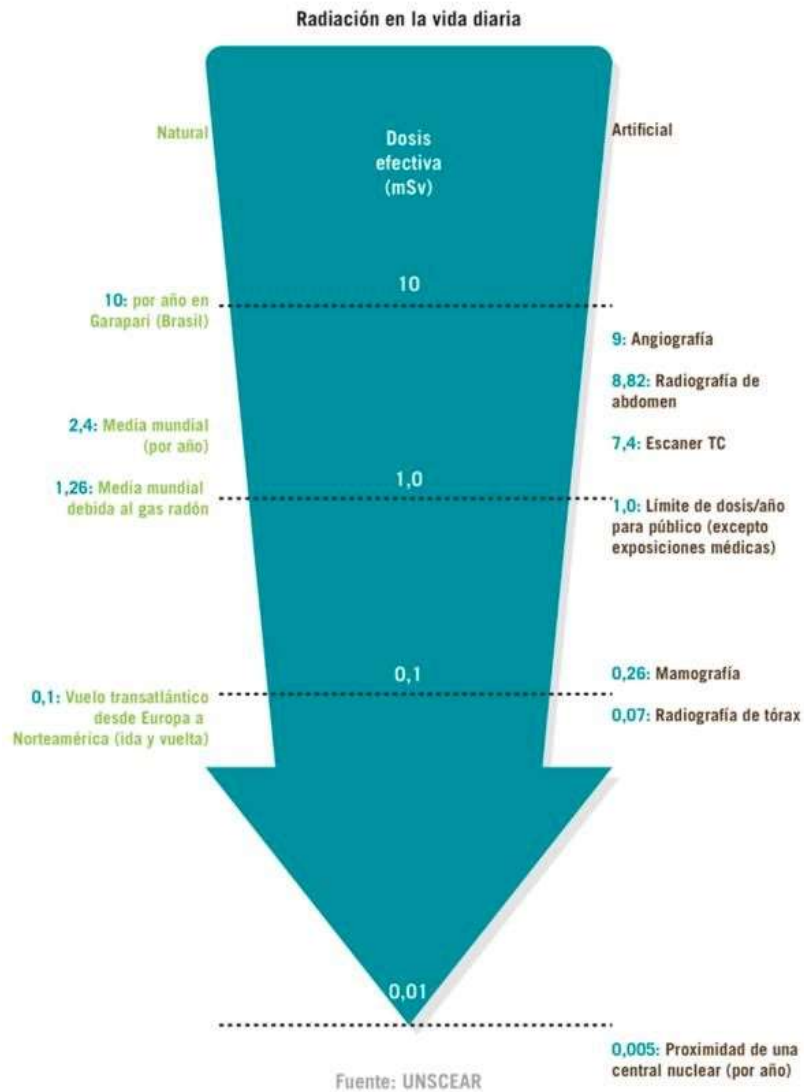


Figura 4. Estudio de la radiación en la vida diaria.

Fuente: (UNSCEAR, 2012)

Para conocer la magnitud del suceso nuclear se emplea la Escala Internacional de Sucesos Nucleares (INES, por sus siglas en ingles), la cual clasifica los sucesos por su importancia atendiendo a tres criterios básicos:

- El impacto fuera del emplazamiento de la instalación en forma, sobre todo, de liberación de radiactividad al ambiente.
- El impacto dentro de los límites del emplazamiento, incluyendo daños en la instalación y sobreexposición de los trabajadores.
- La degradación de la defensa en profundidad, es decir, el fallo de alguna de las barreras de seguridad, aunque funcionen bien las demás, o que se ponga de manifiesto una degradación de la cultura de la seguridad (Nuclear, 2022)

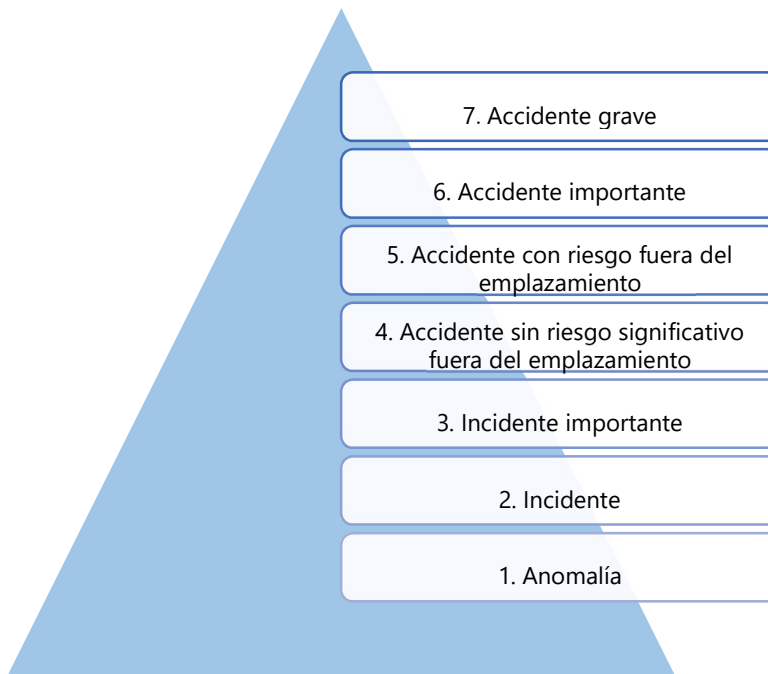


Figura 5. Clasificación de los accidentes e incidentes en una escala del 0 al 7.

Fuente: (Nuclear, 2022)

En Estados Unidos, el Departamento de Energía (DOE, por sus siglas en inglés) es el encargado de llevar un control radiológico en las áreas funcionales de radiación ocupacional. En España, el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) vela por la seguridad nuclear y la protección radiológica, evaluando la seguridad de las instalaciones nucleares y radiactivas y las inspecciona durante su funcionamiento. En México, la protección y seguridad radiológica para el sector de diagnóstico médico con Rayos X están reguladas por la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS) de la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias (CNSNS).

Estos dos últimos países pertenecen al FORO Iberoamericano de Organismos Reguladores Radiológicos y Nucleares, la cual es una asociación creada en 1997 con el objetivo de promover la seguridad radiológica, nuclear y física al más alto nivel en la región iberoamericana. A continuación, en la tabla 1, se muestran los países por el cual FORO está integrado:

Tabla 1. Organismos reguladores de cada país.

País	Organismo Regulador
Argentina	Autoridad Regulatoria Nuclear (ARN)
Brasil	Comissão Nacional de Energía Nuclear (CNEN)
Chile	Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN)
Colombia	Ministerio de Minas y Energía (MINMINAS)
Cuba	Centro Nacional de Seguridad Nuclear (CNSN)
España	Consejo de Seguridad Nuclear (CSN)
México	Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias (CNSNS)
Paraguay	Autoridad Reguladora Nuclear Radiológica y Nuclear (ARRN)
Perú	Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN)
Uruguay	Autoridad Reguladora Nacional en Radioprotección (ARNR)

Fuente: Elaboración propia, generado a partir de (FORO, 2022).

3.2.2 EMPRESAS CERTIFICADAS

Existen diferentes empresas internacionales diseñadas para brindar a las instituciones de salud o centros de imágenes, soluciones integrales en cuanto a seguridad radiológica, control de calidad de equipos, actualización académica al personal y apoyo en diseño y adecuación de áreas de estudios.

En España, esta situada la empresa GD Energía Services (GDES), que es un grupo empresarial que cuenta con mas de 85 años de experiencia en la prestación de servicios industriales en gran diversidad de sectores como los servicios nucleares, servicios de desmantelamiento, servicios para el sector eólico, entre otros. Específicamente en el tema de protección radiológica esta empresa ofrece la Unidad Técnica de Protección Radiológica (UTPR) como soporte técnico y legal desde el inicio en el que un cliente esta considerando el uso de radiaciones ionizantes (GDES, 2021). Para empresas ubicadas en México se encuentra Grupo CIDEI que es una empresa de seguridad y protección radiológica con mas de 19 años de experiencia en asesorías, capacitación, auditoria y apoyo en seguridad radiológica.

A nivel de América Latina y El Caribe en general, se encuentra la empresa SEROFCA, de servicios radiológicos. Cuentan con consultoría especializada, protección radiológica, proyectos y adecuación, venta de dispositivos y suministros para poder apoyar a la institución que desea sus servicios. Forman parte como miembros colaboradores de la Red Latinoamericana para la Educación y la Capacitación en Tecnología Nuclear (LANENT), de la Federación de Radioprotección de América Latina y el Caribe (FRALC) y de la Red Latinoamericana de Protección Radiológica en Medicina (LAPRAM).

PROMISA es una empresa guatemalteca que ofrece blindaje radiológico y que cuenta con una gran variedad de clientes en la comunidad latinoamericana por los diferentes proyectos realizados en la zona. Es muy interesante que una empresa de la región ofrezca una gran variedad de opciones con respecto al blindaje radiológico, con el objetivo de atenuar la exposición del ser humano a las fuentes artificiales de radiación, como los equipos usado en diagnostico medico, odontológico, veterinario y en otras áreas industriales especiales. A continuación, en la figura 6,

se presenta un mapa de los países en los que cuenta con clientes empresa con sede en la Ciudad de Guatemala, Guatemala.



Figura 6. Mapa de clientes de empresa PROMISA.

Fuente: (PROMISA, 2021).

3.2.3 NIVELES DE ATENCIÓN DE SALUD

En España, las áreas de salud, que son estructuras responsables de organizar y proveer a su población todos los servicios sanitarios, se organizan en dos grandes niveles de atención: un primer nivel, conocido como Atención Primaria (AP), cuyo referente físico es el Centro de Salud y los Consultorios, y un segundo nivel, la Atención Especializada (AE), cuyo referente es el Hospital General. El primero nivel es conocido por contar con médico de familia, es decir, casos básicos pueden ser tratados, pero casos más complejos que requieren un médico especialista son

remitidos al segundo nivel. Lo referente a tecnología medica aplica para el segundo nivel de atención. Es decir, servicios de imágenes medicas se realizan en la AE (Ojeda, Freire, & Gervas, 2006).

En México, los servicios se pueden clasificar en tres niveles de atención:

- i. Primero: se constituye por unidades de medicina familiar, centros de salud y clínicas familiares. Los problemas de salud atendidos en este nivel plantean una baja complejidad, puesto que solucionan necesidades de atención básica y salud preventiva, como consultas de medicina general, por ejemplo.
- ii. Segundo: en este nivel se localizan hospitales generales, regionales, integrales y comunitarios que atienden procedimientos de diagnostico, terapéuticos y de rehabilitación de mediana complejidad.
- iii. Tercero: lo integran los centros médicos nacionales, unidades medicas de alta especialidad, institutos nacionales de salud y hospitales regionales de alta especialidad, con tecnología avanzada para atender enfermedades de alto riesgo y mas complejas (Pedraza, Lavin, & Bernal, 2014).

Como se puede observar, servicios de imágenes medicas ya se pueden incluir en el segundo nivel de atención atendiendo mediana complejidad.

Actualmente, los niveles de atención de salud en Colombia se rigen con el Decreto 1011 de 2006, el cual indica que existen cuatro niveles de atención: Nivel I, el cual implica de medico general y/o personal auxiliar, y otros profesionales de la salud. Luego se encuentra el Nivel II, que ya incluye medico general con interconsulta, remisión, y/o asesoría de personal o recursos especializados. Por ultimo se encuentra el Nivel III y IV que incluye medico especialista con la participación del medico general (Sarmiento, 2009).

3.2.4 APLICACIONES MÉDICAS DE RADIACIÓN IONIZANTE

En el campo médico, las radiaciones ionizantes se usan tanto para el diagnóstico, ya que permiten obtener imágenes del interior de las personas, como para el tratamiento de enfermedades. Existen varias especialidades que utilizan radiaciones ionizantes.

3.2.4.1 RADIODIAGNÓSTICO

El radiodiagnóstico es la primera de las aplicaciones de las radiaciones ionizantes en medicina. Se conoce como radiodiagnóstico el conjunto de procedimientos de exploración y visualización de las estructuras anatómicas del interior del cuerpo humano mediante la utilización de rayos X. La continua aparición de nuevas técnicas e indicaciones hace que día a día se incremente el número de actos médicos en los que se utilizan los rayos X.

Los rayos x se producen de forma artificial en un tubo de vacío aplicando una determinada tensión eléctrica (kV). La imagen radiográfica es una consecuencia de la diferente atenuación, que las distintas estructuras anatómicas del paciente producen en el haz de rayos X que incide sobre el (CSN, 2012). En radiodiagnóstico se incluyen diferentes tipos de procedimientos con utilización de los rayos X como los que se mencionan a continuación en la tabla 2.

Tabla 2. Procedimientos realizados en Radiodiagnóstico.

Procedimientos Radiodiagnóstico
Radiografía Convencional
Fluoroscopia
Radiología Digital
Tomografía Computarizada
Radiología Intervencionista
Mamografía

Fuente: Elaboración propia, generada a partir de (CSN, 2012).

La radiografía convencional trata por medio de rayos X, que forman una imagen al interactuar con las diferentes densidades y espesores de los tejidos del cuerpo humano. Para poder obtener la radiografía se debe colocar al paciente entre el tubo de rayos X y el detector. Dicha exposición hace que este tipo de exámenes radiológicos se realicen con indicaciones precisas y con medidas de radioprotección (IMEDI, 2022).

