



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
NICARAGUA,  
MANAGUA  
UNAN - MANAGUA

Recinto Universitario Rubén Darío

(RURD)

Facultad de Ciencias e Ingeniería

Departamento de Física

Monográfica para optar al título de:

Licenciatura en Física con Mención en Física Médica

Tema General: Protección Radiológica

Tema Especifico: Evaluación de seguridad radiológica en tomografía Axial e helicoidal computarizada de centro hospitalario X en Managua durante el periodo de junio 2021 a febrero 2022.

**Autor:**

Br. Danna Alizon Fuentes Corrales.

**N° de Carnet:**

1704-8686

**Tutor:**

Msc. Martín Pomares Calero.

**Asesor:**

Lic. Lenin Márquez Orozco.

## Dedicatoria

*Dedico este trabajo  
con gran amor a Dios,  
y a toda mi familia por  
el apoyo incondicional,  
por siempre impulsarme  
a ser mejor, y lograr con  
éxito mi carrera.*

*Muchas Gracias.*

## Agradecimiento

Primeramente, quiero agradecerle a Dios por haberme dado mucha paciencia y sabiduría para llegar a cabo este trabajo monográfico, de igual manera a toda mi familia que me apoyaron muchísimo en todo el proceso y me dieron palabras de aliento para finalizarlo.

Asimismo, a todos los maestros que compartieron todo su conocimiento, tiempo a lo largo de este trabajo de investigación, de manera especial a mi tutor MSc. Martin Pomares Calero y asesor Lic. Lenin Márquez Orozco por haber tenido toda la paciencia y dedicación de encaminarme a finalizar que con mucho esfuerzo este trabajo.

Finalmente quiero agradecer a la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua por ser el centro universitario clave en todo el proceso de conocimientos adquiridos en toda mi trayectoria de todos estos años en la carrera de física con mención en física médica.

## Carta Aval del tutor

4 de Abril de 2022

MSc. Francisco Espinoza  
Director Departamento de Física  
Facultad de Ciencias e Ingeniería

Estimado director:

Reciba mis cordiales saludos. Por medio de la presente quiero extender mi aval de aprobación de la tesis monográfica de la *Bachiller Danna Alizon Fuentes Corrales*, cuya tesis fue titulada como: *"Evaluación de seguridad radiológica en tomografía Axial e helicoidal computarizada de centro hospitalario X en Managua, durante el segundo semestre del año 2021"*.

Considero que la *Bachiller Danna Fuentes Corrales*, ha cumplido con los requerimientos académicos para que proceda a su defensa monográfica para optar al título de *Licenciada en Física con mención en Física Médica*.

Sin más a que referirme, me suscribo.

Cordialmente,



MSc. Martín Pomares Calero  
Docente  
Departamento de Física  
Facultad de Ciencias e Ingeniería

c.c: Archivo.

## Resumen

Este trabajo monográfico tiene como objetivo realizar una evaluación de seguridad radiológica en tomografía axial y helicoidal al centro hospitalario X de Managua para identificar sucesos iniciadores e identificar los niveles de conocimientos de los Trabajadores ocupacionalmente expuesto de la sala de radiología.

Esto se llevó a cabo por diferentes herramientas, se realizaron 4 instrumentos de preguntar abiertas y cerradas relacionadas a las normas y guías del organismo internacional de energía atómica (OIEA), comisión Nacional de energía atómica (CONEA) en conjunto del Ministerio de salud Nicaragua (MINSALUD) dirigidos a pacientes, médicos, técnicos radiólogos y entrevista al jefe de la sala de radiología, de forma observacional se realizó evaluación de protección radiológica relacionando requisitos generales relativos a la protección y la seguridad.

Por otro lado, es importante mencionar que de los 359 pacientes encuestados el 64.62% padece de alguna o varias enfermedades crónicas y el 73.3% no conocen sobre los posibles efectos de exposición a la técnica de tomografía. En cambio, los 19 TOEs encuestados que incluye médicos especialistas, residentes y técnicos radiológicos solamente 52.63% de ellos cuentan con licencia radiológica lo que influye en el conocimiento básico de protección radiológica, en consecuencia, el 47.36% conoce cuál es el límite de dosis para los TOEs y el 42.10% de los 10 TOEs conocen sobre el límite para público.

Todos los TOEs lograron describir algunos de los posibles sucesos iniciadores que pueden surgir en la sala de tomografía, por otro lado, detallaron que cuenta la sala de tomografía con las señalizaciones sobre las diferentes zonas de radiación en cambio el 89.47% afirmó que existe una vigilancia con cuerpo de seguridad ante algún robo.

Se evidenció un excelente resultado en la evaluación sobre protección y seguridad radiológica por medio de la lista de cotejo, observando que hay una muy buena práctica en relación a lo antes mencionado, por otra parte al someter los 16 sucesos iniciadores a la evaluación por medio de la matriz de riesgo, resultó que el 56.3% entra dentro los valores de riesgo ampliamente aceptable en cambio el 43.7% se encuentra en la zona roja de los criterios del OIEA, lo cual es un riesgo alto que se deben de tomar medidas al respecto.

Es clave mencionar el aporte de este trabajo monográfico a los procesos de gestión de la calidad en protección radiológica, en base a las evidencias sobre el estado actual de los riesgos evaluados en el área de tomografía del hospital en estudio.

## Contenido

Glosario.....	8
Capítulo I.....	9
I.    Introducción .....	9
II.   Planteamiento del problema .....	11
IV.  Objetivos de investigación.....	14
4.1 Objetivo General. ....	14
4.2 Objetivo específico.....	14
Capitulo II .....	15
Marco Referencial.....	15
2.1   Antecedentes .....	15
2.2   Marco Teórico.....	17
2.3   Marco conceptual .....	28
2.4   Marco legal.....	29
2.5   Hipótesis.....	30
Capitulo III.....	31
III.    Diseño metodológico.....	31
<b>3.1 Tipo de estudio.....</b>	<b>31</b>
<b>3.2 Área de estudio .....</b>	<b>32</b>
<b>3.3 Universo de estudio .....</b>	<b>32</b>
<b>3.4 Muestra .....</b>	<b>32</b>
<b>3.5 Matriz de operacionalización de Variables Independientes.....</b>	<b>34</b>
<b>3.6 Técnicas e Instrumentos de Recolección de la Información.....</b>	<b>42</b>
Capitulo IV .....	43
4.1   Análisis y discusión de resultados.....	43
Capitulo V .....	112
5.1  Conclusiones .....	112
5.2  Recomendaciones.....	116
5.3   Referencias y bibliografía. ....	117
5.4  Anexos.....	121

## Glosario

OIEA: Organismo Internacional de Energía Atómica.

MINSA-NIC: Ministerio de Salud Nicaragua.

CSN: Consejo de Seguridad Nuclear.

CONEA: Comisión Internacional de Energía Atómica.

TOEs: Trabajador Ocupacionalmente Expuesto.

EPR: Encargado de Protección Radiológica.

PR: Protección radiológica.

NBIS: Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación.

TC: Tomografía Computarizada.

## Capítulo I

### I. Introducción

La evaluación de seguridad radiológica en tomografía Axial e helicoidal computarizada del centro hospitalario X, es un procedimiento que permite garantizar la operación adecuada del tomógrafo, dicha evaluación tiene como base documentos internacionales y nacionales que a continuación se presentan:

- Normas de seguridad del OIEA para la protección de las personas y el medio ambiente:
  - a) Evaluación de la seguridad de las instalaciones y actividades Requisitos de Seguridad Generales N° GSR Part 4 (Rev. 1).
  - b) Protección radiológica y seguridad de las fuentes de radiación: Normas básicas internacionales de seguridad Requisitos de Seguridad Generales, Parte 3 N° GSR Part 3.
  - c) Principios fundamentales de seguridad Nociones fundamentales de seguridad No. SF-1.
- Comisión Nacional de Energía Atómica (CONEA), Ministerio de Salud (MINSA).
  - a) Guías para la práctica médica radiológica convencional e intervencionista.
  - b) Reglamento técnico de protección contra la radiación ionizante de la república de Nicaragua.

Cabe destacar que la seguridad radiológica es esencial durante las aplicaciones clínicas de las radiaciones ionizantes, la tomografía computarizada (TC), que es un procedimiento con imágenes que usa equipo especial de rayos X para crear imágenes detalladas, o exploraciones de regiones internas del cuerpo.

En la presente investigación se utilizó una matriz de riesgo, la cual se define como:

“...método sistemático, estructurado, simplificado y conservador que consiste en evaluar la secuencia lógica en la cual ocurren los accidentes, considerando un determinado error humano o fallo de equipo (suceso iniciador) ocurre con una frecuencia determinada, si la instalación o actividad dispone de una o varias defensas o barreras (enclavamientos, alarmas

o procedimientos) capaces de detectar y controlar el error o falla y actuar para evitar que el suceso iniciador se convierta en un accidente.” (Rodríguez, Silva, & Orozco, 2019).

## II. Planteamiento del problema

Los estudios de tomografía son realizados en Nicaragua en clínicas privadas, hospitales públicos y privados, pero se desconoce si se realiza la aplicación de las normativas nacionales e internacionales en carácter de protección y difusión del costo beneficio del uso de las radiaciones ionizantes, además de contar con planes de contingencia ante una emergencia provocado por un accidente de carácter antropogénico por el TOEs y/o pacientes y/o debido a la falla de un equipo y/o del personal radiológico, además de riesgos de desastres naturales.

En el centro hospitalario de Managua, al cual denominaremos centro hospitalario X en la investigación debido a confidencialidad de la información procesada, en el que no se ha realizado una matriz de riesgo en el área de tomografía, provocando que los TOEs, no tengan la caracterización de los diferentes riesgos y como responder a ellos según su naturaleza, conllevando a que no se cuente con personal preparado ante una emergencia radiológica.

La calidad de la aplicación de las técnicas radiológicas depende del seguimiento de las normativas nacionales e internacionales, al no contar con una matriz de riesgo no se cumple con parámetros asociados a la protección radiológica.

Es necesario realizar estudio de análisis de riesgo basado en las normas y guías de seguridad de la (OIEA) incluyendo guías y reglamentos de la CONEA, que permitan evaluar las actividades del TOEs en carácter de protección radiológica para garantizar procedimientos que permitan uso adecuado del equipo y seguimiento de protocolos establecidos en el hospital X.

Se desconoce si los pacientes tienen algún conocimiento sobre las radiaciones ionizantes, y sus efectos estocásticos y determinísticos, por lo cual es necesario medir su conocimiento, ya que esto ayuda proceso de diagnóstico, tomando en cuenta el riesgo beneficio.

## Justificación

El estudio de tomografía viene siendo uno de los estudios más frecuente de estudio en instituciones privadas y públicas de Managua-Nicaragua que prestan este servicio ya que aportan información esencial para apoyar la evaluación, diagnóstico y tratamiento de determinadas enfermedades, la protección radiológica es una disciplina cuyo objetivo es prevenir la ocurrencia de efectos determinísticos y limitar el riesgo de efectos estocásticos a niveles considerados aceptables.

Por lo cual es necesario realizar evaluaciones para mitigar este riesgo como para el TOEs y el paciente, para ello es necesario verificar que los TOEs tengan conocimiento a profundidad de este riesgo y puedan categorizar en diferentes niveles de gravedad y poder seguir un protocolo o plan de emergencia.

Al tener el análisis de evaluación de la matriz de riesgo permitirá mejorar la atención, la cultura de seguridad, la salud del TOEs y paciente, crear más conciencia de riesgo-beneficio, garantizar la utilización adecuada de las normas establecidas por el organismo internacional de energía atómica y mayor control en recursos del centro hospitalario.

Es necesario la realización de una matriz de riesgo por medio de un análisis aplicando la metodología de evaluación de riesgos que permitirá una revisión de procedimientos en el centro hospitalario, por lo cual se debe evaluar al personal, capacitar, control de dosimetría, documentación, equipos, instalaciones, control de calidad e infraestructura, plan de emergencia y finalmente este tipo de valoraciones de riesgos proporcionara una mejora a la institución en la calidad para el personal expuesto, atención al público, el uso eficaz de los recursos y equipos, revelación de los puntos débiles, y controles de calidad.

Una de las mejores herramientas que existen para promover la protección radiológica, es la realización de un sistema de gestión de la calidad en los servicios de radiodiagnóstico permite trabajar de forma estandarizada y si se tienen en cuenta aspectos de radioprotección, todas las actividades podrán estar orientadas al cuidado radiológico del paciente y al de los trabajadores ocupacionalmente expuestos (TOEs) a las radiaciones.

En la guía para la práctica médica de radiología convencional e intervencionismo creado por la Comisión Nacional de Energía Atómica (CONEA) y el Ministerio de Salud (Minsa-

Nicaragua) lo cual establece responsabilidades del personal que realiza la práctica las cuales algunas se destacan para médico especialista en radiología: Rescribir los diagnósticos de forma justificada para cada paciente, para el técnico radiólogo: Conocer y aplicar las regulaciones vigentes en materia de protección radiológica, detectar riesgos de irradiación innecesaria del público y del paciente y mantener actualizado el registro de las anomalías e incidencias en los equipos.

Por otro otra parte, el encargado de Protección Radiológica (EPR) se encarga de supervisar las operaciones de mayor riesgo, velar por el cumplimiento de los procedimientos de seguridad radiológica aplicables a la práctica, identificar las condiciones bajo las cuales pudieran ocurrir exposiciones potenciales y comunicar de inmediato al titular de autorización cualquier hecho, que a su juicio, pueda implicar un aumento del riesgo de exposición, tanto para el personal ocupacionalmente expuesto, como para el público.

## IV. Objetivos de investigación

### 4.1 Objetivo General.

Evaluar la seguridad radiológica por medio de una matriz de riesgo en el área tomografía del centro hospitalario X de Managua-Nicaragua durante el periodo de junio 2021 a febrero 2022.

### 4.2 Objetivo específico.

- Identificar el nivel de conocimiento de los posibles riesgos de las radiaciones ionizantes a los TOEs y pacientes.
- Describir los riesgos basados en las normas y guías del OIEA, guías y reglamentos CONEA Ministerio de salud de Nicaragua MINSA.
- Diseñar una matriz de riesgo al centro hospitalario x evaluando el área completa de TC.

## Capítulo II

### Marco Referencial

#### 2.1 Antecedentes

Se han realizado estudios sobre los riesgos presentes al utilizar radiaciones ionizantes para el diagnóstico en pacientes en el cual destaca el titulado, “Los riesgos del uso excesivo de las tomografías computarizadas” donde se analiza que “En, algunos hospitales realizan por sistema escáneres dobles, uno con un agente de contraste y otro sin él; En ocasiones los médicos no pueden (o no quieren) usar escáneres realizados con anterioridad en otro centro médico, y esto es lo peor, se mandan pruebas que no son necesarias...” (Boodman, 2016), lo que nos indica que muchas veces el paciente recibe sobre exposición.

La OIEA orienta que el número y frecuencia de los exámenes debe ser evaluada por el médico se deben justificar, por otro lado, el riesgo en pacientes niños, es mayor que en pacientes adultos debido a que hay mayor actividad mitótica y mayor esperanza de vida con posibilidad de realización de más exámenes radiológicos.

Para cada equipo de rayos-x se debe tener una vestimenta plomada que garantice la protección del cuerpo del paciente, incluso tiroides y gónadas, con espesor de por el mínimo equivalente a 0,25 mm de plomo (Pb), realizando diferentes pruebas de estimación de dosis fetales en tomografía arrojando los siguientes datos dosis fetales por encima de 100 mGy pueden producir cierta reducción del IQ (coeficiente de inteligencia) y Las dosis fetales en el rango de 1000 mGy (1Gy) pueden producir retraso mental grave, particularmente durante las semanas 8 a 15 y menos desde las 16 a 25.

En el Instituto de Oncología y Radiobiología en la Habana, realizaron un trabajo titulado “análisis de seguridad radiológica de una instalación de tomografía por emisión de positrones (PET) y TC mediante el empleo de la matriz de riesgo” donde se establece lo siguiente: “concluyendo que al evaluar los riesgos de accidente en pacientes, público y TOEs, debido a que la mayoría de los sucesos iniciadores tiene origen en errores humanos (89.5 %), recomendando fuertemente el entrenamiento del personal antes de su inclusión en el equipo de trabajo, así como la implementación de programas de gestión de calidad...” (Marín, y otros, 2017)

El Dr. Félix Harenthon Ramos Arias Médico Residente de Radiología de III año realizo un estudio para optar a su título de especialista en radiológica titulándolo “Conocimientos, actitudes y prácticas de la protección radiológica en el personal de salud que labora en el departamento de radiología y sala de operaciones del Hospital Escuela Dr. Roberto Calderón Gutiérrez, en la ciudad de Managua, de octubre a diciembre 2020”., donde determina que:

“El nivel de conocimientos sobre protección radiológica es considerado como regular en el 80.5%. De los trabajadores del área de radiología, las actitudes acerca de la protección radiológica sanitaria en el personal en estudio se consideraron positivas en un 78.3%, recomendando sobre la prescripción de las radiografías innecesarias a los pacientes y que respetaran aún más las zonas de seguridad radiológica.” (Arias, 2020).

## 2.2 Marco Teórico

“La radiación es parte esencial de la vida diaria, desde que nacemos estamos expuestos a la radiación de los rayos cósmicos en nuestro entorno. De hecho, incluso el cuerpo humano contiene pequeñas cantidades de radioactividad (en forma de radioisótopos de potasio, cesio y radio), el cuerpo de un adulto típico emite unos 24.000 rayos gamma por minuto, lo cual es una muy pequeña cantidad de radiación .” (Organismo Internacional de Energía Atómica , 2013).

“La estructura de la materia se compone de moléculas, formadas por átomos, durante siglos, los físicos y los químicos creían que el átomo era la parte más pequeña de la materia, por ello su nombre, átomo, que quiere decir indivisible, investigaciones más recientes nos han permitido conocer que el átomo se compone de un núcleo y de electrones que giran a su alrededor.” (Consejo de Seguridad Nuclear, 2015).

Los electrones son una especie de envoltorio, como un sobre que protege al núcleo, formado por protones y neutrones, los protones tienen carga eléctrica positiva y los electrones carga eléctrica negativa, mientras que los neutrones se llaman así porque no tienen carga, los protones y electrones se atraen por fuerzas físicas.

### **Radiación Ionizante**

Las radiaciones ionizantes es un tipo de energía liberada por los átomos en forma de ondas electromagnéticas (están formadas por partículas, electrones, neutrones, protones, partículas alfa, fotones), la desintegración espontánea de los átomos se denomina radiactividad, y la energía excedente emitida es una forma de radiación ionizante (Organización Mundial de la Salud, 2016).

### **Rayos X**

"Los rayos X son radiaciones electromagnéticas cuya longitud de onda va desde los 10 nm hasta los 0,01 nm cuando sea menor la longitud de onda de los rayos X mayor es su energía.” (Ramos Amores, 2018). Los cuales fueron descubiertos en 1895 de manera accidental por el Físico Wilhem Röntgen y con ello abrió una amplia ventana de posibilidades al mundo, en un tiempo muy breve después de su descubrimiento, se definieron claramente dos tipos de aplicaciones en medicina: el diagnóstico de enfermedades y tratamiento de tumores.

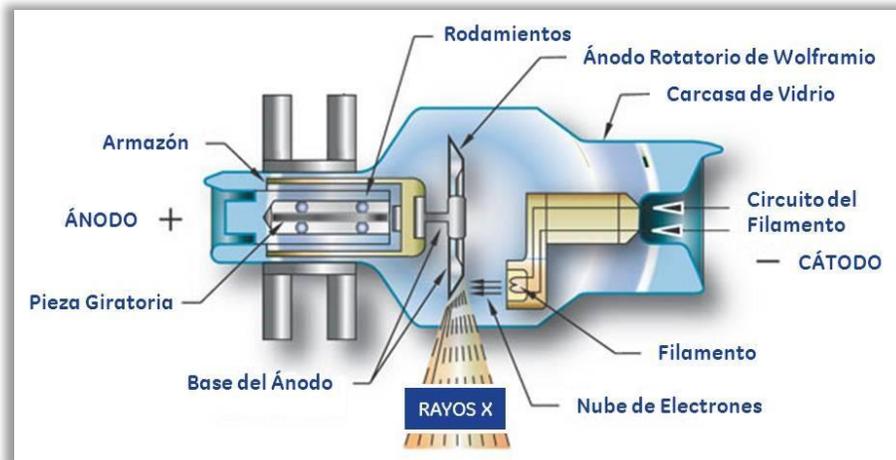
Desde entonces el uso médico de los rayos X ha jugado un papel cada vez más importante y es también gracias al desarrollo de otras tecnologías como la electrónica y la ciencia de materiales, lo que ha permitido su aplicación a niveles sofisticados.