La Tomografía Computarizada (TC) es un procedimiento con imágenes que usa un equipo especial de rayos X para crear exploraciones de regiones internas del cuerpo. Los equipos de TC modernos toman imágenes continuas en una forma helicoidal. Los primeros equipos simplemente tomaban una serie de imágenes individuales del cuerpo. La exposición a la radiación de TC es mas alta que la de una radiografía convencional, pero el aumento del riesgo de cáncer por una exploración con TC es bajo, llevando una buena gestión de la protección radiológica en el centro.

La mamografía también es un método de imagen por rayos X como los mencionados anteriormente, en el cual se utiliza para examinar los senos para la detección temprana de cáncer y otras enfermedades del seno. Durante este procedimiento, se coloca el seno del paciente en una placa de soporte plana y se comprime con una placa paralela. La maquina de rayos X produce una pequeña dosis de radiación que atraviesa el seno hacia un detector ubicado en el lado opuesto. La compresión nivela la forma del seno de manera que se le permita viajar los rayos X a través de una ruta mas corta para llegar al detector y de esta manera se reduce la dosis recibida y mejora la calidad de imagen. El riesgo asociado con esta dosis parece ser mayor entre mujeres menores de 40 años (NIH, 2013).

3.2.4.2 RADIOTERAPIA

El objetivo de la radioterapia es la destrucción de células y tejidos tumorales mediante la radiación, procurando irradiar lo menos posible a los tejidos sanos circundantes del tumor. Un tratamiento en radioterapia debe tener en cuenta lo siguiente (CSN, 2012).

- Características de la radiación que se va a utilizar.
- Condiciones geométricas del haz y de la zona anatómica a tratar.
- Respuesta celular (tipo de tumor, reparación celular, etc.).

- Proximidad de órganos críticos.

3.2.4.3 MEDICINA NUCLEAR

La medicina nuclear permite la obtención de imágenes diagnósticas utilizando radiotrazadores. Mediante este método de diagnóstico, se obtiene información de cómo funcionan las células de los órganos o tejidos objeto de estudio, suministrando por tanto información metabólica de los mismos. El equipo básico para obtención de los estudios funcionales y morfológicos es la gamma cámara y su variante, la tomogammacámara (SPECT), obteniendo con ella imágenes de cualquier órgano en tres dimensiones. Existe otra técnica denominada Tomografía por Emisión de Positrones (PET), el cual trata de un proceso de diagnóstico por imagen en el que se administran a los pacientes radio nucleados emisores que se caracterizan por su corto periodo de semidesintegración (CSN, 2012). A continuación, en la tabla 3 se presentan las principales diferencias entre radioterapia y medicina nuclear.

Tabla 3. Principales diferencias entre Radioterapia y Medicina Nuclear.

Radioterapia	Medicina Nuclear
Utiliza radiación ionizante fija	Utiliza radioisótopos
Fines curativos	Fines diagnósticos o tratamientos

Fuente: Elaboración propia, generado a partir de (ARN, 2022).

3.2.4.4 PRINCIPIOS DE LA RADIACIÓN

Existen tres principios básicos en que se basan las recomendaciones de la ICRP que son:

- Justificación: toda práctica debe implicar un beneficio sobre la exposición a la radiación ionizante.
- Optimización: se debe mantener al nivel más bajo posible la exposición a la radiación, teniendo en cuenta factores sociales y económicos.
- Limitación de dosis: no se deben superar los límites establecidos en legislaciones vigente en cada país para las dosis de radiación recibidas por las personas.

3.3 ANÁLISIS DE MICROENTORNO

En el análisis de microentorno se presenta lo relacionado a lo interior del país, es decir, la autoridad reguladora a nivel nacional, las organizaciones establecidas para brindar servicios de protección radiológica y los niveles de atención de salud internos.

3.3.1 AUTORIDAD REGULADORA NACIONAL

El 6 de agosto de 2016 mediante el Acuerdo Ejecutivo No. 006-2016 se crea la Dirección General de Seguridad Radiológica, perteneciente a la Secretaría de Energía, que es la Autoridad Reguladora Nacional en Seguridad Radiológica y a la que corresponde las funciones y aplicaciones atribuidas por la Ley Sobre Actividades Nucleares y Seguridad Radiológica, Decreto 195-2009. En enero de 2020, la Dirección General de Seguridad Radiológica creó un documento llamado "Guía de Seguridad para la Práctica de Radiodiagnóstico".

La Dirección General de Seguridad Radiológica es la única autoridad encargada de regular y controlar todas las actividades relacionadas con los usos pacíficos de la Energía Nuclear y de las Radiaciones Ionizantes, en sus aplicaciones en los campos de la salud, la industria, la agricultura, la investigación, la docencia, la generación de energía eléctrica y otras actividades mitigando mediante la evaluación y supervisión para reducir y controlar la exposición y disminuir posibilidad de daño a las personas, la sociedad y el medio ambiente propiciando el desarrollo tecnológico de Honduras en materia de energía atómica.

Existen diferentes tramites y requisitos que se realizan mediante esta dirección. Toda la información necesaria sobre los requisitos se encuentra en la página oficial de la Secretaría de Energía de Honduras. A continuación, en la tabla 3, se presenta una tabla con los trámites disponibles para realizar a nivel nacional.

Tabla 4. Trámites realizados por medio de la Dirección General de Seguridad Radiológica.

Trámites Disponibles
Autorización para Transporte, Importación, Exportación y Transferencia de Fuentes de Radiación
Autorización para la Practica de Gammagrafía Industrial
Autorización para la Practica de Medicina Nuclear
Autorización para la Practica de Radiodiagnóstico Dental Extraoral
Autorización para la Practica de Radioterapia
Autorización para la Utilización de Medidores Nucleares Fijos y/o Portátiles
Autorización para la Practica de Radiodiagnóstico

Fuente: Elaboración propia, generado a partir de (SEN, 2022).

3.3.2 ORGANIZACIÓN ESTABLECIDA

La sección académica de Física Medica y Radiaciones del Departamento de Ciencias Biomédicas e Imágenes (DCBI), es la sección encargada de desarrollar las ciencias de la Física Medica, especialmente desarrollar aplicaciones de Física en el Área de la Salud, con énfasis en la aplicación de radiación ionizante, radio protección, laboratorio de medición y de calibración y dosimetría de personal. Sus oficinas se encuentran ubicadas únicamente en el campus de Tegucigalpa de la Universidad Autónoma de Honduras, desde donde envían y reciben los implementos necesarios para los centros que cuentan con su servicio. Actualmente, es la única organización establecida en el país ya que son los únicos que cuentan con el equipo para poder ofrecer el servicio, es decir, la lectora de los dosímetros que suministran mensualmente a cada técnico de los centros.

3.3.3 NIVELES DE ATENCIÓN DE SALUD

Los niveles de Atención y organización en Honduras se conforman en dos niveles: primer y segundo nivel. El primer nivel de atención será la primera puerta de entrada al sistema de salud, brindará atención ambulatoria y tendrá el mayor volumen de demanda de atención. Este se divide

en 3 niveles de complejidad según su personal y equipamiento. El segundo nivel debe asegurar la continuidad del proceso de atención a los problemas de salud, que por su nivel de complejidad son referidos del primer nivel. Este se divide en 4 niveles de complejidad. A continuación, en la figura 7, se detalla la división de niveles con sus respectivas características.

Nivel de Atención	Escalones de complejidad creciente	Categoría y tipo de establecimiento	Características distintivas del establecimientos de salud
Primer nivel	Nivel de complejidad 1	Centro de salud tipo 1(CS TIPO 1)	Ambulatorio rural con médico general
	Nivel de complejidad 2	Centro de salud tipo 2(CS TIPO 2)	ambulatorio urbano con médico general, atiende referencia de CS TIPO 1
	Nivel de complejidad 3	Centro de salud tipo 3(CS TIPO3)	Ambulatorio urbano con especialidades médicas básicas, sin internamiento ,puede contar con camas de corta estadía(12 horas) y atiende referencia de CS tipo 2
Segundo nivel	Nivel de complejidad 4	Hospital Tipo 1	Hospital general con especialidades básicas. Atiende referencias del primer nivel
	Nivel de complejidad 5	Hospital Tipo 2	Hospital de especialidades y sub especialidades , atiende pacientes referidos de los hospitales tipo 1
	Nivel de complejidad 6	Hospital Tipo 3	Hospital docente de especialidades. Atiende pacientes referidos de los hospitales tipo 1 y 2
	Nivel de complejidad 7	Hospital Tipo 4	Hospital universitario e instituto altamente especializado de referencia Nacional

Figura 7. Clasificación de los niveles de atención nuevo modelo de salud.

Fuente: (Carmenate-Milian, Herrera-Ramos, & Ramos-Caceres, 2016).

La infraestructura hospitalaria y de los centros de salud públicos en Honduras es deficiente, los servicios no son de calidad y cobertura requeridas. El gobierno de Honduras realiza diferentes entregas de equipo de imágenes medicas a nivel nacional, con la intención de mejorar la calidad de la atención a los usuarios de los servicios de hospitalización, para tener diagnósticos mas oportunos y sin necesidad de movilizar los pacientes, ya que se desplaza a cada sala donde se requiera de su uso. Los centros que ofrecen servicios de imágenes médicas más importantes del país son centros u hospitales privados, situados en las dos ciudades principales, San Pedro Sula y Tegucigalpa.

3.4 ANÁLISIS INTERNO

En Honduras, los hospitales de segundo nivel con complejidad nivel 4, en las principales ciudades del país, ya cuentan con servicios de imágenes médicas básicos, es decir, con algunos procedimientos incluidos en el radiodiagnóstico como ser la radiografía convencional y la tomografía computarizada. Es por esto por lo que se debe analizar el cumplimiento de centros de atención sanitaria con respecto a requisitos de seguridad radiológica que ofrecen dicho servicio.

Por cuestión de confidencialidad de la información manejada, los centros visitados en la presente investigación serán llamados Centro 1, Centro 2 y Centro 3.

El Centro 1 es un hospital privado ubicado en el casco urbano de San Pedro Sula. Cuenta con los servicios emergencia, hospitalización, consulta externa, radiología, entre otros. El área de imágenes o radiología actualmente cuenta únicamente con servicio de Rayos X, ya que su equipo de tomografía computarizada y mamografía se encuentra en mal estado por los momentos.

De igual manera, el Centro 2 es un hospital privado que se encuentra ubicado en el casco urbano de San Pedro Sula y cuenta con los servicios de laboratorio, emergencia, consulta externa, radiología, entre otros. Su área de imágenes ofrece el servicio de Rayos X, Tomografía Computarizada (TC) y Mamografía. Se encuentra una sala para cada servicio mencionado anteriormente. El área de TC acaba de ser remodelada por lo que fue contratado un servicio externo para el acomodamiento de la misma con sus respectivos requisitos.

El Centro 3 es una clínica privada ubicada de igual manera en el caso urbano de San Pedro Sula que ofrece los mismos servicios mencionados en los centros anteriores. En el área de imágenes se encuentran dos salas de Rayos X y una sala de Tomografía Computarizada.

3.5 TEORÍAS DEL SUSTENTO

Esta sección presenta las teorías que fundamentan los argumentos de la investigación, los cuales permiten tener un concepto claro de lo que se pretende estudiar en la misma. Dentro de las teorías del sustento de este documento se encuentran los conceptos de la radiación ionizante y los efectos de las radiaciones ionizantes en la salud.

3.5.1 RADIACIÓN IONIZANTE

La radiación ionizante es un tipo de energía liberada por los átomos en forma de ondas electromagnéticas o partículas. La desintegración espontánea de los átomos se denomina radiactividad, y la energía excedente emitida es una forma de radiación ionizante. Los elementos inestables que se desintegran y emiten radiación ionizante se denominan radionúclidos (OMS, 2016). Existen radiaciones ionizantes y radiaciones no ionizantes. Las radiaciones ionizantes son

las que se han mencionado anteriormente en la presente investigación. A continuación, en la tabla 4, se presentan las radiaciones no ionizantes y sus respectivos ejemplos:

Tabla 5. Radiaciones No Ionizantes

Radiación	Ejemplos
Ultravioleta	Exposición solar, fotocopiadoras, lámparas de bronceado, fototerapia germicida, usos con fines militares, etc.
Infrarrojas	Cuerpos incandescentes, superficies calientes, sistemas de radar, el planeta tierra, etc.
Electromagnéticas	Radar, televisión, telecomunicaciones, etc.
Microondas	Telegrafía, telefonía, terapias en medicina, etc.

Fuente: Elaboración propia, generado a partir de (Nuclear, 2022).

3.5.1.1 EXPOSICIÓN A LA RADIACIÓN

La exposición a la radiación puede ser interna o externa. La exposición interna se produce cuando un radionúclido es inhalado, ingerido o entra de alguna manera en el torrente sanguíneo. Esta exposición cesa cuando el radionúclido se elimina del cuerpo, ya sea espontáneamente o por tratamiento. En cambio, la exposición externa se produce cuando el material radiactivo presente en el aire se deposita sobre la piel o la ropa. Este tipo de material radiactivo se puede eliminar del organismo por simple lavado generalmente (OMS, 2016).

3.5.2 EFECTOS DE LAS RADIACIONES IONIZANTES

El daño que causa la radiación en los órganos y tejidos depende de la dosis recibida, o dosis absorbida, que se expresa en la unidad llamada gray (Gy). Para medir la radiación ionizante en términos de su potencial para causar daño se utiliza la dosis efectiva. La unidad para medirla es el sievert (Sv), que considera el tipo de radiación y la sensibilidad de los órganos y tejidos. El sievert

es una unidad muy grande, por lo que tiene a utilizarse en unidades menores, como milisievert (mSv) (Nuclear, 2022). Existen dos tipos de efectos biológicos con respecto a la radiación ionizante. A continuación, en la figura 8, se muestra como el ADN puede sufrir lesiones en forma directa o indirecta y pueden ocurrir directamente como consecuencia de la interacción de la radiación con la macromolécula.