### Generación de Rayos X

“Los Rayos X se producen cuando un haz de electrones de alta energía, acelerados a través de un voltaje de miles de voltios, choca con el blanco (tungsteno) del tubo de rayo X, los electrones interaccionan con los electrones orbitales o los núcleos del blanco por 3 mecanismos diferentes que dan lugar a emisiones energéticas diferentes, casi toda la energía cinética (99%) se convierte en calor y el 1 % en energía en forma de fotón, interaccionan con los electrones externos de los átomos pero no logran ionizarlos, solo los excitan y en la desexcitación emite radiación infrarroja” (Ramos Amores, 2018). Como se puede observar en la figura 1.

**Figura 1**

Haz de Rayos X en un tubo de Rayos X

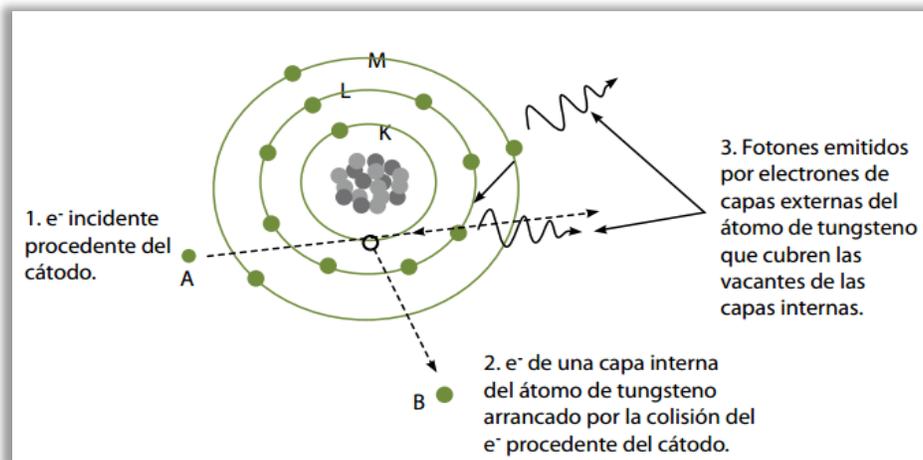


Los rayos X se generan cuando un haz de electrones de alta energía impacta con metal de tungsteno, estos interactúan con los núcleos del tungsteno por 3 mecanismos diferentes que dan lugar a emisiones energéticas diferentes.  
Fuente: <https://como-funciona.com/wp-content/uploads/2018/12/aprendec%C3%B3mo-funciona-tubo-de-rayos-x.jpg>.

## ✚ Radiación Característica

“Se produce radiación característica cuando un electrón proyectil arranca uno de los electrones más internos del átomo, ionizándolo, es característica de cada elemento blanco (tungsteno, molibdeno) y el electrón de la capa k que ha sido arrancado deja un hueco (situación muy inestable para el átomo) y otro de una capa más externa (L, M, N, O, P) ocupara ese hueco, este proceso va acompañado de emisión de un fotón de rayos X con energía igual a la diferencia de las energías de electrón en cada capa” (Ramos Amores, 2018), como se muestra en la figura 2.

**Figura 2**  
Representación gráfica de la Radiación Característica



Este tipo de Radiación se produce cuando un electrón es proyectado y extrae electrones más íntimos del átomo, ionizándolo, y produciendo que el electrón de la capa más cercana tome ese lugar y produzca emisión de un fotón de rayos X.  
Fuente: <https://www.researchgate.net/profile/Jesus-Davila-Perez/publication/326255273/figure/fig21/AS:645908098215937@1531007899224/Figura-49-Representacion-grafica-de-la-emision-de-un-foton-de-rayos-x-caracteristico.png>.

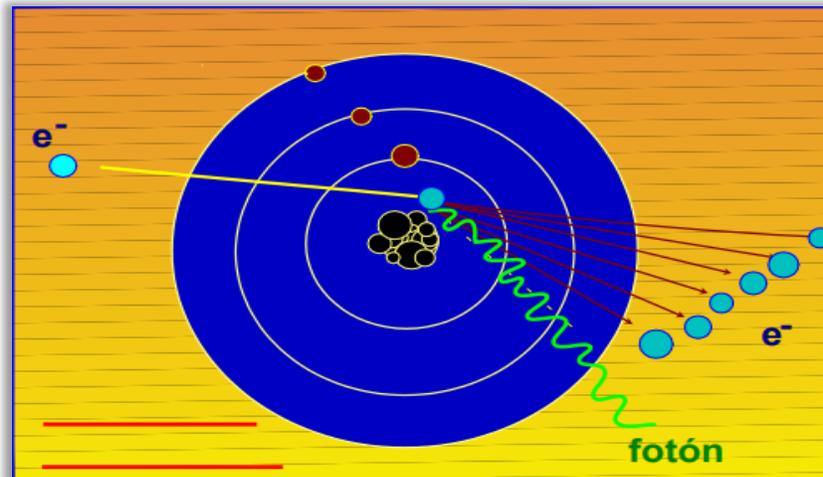
## ✚ Radiación de Frenado

“Un electrón, con carga negativa, puede pasar próximo a un núcleo atómico, con carga positiva, puede quedar frenado en su trayectoria por atracción de las cargas de distinto signo que poseen, disminuyendo su energía cinética, la energía cinética perdida por el

electrón se puede emitir en forma de un fotón de rayos X” (Alcaraz, 2017), como se observa en la Figura 3.

### Figura 3

Representación gráfica de la Radiación de Frenado



Un electrón del haz interactúa con el núcleo de uno de los átomos que forman el blanco, el electrón es desviado de su trayectoria y pierde parte o toda su energía mediante la emisión de un fotón. Fuente: <https://webs.um.es/mab/miwiki/lib/exe/fetch.php?media=t2.pdf>.

### Interacción de la Radiación con la Materia

“Una de las características esenciales de las radiaciones ionizantes (fotones, neutrones, partículas cargadas, entre otras) es su capacidad de penetrar en la materia e interactuar con ella, en estas interacciones, la radiación pierde parte o toda su energía cediéndola al medio que atraviesa mediante distintos mecanismos de interacción que dependen esencialmente del tipo de radiación, de su energía y de las propiedades del medio material con el que interactúan” (Nuclear, 2013).

Estos procesos de interacción de la radiación con la materia son la causa de los efectos producidos por las radiaciones (en particular, los efectos biológicos producidos en seres vivos) y determinan las condiciones de propagación de la radiación en un medio material, así como el diseño de los blindajes apropiados para cada tipo de radiación.

La interacción de la radiación con un material determinado depende fundamentalmente de su carga eléctrica y su masa, por lo que es necesario distinguir entre:

- \* Partículas sin carga y sin masa: Fotones, es decir, radiación gamma y rayos X.
- \* Partículas cargadas “ligeras”: Radiación beta, es decir, electrones y positrones.
- \* Partículas cargadas “pesadas”: Radiación alfa.
- \* Partículas con masa y sin carga: Neutrones.

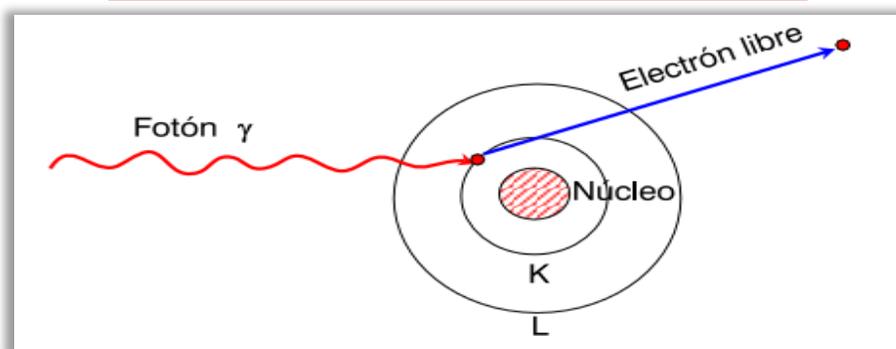
### *Efecto Fotoeléctrico*

“Se produce cuando tiene lugar una interacción entre un fotón y un átomo, representado por uno de sus electrones suficientemente ligado, la consecuencia de una interacción fotoeléctrica es la emisión de electrones (fotoelectrones), debido a la absorción total de la energía del fotón por el electrón ligado, la energía de emisión de los fotoelectrones” (Nuclear, 2013) es:

$$E_f = E_\gamma - E_b \quad (1)$$

Donde  $E_\gamma = h\nu$  es la energía del fotón incidente y  $E_b$  la de ligadura del electrón al átomo. “El átomo residual que resulta tras un efecto fotoeléctrico, es un ión positivo con una vacante en una capa profunda, por lo general la capa K” (Nuclear, 2013). En consecuencia, el fotoelectrón emitido irá acompañado de rayos X característicos, como se muestra en la figura 4.

**Figura 4**  
Representación gráfica del Efecto Fotoeléctrico



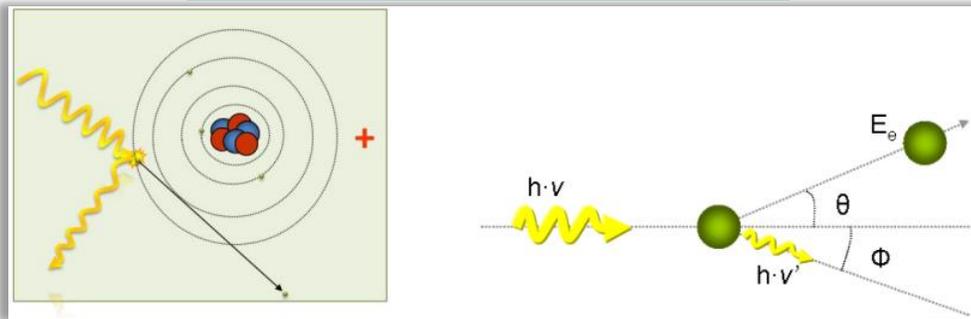
Tipo de interacción de la radiación con la materia, en la que un electrón es desprendido por un fotón Fuente: [http://csn.ciemat.es/MDCSN/recursos/ficheros\\_md/764096047\\_15720091124](http://csn.ciemat.es/MDCSN/recursos/ficheros_md/764096047_15720091124)

### Efecto Compton

“El efecto Compton tiene lugar en la interacción de un fotón y un electrón débilmente ligado al átomo ( $E_b \ll E_\gamma$ ) que se puede considerar como libre, tomándose entonces la colisión como elástica. Al chocar el fotón primario, de energía  $h_\nu$ , el electrón resulta deflectedo un

$$h_\nu = h_{\nu'} + E_e \quad (2)$$

**Figura 5**  
Representación gráfica del Efecto



La interacción de un fotón y electrón resultando un electrón deflectedo con cierto ángulo y energía, siguiendo el principio de conservación de la energía, Fuente: [http://csn.ciemat.es/MDCSN/recursos/ficheros\\_md/764096047\\_1572009112411.pdf](http://csn.ciemat.es/MDCSN/recursos/ficheros_md/764096047_1572009112411.pdf)

ángulo  $\theta$ , y con energía  $E_e$ , mientras que el fotón primario sufre una dispersión según un ángulo  $\phi$  y su energía disminuye en  $h_{\nu'}$ ” (Nuclear, 2013). El principio de conservación de la energía permite escribir, despreciando la energía de enlace del electrón y como se muestra en la figura 5:

### Creación de Pares

“El efecto de creación de pares tiene lugar con fotones de alta energía, y representa un proceso de materialización de energía en el sentido de la Mecánica Relativista” (Nuclear, 2013). El fenómeno que tiene lugar es la desaparición del fotón en el campo del núcleo, y la creación en su lugar de un par positrón-electrón.

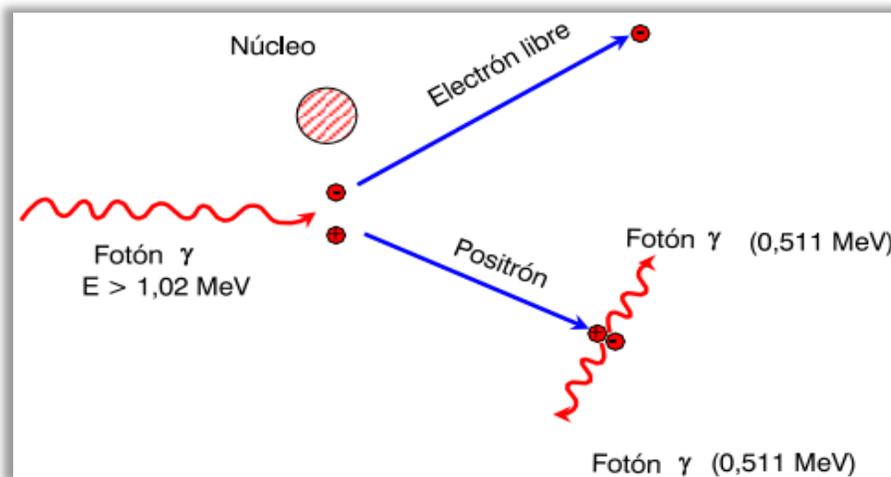
El principio de conservación de la energía se expresa aquí de la forma:

Donde  $E_+$  y  $E_-$  representan respectivamente las energías cinéticas del positrón y del electrón, en la figura 6 se describe en forma de diagrama, el proceso de formación de pares. “La creación de pares es imposible para fotones de energía inferior a 1,02 MeV, por lo que este

$$h\nu = 2m_0c^2 + E_+ + E_- \quad (3)$$

valor supone el umbral energético del proceso. Los positrones resultantes de la creación de pares, al igual que los procedentes de la desintegración beta positiva, se aniquilan al combinarse con electrones en el medio de interacción.

**Figura 6**  
Representación gráfica de Creación de Pares



El fenómeno que tiene lugar es la desaparición del fotón en el campo del núcleo, y la creación en su lugar de un par positrón-electrón Fuente: [http://csn.ciemat.es/MDCSN/recursos/ficheros\\_md/764096047\\_1572009112411.pdf](http://csn.ciemat.es/MDCSN/recursos/ficheros_md/764096047_1572009112411.pdf)

Por esta razón, en la interacción de radiación gamma de alta energía ( $E_\gamma > 1,02 \text{ MeV}$ ), el fenómeno va acompañado de radiación de aniquilación” (Nuclear, 2013).

### Protección Radiológica

“EL objetivo fundamental de la seguridad, es proteger a las personas y el medio ambiente contra los efectos nocivos de las radiaciones ionizantes, este objetivo debe alcanzarse sin limitar indebidamente la operación de instalaciones o la realización de actividades que generan riesgos radiológicos, en consecuencia, el sistema de protección y seguridad tiene por objeto evaluar, gestionar y controlar la exposición a la radiación a fin de reducir en la medida

en que sea razonablemente posible los riesgos radiológicos de efectos en la salud y los riesgos para el medio ambiente” (Organismo Internacional de Energía Atómica, 2016).

En la guía para la práctica médica de radiología convencional e intervencionismo creado por la Comisión Nacional de Energía Atómica (CONEA) Y el Ministerio de Salud (Minsa-Nicaragua) lo cual establece que el personal que realiza la práctica de radiología tiene responsabilidades comunes entre las cuales están:

- Utilizar apropiadamente los medios de protección individual.
- Conocer y aplicar los procedimientos de operación, protección y seguridad formalmente aprobados en la institución.
- Evitar toda exposición innecesaria a la radiación de su persona, otros trabajadores y del público.
- En el caso de trabajadoras, tan pronto estas conozcan o sospechen que se encuentran embarazadas, éstas deberían notificar al titular de autorización sobre su condición;
- Informar al encargado de protección radiológica y al jefe del servicio sobre cualquier situación de riesgo o de accidente.

### **Tomografía**

“La tomografía computarizada por rayos X crea una imagen haciendo girar en torno al paciente una fuente de rayos X y un sensor situado en el lado opuesto. Al atravesar el cuerpo del paciente, los rayos X se desvían y se modifican. Estos pequeños cambios son detectados por el sensor y transformados en una imagen” (OIEA, 2014). Las imágenes resultantes son cortes transversales del cuerpo, que permiten a los médicos crear reconstrucciones tridimensionales del paciente y sus órganos internos.

Existen distintos tipos de tomógrafos convencionales marca Philips como el Access TC, mx16EVO2, Familia iCT y el que se encuentra en el centro hospitalario CT 5000 Ingenuity proporciona los beneficios de alta resolución, escaneo de dosis baja con integración y colaboración elevada, cuidado del paciente.

## Matriz de Riesgo

“La matriz de riesgo es un método sistemático, estructurado, simplificado y conservador que se basa en la aplicación de la ecuación del riesgo que consiste en evaluar la secuencia lógica en la cual ocurren los accidentes, considerando que un determinado error humano o fallo de equipo (suceso iniciador) ocurre con una frecuencia determinada (f).

La instalación o actividad dispone de una o varias defensas o barreras (enclavamientos, alarmas o procedimientos) capaces de detectar y controlar el error o falla y actuar para evitar que el suceso iniciador se convierta en un accidente, sin embargo, siempre existe una determinada probabilidad (P) de que estas barreras puedan fallar, y en tal caso ocurrirá el accidente, y este se manifiesta con unas consecuencias determinadas (C)” (Foro Iberoamericano de Organismos Reguladores Radiológicos y Nucleares, 2016).

*Ecuación de riesgo:*

$$R = F \times P \times C$$

(4)

Para evaluar el riesgo, este método prevé subdividir cada una de las variables independientes de la ecuación de riesgo en varios niveles (Ejemplo: Muy alto, Alto, Medio, Bajo y Muy Bajo). En este sentido, la matriz de riesgo es una representación de todas las combinaciones de los niveles de F, P, C y del nivel de riesgo resultante como se observa en la figura 3 del anexo B.

El nivel de riesgo resultante (R) se obtiene utilizando la combinación lógica de los diferentes niveles de las variables independientes así definidos, es decir, la frecuencia del suceso iniciador (F), la probabilidad de fallo de las defensas previstas (P) y la severidad de las consecuencias (C) que caracteriza a una determinada secuencia de accidente.

“La matriz de riesgo se utiliza como una herramienta para establecer prioridades en la gestión del riesgo de una instalación a partir del análisis combinado de la frecuencia de un evento indeseado y sus consecuencias. Este método, aunque no permite cuantificar el riesgo numéricamente” (Rodríguez, Silva, & Orozco., 2019), hace posible clasificarlo en niveles, lo cual resulta suficiente para establecer prioridades, sin necesidad de análisis de riesgos más precisos y que son mucho más costosos.

### Clasificación según el tipo de medidas de seguridad:

- *Enclavamiento*: Son sistemas o dispositivos tecnológicos que cumplen una función de protección y son capaces de detectar automáticamente una condición insegura y actuar automáticamente para restablecer las condiciones de seguridad.
- *Alarmas*: Son señales sonoras, visuales que advierten de la presencia de una condición insegura y facilitan la toma de decisiones por parte del operador, pero requieren de la participación humana.
- *Procedimientos*: Son instrucciones escritas, que describen cómo realizar las tareas de cada área y sus equipos con el fin de evitar errores o desviaciones en las diferentes etapas de dicho proceso (FORO, 2016).

En cuanto a las medidas de seguridad el Foro Iberoamericano de Organismos Reguladores Radiológicos y Nucleares junto con sus miembros del FORO (consejo de seguridad nuclear (CSN), Autoridad Regulatoria Nuclear (ARN), y entre otros miembros) las clasifica en barreras y según el momento de actuación en la secuencia accidental detalla a continuación:

- *Barreras tipo 1*: Enclavamiento
- *Barreras tipo 2*: Alarmas
- *Barrera tipo 3*: Procedimientos de trabajo ejecutados por personas diferentes a quienes pueden desencadenar el suceso iniciador.
- *Barrera tipo 4*: Procedimientos de trabajo ejecutados por la misma persona que desencadena el suceso iniciador, pero en etapas o momentos diferentes

Las medidas de seguridad se pueden clasificar también en función del momento en que se produce su actuación respecto a la secuencia accidental

- *Reductores de frecuencia*: Son aquellas medidas encaminadas a evitar y prevenir que ocurra un suceso iniciador; por lo tanto, actúan antes de que el suceso iniciador haya ocurrido. Su eficacia se manifiesta en una reducción de la frecuencia de dicho suceso (FORO, 2016).
- *Barreras*: Son aquellas medidas de protección previstas para evitar o reducir las consecuencias de un accidente a partir del suceso iniciador (Centro Nacional de Seguridad Nuclear, 2012).

- *Reductores de consecuencias*: Son aquellas medidas encaminadas a detectar y mitigar las consecuencias de una exposición accidental. Los reductores de consecuencias actúan después de que haya ocurrido el suceso y se hayan comenzado a manifestar las consecuencias (FORO, 2016) .

## 2.3 Marco conceptual

### Protección Radiológica

“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. El objetivo primario de la protección radiológica es proporcionar un estándar apropiado de protección para las personas y el medio ambiente sin limitar indebidamente las prácticas beneficiosas que dan lugar a la exposición a la radiación” (CSN, 2019).

### Tomografía computarizada

“Una tomografía computarizada combina una serie de radiografías que se toman desde diferentes ángulos alrededor del cuerpo y utiliza el procesamiento informático para crear imágenes (o cortes) transversales de los huesos, vasos sanguíneos y tejidos blandos que hay en el cuerpo” (Mayo Clinic, 2021).

### Matriz de Riesgo

“Es un método sistemático, estructurado, simplificado y conservador que se basa en la aplicación de la ecuación del riesgo y consiste en evaluar la secuencia lógica en la cual ocurren los accidentes, considerando que un determinado error humano o fallo de equipo (suceso iniciador) ocurre con una frecuencia determinada” (FORO, 2016).

## 2.4 Marco legal

Las evaluaciones de seguridad se realizan como medio para verificar el cumplimiento de los requisitos de seguridad y de esa manera la aplicación de los principios fundamentales de seguridad (justificación, optimización y límite de dosis) pero en nuestro son niveles orientativos en todas las instalaciones y actividades y con el fin de determinar las medidas que será necesario adoptar para fortalecer la seguridad.

Por otra parte, en el reglamento técnico de protección contra las radiaciones ionizantes de la república de Nicaragua sección III optimización de la protección y seguridad, Art.28 establece que, ‘‘El proceso de optimización de las medidas de protección y seguridad puede abarcar desde análisis cualitativos de naturaleza intuitiva hasta análisis cuantitativos apoyados en técnicas de ayuda para la toma de decisiones, pero deberá permitir tener en cuenta de manera coherente todos los factores de interés a fin de contribuir al logro de los objetivos siguientes.....’’.

Por otro lado, la ley N° 156 ‘‘ley sobre radiaciones ionizantes’’ en el Art. #1 establece que, esta ley tiene como objeto regular supervisar y fiscalizar todas las actividades relacionadas con el uso de los radioisótopos y radiaciones ionizantes en sus diversos campos de aplicación, a fin de proteger la salud, el medio ambiente, los bienes públicos y privados.

El Art. #2 establece que, las disposiciones de esta ley son aplicables en todo el territorio nacional y de obligatorio cumplimiento por las personas naturales o jurídicas, nacionales o extranjeras, lo mismo que para instituciones estatales, entidades descentralizadas, autónomas o semiautónomas, que realicen cualesquiera de las actividades siguientes: Instalar y/u operar equipos generadores de radiaciones ionizantes, irradiar alimentos u otros productos, producir, usar, manipular, aplicar, transportar, comercializar, importar, exportar o tratar sustancias radiactivas, u otras actividades relacionadas con la misma.

El Art #6 establece que, todas las instalaciones de construcciones y/o instalaciones donde se apliquen radiaciones ionizantes deberán ser autorizadas previa revisión de los aspectos de diseños, construcción, sistema de seguridad y radio protección, conforme a las disposiciones reglamentarias que se emiten para el efecto.

## 2.5 Hipótesis

El aplicar una evaluación por medio de matriz de riesgo basada en la aplicación de normas del OIEA, reglamento y guías de la CONEA, MINSA, en el marco de protección radiológica se podrá identificar y mitigar los posibles accidentes durante la práctica de estudios radiológicos en la sala de tomografía del centro hospitalario de Managua.

## Capítulo III

### III. Diseño metodológico

#### 3.1 Tipo de estudio

El estudio se realizó en el área de física médica, Protección Radiológica, el tipo de estudio es descriptivo, debido a que se ajusta a lo indicado por Sampieri “Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es indicar cómo se relacionan éstas de manera.” (Sampieri, Collado, & Lucio, 2014).

Por su temporalidad es transversal, porque se aplicará en un tiempo establecido acorde con la teoría que expresa: “Los diseños de investigación transeccional o transversal recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único (Liu, 2008 y Tucker, 2004). Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento” (Sampieri, Collado, & Lucio, 2014).

Sampieri también define los estudios según su enfoque:

“Los métodos mixtos representan un conjunto de procesos sistemáticos, empíricos y críticos de investigación e implican la recolección y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos, así como su integración y discusión conjunta, para realizar inferencias producto de toda la información recabada (meta inferencias) y lograr un mayor entendimiento del fenómeno bajo estudio (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2008)” (Sampieri, Collado, & Lucio, 2014).

De lo anterior se fundamenta que es una investigación con enfoque mixto al haberse utilizado métodos cuantitativos como la encuestas a pacientes y TOEs en las que se examinó sobre el nivel de conocimiento sobre radiaciones ionizantes, incluyendo métodos cualitativos como las entrevistas a los encargados de radiología del centro hospitalario x, estableciendo los riesgos por medio de una matriz en la sala de tomografía computarizada (TC) en el centro hospitalario Managua-Nicaragua.

El estudio fue experimental puesto que se trabajará con datos de pacientes que recibieron atención en las unidades de radiodiagnóstico en el área de tomografía computarizada (TC) en el periodo comprendido entre de julio al 23 de agosto en el centro hospitalario x en la ciudad de Managua-Nicaragua.

### 3.2 Área de estudio

El área de estudio por lo organizacional de las líneas de investigación de la Unan-Managua se encuentra en la línea CNE-3: Aplicaciones de las ciencias exactas y sub línea de investigación 3.2: Física aplicada, que incluye las áreas del saber a la física médica y la protección radiológica (Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, 2021) .

Por lo técnico el objeto de estudio estará enfocado en los TOEs y pacientes atendidos en la sala de tomografía computarizada, dirigido a la especialidad de protección radiológica y geográficamente ubicado en el centro hospitalario X de Managua-Nicaragua.

### 3.3 Universo de estudio

El universo de esta investigación son todos los nicaragüenses que fueron atendidos en el área diagnóstico por imagen con TC.

### 3.4 Muestra

La población son las personas atendidas en el área de diagnóstico por imagen con TC durante un semestre, en este caso nos referiremos a la cantidad de personas atendidas el semestre anterior 5 464 personas basados en la carga de trabajo del equipo, la muestra se obtendrá por medio de la ecuación tomada de la publicación Criterios para determinar el Tamaño de Muestra en Estudios Descriptivos.

$$n = \frac{EEDF * N_p(1 - p)}{\left( \frac{d^2}{z^2_{1-\frac{\alpha}{2}}} \right) * (N - 1) + P(1 - P)} \quad (4)$$

En la tabla 1 se presentan los parámetros estadísticos para el cálculo de la muestra de la anterior ecuación:

Tabla 1. Parámetros estadísticos para el cálculo de muestra

#### Tamaño de la muestra para la frecuencia en una población

Tamaño de la población (para el factor de corrección de la población finita o fcp)(N):	5464
frecuencia % hipotética del factor del resultado en la población (p):	50%+/-5
Límites de confianza como % de 100(absoluto +/-%)(d):	5%
Efecto de diseño (para encuestas en grupo-EDFF):	1

#### Tamaño muestral (n) para Varios Niveles de Confianza

Fuente: [https://www.openepi.com/Menu/OE\\_Menu.htm](https://www.openepi.com/Menu/OE_Menu.htm)

De los datos obtenidos por la ecuación anterior se presenta la tabla 2 que representa las muestras para los diferentes intervalos de confianza, basándose en el intervalo de confianza se decide tomar una muestra de 359 personas para una muestra de 5464 pacientes.

Tabla 2. Valores de tamaño de muestra para intervalos de confianza

<b>Tamaño muestral (<i>n</i>) para Varios Niveles de Confianza</b>	
<b>IntervaloConfianza (%)</b>	<b>Tamaño de la muestra</b>
95%	359
80%	160
90%	258
97%	434
99%	592
99.9%	904
99.99%	1186

Fuente: <https://www.openepi.com/SampleSize/SSPropor.htm>

### 3.5 Matriz de operacionalización de Variables Independientes.

Objetivo	Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Instrumento
Identificar el nivel de conocimiento de los posibles riesgos de las radiaciones ionizantes a los TOEs y pacientes.	Nivel de conocimiento	El ser humano puede captar un objeto en tres diferentes niveles: sensible, conceptual y holístico. (Neill & Cortez, 2018)	Los conocimientos en sus tres niveles se analizan de formas distintas:	Sentidos.	Percepción del riesgo de radiaciones ionizantes.	Entrevista. Encuesta
			El conocimiento sensible permite conocer por medio de los sentidos.	Experiencia	Interacción con exposiciones a radiación ionizante	
			El conocimiento conceptual está vinculado con la capacidad de establecer	Conceptos	Dominio de conceptos vinculados a las radiaciones ionizantes.	

			conceptos y representarlos por símbolos.	Representación con símbolos	Conocimiento de símbolos relacionados con las radiaciones ionizantes.	Entrevista. Encuesta
			El holístico es el que comprende la totalidad del fenómeno, cada proceso involucrado.	Fenómeno	Conocimiento de la interacción de la radiación con la materia y sus efectos en la salud.	
				Procesos.	Conocimiento de procesos al realizar procedimientos de TC.	

	Riesgos	Magnitud multiatributiva con la que se expresa un riesgo en sentido general, peligro o posibilidad de consecuencias nocivas o perjudiciales vinculadas a exposiciones reales o potenciales (Ministerio de Salud (MINSA), 2012)	El riesgo se puede calificar por medio del peligro o posibilidad de consecuencias nocivas o perjudiciales vinculadas a exposiciones reales o potenciales	Posibilidad de consecuencias nocivas	Cálculo de probabilidad	Entrevista. Encuesta
	Radiación ionizante	Para los fines de protección radiológica, es la radiación capaz de producir pares de iones en materiales biológicos (Ministerio de Salud (MINSA), 2012).	Nivel de exposición a la radiación en diagnóstico	Exposiciones reales o potenciales.	Uso de protocolos de seguridad	
				Diagnósticos	Frecuencia de utilización de TC para	

					diagnósticos para pacientes.	
	TOEs	Toda persona que desarrolle actividades relacionadas directamente con el uso, manejo o manipulación de sustancias radiactivas u opere equipos generadores de radiaciones ionizantes (Instituto de Salud Publica de Chile, 2016).	Personas que desarrollan actividades vinculadas a la TC en el centro hospitalario x	Médicos de área de TC	Uso de protocolos. Conocimiento de normas, guías y reglamentos nacionales e internacionales sobre protección radiológica.	Entrevista. Encuesta
				Técnicos de área de TC		
	Paciente	Persona que padece física y corporalmente, y especialmente quien se halla bajo atención médica (Real Academia Española, 2020).	Personas que reciben diagnostico por medio de TC.	Personas	Conocimiento de las personas que reciben atención en el área de TC de las radiaciones	

					ionizantes y su interacción con el cuerpo humano.	Entrevista. Encuesta
				Diagnostico	Frecuencia de realización de diagnóstico.  Tipo de Diagnostico con TC	
Describir los riesgos basados en las normas y guías del OIEA, guías y reglamentos CONEA Ministerio de	Normas	Principio que se impone o se adopta para dirigir la conducta o la correcta realización de una acción o el correcto desarrollo de una actividad (LEXICO, 2021).	Cumplimiento de aplicación de Normas de seguridad del OIEA para la protección de las personas y el medio ambiente:	Normas OIEA	Observación de aplicación de Normas de seguridad del OIEA para la protección de las personas y el medio ambiente:	Lista de cotejo

salud de Nicaragua MINSA	Guías	Una guía es algo que tutela, rige u orienta puede ser el documento que incluye los principios o procedimientos para encauzar una cosa o el listado con informaciones que se refieren a un asunto específico (Porto & Merino., 2013).	Cumplimiento de aplicación de Guías para la práctica médica radiológica convencional e intervencionista de CONEA, MINSA	Guías de CONEA, MINSA	Observación de aplicación de Guías de CONEA, MINSA	
	Reglamentos	El reglamento es un conjunto de reglas o normas emitido por las autoridades pertinentes y que regulan un sector en concreto, es una técnica legislativa que desarrolla en profundidad otras leyes (Trujillo, 2021).	Cumplimiento de aplicación de Reglamento técnico de protección contra la radiación ionizante de la República de Nicaragua CONEA, MINSA	Reglamento de CONEA, MINSA	Observación de aplicación de reglamento de CONEA, MINSA	
Diseñar una matriz de riesgo al centro	Evaluación	Acción y efecto de evaluar (Real Academia Española, 2020).	Proceso de reevaluar procedimientos	Procedimientos	Observación de cumplimiento de procedimientos	Lista de cotejo.

hospitalario x evaluando el área completa de TC.					presentes en normas, guías y reglamentos nacionales e internacionales.	
	Matriz de riesgo	La matriz de riesgo es un método sistemático, estructurado, simplificado y conservador que consiste en evaluar la secuencia lógica en la cual ocurren los accidentes, considerando un determinado error humano o fallo de equipo (Rodríguez, Silva, & Orozco, Evaluacion de Seguridad Radiologica Por medio de una Matriz de Riesgo en un laboratorio prestador de servicio en el periodo del 10 de enero al 21 de marzo de 2019, 2019).	El diseño de la matriz de riesgo en el área de TC permitirá evaluar la secuencia lógica por la cual podrían ocurrir accidentes, por error humano, o fallo de equipo, incluyendo destres naturales.	Accidentes por errores humanos	Protocolos Procedimientos Conocimiento sobre protección radiológica e interacción de la radiación con la materia.	Encuesta Entrevista Lista de cotejo.
				Fallo de equipo	Protocolos. Mantenimiento de equipos Control de calidad.	Encuesta Entrevista Lista de cotejo.

				Desastres naturales.		
--	--	--	--	----------------------	--	--

### **3.6 Técnicas e Instrumentos de Recolección de la Información.**

Para realizar la investigación se realizó entrevista semiestructurada al jefe de radiología y físico médico del centro hospitalario, al personal médico y técnico se destinó encuestas semi abierta, al igual que a los pacientes que son parte de la muestra la cual fue del tipo aleatorio, además de una lista de cotejo que se diseñó con base en normativas nacionales e internacionales.

Para el análisis de las encuestas se utilizó el programa SPSS versión 25, únicamente con el interés de realizar el procesamiento de datos estadísticos descriptivos, no para hacer inferencia ni ningún tipo de predicción al no ser el interés de este trabajo y posteriormente se empleó una matriz de evaluación de riesgo para presentar los hallazgos encontrados in situ que validará la hipótesis alternativa de la investigación.

## Capítulo IV

### 4.1 Análisis y discusión de resultados

Es importante detallar que el total de instrumentos son 4, para los pacientes que llegaron a realizarse estudios de tomografía computarizada, médico de base y residentes del área de radiología, técnicos radiólogos y la entrevista al jefe del área de radiología. Posteriormente se detallará el resultado de la aplicación de la matriz de riesgo y la lista de cotejo sobre si el centro cumple con los requisitos según guías y normas.

#### Análisis de las encuestas

En la sección de las encuestas para los pacientes que se realizaron diferentes estudios de tomografía axial y helicoidal, se obtuvo los siguientes resultados:

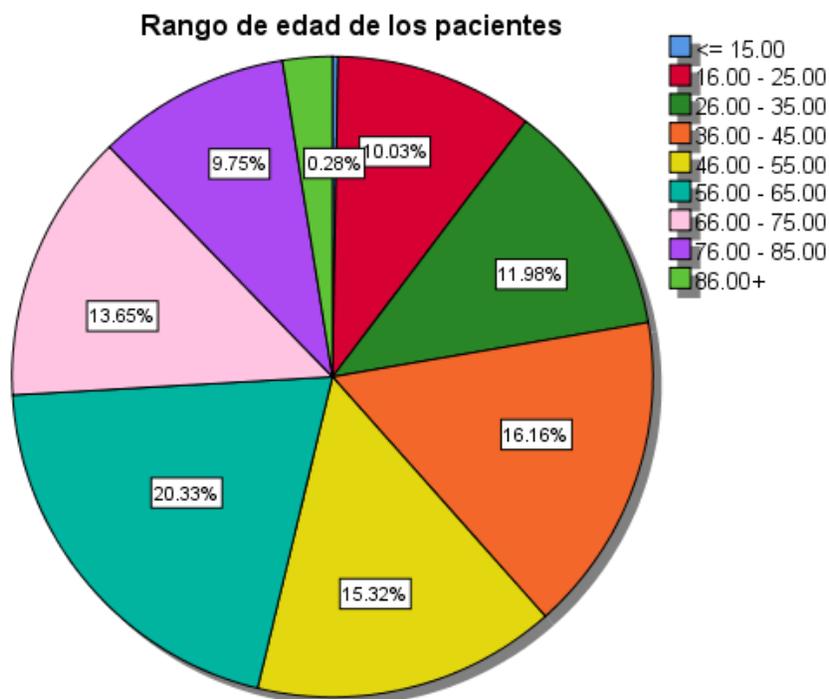
Es muy importante mencionar, que el programa estadístico SPSS, da como resultados la cantidad de respuestas cuando es una pregunta de selección múltiple, por lo que, si son 359 encuestados para este instrumento y hay preguntas de selección múltiple puede contar que el total fueron más de 359 respuestas o menos, porque más de uno de los encuestados escogió a una o todas las respuestas que para el sean correctas, pero la muestra de los encuestados se detalla antes de cada instrumento.

- En el acápite de datos impersonales de cada paciente, según instrumento empleado, se obtuvo lo siguiente:

La muestra fue de 359 pacientes, dentro del género femenino se obtuvieron 212 pacientes equivalente al 59.1% y el género masculino con 147 pacientes encuestados con un número de 40.9%, esto nos da como resultado el 100% detallado en la tabla 3 de anexo C, cabe mencionar que en la sección de diseño metodológico se encuentra la ecuación 5 tomada de la publicación criterios para determinar el tamaño de muestra en estudios descriptivos refiriéndonos a la cantidad de personas atendidas en el segundo semestre del año 2021.

Como se puede observar en el gráfico 1 de pastel, tenemos diferentes rangos de edades, que empiezan desde los 15 años que equivale al 0.28% en otras palabras solo en ese rango de edad se encuesta a 1 persona, las edades que más se atendieron y encuestaron rondan en las edades de 66 a 65 años que del 100% nos muestra que es el 20.33% de la población.

**Gráfico 1**  
Resultados estadísticos de las edades de los pacientes



Fuente: Diseño propio

En el gráfico 2 que se encuentra en anexo C, con ayuda del sistema estadístico SSPS obtenemos diferentes rangos de estaturas desde 1.40 metros siendo la mínima y la máxima de 2.48 metros dentro de la serie de datos adquiridos, teniendo en cuenta que la mayoría de los encuestados rondan en estaturas de 1.41 a 1.60 metros y en el 41.78% se encuentran estaturas desde 1.61% a 1.80%; De acuerdo con el Nuevo Diario “al 2014 la estatura promedio de un hombre nicaragüense era de 1.66 metros y de las mujeres 1.54 metros (El NUEVO DIARIO, 2016).

Como se observa en el grafico 3 del anexo C, se obtuvieron diferentes datos de pesos corporales, dentro de ellos se destaca que un 62.12% tienen peso 119 lb a 168 lb, el peso corporal más bajo que arrojaron los datos recolectados fue de 70 lb y el más alto con 266 lb a 315 lb. Por otra parte, en la tabla 4, se observan los diferentes resultados de las distintas tallas de pantalones, el 19.8% con talla de pantalón 30 lo que equivale a 71 pacientes de ambos géneros, en cambio 58 pacientes tallan 32 y entre otras diferentes tallas como se observa en la tabla 4 del anexo C.

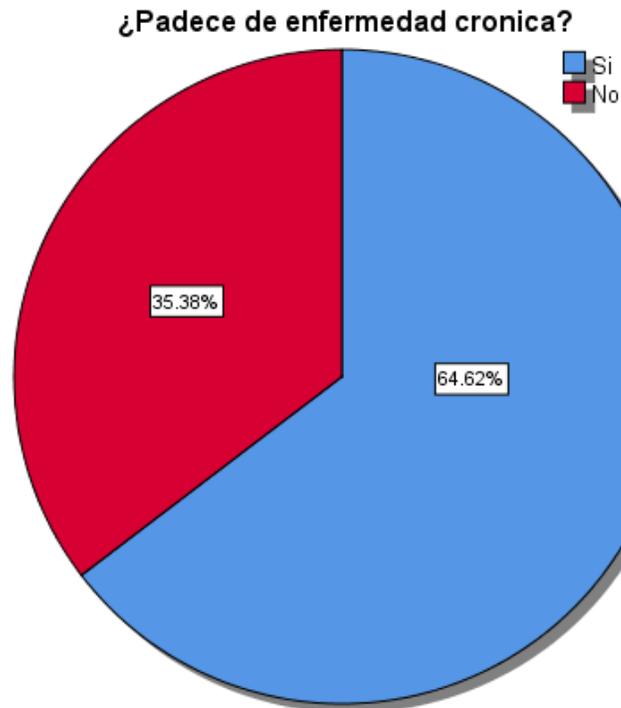
Otro de los datos personales que se le cuestiono al paciente, era su talla de camisa, en la tabla 5 del anexo C tenemos diferentes resultados, entre ellos, la gran mayoría de los pacientes que en total fueron 115 son talla M, el 96 talla L y lo equivalente al 15.3% son talla S, entre las diferentes tallas que se pueden detallar en la tabla 5.