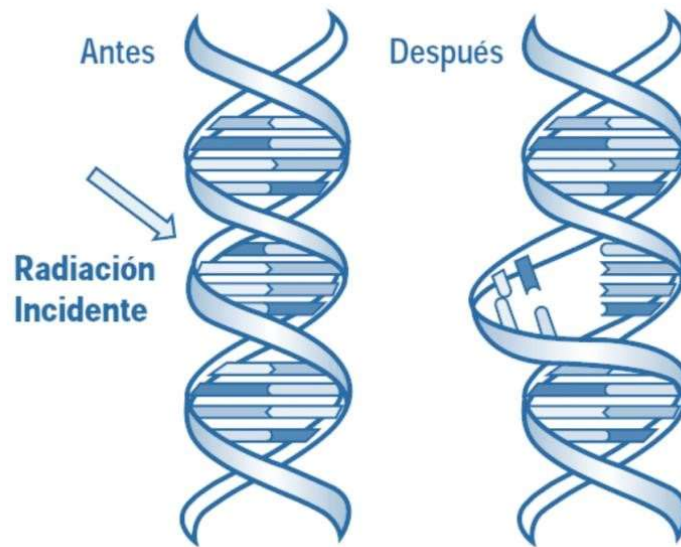


Figura 8. Representación esquemática de los efectos directos e indirectos de las radiaciones ionizantes.

Fuente: (Efectos Biológicos, 2018)

3.5.2.1 EFECTOS DETERMINISTAS

También conocidos como efectos no estocásticos son aquellos que aparecen como consecuencia de elevadas exposiciones a radiación, que resultan en daños a un número importante de células. Existen tres tipos de respuesta de las células a una exposición de este tipo: muerte de la célula durante la interfaz, fallo reproductivo en el que queda limitado el número de divisiones que se realizan a partir de una célula o el retraso en la división durante determinado periodo de tiempo (Puerta-Ortiz & Morales-Aramburo, 2020)

3.5.2.2 EFECTOS PROBABILÍSTICOS

Estos efectos también son conocidos como estocásticos y son aquellos que se caracterizan por el hecho de que la probabilidad de que ocurra el efecto depende de la dosis de radiación, sin embargo, también depende del tipo de radiación, la localización de células potencialmente malignas y las características del individuo expuesto en general (Puerta-Ortiz & Morales-Aramburo, 2020).

IV. METODOLOGÍA

En el presente capítulo se procederá con la metodología, en la cual se adjuntan las variables de investigación con su respectiva matriz metodológica, técnicas de instrumentación aplicada y la metodología de estudio.

4.1 ENFOQUE

El enfoque que se optó para la presente investigación fue mixto. El enfoque mixto puede ser considerado como "(...) un proceso que recolecta, analiza y vierte datos cuantitativos y cualitativos, en un mismo estudio" (Barrantes, 2014). Los datos cuantitativos utilizados en la investigación son las mediciones realizadas y sus conversiones a las unidades establecidas por la Autoridad Reguladora. Sin embargo, los datos cualitativos utilizados son las entrevistas realizadas al personal técnico de cada sala.

El presente tiene un alcance descriptivo mediante la indagación y análisis de información específica para mostrar con precisión medidas de un fenómeno, suceso, comunidad, contexto o situación. Según el grado de manipulación de las variables, el tipo de diseño es no experimental, ya que se basa en la interpretación, la observación o las intenciones para llegar a una conclusión y no se puede controlar, manipular o alterar la variable. Con respecto a su temporalidad, el presente es un tipo de estudio transversal, ya que se comparan las características de los diferentes equipos en el momento específico que es realizado el disparo. El tipo de muestreo optado es el probabilístico, ya que todo equipo de imágenes médicas en centros de atención sanitaria puede formar parte de la muestra.

4.1.1 HIPÓTESIS

Hipótesis de Investigación (H_1): El manual propuesto es una herramienta útil para mejorar la gestión de seguridad radiológica en centros de atención sanitaria en San Pedro Sula.

Hipótesis Nula (H_0): El manual otorgado no es una herramienta útil para mejorar la gestión de seguridad radiológica en centros de atención sanitaria en San Pedro Sula.

4.2 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

Ya definido el enfoque, se procede a establecer las variables dependientes e independientes. Las variables dependientes son la razón por la cual se hace la investigación y las independientes son aquellas que pueden alterar a las dependientes.

4.2.1 VARIABLES DEPENDIENTES

Como variable dependiente se tiene la seguridad radiológica, por la cual se irán complementando las demás variables ya que la gestión correcta de la misma es el principal alcance para la realización completa del proyecto.

4.2.2 VARIABLES INDEPENDIENTES

Las variables independientes son los posibles factores influyentes de seguridad radiológica en centros de atención sanitaria en San Pedro Sula. Se identificaron 3 factores importantes y cada uno de ellos contiene lo necesario para determinarlo. Se definen de la siguiente manera:

4.2.2.1 GESTIÓN

Un centro que ofrece el servicio de imágenes médicas debe contar con una excelente gestión en cuanto a seguridad radiológica. Debe existir un plan de protocolo con respecto al manejo de los equipos, de las instalaciones y del personal mismo. De igual manera, se debe contar con un personal o servicio contratado encargado de verificar el buen funcionamiento del área.

4.2.2.2 REQUERIMIENTOS

Para que un centro de atención sanitaria pueda ofrecer un servicio de imágenes médicas debe contar con ciertas normas y requisitos con respecto a las leyes establecidas dependiendo de cada país. Como se menciona anteriormente, el responsable de verificar este cumplimiento es la Dirección General de Seguridad Radiológica que corresponde a la Secretaría de Energía.

4.2.2.3 INFORMACIÓN

Cada centro y su personal asignado al área de imágenes médicas debe manejar un alto nivel de información con respecto a la seguridad radiológica, su uso, sus beneficios y sus riesgos. Es

fundamental que el personal sepa la importancia de los tres principios básicos en que se basan las recomendaciones de la ICRP los cuales son mencionados anteriormente.

4.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS

Para el desarrollo óptimo de la investigación es requerido aplicar técnicas para la búsqueda y obtención de información necesaria para sustentarla. El empleo de herramientas de dosimetría es necesario para lograr el objetivo de la investigación, así como el uso de leyes y decretos para verificar el cumplimiento.

4.3.1 REVISIÓN DE LITERATURA

La información requerida para un resultado óptimo de la investigación se obtuvo de diferentes centros ubicados en San Pedro Sula. Para poder obtener esta información, se utilizaron fuentes nacionales e internacionales. Las fuentes utilizadas fueron las siguientes:

- Decreto 195-2009: Ley Sobre Actividades Nucleares y Seguridad Radiológica
- Acuerdo 004-2014: Reglamento de Protección Radiológica.
- Guía de Seguridad para la Práctica de Radiodiagnóstico – Dirección General de Seguridad Radiológica.

4.3.2 RECOLECCIÓN DE DATOS

Para la recolección de datos en cada centro asistencial se utilizó el dosímetro Raysafe 452 de Fluke Biomedical. El dosímetro fue utilizado para poder hacer mediciones de la dosis absorbida en puertas, paredes y ventanas que rodean el área específica. Para poder llevar un control y orden de las mediciones realizadas fue utilizado el software Raysafe View, ya que almacena cada medición para poder verificar después el análisis correcto.

4.3.3 ENTREVISTAS

Se realizaron entrevistas al personal asignado al área de imágenes en cada centro de atención sanitaria con la finalidad de conocer su nivel de información manejado y de igual manera obtener

mas información sobre el equipo de imágenes que cuenta cada uno. La entrevista realizada a cada uno se encuentra en los anexos de la investigación.

4.4 MATERIALES

La elección de los materiales representa una parte fundamental para la realización de la investigación y de la misma manera de la elaboración del manual. Los materiales utilizados para el presente proyecto son:

- Papel y lápiz
- Teléfono celular con grabadora de voz
- Microsoft Word
- Microsoft Excel
- Whatsapp
- Correo electrónico
- Canva
- Google Forms

4.5 METODOLOGÍA DE ESTUDIO

En el presente apartado se explica la metodología propuesta del presente proyecto de investigación, la cual consta de 5 etapas. Estas etapas tienen como propósito realizar una propuesta de manual de protección radiológica para centros de atención sanitaria en San Pedro Sula, Cortés. De la misma manera, se presenta una matriz metodológica para visualizar de forma más ordenada el proceso.

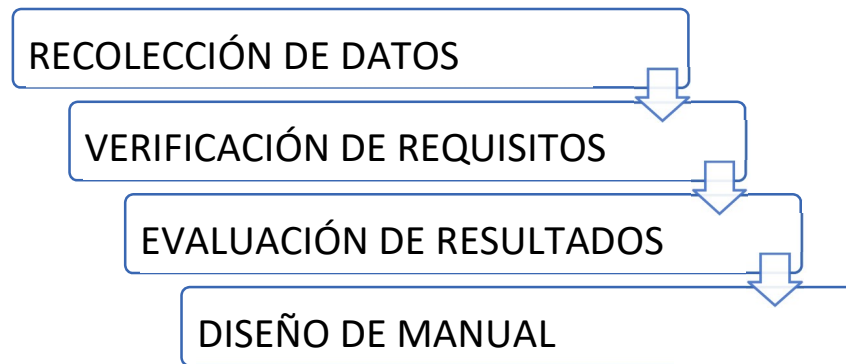


Figura 9. Metodología en etapas.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.1 ETAPA 1: RECOLECCIÓN DE MEDICIONES

La recolección de las mediciones se realiza mediante medidas directas, las cuales son aquellas en donde el instrumento de medida, en este caso el analizador dosimétrico, mide directamente la magnitud desconocida.

Una entrevista es la comunicación interpersonal establecida entre el investigador y el sujeto de estudio con el fin de obtener respuestas verbales a las interrogantes planteadas sobre un problema en específico. Se recurre a una guía que puede ser un formulario para orientar la conversación.

4.1.2 ETAPA 2: VERIFICACIÓN DE REQUISITOS

La verificación de requisitos consiste en un conjunto organizado de comprobaciones para evaluar si un producto o servicio contiene todos los elementos necesarios acorde a un modelo definido.

4.1.3 ETAPA 3: EVALUACIÓN DE RESULTADOS

La evaluación de resultados es un procedimiento que se usa para determinar o identificar efectividad, validez y/o eficiencia del elemento en cuestión, en este caso de las barreras determinadas en cada sala para la protección radiológica.

4.1.4 ETAPA 4: DISEÑO DE MANUAL

Un manual de procedimientos es el documento definido que contiene la descripción de actividades que deben seguirse en la realización de una función en específico.

4.1.5 MATRIZ METODOLÓGICA

Para poder visualizar de forma general el proceso de investigación por desarrollar se utiliza como herramienta la matriz metodológica. De igual manera, ayuda a verificar que cada componente involucrado en la investigación se encuentre correctamente relacionado. La tabla 5 detalla la matriz metodológica definida para la investigación.

Tabla 6. Matriz Metodológica

Titulo	Problema	Preguntas de Investigación	Objetivos		Variables	
			General	Específicos	Independiente	Dependiente
Manual de seguridad radiológica para centros de atención sanitaria en San Pedro Sula.	¿Cuál es la situación actual con respecto a seguridad radiológica de centros básicos de imágenes medicas en San Pedro Sula?	¿Lograría un manual sobre seguridad radiológica facilitar la gestión de la misma en centros de atención sanitaria en San Pedro Sula?	Presentar manual de protección radiológica como guía de referencia, formulado con base en la investigación realizada sobre la situación de seguridad radiológica en centros de atención sanitaria en San Pedro Sula, Cortes.	Verificar el plan de protocolo y servicio contratado sobre gestión de seguridad radiológica en centros básicos de imágenes médicas de San Pedro Sula.	Gestión	Seguridad Radiológica
		¿Cuentan los centros básicos de imágenes médicas de San Pedro Sula con un servicio contratado y/o plan de protocolo con respecto a la seguridad radiológica?		Identificar las variables técnicas y/o financieras que influyen al momento de cumplir con los requerimientos de seguridad radiológica en centros de atención sanitaria en San Pedro Sula.		
		¿Qué variables técnicas y/o financieras influyen al momento de cumplir con requerimientos de seguridad radiológica en centros de atención sanitaria en San Pedro Sula?		Definir nivel de información manejado por el personal sobre seguridad radiológica y sus riesgos.	Información	
		¿Cuál es el nivel de información manejado por el personal sobre seguridad radiológica y sus riesgos?				

Fuente: Elaboración propia.

4.1.6 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

En el presente apartado se presentan la variable dependiente y las variables independientes de la investigación, así mismo la relación que existe entre ellas y su operación en el proceso. La figura 9 muestra el diagrama general de la operacionalización de variables. Siguiendo la tabla 7 se presenta la operacionalización de variables detalladamente.

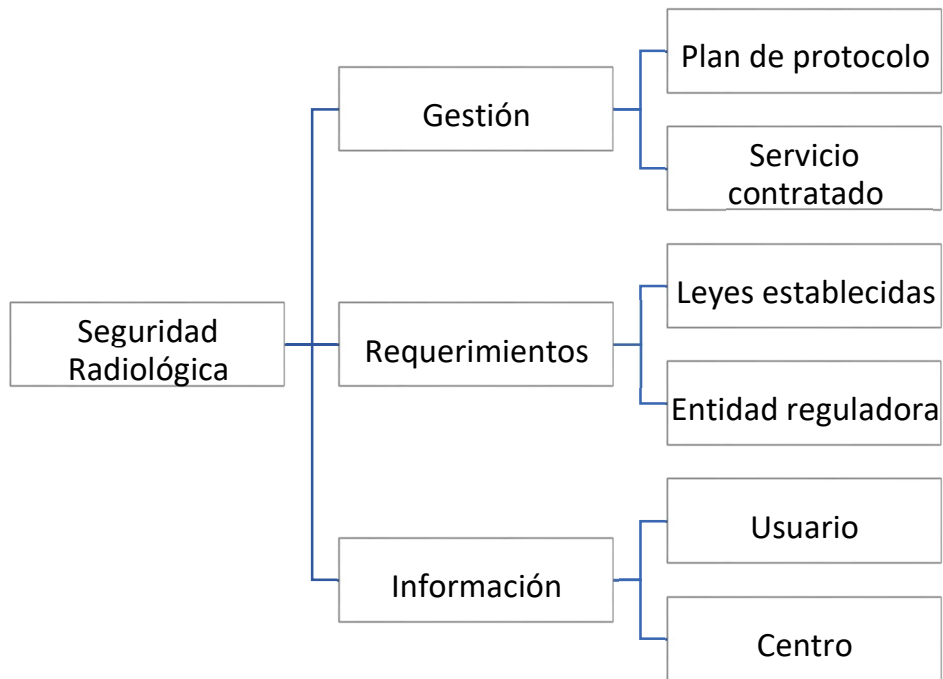


Figura 10. Diagrama general de operacionalización de variables.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7. Operacionalización de Variables.

Variable Dependiente	Variable Independiente	Definición		Dimensión	Indicador	Preguntas	Técnica
		Conceptual	Operacional				
Seguridad Radiológica	Gestión	Acción y el efecto de gestionar y administrar.	Modelo compuesto por conjunto de tareas y procesos enfocados a la mejora de las organizaciones internas, con el fin de aumentar su capacidad para conseguir propósitos de diferentes objetivos.	Plan de Protocolo	Proceso definido	¿Existe un plan de protocolo con respecto a la seguridad radiológica?	Encuesta
				Servicio Contratado	Contrato establecido	¿Qué tipo de servicio contratado se cuenta con respecto a seguridad radiológica?	
	Requerimientos	Forma de captar o procesar datos, producir información, controlar una actividad o dar apoyo a una tarea.	Operación que tienen los usuarios en el negocio, en donde influye el contexto organizacional y técnico en donde el sistema va a operar.	Leyes Establecidas	Manejo de guía de protección	¿Conoce la existencia de leyes y decretos con respecto a seguridad radiológica?	
				Entidad Reguladora	Cartas de visita	¿Cada cuánto recibe visitas o supervisiones de la entidad reguladora nacional?	
	Información	Grupo de datos ya supervisados y ordenados, que sirven para construir un mensaje basado en un cierto fenómeno o ente.	Demostración de un proceso de sistemas específico.	Usuario	Uso de protección radiológica	¿Conoce los riesgos asociados a la radiación ionizante y el manejo de la misma?	
				Centro	Capacitación de personal	¿Se encuentra capacitado para poder manejar equipo de imágenes médicas?	

Fuente: Elaboración propia.

4.2 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Se desarrolló un cronograma de actividades para poder conceptualizar mas claro la duración de la investigación. Se realizó de con las 10 semanas que conlleva el proceso de trabajo para elaborar el proyecto.

Actividades	Seman is									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Presentación Propuesta de Investigación	■									
Elaboración Cartas para Centros		■								
Elaboración Capítulos I, II y III		■	■							
Presentación Primer Avance			■							
Elaboración Capítulo IV				■	■					
Presentación Segundo Avance					■					
Recolección de Datos en Centros						■				
Análisis de Resultados Obtenidos							■			
Conclusiones y recomendaciones							■			
Culminación de Informe								■	■	
Pre-Defensa										■

V. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En el presente capítulo se muestran los resultados obtenidos para cada centro a partir de las mediciones realizadas por el levantamiento radiométrico con el analizador de dosimetría Raysafe 452. De igual manera, se muestra la conversión de los valores obtenidos para poder realizar el análisis de los mismos. Igualmente, se describe la información obtenida de la aplicación de los instrumentos de recolección de datos planteados. Los planos presentados representando la esquematización de algunas salas, fueron realizados sin medidas exactas debido a la poca disponibilidad por parte del respectivo centro a medir el área.

5.1 MEDICIONES

Para el desarrollo de la investigación se realizaron diferentes mediciones en los centros establecidos. Las mediciones consisten en utilizar el analizador en una de las barreras el momento en el que el disparo es realizado. Se realizaron cuatro diferentes mediciones en cada barrera establecida para poder sacar una media de las mismas. Luego se realizó la conversión de las mismas a las unidades establecidas por la Guía de Seguridad para la Práctica de Radiodiagnóstico. El límite de dosis efectiva utilizado como referencia es el establecido en dicha guía, el cual se presenta a continuación en la figura 11.

En la práctica de Radiodiagnóstico, se aplica el límite de dosis efectiva como se detalla en la siguiente en la Tabla No.1:

Tabla No.1: Límites anuales de dosis

Organismo o tejido corporal aplicable	Trabajadores de radiación (mSv)	Miembros del Público (mSv)	Estudiantes y pasantes (mSv)
Todo el cuerpo	*20	1	6
Cristalino	150	15	
Piel	500	50	
Manos	500	50	
Todos los demás órganos	500	50	

*El Trabajador Ocupacionalmente Expuesto (TOE) que cumpla una jornada laboral de ocho horas, o la parte proporcional a este valor cuando la jornada sea menor

Figura 11. Límite de dosis establecido en Honduras.

Fuente: (SEN, 2020).

5.1.1 CENTRO 1

En el primer centro visitado para la investigación se encuentra un equipo de rayos x y un equipo de mamografía. Actualmente, el equipo de mamografía no se encuentra en funcionamiento por lo que se realizaron mediciones únicamente en la sala de rayos X. A continuación, en la tabla 8, se presentan los resultados obtenidos en la sala de rayos X del Centro 1.

Tabla 8. Resultados obtenidos en Centro 1.

CENTRO 1									
Equipo: Rayos X									
Examen: Mano									
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	μGy/hr	mGy/hr	mSv/hr	mSv/año	
Vidrio	0.13	0.14	0.14	0.13	0.135	0.000135	0.000135	0.27	
Pared	0.16	0.15	0.16	0.15	0.155	0.000155	0.000155	0.31	
Puerta	0.14	0.14	0.15	0.14	0.14	0.00014	0.00014	0.28	

CENTRO 1									
Equipo: Rayos X									
Examen: Torax PA									
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	μGy/hr	mGy/hr	mSv/hr	mSv/año	
Vidrio	0.15	0.17	0.15	0.17	0.16	0.00016	0.00016	0.32	
Pared	0.14	0.18	0.16	0.17	0.165	0.000165	0.000165	0.33	
Puerta	0.14	0.17	0.15	0.18	0.16	0.00016	0.00016	0.32	

Fuente: Elaboración propia.

La conversión utilizada es: 1 mGy = 1 mSv.

La fórmula utilizada para el cálculo de mSv por año es:

$$\frac{mSv}{año} * (40 * 50) = \frac{mSv}{hr}$$

Donde 40 equivale a las horas trabajadas por semana y 50 equivale a la cantidad de semanas laborables en el año haciendo un total de 2000 horas.

Los resultados obtenidos presentan una baja dosis efectiva anual tanto para el personal como para pacientes. El centro cuenta con sus paredes de tabla yeso debidamente plomadas con un espesor de 1mm de plomo. Igualmente, la puerta de acceso a la sala, la cual es de acero inoxidable

con marcos de aluminio, se encuentra debidamente plomada. Por medio de los resultados se puede asumir que los posibles efectos de la radiación ionizante son prácticamente nulos.

La sala se encuentra en el primero y único piso del edificio. Las colindancias de la sala son una sala de espera para el área de imagenología y un pasillo público que conduce a laboratorio, emergencia y ortopedia. A continuación, en la figura 12, se presenta una esquematización elaborada para un mejor análisis de la sala.

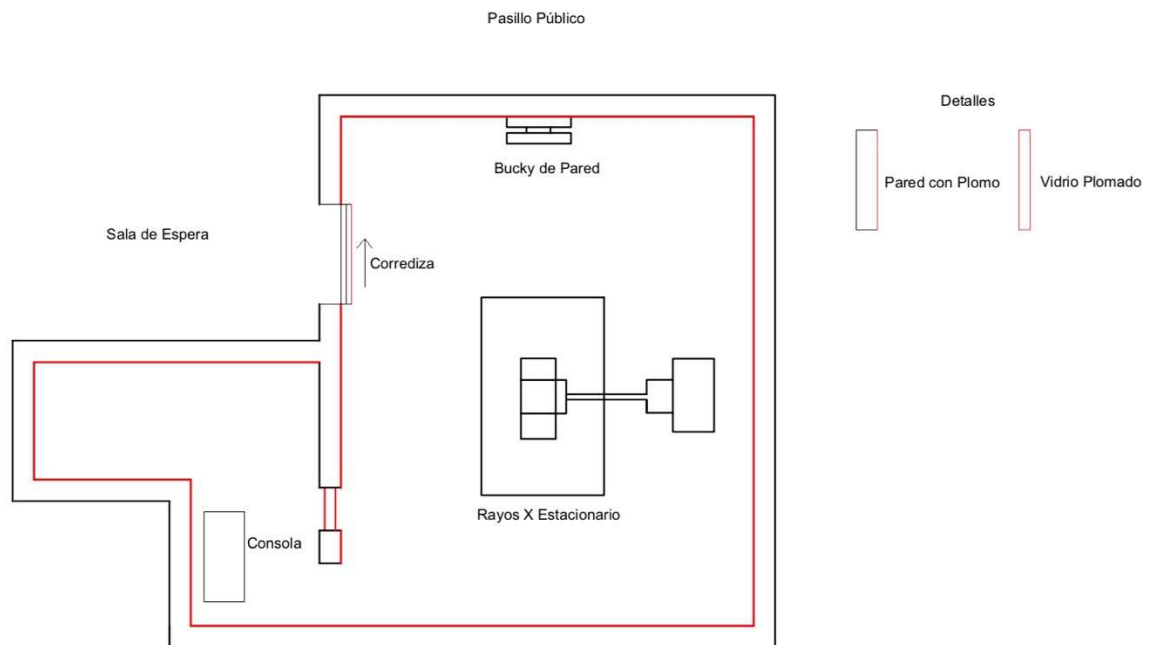


Figura 12. Sala de Rayos X en Centro 1.

Fuente: Elaboración propia.

5.1.2 CENTRO 2

El segundo centro cuenta con equipo de mamografía, tomografía computarizada y rayos X. Actualmente el equipo de rayos X es el único en funcionamiento, ya que los otros equipos se dañaron durante la pandemia COVID-19 y no han sido revisados. A continuación, en la tabla 9, se presentan los resultados obtenidos en las instalaciones del Centro 2.

Tabla 9. Resultados obtenidos en Centro 2.

CENTRO 2								
Equipo: Rayos X								
Examen: Antebrazo								
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	μGy/hr	mGy/hr	mSv/hr	mSv/año
Vidrio	0.17	0.18	0.17	0.17	0.17	0.00017	0.00017	0.34
Pared	0.18	0.19	0.19	0.18	0.185	0.000185	0.000185	0.37
Puerta 1	6.68	5.9	6.7	6.01	6.345	0.006345	0.006345	12.69
Puerta 2	5.83	6.21	6.67	6.13	6.17	0.00617	0.00617	12.34

Equipo: Rayos X								
Examen: Columna								
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	μGy/hr	mGy/hr	mSv/hr	mSv/año
Vidrio	25.7	25.3	25.8	25.7	25.7	0.0257	0.0257	51.4
Pared	57.1	60.9	60.8	61.2	60.85	0.06085	0.06085	121.7
Puerta 1	490	482	487	491	488.5	0.4885	0.4885	977
Puerta 2	35.7	34.9	35.6	35.3	35.45	0.03545	0.03545	70.9

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar, cuando se realiza un examen que requiere bastante radiación las dosis son sumamente altas en las barreras. Dependiendo de la barrera la dosis anual cambia. Se debe verificar si las puertas y paredes se encuentran debidamente plomadas. Las puertas de la sala son de madera y cabe mencionar que no representan un peso adecuado para poder verificar el plomado de las mismas. No se conoce el plomo de las paredes, las cuales son de bloques. El personal en el área no tiene conocimiento de esta información ya que las instalaciones fueron construidas años atrás de su llegada.

Se debe tomar acción en la verificación del plomo y de los materiales de cada barrera para poder evitar al máximo una exposición externa y efectos de la radiación ionizante como deterministas o probabilísticos a largo plazo.

La sala se encuentra en el primero y único piso del edificio. Las colindancias de la sala son una sala de tomografía por el lado izquierdo y una sala de espera con un pasillo público que conduce a laboratorio y emergencia. A continuación, en la figura 13, se presenta una esquematización elaborada para un mejor análisis de la sala.