Por otra parte, se les pregunto de que departamento del país, la gran parte de los pacientes encuestados procedían de Managua y con un 10.31% del departamento de Masaya, de igual forma como se observa en el grafico 4 ciertas cantidades de pacientes vienen de los diferentes departamentos y regiones a hacerse diferentes procedimientos, incluyendo este tipo de estudio como se detallan en el grafico 4 de barras del anexo C.

Como podemos detallar, una gran cantidad equivalente a 232 personas padecen de alguna enfermedad crónica como se puede observar en el grafico 5, el cual si la respuesta era afirmativa en la interrogante 2 del instrumento 1(anexo A) se detallan las diferentes enfermedades y que cantidad de pacientes encuestados padecen de diferentes afectaciones.

### Gráfico 5

Resultados estadísticos sobre la interrogante de padecimiento de enfermedad crónica



Fuente: Diseño propio

Posteriormente si el paciente escogía la respuesta afirmativa, se describían en la posterior opción las diferentes posibles enfermedades, se obtuvieron un total de 400 respuesta, ya que es una interrogante de respuestas de selección múltiple lo cual lo presentado en la tabla 6 es la cantidad de frecuencia en que se escogió una de las opciones como se detalla en la tabla 6 con su respectivo porcentaje.

Esto nos quiere detallar que más de una persona padece de más de una de las enfermedades, el 33% padecen de cáncer (colon, recto, mama, ovarios, faringe, laringe, sarcomas, linfoma de Honking, etc.), el 22.8% hipertensión y seguidamente de diferentes enfermedades detalladas en la tabla 4 como diabetes, hipertensión, insuficiencia respiratoria, EPOC entre otros.

**Tabla 6**

Resultados estadísticos de las enfermedad o enfermedades que padecen los pacientes encuestados

Enfermedades	Frecuencia absoluta	Porcentaje (%)
Hipertensión	91	22.8
Diabetes Mellitus	44	11
Enfermedades Reumática	24	6
Asma Bronquial	13	3.3
Enfermo Cardíaco	26	6.5
Epilepsia	6	1.5
Insuficiencia Renal Crónica	33	8.3
Enfermedad psiquiátrica	5	1.3
Enfermedades de la Toroide	11	2.8
EPOC (Enfisema)	10	2.5
Enfermedad Inmunológica	5	1.3
Cáncer	132	33
Total	400	100

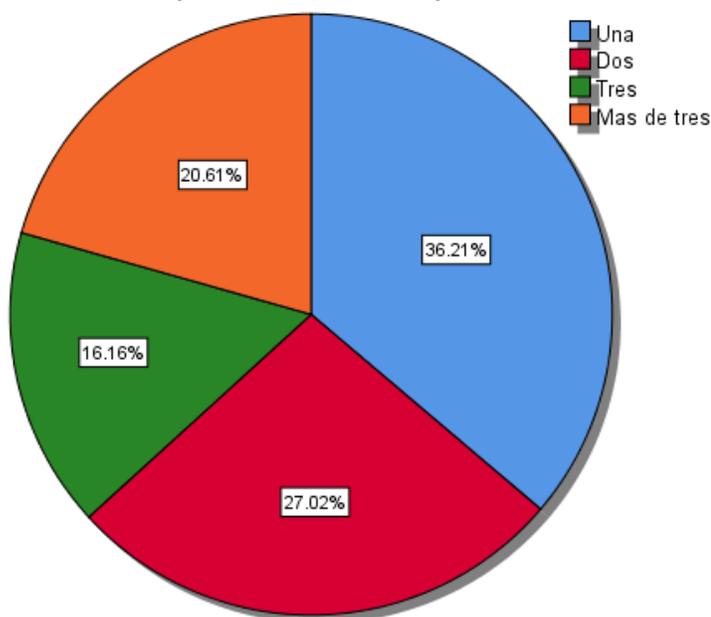
Fuente: Diseño propio

En la interrogante 3 del instrumento para pacientes, obtenemos diferentes resultados como se pueden apreciar en el gráfico 6 detallados en diferentes porcentajes, en primer lugar 130 pacientes se realizaron por primera vez ese tipo de estudio, seguidamente un total de 97 pacientes lo hacían por segunda vez, por otra parte 74 pacientes se habían realizado más de tres tomografías en el lapso de un corto tiempo o en la trayectoria de su vida.

### Gráfico 6

Resultados estadísticos sobre la interrogante número 3 del instrumento dirigida a pacientes

¿Cuántas tomografías computarizadas se ha realizado en su vida?  
Marque con una X su respuesta



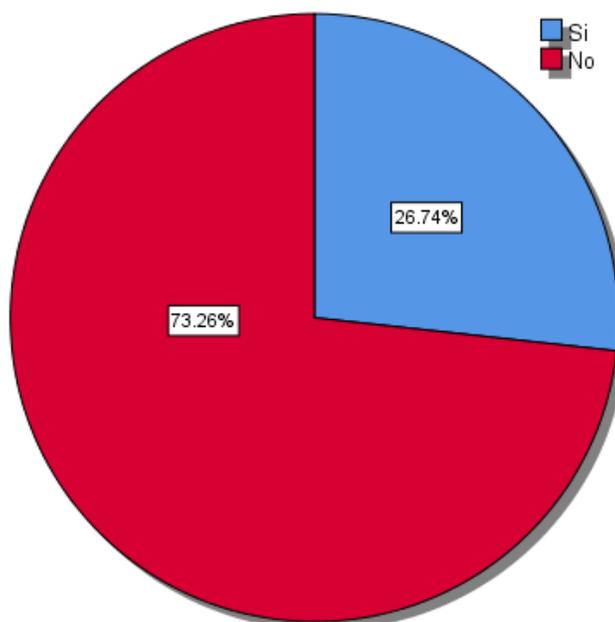
Fuente: Diseño propio

Así mismo en la interrogante 4 se buscó indagar sobre el conocimiento sobre los posibles efectos de la radiación, ya sean que lleguen a algún efecto estocástico o determinístico, lo cual se planteó una pregunta cerrada, el 73.26% de los pacientes encuestados que se realizan estos tipos de estudios no tienen conocimientos sobre de que se trata los efectos de las radiaciones ionizantes y el 26.74% si tiene conocimientos sobre estos efectos como se observa en el gráfico 7.

### Gráfico 7

Resultados estadísticos sobre la interrogante número 4 del instrumento dirigida a pacientes

**¿Usted conoce sobre los posibles efectos de exposición a técnicas de radio diagnóstico como la tomografía computarizada? Marque con una X su respuesta.**



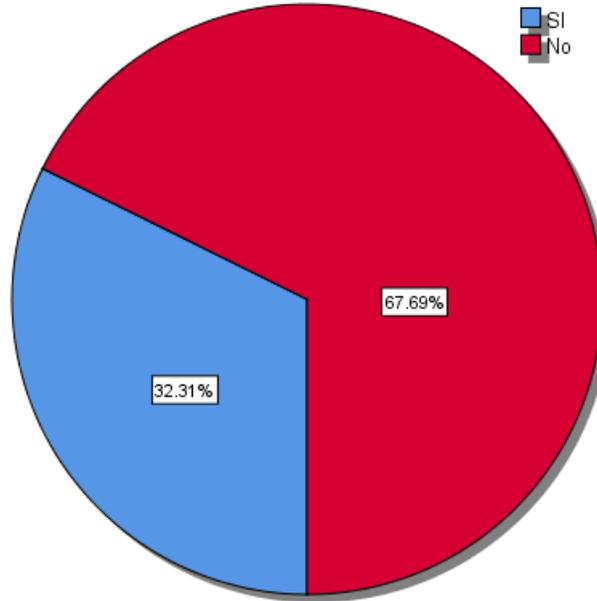
Fuente: Diseño propio

En los diferentes porcentajes como se observa en el gráfico 8, el 67.69% no pueden reconocer las diferentes zonas con radiación ionizante esto es un equivalente de 243 pacientes de la muestra de 359 pacientes encuestados y el 32.31% si reconoce estas diferentes zonas con radiación.

### Gráfico 8

Resultados estadísticos sobre la interrogante número 5 del instrumento dirigida a pacientes

¿Puede diferenciar la simbología que existe para representar las zonas con radiación?



Fuente: Diseño propio

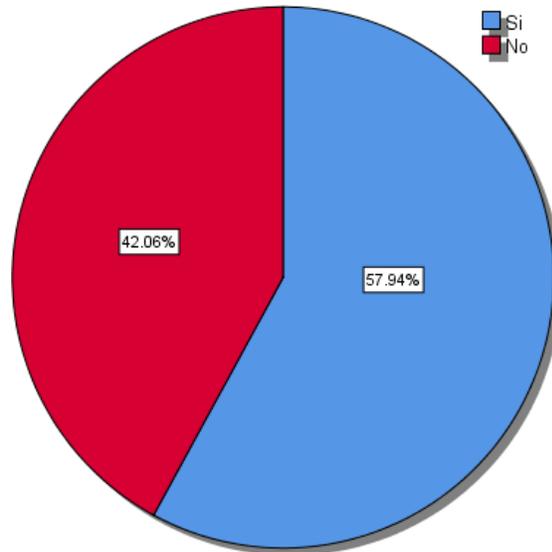
En el gráfico 9 del anexo C de la interrogante 6 del instrumento, el 92.20% de los pacientes no han tenido ninguna reacción alérgica hacia el medio de contraste empleado durante el procedimiento de tomografía, cabe mencionar que 28 personas más de una vez o solamente una vez experimentaron una situación alérgica.

En esta sección de la interrogante 7 con un 57.94% que equivale a 208 pacientes como se observa en el gráfico 10, optó a una respuesta afirmativa y evidentemente el médico tratante le explica de que se trata el estudio de tomografía que le iban a realizar, cabe mencionar que al resto de pacientes encuestados con un 42.06% seleccionó 'NO', dado que los Médicos tratantes no definían de que se trataba el estudio de tomografía.

### Gráfico 10

Resultados estadísticos sobre la interrogante número 7 del instrumento dirigida a pacientes

¿El medico me explica en que consiste la tomografía computarizada antes de pasar al área de radiología?



Fuente: Diseño propio

En el gráfico 11 del anexo C, se observan diferentes resultados sobre la atención recibida del personal del centro hospitalario, la respuesta más sobresaliente con un 67.13% de la población encuestada reitero que la atención fue excelente de parte del personal, otros pacientes con un 22.84% muy buena, el 7.52% buena, entre el 1.11% y 1.39 % seleccionaron regular y prefiero no contestar.

En la última interrogante del instrumento se obtuvieron diferentes resultados como se puede observar en el gráfico 12, 197 pacientes no tienen antecedente familiar de cáncer en cambio 25 pacientes dieron una respuesta afirmativa y describieron los diferentes canceres como, por ejemplo: cáncer de colon, mama, próstata, recto, esófago, laringe, hueso, diferentes tipos de carcinoma, linfoma de Hondking, tiroides, genitales entre otros.

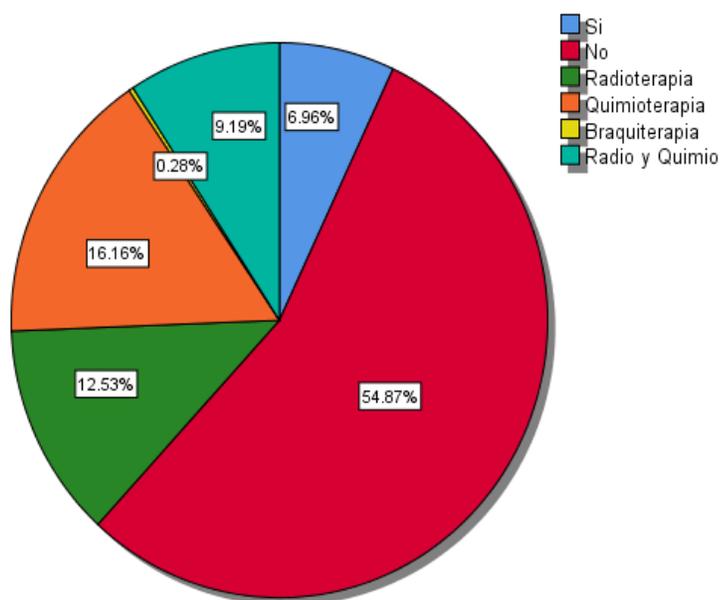
Es importante destacar que muchos de los pacientes teniendo o no antecedentes familiares de cáncer están siendo sometidos a tratamiento por algún cáncer ya diagnosticado entre las cifras obtenidas tenemos que el 16.2% están activamente recibiendo quimioterapia, el 12.5% radioterapia, el 9.2% una combinación de Radioterapia-Quimioterapia que en el instrumento

existen 5 opciones descritas se implementó en el análisis una más como se observa en el gráfico 12, dado a que varios de los pacientes encuestados detallaron que estaban recibiendo 2 tipos de terapias se agregó a las opciones y solo el 0.3% braquiterapia.

### Gráfico 12

Resultados estadísticos sobre la interrogante número 9 del instrumento dirigida a pacientes

¿Tiene antecedentes de cáncer? en caso afirmativo escriba el tipo indicar si el tratamiento incluyo marcando con una x las siguientes opciones



Fuente: Diseño propio

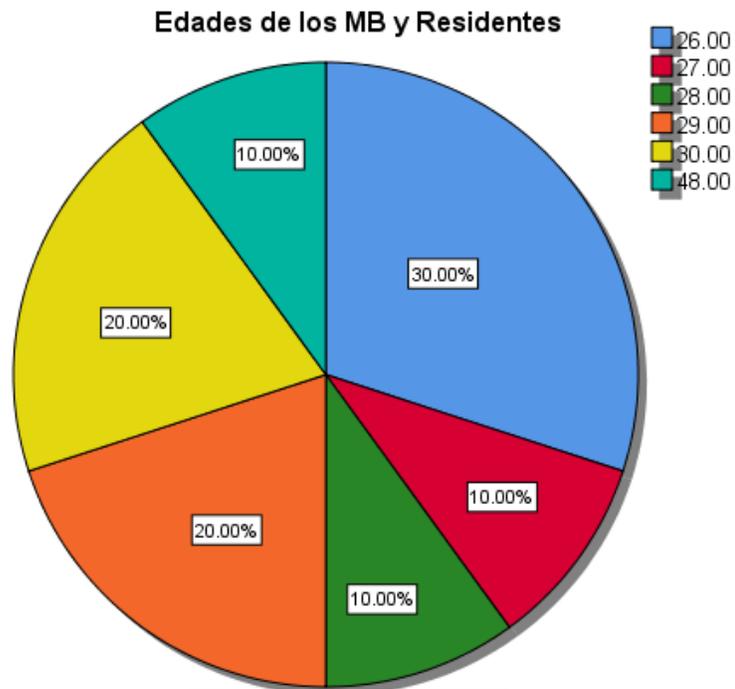
- En el instrumento número 2, se realizaron diferentes interrogantes con temas de conocimientos básicos de protección radiológica, sobre las guías, normativas y el reglamento técnico de protección contra las radiaciones ionizantes de la Republica de Nicaragua, cabe mencionar que se encuestaron a 10 Médicos, entre Médicos de bases con su respectiva especialidad en Radiología y Médicos residentes del área de Radiología del centro hospitalario X de Managua-Nicaragua.

En la sección de preguntas impersonales se obtuvieron diferentes rangos de edades, destacando que el 70% de los encuestados son femeninas y el 30% Masculinos; como se pueden detallar en la tabla 7 de anexo C, 7 féminas y 3 Masculinos.

En el gráfico 13 se obtuvieron los diferentes rangos de edades de los Médicos de bases y Residentes de Radiología, existe un rango de edad de 26 años hasta 48 años, es importante mencionar que 3 de los Médicos encuestados tienen la edad de 26 años, y solamente 1 persona tiene una edad de 48 años de vida.

**Gráfico 13**

Resultados estadísticos de edades de los Médicos Especialistas y Residentes de Radiología encuestados



Fuente: Diseño propio

El 50%, 20% y 10 % de los médicos del área de radiodiagnóstico tiene entre 1, 2, 3 años de experiencia laboral dentro de esta área respectivamente a como se observa en el gráfico 14, en cambio un 10% como mínimo entra dentro de los 8 meses de experiencia y como máximo una cantidad de 17 años de experiencia laboral.

**Gráfico 14**

Resultados estadísticos de experiencia laboral de los Médicos Especialistas y Residentes de Radiología encuestados

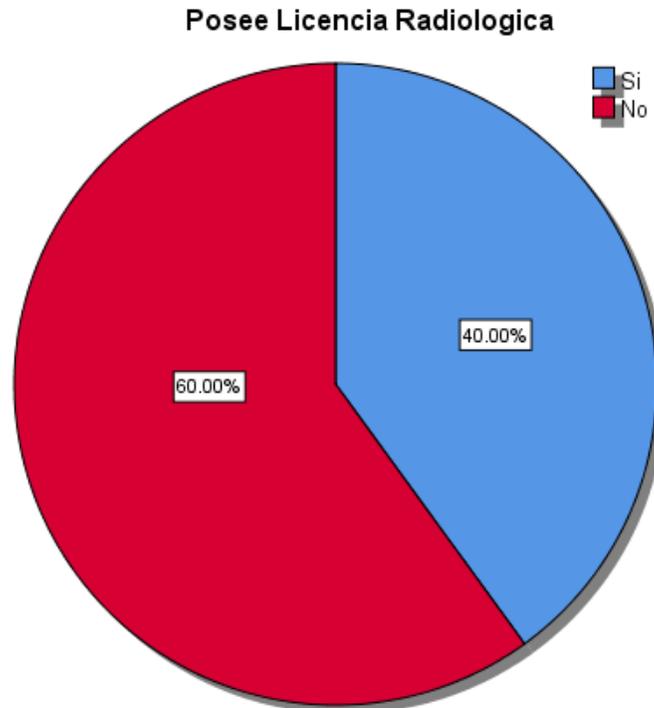


Fuente: Diseño propio

De los 10 Médicos (MB-Residentes) encuestados el 60% no posee licencia, en otras palabras, no han realizados cursos para tener licencia de operaciones de equipos de rayos X en cambio el 40% si lo ha realizado como podemos observar en el gráfico 15.

### Gráfico 15

Resultados estadísticos de posesión de licencia laboral de los Médicos Especialistas y Residentes de Radiología encuestados



Fuente: Diseño propio

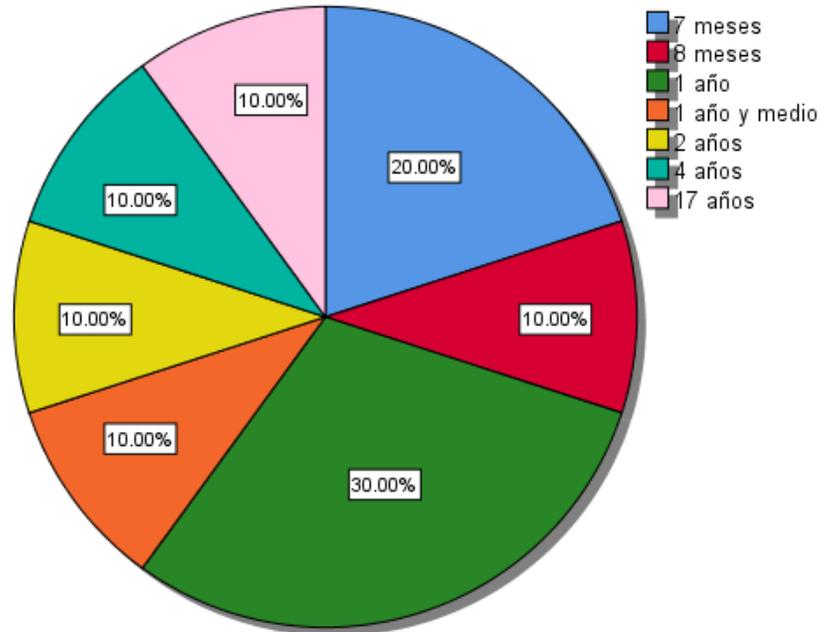
Muchos de los médicos del área de Radiología no cuentan con estudios de posgrado, algunos de ellos están en el proceso de finalizar su especial, como podemos observar en el gráfico 16 de anexo C con un 60% no cuentan con este tipo de estudios, en cambio el 40% si los tiene, puede haber diferentes factores personales que influyan a que los médicos radiólogos encuestados no han realizados estudios de posgrado.

En la interrogante 2, obtuvimos que, del total de los encuestados, un 30% tiene un año de experiencia tomando decisiones relacionadas a Radiodiagnóstico como podemos observar en el gráfico 17, el 20% 7 meses, 10% 1 año y 6 meses, en cambio 30% tiene de experiencia entre 2, 4 y 17 años ,7 u 8 meses tomando decisiones en relación para mejorar la salud de los pacientes.

### Gráfico 17

Resultados estadísticos sobre interrogante número 2 a los Médicos Especialistas y Residentes de Radiología encuestados

**¿Con cuántos años de experiencia cuenta utilizando métodos de radiodiagnóstico para la toma de decisiones al diagnosticar pacientes?**



Fuente: Diseño propio

En la sección de la interrogante 3 referida a conceptos de protección radiológica, se tuvo un total de 53 respuestas, entre ellas el 18.9% conoce sobre dosimetría, el 30.2% sobre límite de dosis y efectos estocásticos, 26.4, 13.2% sobre blindaje de las radiaciones ionizantes y 15% sobre factores de ponderación de órgano y dosis como se detalla en la tabla 8.