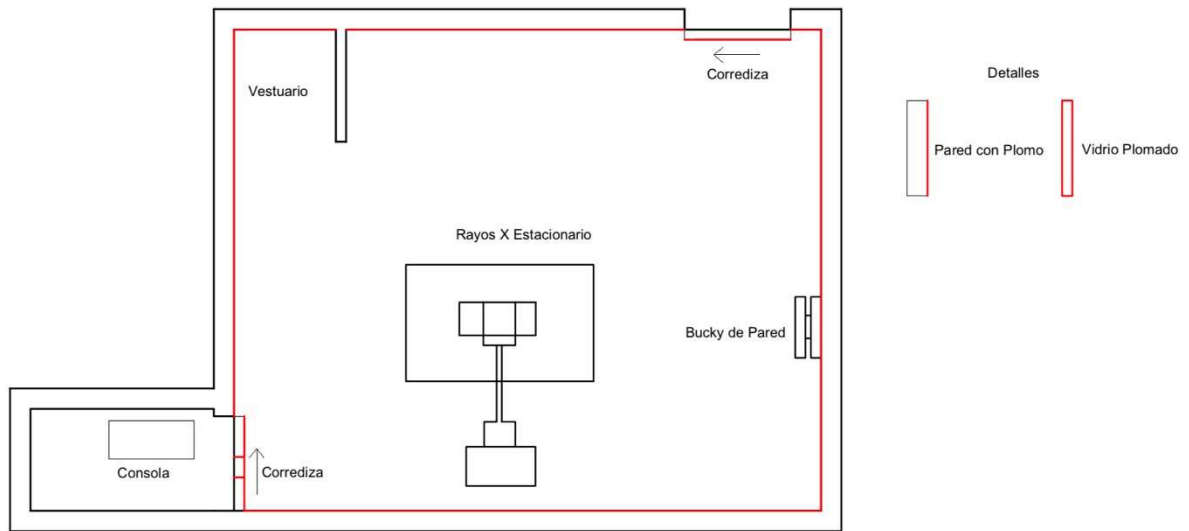


Figura 13. Sala de Rayos X en Centro 2.

Fuente: Elaboración propia.

5.1.3 CENTRO 3

El tercer centro cuenta con un equipo de tomografía computarizada y un equipo de rayos X. La sala del tomógrafo ha sido remodelada recientemente. El centro está en planes de renovar su equipo de rayos X ya que el que se encuentra es antiguo. A continuación, en la tabla 10, se presentan los resultados obtenidos en las instalaciones del Centro 3.

Tabla 10. Resultados obtenidos en Centro 3.

CENTRO 3								
Equipo: Rayos X								
Examen: Antebrazo								
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	μGy/hr	mGy/hr	mSv/hr	mSv/año
Vidrio	0.23	0.27	0.19	0.21	0.22	0.00022	0.00022	0.44
Pared	1.39	1.43	1.37	1.39	1.39	0.00139	0.00139	2.78
Pared 2	0.17	0.15	0.17	0.17	0.17	0.00017	0.00017	0.34
Puerta 1	0.17	0.16	0.17	0.15	0.165	0.000165	0.000165	0.33

Equipo: Rayos X								
Examen: Columna								
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	μGy/hr	mGy/hr	mSv/hr	mSv/año
Vidrio	25.8	24.3	25.2	25.6	25.4	0.0254	0.0254	50.8
Pared	15.6	14.9	15.3	15.7	15.45	0.01545	0.01545	30.9
Pared 2	306	299	304	310	305	0.305	0.305	610
Puerta	4.24	5.02	4.98	4.76	4.87	0.00487	0.00487	9.74

Equipo: Tomografía Computarizada								
Examen: Abdomen								
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	μGy/hr	mGy/hr	mSv/hr	mSv/año
Vidrio	0.87	0.77	0.83	0.74	0.8	0.0008	0.0008	1.6
Pared	0.17	0.14	0.15	0.14	0.145	0.000145	0.000145	0.29
Pared 2	0.13	0.12	0.13	0.15	0.13	0.00013	0.00013	0.26
Puerta	0.87	0.84	0.71	0.65	0.775	0.000775	0.000775	1.55

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos presentan una baja dosis efectiva anual tanto para el personal como para pacientes, a excepción en una de las barreras secundarias ubicadas en la sala de rayos X. El centro cuenta con sus paredes de tabla yeso debidamente plomadas. Igualmente, la puerta de acceso a la sala, la cual es de acero inoxidable con marcos de aluminio, se encuentra debidamente plomada. Por medio de los resultados se puede asumir que los posibles efectos de la radiación ionizante son prácticamente nulos, pero se debe mantener en revisión las barreras que muestran valores que pasan el límite de dosis anual para evitar una exposición a la radiación ionizante innecesaria.

La sala de rayos X se encuentra en el primero y único piso del edificio. Las colindancias de la sala son consultorios y oficinas a los laterales y una sala de espera con un pasillo público que conduce a otras áreas del hospital. La sala de tomografía computarizada se encuentra en el primer nivel del edificio. La sala se encuentra en un ala del edificio aislada, pero por encima de la sala se

encuentra el área de hospitalización. No se pudieron realizar mediciones en el área de hospitalización ya que las habitaciones se encontraban ocupadas por pacientes.

5.2 ENTREVISTAS

Se realizaron entrevistas a cada técnico asignado a los equipos mostrados anteriormente para examinar el nivel de conocimiento manejado con respecto a diferentes aspectos de seguridad radiológica. En total, fueron 4 técnicos los entrevistados. A continuación, se presentan las preguntas realizadas y sus resultados por medio de gráficos.

1. ¿Conoce acerca de la documentación legal de seguridad radiológica en Honduras?

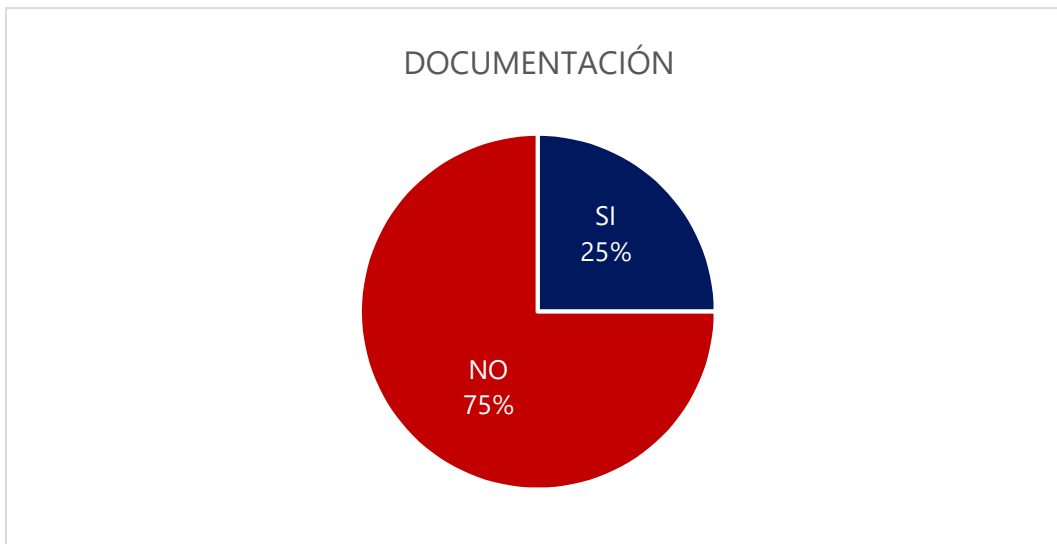


Figura 14. Conocimiento sobre documentación legal en Honduras.

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto al conocimiento de documentación legal en Honduras, solamente 1 de los 4 técnicos si conoce sobre el mismo, es decir, sobre los decretos y leyes establecidos en diferentes años anteriores. El resto no sabe de la existencia de ninguna ley o decreto por parte de la Secretaría de Energía.

2. ¿Conoce alguna guía, manual o protocolo nacional o internacional que le indique requerimientos del proceso?

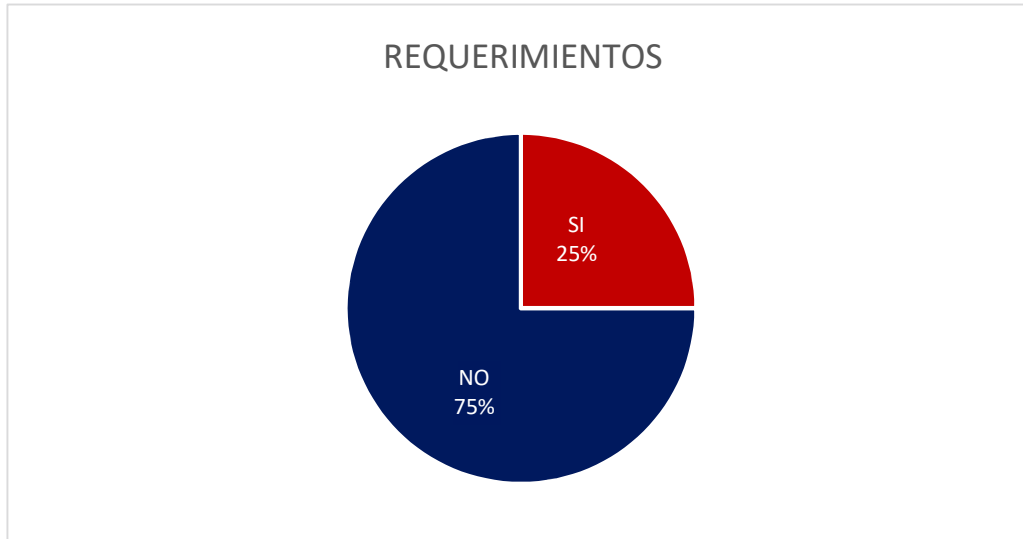


Figura 15. Conocimiento sobre guía, manual o protocolo nacional o internacional sobre el proceso.

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto al conocimiento sobre guía, manual o protocolo nacional o internacional sobre el proceso de protección radiológica, solamente 1, que equivale al 25%, de los 4 técnicos si conoce sobre el mismo. El resto no sabe de la existencia de ninguna guía, manual o protocolo nacional o internacional.

3. ¿Conoce los efectos adversos que pueden presentarse por exceso de radiación ionizante recibida?



Figura 16. Conocimiento sobre efectos adversos por exceso de radiación ionizante.

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto al conocimiento sobre efectos adversos por exceso de radiación ionizante recibida, el 100% si conoce sobre los mismos. Es muy importante conocerlos para tener un mayor cuidado con respecto a la protección personal utilizada al momento de realizar una exploración.

4. ¿Ha recibido charlas, cursos, o capacitaciones sobre el tema de seguridad radiológica?

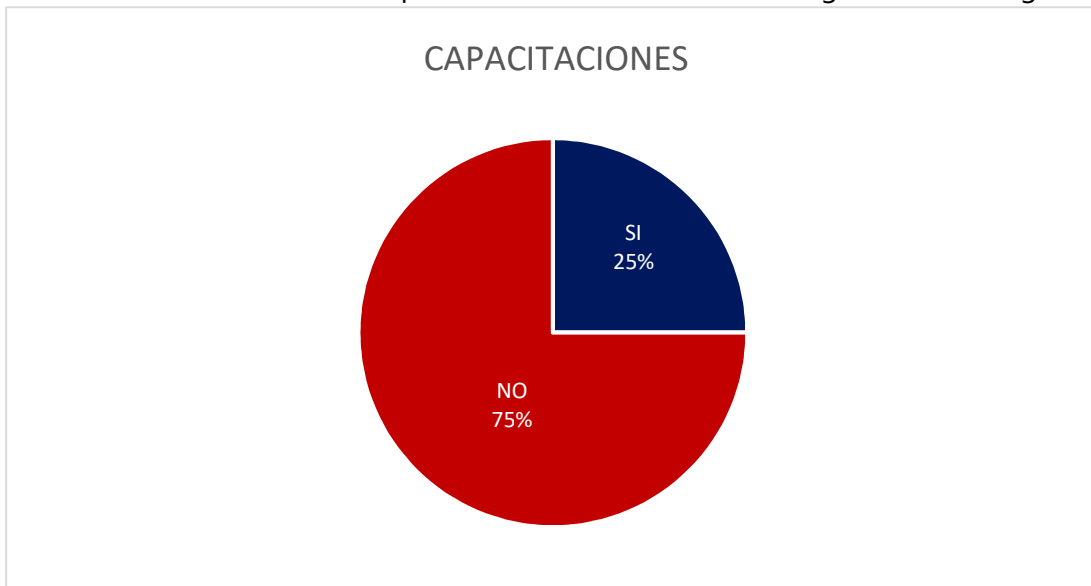


Figura 17. Recibimiento de charlas, cursos o capacitaciones del personal.

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto al recibimiento de charlas, cursos o capacitaciones, solo 1 técnico de un centro, que equivale al 25%, ha recibido alguna de estas, el resto menciona no recibir por parte de la empresa o institución. Es importante mantener actualizado al personal con algún tipo de curso o capacitación para un mejor desempeño con respecto a la nueva tecnología.

5. ¿Conoce las 3 reglas fundamentales contra toda fuente de radiación?



Figura 18. Conocimiento de las 3 reglas fundamentales de radiación ionizante.

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto al conocimiento de las 3 reglas fundamentales de radiación ionizantes, las cuales son justificación, optimización y limitación, el 100% del personal entrevistado si conoce sobre ellas. Al momento de realizar una exploración es importante que cada técnico lo tenga en cuenta, ya que el no tenerlo puede ser perjudicial para el paciente.

6. ¿Utiliza equipo de protección radiológica en cada examen por realizar?



Figura 19. Utilización de equipo de protección radiológica.

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a la utilización de equipo de protección personal, el 100% del personal si utiliza la protección al momento de realizar una exploración. Al conocer los riesgos, estar ocupacionalmente expuestos, realizar exploraciones con alta radiación, mencionan que es importante el uso de equipo de protección personal y lo mantienen a la mano.

5.3 LISTA DE VERIFICACIÓN

Se presenta un análisis con base en una lista de verificación realizada con respecto a cada equipo del centro. A continuación, se presentan las preguntas realizadas y sus respectivas respuestas.

1. ¿Cuenta la instalación con una autorización para la practica de radiodiagnóstico vigente?

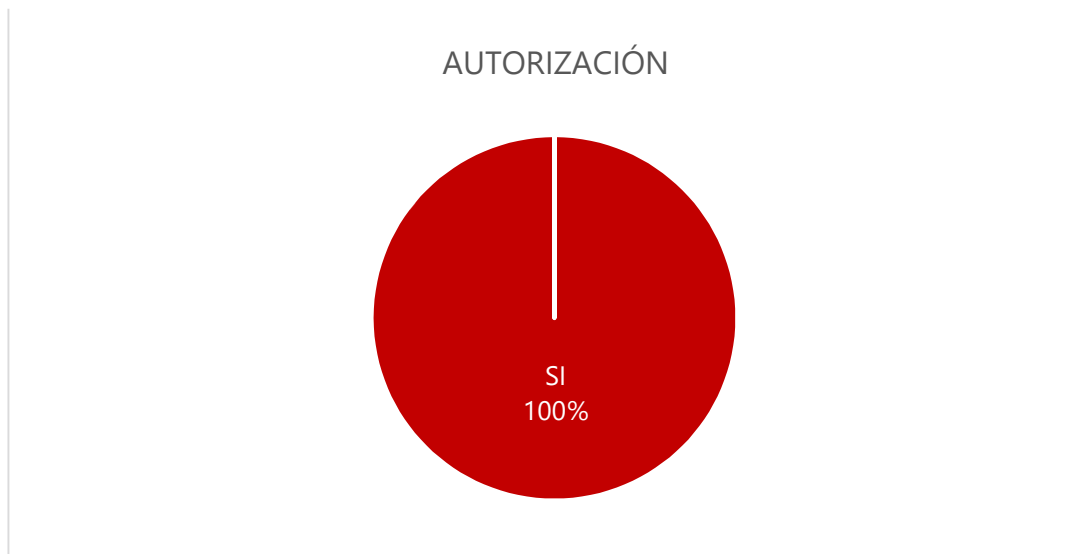


Figura 20. Autorización vigente en centros.

Fuente: Elaboración propia.

El 100% de los centros visitados cuentan con autorización vigente, por parte de la Secretaría de Energía, para cada servicio prestado con respecto a radiación ionizante. Es importante obtener una autorización vigente para poder demostrar que el centro si está autorizado para brindar dicho servicio.

2. ¿Existe en la instalación un Programa de Protección Radiológica (PPR)?

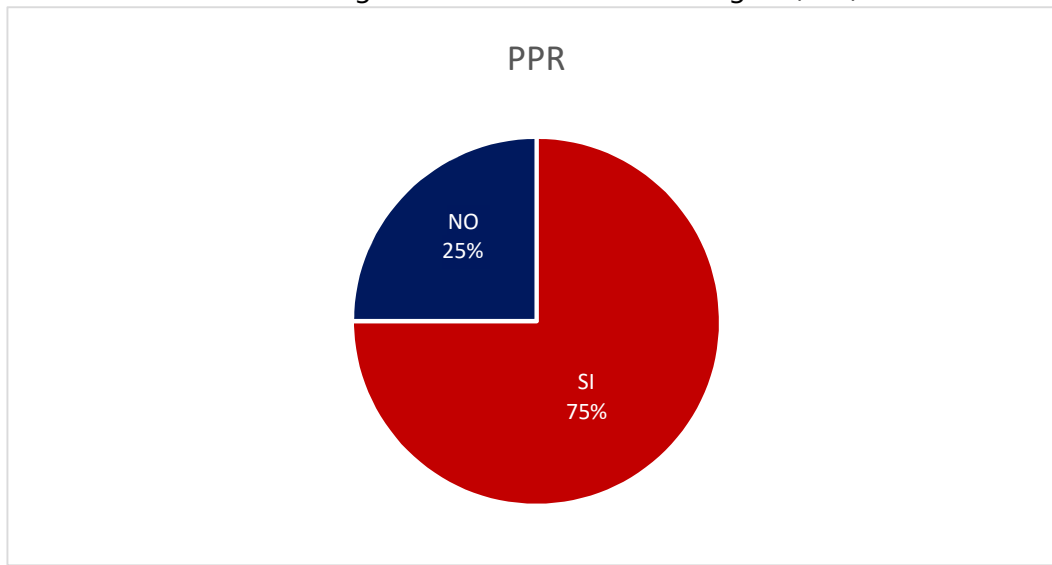


Figura 21. Programa de Protección Radiológica en centros.

Fuente: Elaboración propia.

Solamente en uno de los 3 centros visitados no se cuenta con un programa de protección radiológica. Este centro menciona que está en proceso el programa pero no finalizado. Es importante que un centro cuente con un programa de protección radiológica, con un fin informativo, para poder actuar en un momento de emergencia o para poder mantener informado al personal con ciertos procesos o requisitos.

3. ¿Está elaborada la documentación del sistema de gestión de forma que es comprensible para los usuarios y esta disponible en el lugar accesible para los operadores y/o personal relevante de la instalación?



Figura 22. Documentación entendible para personal y paciente.

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a la documentación, es decir, el programa de protección radiológica en cada centro, el 100%, de los dos centros que si cuentan con dicho programa, es entendible para el personal y en algún caso específico, para el paciente. Es fundamental el entendimiento del personal a dicho programa, ya que pueden mantenerse informados con respecto a cualquier inconveniente presentado al momento de realizar una exploración.

4. ¿Se cuenta con personal que posea la cualificaciones suficientes de tal manera que la practica se realice con un nivel adecuado de protección y seguridad radiológica?



Figura 23. Se encuentra con personal capacitado cada centro.

Fuente: Elaboración propia.

El 100% de los centros cuentan con técnicos radiólogos para realizar cada exploración. En el centro 1, ya que solo se cuenta con el servicio de Rayos X actualmente, solo se cuenta con un técnico. En el centro 2, se cuenta con dos técnicos, ya que están en planes de restaurar el equipo de tomografía. En el caso del centro 3, el mismo técnico radiólogo es el encargado del equipo de tomografía computarizada y del equipo de rayos X.

5. ¿En la instalación de radiodiagnóstico donde se realizan trabajos con equipos emisores de radiación ionizante, se cuenta con clasificación de zona controlada y zona supervisada y su respectiva señalización?



Figura 24. Se encuentra señalizado cada sala de los centros.

Fuente: Elaboración propia.

El 100% de los centros visitados cuenta con su debida señalización con respecto a zona controlada, zona supervisada y mencionar la paciente sospecha un embarazo.

6. ¿Los locales donde se ubican los equipos emisores de radiación ionizante, están ubicados en lugares con bajo riesgo de incendio e inundación y con poca circulación de público?

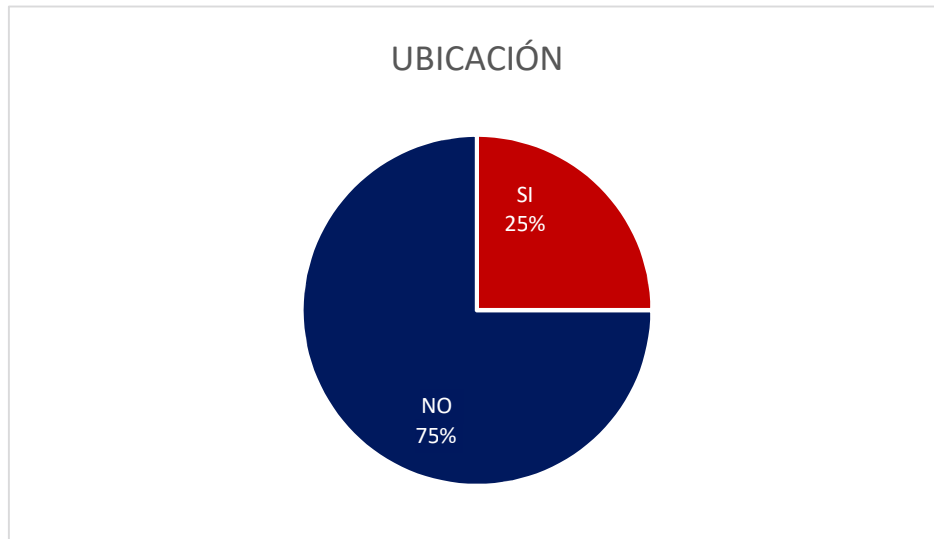


Figura 25. Ubicación adecuada de cada sala en centros.

Fuente: Elaboración propia.

En dos de los centros visitados, equivalente al 75%, la sala se encuentra ubicada en lugares con bastante circulación de público en general, ya que son pasillos que llevan a otras áreas importantes del centro. En el caso del centro 3, la sala de tomografía se encuentra en un ala aparte del centro ya que como se menciona anteriormente ha sido renovada recientemente.

7. ¿Cuenta la instalación con un programa de mantenimiento y de revisiones periódicas de los equipos emisores de radiación ionizante, en correspondencia con las especificaciones y la frecuencia establecida por el fabricante?

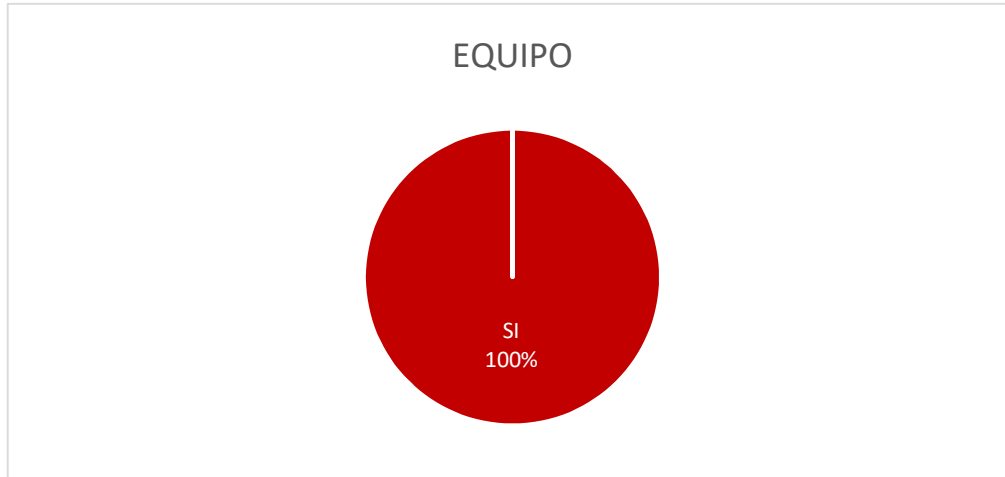


Figura 26. Mantenimiento del equipo.

Fuente: Elaboración propia.

El 100% de los centros cuentan con un programa de mantenimiento establecido para cada equipo de radiación ionizante. Es importante recordar que el correcto mantenimiento del equipo prolonga la vida útil del equipo y de la misma manera representa un menor riesgo para el paciente y personal con un buen funcionamiento del mismo.

8. ¿Cuenta la instalación con procedimientos establecidos para gestionar los equipos emisores de radiación ionizante una vez que se declaren en desuso?



Figura 27. Procedimiento establecido para equipo en desuso.

Fuente: Elaboración propia.

El 100% de los centros cuenta con servicios externos contratados para cada equipo, y de esa manera, el servicio externo es el encargado de declarar en desuso dicho equipo. Se encarga de verificar si tiene alguna solución la falla presentada o se descarta automáticamente.

5.4 RESULTADOS DE COSTOS

A continuación, en la tabla 11, se reflejan los costos necesarios para poder realizar el levantamiento radiométrico en los centros y llevar a cabo la presente investigación.

Tabla 11. Costos

Analizador	Costo (Lps)
Monitor de radiación Raysafe 452	105,190.80
Computadora Portátil	15,000
Total	120,190.80

Fuente: Elaboración propia, generado a partir de (Fluke, 2022).

VI. CONCLUSIONES

Un manual de seguridad radiológica que establezca un protocolo a seguir por parte del usuario de los equipos médicos para mantener los límites de dosis recibida anualmente, a través del seguimiento de reglas básicas como ser el uso de barreras personales de protección, representa un aporte significativo para asegurar la calidad de atención pero principalmente garantizar la obtención de los máximos beneficios de estas tecnologías.

Se comprobó mediante la recolecta de datos que se debe manejar una estricta supervisión en cada centro a nivel nacional sobre el cumplimiento de requisitos para poder ofrecer servicio radiodiagnóstico, ya que el 75% de los centros visitados no cuentan con el requisito de la ubicación de las salas en un lugar con poca circulación de público.

Se identificó, por medio de entrevistas realizadas a personal de los centros evaluados que las autoridades no cuentan con conocimientos sobre los valores altos registrados para el personal técnico de la sala en cada examen realizado.