**Tabla 8**

Resultados estadísticos de la interrogante 3 hacia los Médicos Especialistas y Residentes de adiolgía encuestados

Conceptos	Numero de Respuestas	Porcentaje
Dosimetría	10	18.90%
Limitación de dosis	8	15.10%
Efectos estocásticos	8	15.10%
Blindaje	7	13.20%
Efectos determinísticos	7	13.20%
Dosis ambiental	5	9.40%
Factores de ponderación de órgano	4	7.50%
Dosis	4	7.50%
Total	53	100.0%

Fuente: Diseño propio

De los 10 médicos de bases y residentes de radiología se obtuvieron que de esos 10, 3 reconocen la zona vigilada, 6 la zona controlada que puede implicar a un riesgo radiológico entre las distintas zonas con radiación como se representan en la tabla 9, cabe mencionar que es muy importante que los TOEs reconozcan estas distintas zonas, en el centro hospitalario no existe un área con zona prohibida o zona de permanencia reglamentaria, porque no existen fuentes de radiación, solo generadores.

**Tabla 9**

Resultados estadísticos de los Médicos Especialistas y Residentes de Radiología encuestados sobre el reconocimiento de zonas de radiación

Zonas de Radiación	Frecuencia absoluta	Porcentaje (%)
Zona vigilada (gris)	3	10.7
Zona Controlada (verde)	6	21.4
Zona de permanencia Limitada (amarilla)	7	25
Zona de Permanencia Reglamentaria (anaranjado)	6	21.4
Zona de Acceso Prohibido (rojo)	6	21.4
Total	28	100%

Fuente: Diseño propio

Se les pregunto a los encuestados sobre qué medidas de protección radiológica tomaban detalladas en la tabla 10 cuando pasaban al paciente a la sala, el 46.2 % opto por la cuarta opción que son todas las anteriores, un 23.1% verifica la puerta de acceso al área de tomografía computarizada, 15.4% verifica que no ingrese personas ajenas a la sala con excepción del acompañante si el paciente es menor de edad y/o no se puede movilizar por sí solo. Cabe mencionar como anteriormente se detallaba, el total de respuesta son 13 porque más de un encuestados selecciono más de una respuesta.

**Tabla 10**

Resultados estadísticos de los Médicos Especialistas y Residentes de Radiología encuestados sobre las medidas de seguridad que adoptan en la sala de TC

Medidas de Protección Radiológica	Frecuencia absoluta	Porcentaje (%)
Verifico que no ingrese ninguna persona que más que el paciente y su acompañante	2	15.4
Si el paciente debe entrar con acompañante me aseguro que utilice equipo de protección	1	7.7
Verifico que la puerta de acceso al área de radio diagnostico este bien cerrada	3	23.1
Todas las anteriores	6	46.2
Ninguna de las anteriores	1	7.7
Total	13	100%

Fuente: Diseño propio

En la interrogante 6, se les cuestiono si tenían conocimientos sobre cuáles son los riesgos de la interacción de la radiación con el cuerpo humano, 9 encuestados médicos, describen que a largo plazo pueden las radiaciones producir alteraciones o daños en el ADN, eritemas, alopecia, enrojecimiento de la piel, efectos teratogénicos esto quiere decir: “Muerte fetal o embrionaria, retardo de crecimiento y patrones distintivos de malformación” (Rodriguez Marcela et al., 2022);

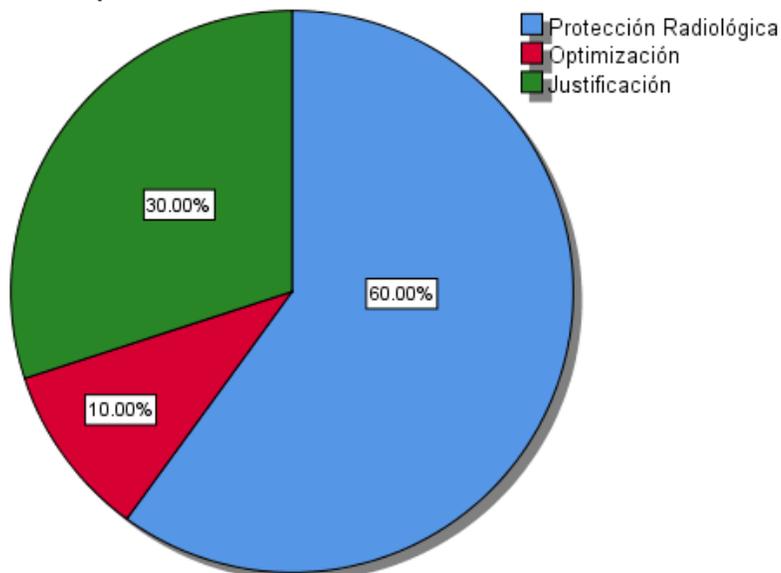
Problemas visuales por el síndrome de radiación aguda y efectos cancerígenos que entra en la categoría de efecto biológico estocástico, es importante mencionar que existes dos tipos de efectos, estocástico y determinístico, finalmente solamente un médico opto por no responder la interrogante.

Con el objetivo de indagar sobre los conocimientos de los principios fundamentales de protección radiológica que tienen los médicos especialistas y residentes de radiología, se puede observar en el gráfico 18, que el 60% opto por escoger la opción de protección radiológica, el 30% justificación y un 10% optimización de la interrogante 7.

### Gráfico 18

Resultados estadísticos sobre interrogante número 7 a los Médicos Especialistas y Residentes de Radiología encuestados

**Ninguna actividad que origine exposición humana a la radiación ionizante debería ser autorizada, salvo que sea estrictamente necesario y produzca un beneficio neto positivo. Nos estamos refiriendo a:**



Fuente: Diseño propio

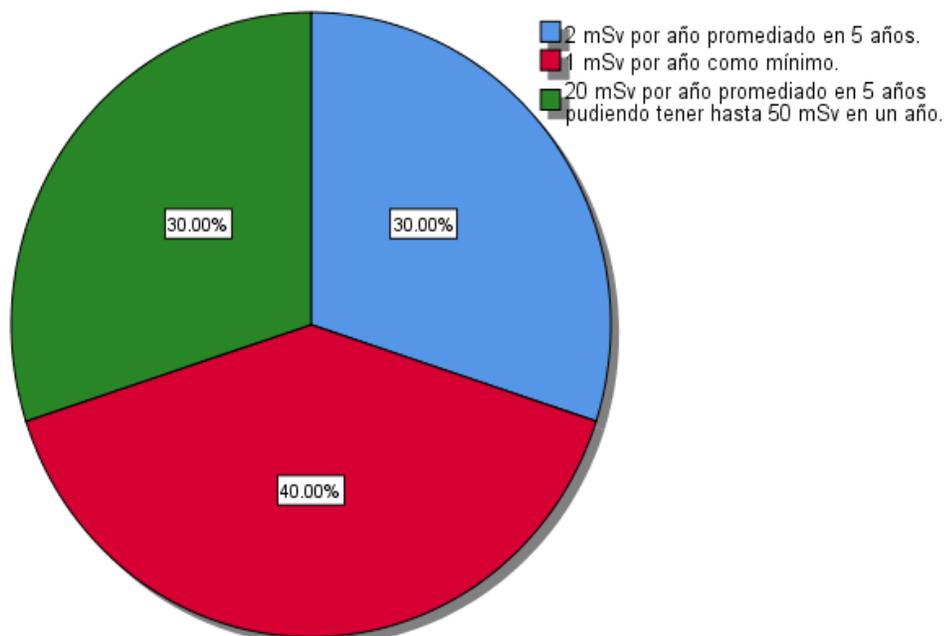
Como podemos observar en el gráfico 19, se les realizó la interrogante sobre cuáles son los límites de dosis para los trabajadores ocupacionalmente expuesto (TOEs) a radiación ionizante, el 40% optó por la opción c) del instrumento, el 30% por la opción b) y el 30% por la opción d).

Cabe destacar que el reglamento técnico de protección contra las radiaciones ionizantes de la república de Nicaragua establece que: “Los límites de dosis para la exposición ocupacional de trabajadores con edades superiores a los 18 años son una dosis efectiva de 20 mSv por año como promedio en un periodo de cinco años consecutivos” (Comision Nacional de Energia Atomica, 2011).

### Gráfico 19

Resultados estadísticos sobre interrogante número 8 a los Médicos Especialistas y Residentes de Radiología encuestados

Los Límites de Dosis para el personal ocupacionalmente expuesto son los siguientes:



Fuente: Diseño propio

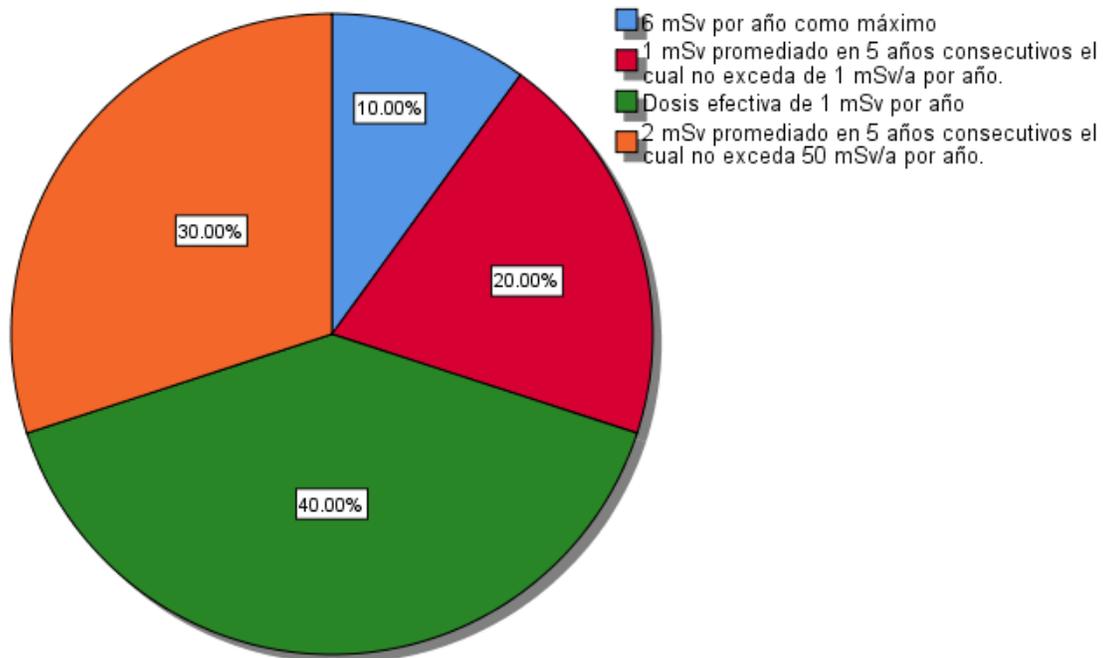
Con respecto a la interrogante 9, un 40% opto por la opción ‘c’ de la opción múltiple del cuestionario, el 30% la opción ‘d’, 20% la ‘b’ y el 10% la opción ‘a’. El Organismo Internacional de Energía Atómica y Normas Internacionales Básicas de Seguridad (BSS), mencionan los límites de dosis para público en general, en el documento de principio de protección radiológica y (BSS) en el área médica y hace mención que:

“Los límites de dosis para publico una dosis efectiva de 1 mSv en un año y que, en circunstancias especiales, dosis efectivas de 5 mSv en un año aislado, siempre que el promedio a lo largo de cinco años consecutivos sea menor de 1 mSv por año” (Organismo Internacional de Energía Atómica, 1997).

### Gráfico 20

Resultados estadísticos sobre interrogante número 9 a los Médicos Especialistas y Residentes de Radiología encuestados

#### ¿Cuáles son los límites de dosis para público?



Fuente: Diseño propio

De los criterios descritos en la pregunta 10 del instrumento, en total hay 38 respuestas de los 10 encuestados, un 26.3% que equivale a los 10 médicos especialistas y residentes de radiología señalaron que uno de los criterios, es el historial médico del paciente, 18.4% que es importante tener en cuenta que, si la paciente está en estado de gestación, porque el Organismo Internacional de Energía atómica nos detalla:

“Los riesgos son más importantes durante la organogénesis y en el periodo fetal temprano, algo menos en el 2º trimestre y menos en el 3º trimestre” (2015), el 15.8% análisis de costo beneficio, y entre otras respuestas que se detallan en la tabla 11.

**Tabla 11**

Resultados estadísticos de los Médicos Especialistas y Residentes de Radiología encuestados sobre los criterios tomados antes de solicitar una TC

Criterios	Frecuencia absoluta	Porcentaje (%)
Diagnóstico más rápido	2	5.3
Historial clínico del paciente	10	26.3
Paciente con poco estudio de radiología	1	2.6
Paciente en estado de no embarazo	7	18.4
Análisis de costo beneficio	6	15.8
Sintomatología del paciente	6	15.8
Edad del paciente	6	15.8
Total	38	100%

Fuente: Diseño propio

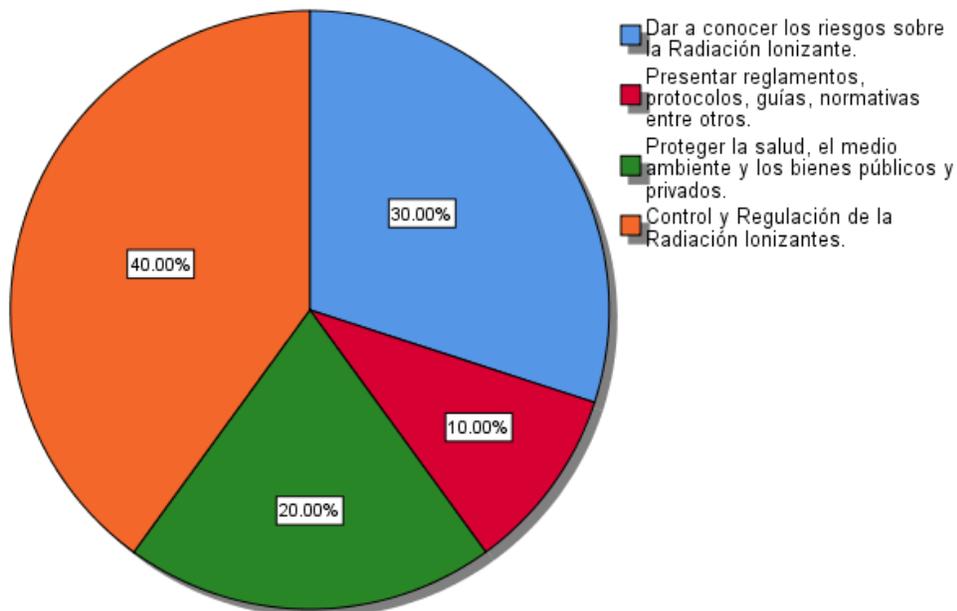
Como podemos observar en el gráfico 21, se les cuestiono a los encuestados sobre cuál es el propósito de esta ley sobre las radiaciones ionizantes N°156, un 40% selecciono el inciso ‘D’ del instrumento, el 30% el inciso ‘A’, 10% el inciso ‘B’ y finalmente el 20% el inciso ‘C’, el Ministerio de Salud de Nicaragua (MINSANIC) junto con la Comisión Internacional de Energía Atómica (CIEA) crearon esta ley y en el artículo #1 establecen:

“... tiene como objeto regular supervisar y fiscalizar todas las actividades relacionadas con el uso de los radioisótopos y radiaciones ionizantes en sus diversos campos de aplicación, a fin de proteger la salud, el medio ambiente, los bienes públicos y privados” (MINSANICARAGUA, 1993).

### Gráfico 21

Resultados estadísticos sobre interrogante número 11 a los Médicos Especialistas y Residentes de Radiología encuestados

¿Cuál es el propósito de la Ley No? 156 ley sobre las Radiaciones ionizantes?

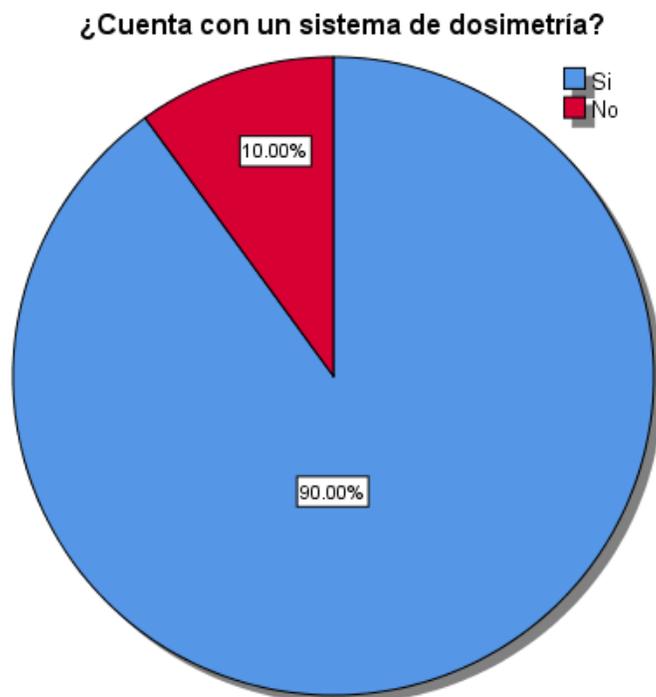


Fuente: Diseño propio

Con respecto a la pregunta 12 del instrumento, un 90% respondieron que efectivamente en el centro hospitalario cuenta con un sistema de dosimetría y un 10% seleccionó la opción 'No' como se describe en el gráfico 22.

**Gráfico 22**

Resultados estadísticos sobre interrogante número 12 a los Médicos Especialistas y Residentes de Radiología encuestados



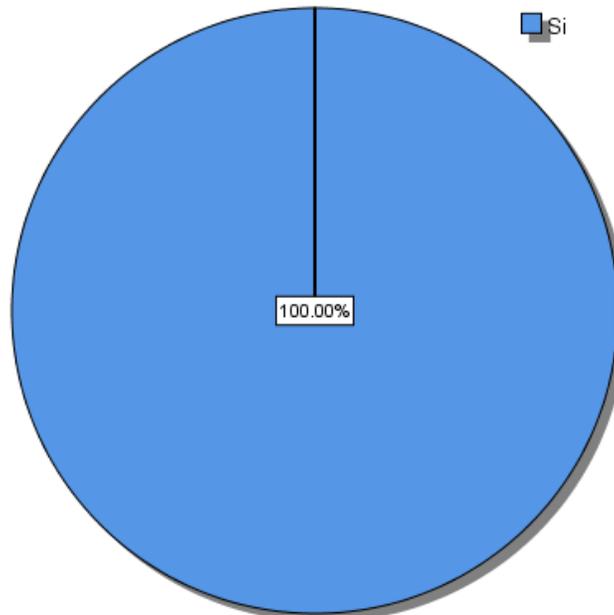
Fuente: Diseño propio

Seguidamente en la interrogante 13, el 100% de los encuestados respondieron de manera afirmativa que el área de Radiología cuenta con un encargado de protección radiológica (EPR) como se observa en el gráfico 23.

### Gráfico 23

Resultados estadísticos sobre interrogante número 13 a los Médicos Especialistas y Residentes de Radiología encuestados

¿Hay un en cargado en protección radiológica?



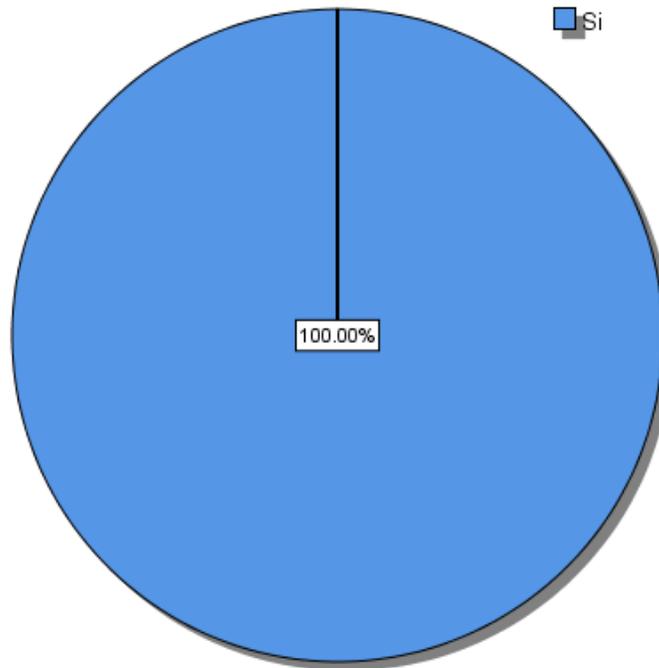
Fuente: Diseño propio

El 100% de los encuestados resaltaron que en el área de Radiología cuenta con un programa de protección radiológica (PR) como se observa en el grafico 24, la cual se define como: el programa de PR es aplicable a todo el personal de los centros sanitarios del área que utilice equipos emisores de radiación ionizante o material radiactivo (UGC de Radiofísica Hospitalaria Servicio de Protección Radiológica, 2017).