Se observó, por medio de las encuestas realizadas, un buen nivel de información manejado por el personal con respecto a la protección radiológica y sus riesgos. Sin embargo, se observa que cada centro debe manejar eventos de charlas, cursos o capacitaciones para su personal sobre el tema, para un mejor manejo del equipo y para la seguridad del mismo y del paciente.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda la adquisición de analizadores sobre dosis efectiva en cada centro para poder evaluar las instalaciones y el buen funcionamiento del equipo, evitando sobreexposición tanto al personal como a pacientes que se encuentran en el área.

Se recomienda contratar un servicio de dosimetría para el centro que no cuente con el mismo. El servicio permite llevar un análisis de la dosis recibida por el personal y de la misma manera permite una gestión más fácil para el centro con respecto a seguridad radiológica.

Se recomienda el uso de manual o protocolo de protección radiológica en cada centro de atención sanitaria que se encuentre accesible para el personal y toda persona que visite la sala.

VIII. APLICABILIDAD

A continuación, se presenta la propuesta del Manual de Seguridad Radiológica para Centros de Atención Sanitaria realizado con base en la situación actual de los centros visitados para llevar a cabo la presente investigación.

MANUAL DE SEGURIDAD RADIOLÓGICA PARA CENTROS BÁSICOS DE ATENCIÓN SANITARIA





Manual de Seguridad Radiológica para Centros Básicos de Atención Sanitaria

Elaborado por Andrea E. Velásquez
Estudiante de Ingeniería en Biomédica
Octubre, 2022

ÍNDICE

DEFINICIONES	1
INTRODUCCIÓN	2
OBJETO	3
CAMPO DE APLICACIÓN	4
FUNDAMENTO LEGAL	4
PRINCIPIOS DE LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA	5
PROTECCIÓN PERSONAL	6
DISEÑO DE INSTALACIONES	7
CLASIFICACIÓN DE ÁREAS	8
CONSIDERACIONES ESPECÍFICAS	9
<i>RADIOGRAFÍA</i>	9
<i>TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA</i>	10
<i>MAMOGRAFÍA</i>	11
REQUISITOS DE MANTENIMIENTO	12
EFFECTOS	13
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	15

DEFINICIONES

a. Autoridad Reguladora (AR): Entidad que, de acuerdo con la legislación de cada país, esta encargada de velar por la seguridad nuclear y la protección radiológica.

b. Bitácora: Registro escrito de las acciones o tareas que se deben llevar a cabo en una determinada actividad.

c. Dosimetría: Medida de la acumulación de una radiación ionizante.

d. Dosímetro: Instrumento de medición de dosis absorbida.

e. Dosis: Cantidad o porción de algo, material o inmaterial.

f. Dosis Efectiva: Se utiliza para evaluar la posibilidad de efectos a largo plazo que podrían ocurrir en el futuro.

g. Dosis Absorbida: Concentración de energía depositada en tejido o material como resultado de una exposición a la radiación ionizante.

h. Exposición: Cantidad de intensidad de radiación.

i. Mantenimiento Preventivo: Revisión de los aparatos para su buen funcionamiento y así evitar fallos antes de que ocurran.

j. Mantenimiento Correctivo: Actividad técnica ejecutada cuando sucede una avería en el equipo.

k. Protección Radiológica: Actividad multidisciplinar, de carácter científico y técnico, tiene como finalidad la protección de las personas y del medio ambiente.

l. Radiación Ionizante: Flujo de partículas o fotones con suficiente energía para producir ionizantes en las moléculas que atraviesa.

m. Sievert (Sv): Unidad de equivalencia de dosis de radiación ionizante del sistema internacional.



1

INTRODUCCIÓN

El uso de dispositivos médicos cuya tecnología se basa en la exposición a radiación requiere de normas de seguridad para garantizar que los beneficios recibidos son mayores a los riesgos expuestos. La protección radiológica tiene como objetivo permitir el mayor aprovechamiento de la radiación teniendo en cuenta que las áreas de trabajo, mobiliario, equipo y materiales que se utilizan en las instalaciones con radioactividad son susceptibles a contaminarse y ser una fuente de exposición tanto para el personal como para el usuario.

1.1 OBJETO DEL MANUAL

El objetivo principal del presente Manual es asegurar un nivel apropiado de protección a las personas y al medio ambiente, sin limitar de forma indebida las prácticas beneficiosas de la exposición a las radiaciones ionizantes, por medio de directrices y recomendaciones marcadas.

1.2 CAMPO DE APLICACIÓN

El Manual de Protección Radiológica es un material de apoyo como guía de referencia dirigido al conjunto de profesionales, especialistas y personal de apoyo médico que participa en una exploración realizada por medio de radiografía, tomografía computarizada o mamografía en centros básicos de atención sanitaria.

1.3 FUNDAMENTO LEGAL

La normativa sobre la cual se sustenta el establecimiento de los requisitos con fines de seguridad y protección radiológica son:

- Acuerdo 073-2019: Reglamento General para la Aplicación de la Ley de Actividades Nucleares y Seguridad Radiológica
- Decreto 195-2009: Ley Sobre Actividades Nucleares y Seguridad Radiológica.
- Acuerdo 003-2014: Reglamento de Autorización de Instalaciones Radioactivas
- Acuerdo 003-2015: Reglamento de Transporte Seguro de Materiales Radiactivos
- Acuerdo 004-2014: Reglamento de Protección Radiológica.
- Acuerdo 004-2015: Reglamento para la Gestión de Desechos Radiactivos
- Acuerdo 005-2015: Reglamento de Protección Física de los Materiales Nucleares y Radiactivos
- Guía de Seguridad para la Práctica de Radiodiagnóstico Dirección General de Seguridad Radiológica.



2

PRINCIPIOS DE LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

La protección radiológica se basa en tres principios fundamentales, recomendados por la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP):



JUSTIFICACIÓN

Toda práctica que implique radiación ionizante debe suponer un beneficio para la sociedad por encima del riesgo asociado, por muy pequeña sea la exposición.



OPTIMIZACIÓN

Toda exposición a la radiación debe mantenerse al nivel mas bajo posible, razonablemente. Se debe tener en cuenta las recomendaciones de la ICRP y el límite de dosis establecido por la Autoridad Reguladora el cual es:

Para personas ocupacionalmente expuestas (áreas controladas): 20 mSv/año
Para el público en general (áreas no controladas): 1 mSv/año



LIMITACIÓN

Las dosis de radiación recibidas por personal y publico en general no debe superar los limites establecidos por las leyes vigentes.

3

EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL

Para minimizar la exposición a la radiación ionizante a continuación se muestra el equipo básico de protección radiológica que debe usar tanto el personal como persona acompañante en la sala.



Delantal o chaleco plomado con escudo.

Protección del tórax y protección de gónadas, tiroides y mamas.



Gafas plomadas

Protección de los ojos, principalmente córnea y cristalino.



Guantes plomados

Protección de las manos.



Gorro plomado

Protección de la cabeza.



Dosímetro personal (Trabajador Ocupacionalmente Expuesto)

Protección para conocer cantidad de dosis recibida.

4

DISEÑO DE INSTALACIONES

El diseño y construcción de una sala de radiodiagnóstico debe ser de forma que se pueda proteger a las personas, de modo que las dosis de radiación que pudiera recibir el Trabajador Ocupacionalmente Expuesto (TOE), los pacientes y los miembros del público en general sean lo menor posible, y de la misma manera, evitar la interferencia de otros equipos cuyo correcto funcionamiento sea susceptible de ser perturbado por la radiación. Se requiere las siguientes consideraciones:

- La sala de irradiación debe estar ubicada en un área donde el control de acceso sea restringido por la exposición ocupacional y pública.
- El blindaje de la sala de irradiación debe ser calculado para las condiciones máximas de carga de trabajo, considerando adecuadamente los factores de ocupación de las áreas adyacentes.
- El acceso a la sala de irradiación debe poseer señales luminosas que identifiquen claramente la condición del equipo sin irradiar y cuando el equipo está irradiando.
- La sala de irradiación debe contar con señales de advertencia reglamentarias.
- La ubicación de la consola debe permitir que el operador tenga una visión adecuada del acceso a la sala en todo momento.
- La sala de irradiación debe poseer un apropiado sistema de comunicación y visión con el paciente.

5

CLASIFICACIÓN DE ÁREAS

a. En la práctica de radiodiagnóstico se clasifican como Zona Controlada las áreas siguientes:

- local donde se instalan los equipos de diagnóstico,
- salas de procedimientos radiológicos;
- local de almacenamiento temporal y de preparación de pacientes y materiales a utilizar.
- local donde se instalan equipos de rayos X de diagnóstico para la adquisición de imágenes que son utilizadas en la simulación y planificación de los tratamientos, tales como Simulador, TAC Simulador, etc.;
- Los quirófanos, durante la realización de procedimientos ortopédicos, cardiológicos, etc.

b. Los locales donde se ubican las consolas de control de los equipos serán considerados como Zonas Controladas en el sentido de garantizar el control del acceso de los miembros del público y de personal ajeno a las operaciones que en ellos se realizan.

c. En la práctica de Radiodiagnóstico se clasifican como zona supervisada, toda aquella que no haya sido definida como zona controlada, pero en la que sea preciso mantener en examen las condiciones de exposición ocupacional, aunque normalmente no sean necesarias medidas de protección y seguridad específicas.

d. En caso de que cambien las condiciones existentes en la instalación, se debe realizar una revisión de la clasificación de las áreas que fueron previamente determinadas.



CONSIDERACIONES ESPECÍFICAS

El funcionamiento de las instalaciones y de los equipamientos debe llevarse a cabo conforme a las siguientes recomendaciones sobre reglas de funcionamiento del servicio.

RADIOGRAFÍA

La radiografía es una técnica diagnóstica que utiliza rayos X para observar estructuras internas del cuerpo humano mediante imágenes estáticas en forma analógica y/o digital. Se requiere las siguientes consideraciones:

- ▶ Revisión de la bitácora del equipo.
- ▶ Realización de correcto mantenimiento preventivo y/o correctivo.
- ▶ Evaluación del control de calidad: inspección física, la cual consiste en verificar estado actual, especificaciones de dimensiones, etiquetas, instrucciones, y documentación, y evaluación de algún parámetro si lo requiere.
- ▶ Antes de proceder a realizar la exploración, cerrar las puertas de la sala. Utilizar dosímetro personal cuando se efectúan las exploraciones.
- ▶ El técnico debe mantenerse detrás de una barrera protectora contra la radiación dispersa. Esta barrera debe tener un visor de vidrio plomado para observar el paciente durante la realización del examen.



6

CONSIDERACIONES ESPECÍFICAS

- ▶ Debe evitarse exámenes radiológicos a pacientes embarazadas o que puedan estarlo, a menos que existan fuertes indicaciones clínicas para hacerlo.
- ▶ En caso que el equipo presente fallas contactar al Departamento de Biomédica o Mantenimiento.

TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA (TC)

La tomografía es una técnica radiológica que usa un tubo de rayos X, que gira a través de un eje fijo, reproduciendo imágenes anatómicas seccionadas (cortes) en forma transversal. Se requiere las siguientes consideraciones:

- ▶ Revisión de la bitácora del equipo.
- ▶ Realización de correcto mantenimiento preventivo y/o correctivo.
- ▶ Evaluación del control de calidad: inspección física, la cual consiste en verificar estado actual, especificaciones de dimensiones, etiquetas, instrucciones, y documentación, y evaluación de algún parámetro si lo requiere.
- ▶ No pueden realizarse exámenes de calentamiento del equipo con alguien dentro de la sala.

6

CONSIDERACIONES ESPECÍFICAS

- ▶ Toda persona que sea requerida en la sala durante un examen de TC debe usar ropa protectora y ser instruida de como permanecer al interior de la sala.
- ▶ Debe evitarse exámenes radiológicos a pacientes embarazadas o que puedan estarlo, a menos que existan fuertes indicaciones clínicas para hacerlo.
- ▶ En caso que el equipo presente fallas contactar al Departamento de Biomédica o Mantenimiento.

MAMOGRAFÍA

La mamografía es una técnica radiológica que utiliza rayos X de baja energía para obtener imágenes exclusivamente del tejido mamario. Actualmente, la mamografía es el método más fiable para la detección precoz del cáncer de mama.

- ▶ Revisión de la bitácora del equipo.
- ▶ Realización de correcto mantenimiento preventivo y/o correctivo.
- ▶ Evaluación del control de calidad: inspección física, la cual consiste en verificar estado actual, especificaciones de dimensiones, etiquetas, instrucciones, y documentación, evaluación de algún parámetro si lo requiere y constancia de la calidad de imagen (visibilidad de pequeños objetos o micro calcificaciones, para mamografía analógica).




CONSIDERACIONES ESPECÍFICAS

- ▶ El posicionamiento del paciente es crítico para el resultado clínico del examen. El personal debe estar especialmente capacitado para realizar este tipo de práctica.
- ▶ Debe evitarse exámenes radiológicos a pacientes embarazadas o que puedan estarlo, a menos que existan fuertes indicaciones clínicas para hacerlo.
- ▶ En caso que el equipo presente fallas contactar al Departamento de Biomédica o Mantenimiento.

7

REQUISITOS DE MANTENIMIENTO

REQUISITOS GENERALES DE MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN

Los servicios de montaje, reparación y mantenimiento de equipos de radiodiagnóstico, así como de calibración de los equipos utilizados en radiodiagnóstico, debe realizarse en correspondencia con los programas que a tales fines se elaboren y sólo pueden ser contratados a las instituciones y al personal autorizado o reconocido por la AR.



Se debe garantizar la existencia y la ejecución de un programa para la reparación, el mantenimiento preventivo y la ejecución de revisiones periódicas de los equipos de radiodiagnóstico, en correspondencia con las recomendaciones de los fabricantes y suministradores. Cualquier reparación de los equipos debe ser seguida de una verificación.

El personal que realice la reparación debe dejar constancia escrita sobre la restitución del funcionamiento del equipo a las condiciones previas al mantenimiento y de la verificación de su correcto funcionamiento. En todos los casos, el físico médico debe comprobar que el equipo se encuentra en condiciones de uso, e informar por escrito al jefe del servicio de radiodiagnóstico, quien autoriza la reanudación de su funcionamiento.

7

REQUISITOS DE MANTENIMIENTO

ELIMINACIÓN DE LOS EQUIPOS EMISORES DE RADIACIONES IONIZANTES

Cuando se considera que el equipo de rayos X se elimina, se debe hacer una evaluación de si el equipo puede ser reacondicionado y/o reciclado. La comunicación con el fabricante o proveedor del equipo debe hacerse en cuanto a si el equipo o los componentes del equipo pueden ser reciclados o devueltos.

Una vez que se ha tomado la decisión de deshacerse del equipo de rayos X, se debe hacer una evaluación para determinar si algún componente del equipo contiene materiales peligrosos. Se recomienda que las instalaciones radiológicas, bajo jurisdicción provincial o territorial, se pongan en contacto con el organismo responsable de su respectivo territorio para obtener más información.



8

EFFECTOS

El daño que causa la radiación en los órganos y tejidos depende de la dosis recibida, o dosis absorbida, que se expresa en una unidad llamada gray (Gy). El daño que puede producir una dosis absorbida depende del tipo de radiación y de la sensibilidad de los diferentes órganos y tejidos.

Para medir la radiación ionizante en términos de su potencial para causar daños se utiliza la dosis efectiva. La unidad para medirla es el sievert (Sv), que toma en consideración el tipo de radiación y la sensibilidad de los órganos y tejidos. El sievert tiene en cuenta el tipo de radiación y la sensibilidad de los tejidos y órganos. El sievert es una unidad muy grande, por lo que resulta más práctico utilizar unidades menores, como el milisievert (mSv) o el microsievert (μSv).

Más allá de ciertos umbrales, la radiación puede afectar el funcionamiento de órganos y tejidos, y producir efectos agudos tales como:

- Enrojecimiento de la piel
- Caída del cabello
- Quemaduras por radiación
- Síndrome de irradiación aguda
- Cáncer (tardar años en aparecer).





REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Elementos de protección radiológica en salas de intervencionismo. Revista Colombiana de Cardiología. (2020). <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0120563320300024>
- Guía de seguridad para la práctica de radiodiagnóstico. Secretaría de Energía. (2020). <https://sen.hn/wp-content/uploads/2021/07/GUÍA-DE-SEGURIDAD-PARA-LA-PRÁCTICA-DE-RADIODIAGNÓSTICO.pdf>
- Manual de protección radiológica del departamento de radiodiagnóstico. Ministerio de Salud. (2015). [http://www.inen.sld.pe/portal/documentos/pdf/normas_tecnicas/2015/05062015_RJ%20078_2015%20Manual%20de%20Protección%20Radio](http://www.inen.sld.pe/portal/documentos/pdf/normas_tecnicas/2015/05062015_RJ%20078_2015%20Manual%20de%20Protección%20Radio%20lógica%20del%20Departamento%20de%20Radiodiagnóstico.pdf)
- Programa de Protección Radiológica. Hospital Universitario Regional de Málaga. (2017). <http://www.hospitalregionaldemalaga.es/intranet/Portals/intranet/UGC/RF/PR/MPRRX1.pdf>
- Protección radiológica. Consejo de Seguridad Nuclear. (2022). <https://www.csn.es/proteccion-radiologica>

15

BIBLIOGRAFÍA

79

- Resúmenes de Salud Pública*. (2016). Obtenido de ATSDR Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades: https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs149.html
- Arias, C. (2006). *La regulación de la protección radiológica y la función de las autoridades de salud*. Obtenido de Revista Panamericana Salud Pública: <https://scielosp.org/pdf/rpsp/v20n2-3/15.pdf>
- Jara, D. P. (2020). *Equipos biomédicos generadores de radiaciones ionizantes*. Obtenido de Universidad Católica de Colombia: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/17539/1/EQUIPOS%20BIOMÉDICOS%20GENERADORES%20DE%20RADIACIONES%20IONIZANTES.pdf>
- Badel, A., Rico-Mesa, J., Gaviria, M. A.-I., & Hernandez, C. (2018). *Radiación ionizante: revisión de tema y recomendaciones para la práctica*. Obtenido de Revista Colombiana de Cardiología: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0120563318300275>
- OEIA. (2013). *Programa Nacional de Protección Radiológica en las Exposiciones Médicas*. Obtenido de Organización Internacional de Energía Atómica: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/TE-1710_web.pdf
- CSN. (2012). *Protección radiológica*. Obtenido de Consejo de Seguridad Nuclear: <https://www.csn.es/proteccion-radiologica>
- CSN. (2012). *Protección Radiológica*. Obtenido de Consejo de Seguridad Nuclear: <https://www.csn.es/documents/10182/914805/Protección%20radiológica>
- UNSCEAR. (2012). *Radiación en la vida diaria*. Obtenido de United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation: <https://www.unscear.org>
- Nuclear, F. (2022). *Protección Radiológica*. Obtenido de Foro de la Industria Nuclear Española: https://rinconeducativo.org/contenidoextra/radiacio/6proteccion_radiologica.html
- GDES. (2021). *Protección Radiológica*. Obtenido de GD Energy Services: <https://gdes.com/corporate/es/servicios-nucleares/proteccion-radiologica/>

PROMISA. (2021). *Blindaje Radiológico*. Obtenido de <https://promisalatam.com/blindajeradiologico/>

Ojeda, J., Freire, J., & Gervas, J. (2006). *La coordinación entre Atención Primaria y Especializada*.

Pedraza, N., Lavin, J., & Bernal, I. (2014). *Evaluación de la calidad del servicio en la administración pública en México*. Obtenido de Revista Estado: <https://auroradechile.uchile.cl/index.php/REGP/article/view/36814/38378>

Sarmiento, C. (2009). *Comentarios a niveles de complejidad y actividades de promoción de la salud y prevención de la enfermedad*. Obtenido de Ministerio de Salud de Colombia: <https://www.minsalud.gov.co/Normatividad%20CRES/Acuerdo%2008%20de%202009%20-%20Anexo%203%20-%20Comentarios%20complejidad%20y%20promocion%20de%20la%20salud%20y%20prevencion%20enfermedad.pdf>

IMEDI. (2022). *Radiología convencional y otros métodos diagnósticos basados en Rayos X*. Obtenido de <https://imedi.com.co/radiologia-convencional-y-otros-metodos-diagnosticosbasados-en-rayos-x/>

NIH. (2013). *Mamografía*. Obtenido de National Institute of Biomedical Imaging and Bioengineering: <https://www.nibib.nih.gov/espanol/temas-cientificos/mamograf%C3%ADa>

Carmenate-Milian, L., Herrera-Ramos, A., & Ramos-Caceres, D. (2016). *Situación del Sistema de Salud en Honduras y el Nuevo Modelo de Salud Propuesto*. Obtenido de Archivos de Medicina: <https://www.archivosdemedicina.com/medicina-de-familia/situacion-delsistema-de-salud-en-honduras-y-el-nuevo-modelo-de-salud-propuesto.pdf>

Efectos Biológicos. (2018). Obtenido de Universidad de Córdoba: <http://www.uco.es/RiesgosLaborales/fisicoyquimico/radiaciones/tutorials/view/4-Efectosbiologicos>

Puerta-Ortiz, A., & Morales-Aramburo, J. (2020). *Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes*. Obtenido de Revista Colombiana de Cardiología:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0120563320300061>

OMS. (2016). *Radiaciones ionizantes: efectos en la salud y medidas de protección*. Obtenido de Organización Mundial de la Salud: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ionizing-radiation-health-effects-and-protective-measures>

Berrington de González, A., Mahesh, M., & Kwang-Pyo, K. (2009). *Projected Cancer Risks From Computed Tomographic Scans Performed in the United States in 2007*. Obtenido de JAMA Internal Medicine: <https://jamanetwork.com/journals/jamainternalmedicine/articleabstract/415368>

Saravia-Rivera, G. (2013). *Protección y Seguridad Radiológicas*. Obtenido de Anales de Radiología México: <https://www.medigraphic.com/pdfs/anaradmex/arm-2013/arm132g.pdf>

FORO. (2022). *Foro Iberoamericano de Organismos Reguladores Radiológicos y Nucleares*. Obtenido de FORO: https://www.foroiberam.org/web/guest/actualidad/noticias/detalle/-/journal_content/56_INSTANCE_nvf1RaYs0sOj/193375/6423788

SEN. (2022). *Dirección General de Seguridad Radiológica*. Obtenido de Secretaría de Energía: <https://sen.hn/direccion-general-de-seguridad-radiologica/>

ARN. (2022). *Medicina Nuclear y Radioterapia*. Obtenido de Autoridad Reguladora Nacional: <https://www.argentina.gob.ar/arn/uso-de-la-tecnologia-nuclear-segura-enargentina/medicina-nuclear-y-radioterapia>

SEN. (2020). *Guía de Seguridad para la Práctica de Radiodiagnóstico*. Obtenido de Dirección General de Seguridad Radiológica.

Fluke. (2022). *Raysafe 452 Survey Meter*. Obtenido de Fluke Biomedical: <https://www.flukebiomedical.com/products/radiation-measurement/radiationsafety/452-radiation-survey-meter>

ANEXOS

ANEXO 1: DISEÑO DE LA ENTREVISTA REALIZADA A PERSONAL



CONOCIMIENTO DEL PERSONAL	CENTRO	
	EQUIPO	
	CARGO	

NO.	PREGUNTAS	SI	NO	OBSERVACIONES
1	¿Conoce acerca de la documentación legal de seguridad radiológica en Honduras?			
2	¿Conoce alguna guía, manual o protocolo nacional o internacional que le indique requerimientos del proceso?			
3	¿Conoce los efectos adversos que pueden presentarse por exceso de radiación ionizante recibida?			
4	¿Ha recibido charlas, cursos, o capacitaciones sobre el tema de seguridad radiológica?			
5	¿Conoce las 3 reglas fundamentales contra toda fuente de radiación?			
6	¿Utiliza equipo de protección radiológica en cada examen por realizar?			

ANEXO 2: LISTA DE VERIFICACIÓN APLICADA



LISTA DE VERIFICACIÓN CUMPLIMIENTO SEGURIDAD RADIOLÓGICA	CENTRO	
	EQUIPO	
	MODELO	

NO.	PREGUNTAS	SI	NO	OBSERVACIONES
1	¿Cuenta la instalación con una Autorización para la práctica de Radiodiagnóstico, Vigente?			
2	¿Existe en la instalación un Programa de Protección Radiológica (PPR)?			
3	¿Está elaborada la documentación del sistema de gestión de forma que es comprensible para los usuarios y está disponible en el lugar accesible para los operadores y/o personal relevante de la instalación?			
4	¿Se cuenta con personal que posea las cualificaciones suficientes de tal manera que la práctica se realice con un nivel adecuado de protección y seguridad radiológica?			
5	¿En la instalación de radiodiagnóstico donde se realizan trabajos con equipos emisores de radiación ionizante, se cuenta con clasificación de zona controlada y zona supervisada y su respectiva señalización?			
6	¿Los locales donde se ubican los equipos emisores de radiación ionizante, están ubicados en lugares con bajo riesgo de incendio e inundación y con poca circulación de público?			
7	¿Cuenta la instalación con un programa de mantenimiento y de revisiones periódicas de los equipos emisores de radiación ionizante, en correspondencia con las especificaciones y la frecuencia establecida por el fabricante?			
8	¿Cuenta la instalación con procedimientos establecidos para gestionar los equipos emisores de radiación ionizante una vez que se declaren en desuso?			
9	El límite de dosis efectiva para los trabajadores ocupacionalmente expuestos se encuentra por debajo de los valores establecidos por la Autoridad Reguladora (20 mSv por año).			
10	El límite de dosis efectiva para miembros del público se encuentra por debajo de los valores establecidos por la Autoridad Reguladora (1 mSv por año).			

ANEXO 3: ANALIZADOR EN CENTRO 1



ANEXO 4: ANALIZADOR EN CENTRO 2



ANEXO 5: ANALIZADOR EN CENTRO 3



ANEXO 6: EQUIPO RAYOS X EN CENTRO 1



ANEXO 7: EQUIPO RAYOS X EN CENTRO 3



ANEXO 8: EQUIPO TOMOGRAFÍA CENTRO 3



ANEXO 9: REALIZANDO MEDICIONES



ANEXO 10: CONSOLA CENTRO 2



ANEXO 11: ENCUESTA DE SATISFACCIÓN

Encuesta de Satisfacción

La presente encuesta es para obtener una retroalimentación sobre el Manual de Seguridad Radiológica para Centros de Atención Sanitaria.

 **andreavelasquezv03@gmail.com** (not shared)
[Switch account](#)



* Required

¿Qué tan útil encuentra el manual propuesto? *

	1	2	3	4	5	
Poco útil	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muy útil

¿Encuentra amigable y comprensible el manual propuesto? *

- Si
- No

¿Qué recomendaciones daría para la mejora del manual propuesto? *

Your answer

Submit

Clear form