**Gráfico 24**

Resultados estadísticos sobre interrogante número 14 a los Médicos Especialistas y Residentes de Radiología encuestados

**¿Poseen un programa de Protección Radiológica?**



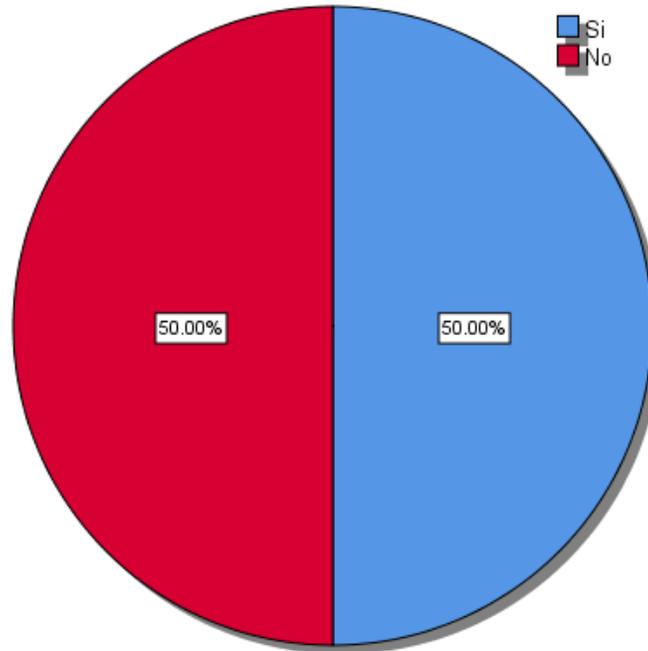
Fuente: Diseño propio

Dentro del orden de las interrogantes del instrumento, el 50% respondió que el centro hospitalario cuenta con procedimientos de emergencia como se observa en el gráfico 25, en cambio el 50% respondió que no cuenta el centro con procedimientos de emergencia ante un desastre natural (terremoto, tsunami, entre otro).

### Gráfico 25

Resultados estadísticos sobre interrogante número 15 a los Médicos Especialistas y Residentes de Radiología encuestados

¿Poseen procedimientos de emergencia (simulacro)?



Fuente: Diseño propio

Por otra parte, el 100% de los médicos encuestados poseen código Minsa como se observa en la tabla 10.

### Tabla 12

Resultados estadísticos de los Médicos Especialistas y Residentes de Radiología encuestados sobre interrogante 16.

Respuestas	Frecuencia absoluta	Porcentaje (%)
Si	10	100
Total	10	100%

Fuente: Diseño propio

En la pregunta 17 del instrumento 2 que se detalla en anexo A, se define que dentro de los sucesos iniciadores que pueden presentarse según los encuestados son: calentamiento del tubo de rayos X, exposición innecesaria de personas ajenas al estudio, que haya fuga de radiación de la sala de tomografía, desastres naturales, fallo de energía eléctrica, no verificar que la entrada principal a la sala de tomografía (TC) este completamente cerrada, daño de la infraestructura de la sala de tomografía (TC).

En la definición de suceso iniciador se incluye implícitamente que puede conducir a una consecuencia indeseada, suponiendo que fallaran todas las posibles medidas de protección previstas para prevenir (Rizo Rodriguez karina et al., 2019).

Dentro de este orden de ideas, en la interrogante 18 del instrumento los encuestados describieron como se pueden identificar accidentes naturales o de errores humanos por medio de: supervisiones de los encargados del área, verificando que los TOEs cumplan con todas las medidas de protección radiológica, por medio de alarmas, caídas de señalización debido a desastre natural y que el físico médico tenga un seguimiento de mediciones de dosis en el área de tomografía para un mayor control.

Por otra parte, el 90% de los encuestados de la interrogante 19 aseguran que el edificio de la sala de radiología no cuenta la debida infraestructura para desastres naturales (terremotos, inundaciones, incendios, entre otros) y el 10% afirma que si tiene la debida infraestructura ante lo antes mencionado como se observa en la tabla 13.

**Tabla 13**

Resultados estadísticos de los Médicos Especialistas y Residentes de Radiología encuestados sobre interrogante 19.

Respuestas	Frecuencia absoluta	Porcentaje (%)
Si	1	10
No	9	90
Total	10	100%

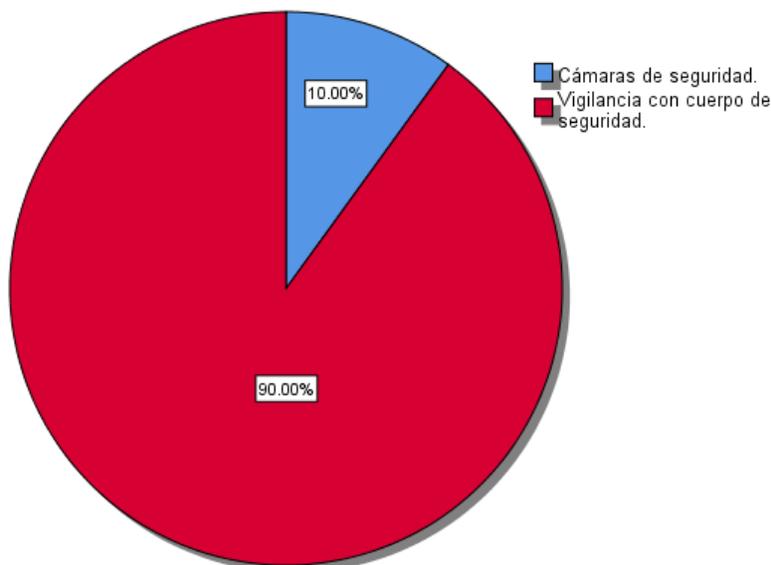
Fuente: Diseño propio

Un 90% de los encuestados describen que el centro hospitalario cuenta con vigilancia con cuerpo de seguridad contra robos según la opción múltiple presentada en la interrogante 20 del instrumento como se observa en el gráfico 26, el cual un 10 % describe que existen cámaras de seguridad en el centro hospitalario.

### Gráfico 26

Resultados estadísticos sobre interrogante número 20 a los Médicos Especialistas y Residentes de Radiología encuestados

¿Qué tipo de seguridad contra robos dispone el centro? Puede seleccionar más de una respuesta.



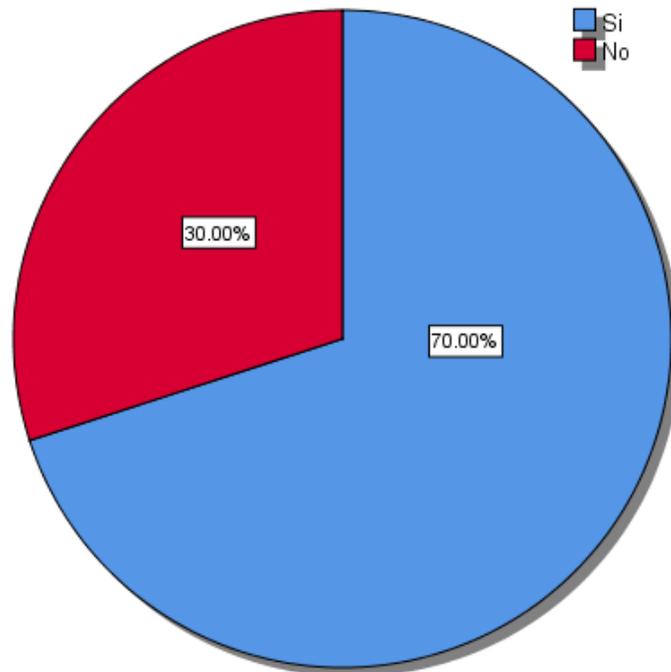
Fuente: Diseño propio

Como podemos observar el 70% afirma que existe un plan de evacuación de emergencia en el área de radiología y un 30% seleccionó 'No' como se observa en el gráfico 27 junto con la interrogante 21 del instrumento hacia los médicos, lo cual, es importante señalar que el centro hospitalario cuenta con un plan de emergencia detallado en la figura 5 en el anexo D.

**Gráfico 27**

Resultados estadísticos sobre interrogante numero 21 a los Médicos Especialistas y Residentes de Radiología encuestados

¿Tienen algún plan de evacuación de emergencia?



Fuente: Diseño propio

De igual forma, en la interrogante 22, el 70% afirmó que en el centro cuenta con zona de seguridad ante una evacuación y un 30% describe lo contrario como se describe en la tabla 14.

**Tabla 14**

Resultados estadísticos de los Médicos Especialistas y Residentes de Radiología encuestados sobre interrogante 22.

Respuestas	Frecuencia absoluta	Porcentaje (%)
Si	7	70
No	3	30
Total	10	100%

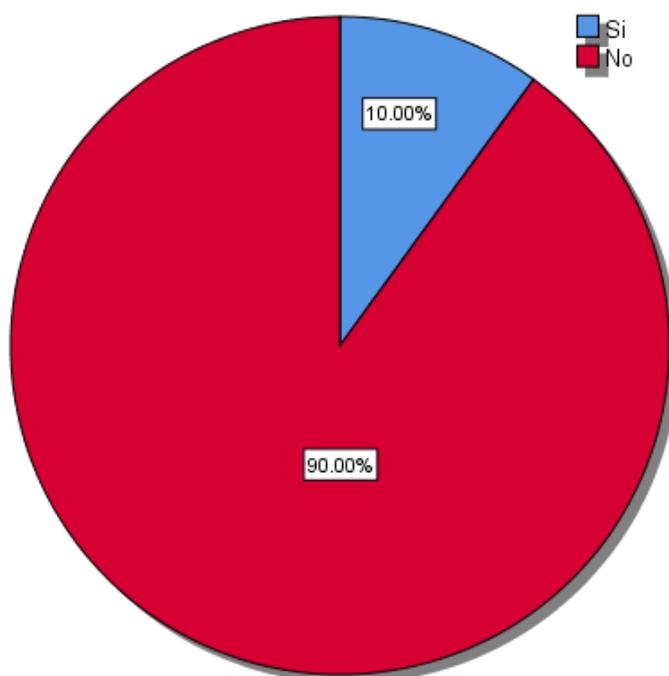
Fuente: Diseño propio

En la interrogante 23 un total del 90% afirman que no cuentan con suficiente personal capacitado que trabaje en el área de radiología y solamente un 10% afirma lo contrario como se muestra en el grafico 28.

**Gráfico 28**

Resultados estadísticos sobre interrogante numero 23 a los Médicos Especialistas y Residentes de Radiología encuestados

**¿Cuenta con un número suficiente de personas capacitado en cada área?**



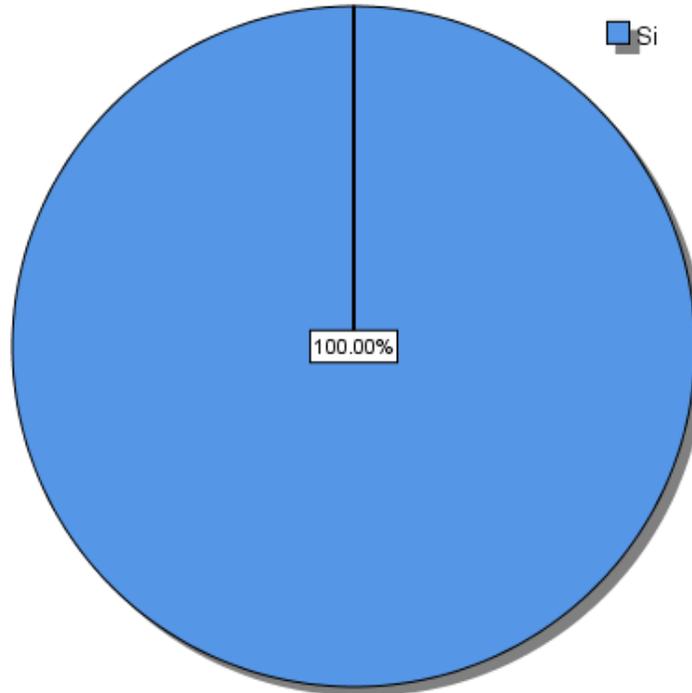
Fuente: Diseño propio

Es importante señalar que el 100% de los encuestados como se observa en el grafico 29 con la interrogante 24, respondieron de manera afirmativa de que el centro cuenta con señalizaciones de advertencias sobre radiaciones ionizantes como se observa en el anexo E.

**Gráfico 29**

Resultados estadísticos sobre interrogante numero 24 a los Médicos Especialistas y Residentes de Radiología encuestados

**¿Cuenta el centro con señalización de advertencias?**



Fuente: Diseño propio

De acuerdo con los resultados de la interrogante 25, la mitad de ellos está de acuerdo que el centro hospitalario se encuentra ubicado en un lugar seguro para las personas aledañas y la otra mitad de los encuestados describen lo contrario como se muestra en el grafico 30 del anexo C.

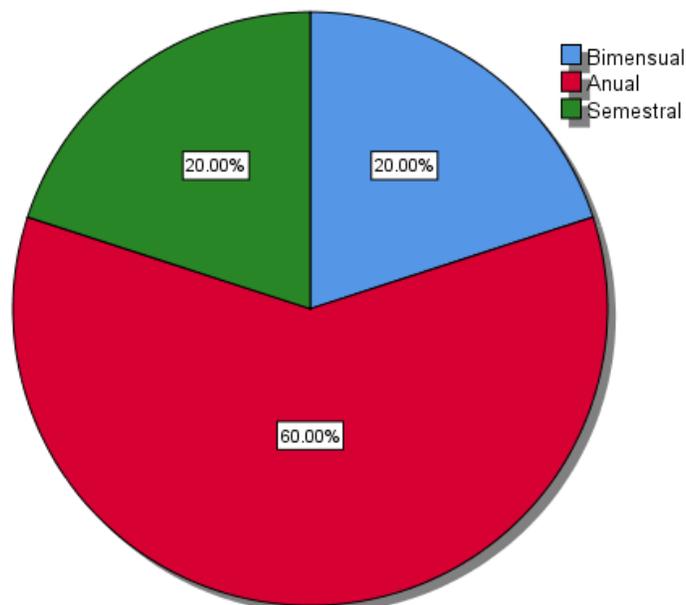
En la interrogante 26, tiene resultados de un total de 50% de los encuestados afirmaron que si hay entrada para minusválidos y un 50% seleccionó la respuesta 'No' como se puede reflejar en la tabla 15 del anexo C.

También se obtuvieron distintos resultados respecto a la interrogante 27 en el instrumento existen 5 opciones que solamente serán reflejadas las que más fueron seleccionadas; como se observa en el gráfico 31 el 60% seleccionó que anualmente se realizan capacitaciones en relación a la protección radiológica, el 20% semestral y 20% bimensual.

### Gráfico 30

Resultados estadísticos sobre interrogante número 27 a los Médicos Especialistas y Residentes de Radiología encuestados

¿Qué tan frecuente el centro realiza capacitaciones al personal médico en carácter de protección radiológica?



Fuente: Diseño propio

Otro de los aspectos que se evaluaron en el instrumento, fue si los médicos reconocían o fueron capacitados sobre normas y guías de la organización internacional de energía atómica, en la interrogante 28 se plantean algunas de estas, como se observa en la tabla 16 de los 10 encuestados 2 conocen la primera opción detallada en la tabla, 5 la segunda opción y 5 de los 10 encuestados la tercera opción, esta información nos determina que la primera opción es la que no reconocen.

**Tabla 16**

Resultados estadísticos de los Médicos Especialistas y Residentes de Radiología encuestados sobre interrogante 28.

Normas y guías del OIEA	Frecuencia absoluta	Porcentaje (%)
Evaluación de la seguridad de las instalaciones y actividades Requisitos de Seguridad Generales N° GSR Part 4 (Rev. 1).	2	16.7
Normas básicas internacionales de seguridad Requisitos de Seguridad Generales, Parte 3 N° GSR Part 3.	5	41.7
Principios fundamentales de seguridad Nociones fundamentales de seguridad No. SF-1.	5	41.7
Total	12	100%

Fuente: Diseño propio

En la interrogante 29, de igual forma se le presento a los encuestados algunos de los diferentes documentos de la comisión internacional de energía atómica (CONEA) y Ministerio de salud (MINSA) como se detallan en la tabla 17, lo cual obtuvimos que 6 personas conocen sobre el primer documento y 6 personas de las 10 conocen el segundo documento mencionado en la tabla 17.

**Tabla 17**

Resultados estadísticos de los Médicos Especialistas y Residentes de Radiología encuestados sobre interrogante 29.

Documentos Nacionales	Frecuencia absoluta	Porcentaje (%)
Guías para la práctica médica radiológica convencional e intervencionista.	6	50
Reglamento técnico de protección contra la radiación ionizante de la república de Nicaragua.	6	50
Total	12	100%

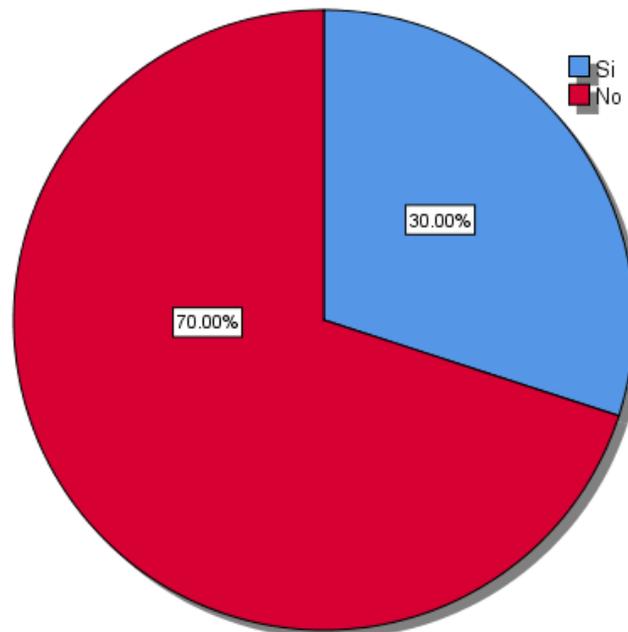
Fuente: Diseño propio

En cuanto a la pregunta 30 se describieron 2 opciones para los encuestados, se obtuvieron que un 70% no ha presenciado ningún error humano y un 30% si lo ha experimentado como se observa en el gráfico 31.

**Gráfico 31**

Resultados estadísticos sobre interrogante numero 30 a los Médicos Especialistas y Residentes de Radiología encuestados

¿Ha presenciado accidentes por errores humanos?



Fuente: Diseño propio

Simultáneamente en la interrogante 31 se planteó que si la anterior pregunta era afirmativa debía el encuestado indicar cuales fueron esos errores humanos que presencio los cuales fueron:

- No cerrar correctamente la entrada principal del tomógrafo.
- No utilizar instrumentos de protección radiológica.
- Dejar la puerta abierta de la sala de control.

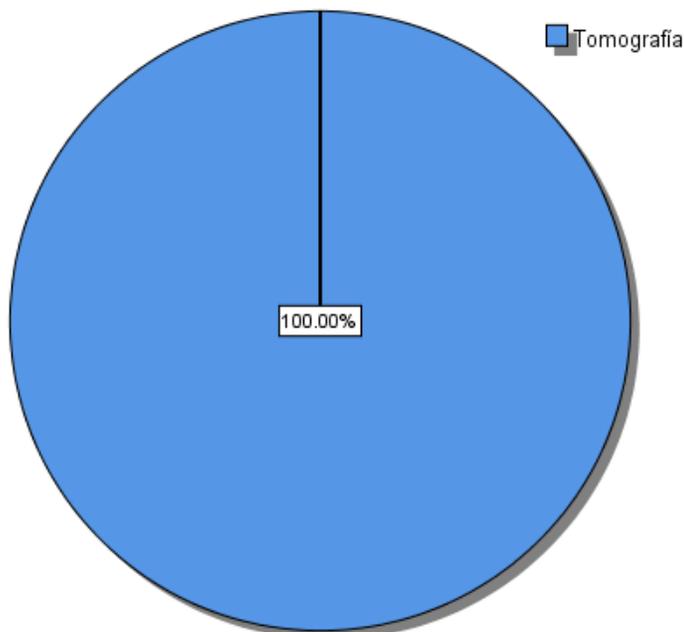
Posteriormente en la interrogante 32 tenemos diferentes 3 opciones las cuales fueron ecografía, tomografía, radiografía y resonancia magnética, a los encuestados fue más relevante la tomografía ya que posee mayor riesgo de provocar algún eventual daño a la salud en el futuro como se observa en el gráfico 32.

El organismo Internacional de Energía atómica en el área de protección radiológica del documento guía de indicaciones para la correcta solicitud de pruebas de diagnóstico por imagen nos plantea lo siguiente: “una tomografía de abdomen o pelvis tiene una dosis efectiva típica de 10 mSv el cual equivale a 500 radiografías de tórax lo que tiene un periodo equivalente de radiación de fondo de 4.5 años” (Organismo Internacional de Energía Atomica, 2020).

### Gráfico 32

Resultados estadísticos sobre interrogante numero 32 a los Médicos Especialistas y Residentes de Radiología encuestados

De los siguientes exámenes ¿Cual considera usted posee mayor riesgo de provocar algún eventual daño a la salud en el futuro?



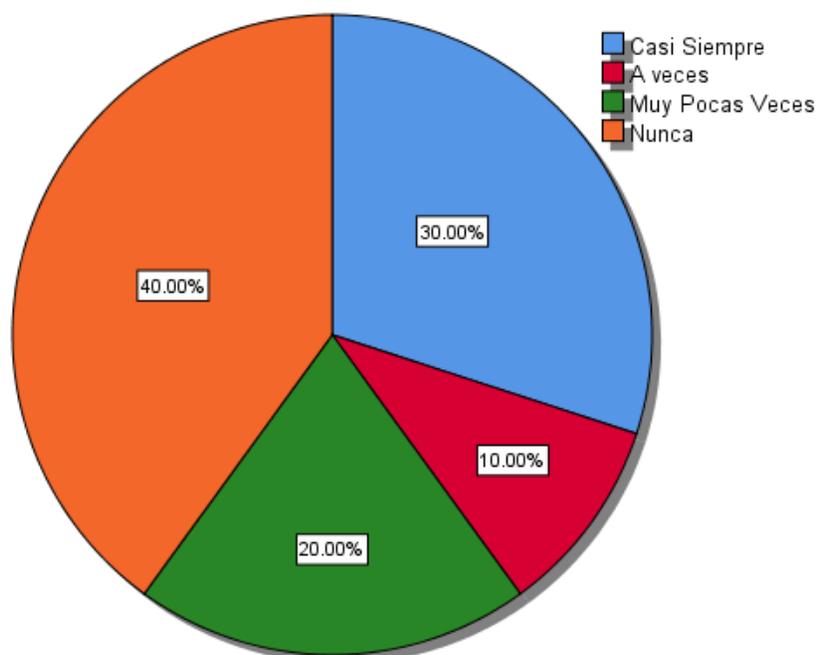
Fuente: Diseño propio

Como se puede observar en el gráfico 33 se obtuvieron diferentes respuestas con respecto a la interrogante 33, con un 40% de los encuestados no revisan el reporte de dosis entregado por el tomógrafo de los pacientes, en cambio un 30% casi siempre, 20% muy pocas veces y 10 % de los médicos de bases y residentes del área de radiología a veces lo revisan.

### Gráfico 33

Resultados estadísticos sobre interrogante número 33 a los Médicos Especialistas y Residentes de Radiología encuestados

**¿Revisa el reporte de dosis entregado por equipo de tomografía para cada paciente?**



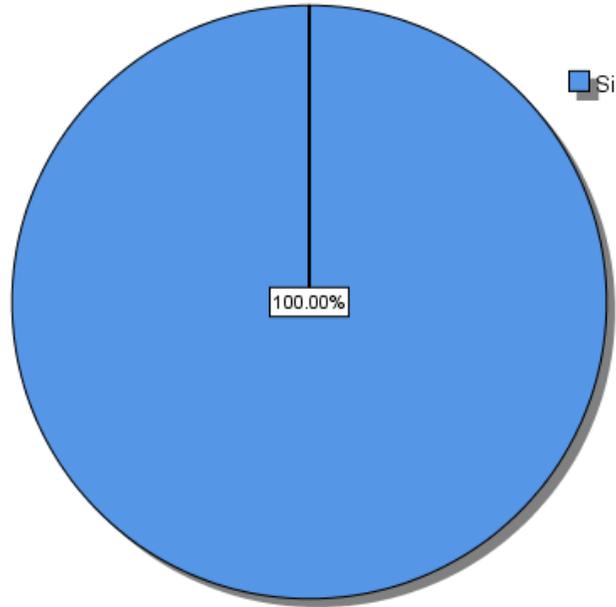
Fuente: Diseño propio

Con la interrogante 34 se describió que, si en pacientes con estudios de tomografías recurrentes sería importante que en el expediente estuviera su registro dosimétrico, lo cual el 100% de los encuestados está de acuerdo con esa interrogante como se muestra en el gráfico 34.

**Gráfico 34**

Resultados estadísticos sobre interrogante número 34 a los Médicos Especialistas y Residentes de Radiología encuestados

En pacientes con TC recurrentes ¿Cree usted que es importante un registro dosimétrico de la ficha del paciente?



Fuente: Diseño propio

Se puede observar que en la interrogante 35 se plantea una selección múltiple, el cual las opciones están detalladas en la tabla 18, se obtuvieron 17 respuestas, las cuales 9 de los 10 encuestados utiliza chaleco plomado, 1 gafas plomadas, 2 guantes plomados, 5 protector de tiroides.

**Tabla 18**

Resultados estadísticos de los Médicos Especialistas y Residentes de Radiología encuestados sobre interrogante 35.

Equipo de Protección Radiológica	Frecuencia absoluta	Porcentaje (%)
Chaleco Plomado	9	52.9%
Gafas Plomadas	1	5.9%
Guantes Plomados	2	11.8%
Protector de Tiroides	5	29.4%
Total	17	100%

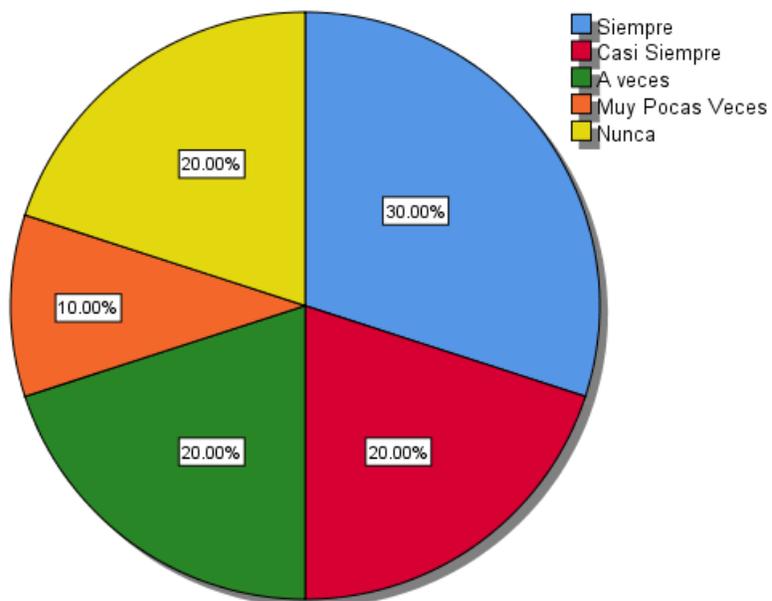
Fuente: Diseño propio

Finalmente, en la interrogante 36 del instrumento dirigido a los médicos y residentes del área de radiología se les planteo si a los pacientes les explicaban de que se trataba el estudio de tomografía que se les iba a realizar, lo cual se plantearon 5 opciones como se observa en el grafico 35, lo cual tenemos como resultado que el 30% siempre le explica, el 20% casi siempre, 20% a veces, 20% a veces, 10% Nunca y el 20% nunca.

**Gráfico 35**

Resultados estadísticos sobre interrogante número 36 a los Médicos Especialistas y Residentes de Radiología encuestados

¿Explico a los pacientes en que consiste la TC antes de realizar el estudio?



Fuente: Diseño propio

En el instrumento número 3, se realizaron diferentes interrogantes con temas de conocimientos básicos de protección radiológica, sobre las guías, normativas y el reglamento técnico de protección contra las radiaciones ionizantes de la Republica de Nicaragua, cabe mencionar que se encuestaron a 9 técnicos radiólogos del centro hospitalario X de Managua-Nicaragua.

Iniciando con la primera parte, se realizaron preguntas impersonales, obteniendo los siguientes resultados, un 55.56% son del género masculino y el 44.44% del género femenino como podemos observar en el grafico 36 del anexo C.

Seguidamente se obtuvieron resultados relacionados con la edad de los técnicos radiólogos como se observa en la tabla 16 de la sección de interrogantes impersonales del instrumento 3, la edad mínima es de 20 años, y la máxima 57 años, el 44.4% se extiende entre edades de 20 a 45 años, el 22.2% de 50 años y el 33.3% entre edades de 55 a 57 años como se puede detallar en la tabla 19 del anexo C.

Como se detalla en la tabla 20, los técnicos encuestados tienen diferentes años de experiencia laboral en el área de radiología, desde 1 año de experiencia hasta 35 años, un 22.2 % de encuestados tiene 1 año de experiencia, el 22.2% entre 3 y 10 años de experiencia, el 22.2% 22 años de experiencia laboral y el 33.3% entre 33 a 35 años de experiencia laboral.

**Tabla 20**  
Resultados estadísticos de interrogantes impersonales hacia los técnicos radiólogos

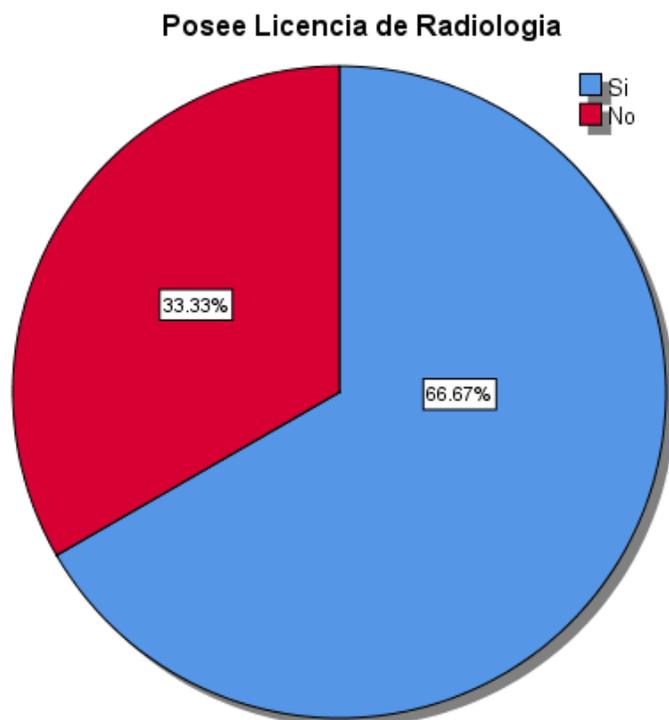
Años de experiencia laboral	Frecuencia absoluta	Porcentaje (%)
1	2	22.2
3	1	11.1
10	1	11.1
22	2	22.2
33	1	11.1
34	1	11.1
35	1	11.1
Total	9	100%

Fuente: Diseño propio

Un gran porcentaje de los técnicos poseen licencia como se observa en el grafico 37 con un 66.67%, en cambio el 33.33% no posee licencia de radiología.

### Gráfico 37

Resultados estadísticos sobre interrogantes impersonales hacia los técnicos radiólogos



Fuente: Diseño propio

En la interrogante 1 del instrumento 3, se obtuvieron los siguientes resultados: con un 66.67% no cuenta con estudios de posgrado, en cambio el 33.33% si cuenta con estudios de posgrado como se observa en el gráfico 38 del anexo C.

Con el objetivo de indagar sobre los conocimientos sobre protección radiológica se les realizo la interrogante 2 de cuales de los diferentes conceptos descritos seleccionaron; podían seleccionar más de uno, como se detallan en la tabla 21, 8 de los técnicos tienen el conocimiento sobre que es dosimetría, 7 de los 9 sobre blindaje, 3 sobre factores de ponderación de órgano, 5 sobre los efectos determinísticos y estocásticos, 4 sobre dosis ambiental, 6 sobre limitación de dosis y 5 de los 9 técnicos radiólogos encuestados sobre dosis.

**Tabla 21**

Resultados estadísticos de la 2 interrogante hacia los técnicos radiólogos

Conceptos de Protección Radiológica	Frecuencia absoluta	Porcentaje (%)
Dosimetría	8	18.6
Blindaje	7	16.3
Factores de ponderación de órgano	3	7
Efectos determinísticos	5	11.6
Dosis ambiental	4	9.3
Limitación de dosis	6	14
Efectos estocásticos	5	11.6
Dosis	5	11.6
Total	43	100%

Fuente: Diseño propio

De los 9 técnicos de radiología se obtuvieron que, 1 técnico reconoce la zona vigilada, 4 la zona controlada que puede implicar a un riesgo radiológico entre las distintas zonas con radiación como se representan en la tabla 22, cabe mencionar que es muy importante que los TOEs reconozcan estas distintas zonas, en el centro hospitalario no existe un área con zona prohibida o zona de permanencia reglamentaria, porque no existen fuentes de radiación, solo generadores.

**Tabla 22**

Resultados estadísticos de la 3 interrogante hacia los técnicos radiólogos sobre el reconocimiento de las zonas de radiación

Zonas de Radiación	Frecuencia absoluta	Porcentaje (%)
Zona vigilada (gris)	3	10.7
Zona Controlada (verde)	6	21.4
Zona de permanencia Limitada (amarilla)	7	25
Zona de Permanencia Reglamentaria (anaranjado)	6	21.4
Zona de Acceso Prohibido (rojo)	6	21.4
Total	28	100%

Fuente: Diseño propio

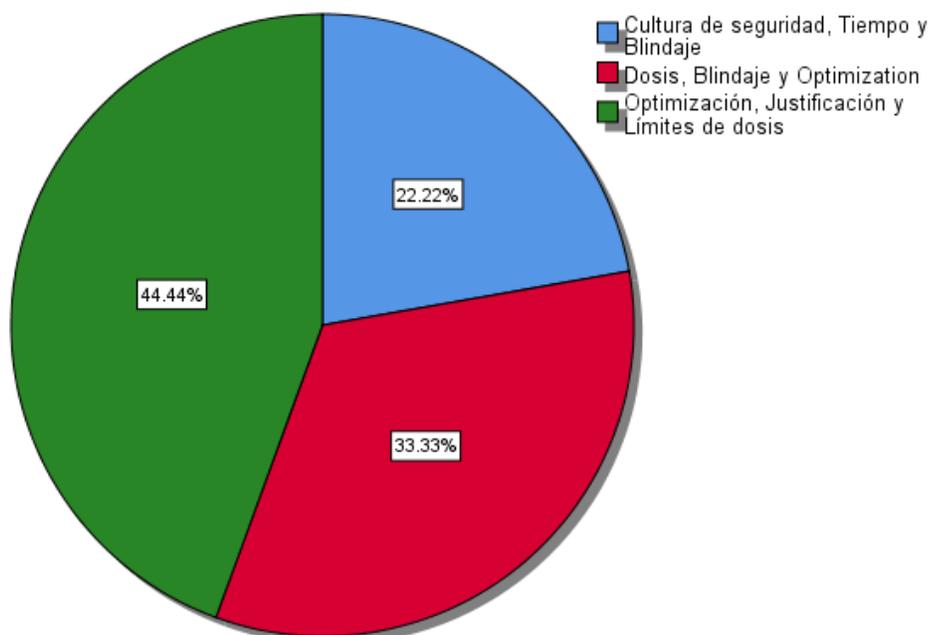
Por otro lado, en la interrogante 4 existían 4 opciones como se observa en el instrumento las cuales solo sobresalieron 3 de esas opciones como se puede observar en el gráfico 39, un 44.44% escogieron la opción ‘D’ del instrumento, 33.33% la opción ‘C’ y 22.22% la ‘A’, el Organismo Internacional de Energía Atómica con sus normas básica internacionales de seguridad sobre protección radiológica y seguridad de las fuentes de radiación parte 3 nos describe que:

“Los tres principios generales de la protección radiológica, que se refieren a la justificación, la optimización de la protección y la aplicación de límites de dosis, se formulan en los principios de seguridad” (Organismo Internacional de Energia Atomica, 2016).

### Gráfico 39

Resultados estadísticos sobre interrogante 4 de los técnicos radiólogos encuestados

¿Cuáles son los principios de protección Radiológica?



Fuente: Diseño propio

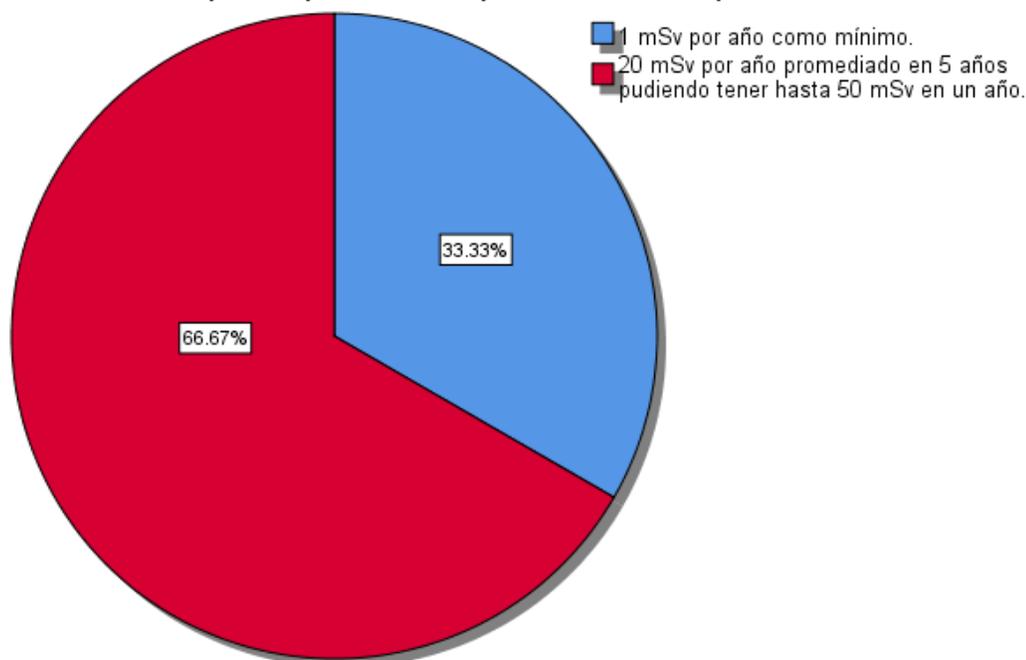
Podemos observar en el gráfico 40, que se les realizó la interrogante sobre cuáles son los límites de dosis para los trabajadores ocupacionalmente expuesto (TOEs) a radiación ionizante, en total se plantearon 4 opciones, pero solo fueron relevantes 2 de ellas por los técnicos radiólogos. El 37.5% optó por la opción ‘C’ del instrumento, y el 66.67% por la opción ‘D’, cabe destacar que el reglamento técnico de protección contra las radiaciones ionizantes de la república de Nicaragua establece que:

“Los límites de dosis para la exposición ocupacional de trabajadores con edades superiores a los 18 años son una dosis efectiva de 20 mSv por año como promedio en un periodo de cinco años consecutivos” (Comision Nacional de Energia Atomica, 2011).

#### Gráfico 40

Resultados estadísticos sobre interrogante 5 de los técnicos radiólogos encuestados

Los Límites de Dosis para el personal ocupacionalmente expuesto son:



Fuente: Diseño propio

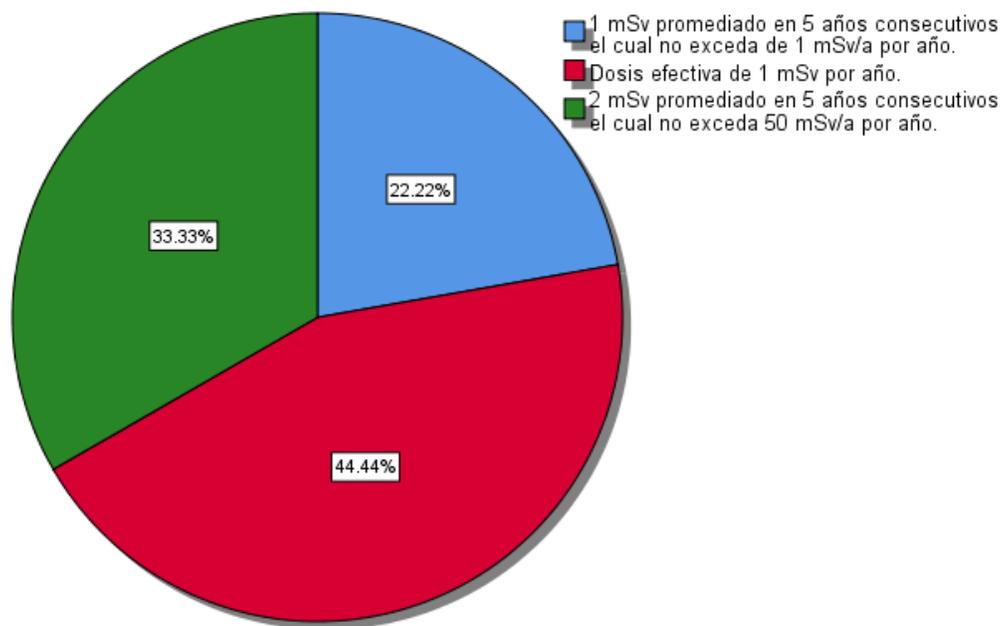
Con respecto a la interrogante 6 se detallaron 5 opciones las cuales una de ellas se podía seleccionar, lo cual 3 de las opciones fueron seleccionadas por los técnicos encuestados, un 44.44% opto por la opción 'C' de la opción múltiple del cuestionario, el 33.33% la opción 'D' y el 22.22% la 'B' como se detallan en el gráfico 41. El Organismo Internacional de Energía Atómica y Normas Internacionales Básicas de Seguridad (BSS), mencionan los límites de dosis para público en general, en el documento de principio de protección radiológica y (BSS) en el área médica y hace mención que:

“Los límites de dosis para publico una dosis efectiva de 1 mSv en un año y que en circunstancias especiales, dosis efectivas de 5 mSv en un año aislado, siempre que el promedio a lo largo de cinco años consecutivos sea menor de 1 mSv por año” (Organismo Internacional de Energía Atómica, 1997) .

#### Gráfico 41

Resultados estadísticos sobre interrogante 6 de los técnicos radiólogos encuestados

¿Cuáles son los limites de dosis para público?



Fuente: Diseño propio

De igual forma, en la interrogante 7 sobre el significado del término ALARA, los encuestados tuvieron 3 opciones, lo cuales se obtuvieron los siguientes resultados como se observa en el grafico 42 que el 55.56% de los técnicos encuestados prefirieron la opción ‘B’, el 33.33% la opción ‘C’ y el 11.11% la ‘A’. El organismo Internacional de Energía Atómica nos refiere en el documento de normas básica internacionales de seguridad sobre protección radiológica y seguridad de las fuentes de radiación parte 3 que el termino ALARA se define en:

“El número de personas (trabajadores y miembros del público) sometidos a exposición y la probabilidad de que se den exposiciones se mantengan en “el valor más bajo que pueda razonablemente alcanzarse, teniendo en cuenta los factores económicos y sociales pertinentes”” (Organismo Internacional de Energia Atomica, 2016).

#### Gráfico 42

Resultados estadísticos sobre interrogante 7 de los técnicos radiólogos encuestados



Fuente: Diseño propio

Al preguntar a los técnicos radiólogos sobre qué medidas de protección radiológica tomaban cuando pasaban al paciente a la zona de radiodiagnóstico, las cuales se les describieron 6 opciones las cuales solo ciertas opciones fueron seleccionadas en general por los 9 técnicos.

Como se observa en la tabla 23 el 33.3 % opto por la opción ‘B’ del instrumento, un 22.2% verifica la puerta de acceso al área de tomografía computarizada este correctamente cerrada, 22.2% verifica que no ingrese personas ajenas a la sala con excepción del acompañante si el paciente es menor de edad y/o no se puede movilizar por sí solo y el 22.2% verifica que el equipo esté funcionando en óptimas condiciones.

**Tabla 23**  
Resultados estadísticos de la 8 interrogante hacia los técnicos radiólogos

Medidas de Protección Radiológica	Frecuencia absoluta	Porcentaje (%)
Utilizo chaleco plomado	6	33.3
Verifico que no se encuentren personas ajenas en la sala	4	22.2
Verifico que la entrada al interior de la sala esté correctamente cerrada	4	22.2
Observo que el equipo esté funcionando en óptimas condiciones	4	22.2
Total	18	100%

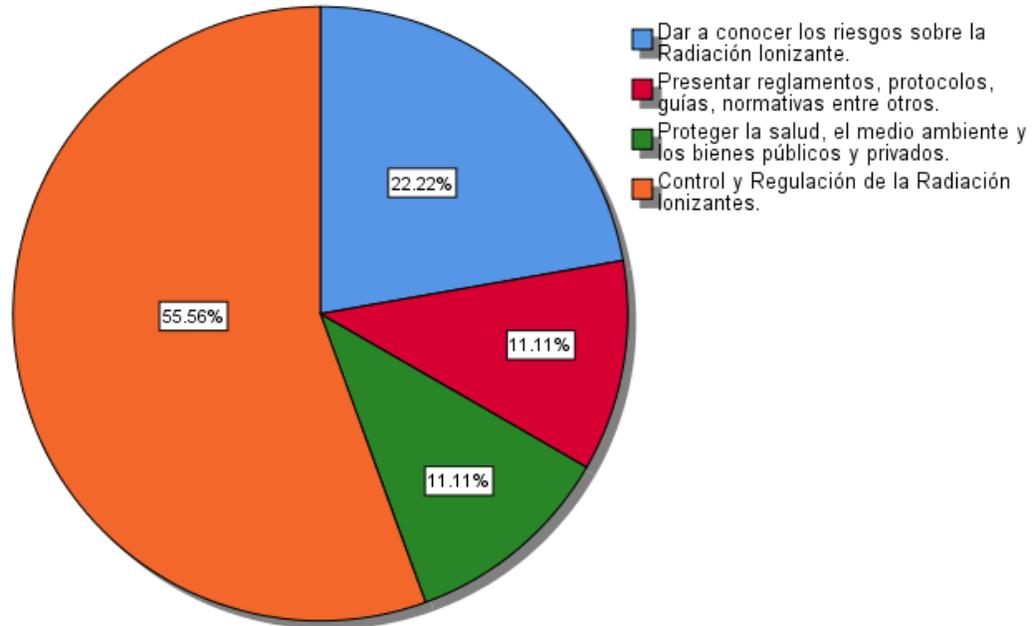
Fuente: Diseño propio

Como podemos observar en el gráfico 43, se les cuestiono a los encuestados sobre cuál es el propósito de la ley sobre las radiaciones ionizantes N°156, un 55.56% selecciono el inciso ‘D’ del instrumento, el 22.22% el inciso ‘A’, 11.11% el inciso ‘B’ y finalmente el 11.11% el inciso ‘C’, el Ministerio de Salud de Nicaragua (MINSANIC) junto con la Comisión Internacional de Energía Atómica (CIEA) crearon esta ley y en el artículo #1 establecen: “... tiene como objeto regular supervisar y fiscalizar todas las actividades relacionadas con el uso de los radioisótopos y radiaciones ionizantes en sus diversos campos de aplicación, a fin de proteger la salud, el medio ambiente, los bienes públicos y privados” (MINSANICARAGUA, 1993).

### Gráfico 43

Resultados estadísticos sobre interrogante 9 de los técnicos radiólogos encuestados

¿Cuál es el propósito de la Ley No 156 ley sobre las Radiaciones Ionizantes?



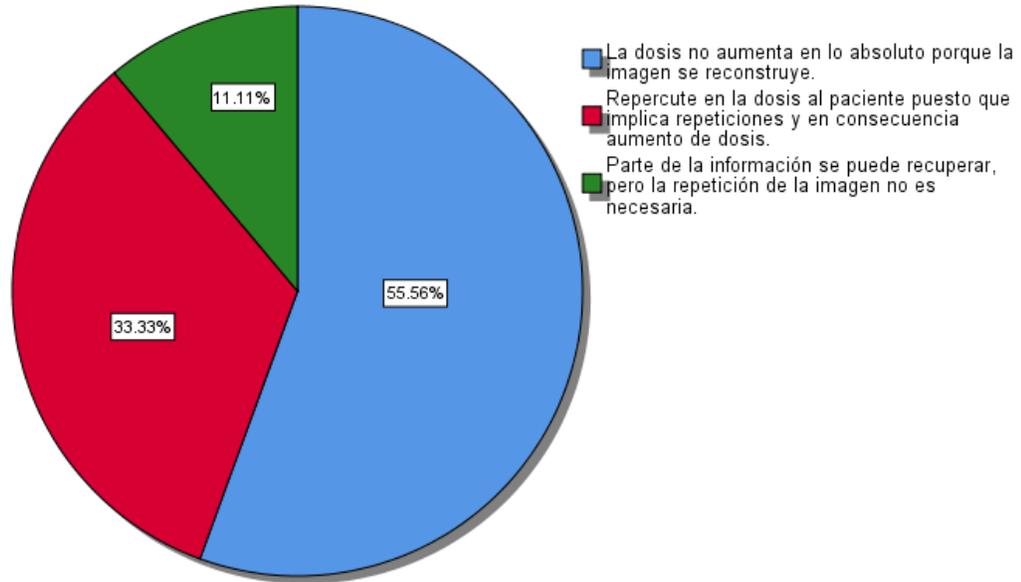
Fuente: Diseño propio

En la interrogante 10 se detalló 3 opciones sobre que puede ocurrir con el extravío de cualquier estudio de tomografía en la red o en el Sistema de Comunicación y Archivo de imaginen (PACS), el 55.56% escogió la opción 'A' (celeste), el 33.33% opción 'B' y el 11.11% la opción 'C' como se detalla en el gráfico 44.

#### Gráfico 44

Resultados estadísticos sobre interrogante 10 de los técnicos radiólogos encuestados

¿Qué ocurre si surge el extravió de X estudio de Tomografía en la red o en el PACS?



Fuente: Diseño propio

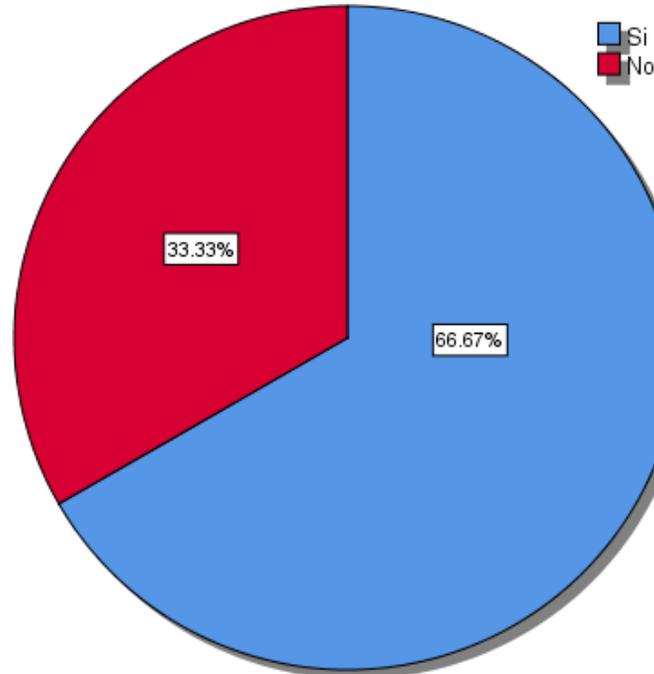
Basado en la experiencia de los técnicos radiólogos se les realizó la interrogante 11 sobre cuáles eran los riesgos de la interacción de la radiación con el cuerpo humano, esta interrogante era de aspecto de contestación libre, el resultado de la respuesta fue los riesgos son posibles daños en los diferentes órganos.

En la interrogante 12 se les planteó que, si el área de radiología cuenta con un sistema de dosimetría, como se puede observar en el gráfico 45 el 66.67% de los técnicos encuestados afirman que si hay un sistema de dosimetría y el 33.33% dice lo contrario como se detalla en el gráfico 45.

### Gráfico 45

Resultados estadísticos sobre interrogante 12 de los técnicos radiólogos encuestados

¿Cuenta con un sistema de dosimetría?



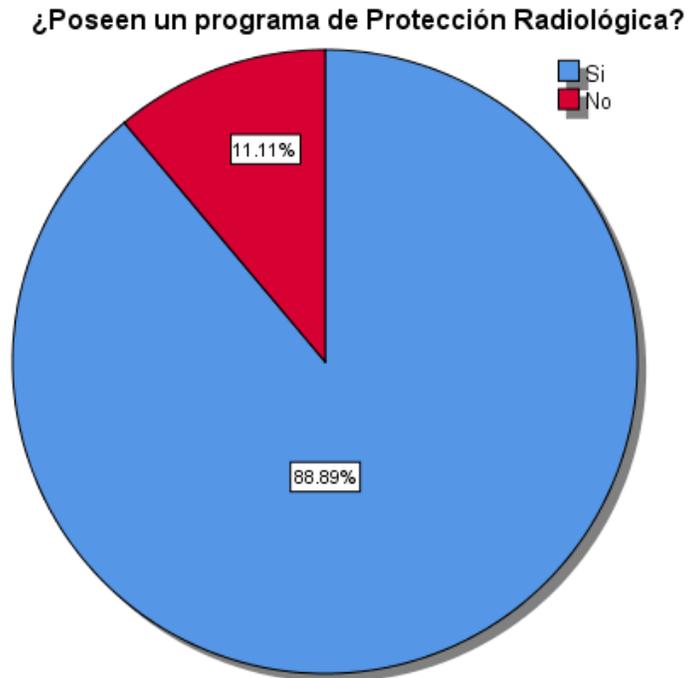
Fuente: Diseño propio

Seguidamente el 100% de los encuestados afirma que en el área de radiología del centro hospitalario si cuenta con un encargado de protección radiológica (EPR) como se observa en el grafico 46 del anexo C de la interrogante 13.

El 88.89% de los encuestados resaltaron que en el área de Radiología cuenta con un programa de protección radiológica (PR) y el 11.1% selecciono lo contrario como se observa en el grafico 47, el programa de protección radiológica se define como: el programa de PR es aplicable a todo el personal de los centros sanitarios del área que utilice equipos emisores de radiación ionizante o material radiactivo (UGC de Radiofísica Hospitalaria Servicio de Protección Radiológica, 2017).

### Gráfico 47

Resultados estadísticos sobre interrogante 14 de los técnicos radiólogos encuestados



Fuente: Diseño propio

Un total del 100% que equivale a los 9 técnicos encuestados han sido capacitados en el área de dosimetría personal como se observa en el gráfico 48 de anexo C, ya que es obligatorio portar dosímetro personal y así el Fisco-Médico pueda llevar un control dosimétrico de cada TOEs. Radiation Dosimetry (2020) comenta que: “La dosimetría personal se usa principalmente (pero no exclusivamente) para determinar las dosis a las personas que están expuestas a la radiación relacionada con sus actividades laborales”.

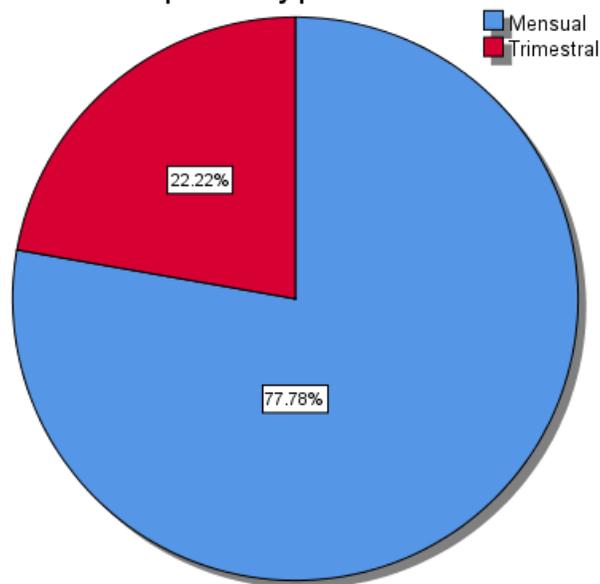
El 100% de los técnicos encuestados del área de radiología cuenta con código Minsa, como se puede observar en el gráfico 49 del anexo C junto con su respectiva interrogante del instrumento. El código Minsa es un registro de profesionales de la salud ante la dirección general de regulación sanitaria de Nicaragua.

La interrogante 17 como se muestra en la parte superior del gráfico 50, se detallaron 5 opciones (mensual, bimensual, anual, trimestral, semestral) en la interrogante, las cuales por los encuestados solo se obtuvieron resultados de 2 de esas opciones con un 77.78% plantean que mensualmente se revisan los equipos para la seguridad del personal y pacientes y el 22.22% dice lo contrario.

### Gráfico 50

Resultados estadísticos sobre interrogante 17 de los técnicos radiólogos encuestados

¿Cada cuánto es el periodo que se revisan los equipos para la seguridad del personal y pacientes?



Fuente: Diseño propio

Continuando con el orden de las interrogantes, en la número 18, se planteó sobre que sucesos iniciadores accidentales podrían presentarse en la sala de tomografía, los encuestados describieron que, por mala manipulación del equipo de tomografía, fuga de radiación del equipo, cuando el paciente tiene una reacción adversa al medio de contraste, daño físico del equipo.

De igual forma en la interrogante 19 se les presento a los encuestados, de que cual seria las consecuencias de que haya un accidente durante la manipulación del equipo, obteniendo las siguientes respuestas:

- Retraso de atención a los pacientes estables o críticos.

- Irradiación innecesaria del Trabajador ocupacionalmente expuesto (TOEs).
- Daños físicos graves al TOEs como para el paciente.

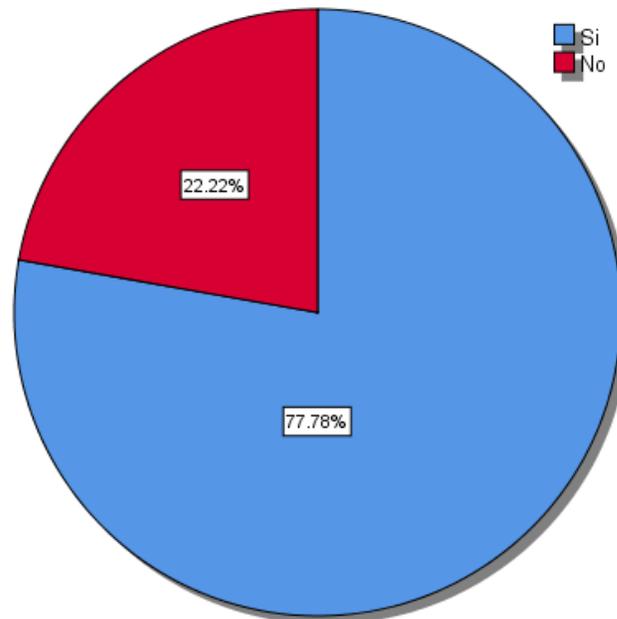
Posteriormente en la interrogante 20, se describe que como pueden identificar los accidentes naturales o de error humano presente en las diferentes áreas, los técnicos radiólogos plantearon los siguiente:

- Fallo de equipo.
- Cuando hay un mal posicionamiento del paciente.
- Mala manipulación del equipo.

Por otra parte, el 22.22 % de los encuestados de la interrogante 21 aseguran que el edificio de la sala de radiología no cuenta la debida infraestructura para desastres naturales (terremotos, inundaciones, incendios, entre otros) y el 77.78% afirma que si tiene la debida infraestructura ante lo antes mencionado como se observa en el grafico 51.

**Gráfico 51**  
Resultados estadísticos sobre interrogante 21 de los técnicos radiólogos encuestados

¿Cuenta el edificio con la debida infraestructura para desastre natural?



Fuente: Diseño propio

A los técnicos radiológicos encuestados se les realizó la interrogante número 22 la cual fue sobre qué tipo de seguridad contra robos dispone el centro hospitalario por lo cual se describieron 3 opciones (cámaras de seguridad, vigilancia con cuerpo de seguridad y planes internos de seguridad), como se observa en la tabla 20 solo se describen las opciones que tomaron los encuestados.

**Tabla 24**  
Resultados estadísticos de la 22 interrogante hacia los técnicos radiólogos

Opciones de respuestas	Frecuencia absoluta	Porcentaje (%)
Vigilancia con cuerpo de seguridad	8	88.9
Planes internos de seguridad	1	11.1
Total	9	100%

Fuente: Diseño propio

Un total del 100% de los técnicos encuestados respondió de manera afirmativa sobre la interrogante 23 del instrumento de que el centro hospitalario cuenta con un plan de evacuación de emergencia detallado en la figura 6 del anexo D, como se muestra en la tabla 25 del anexo C.

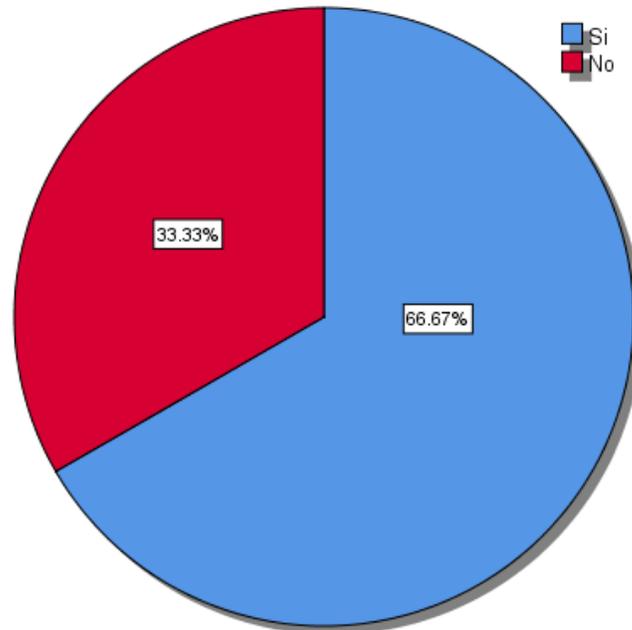
En la interrogante número 24 el 88.89% respondió de forma afirmativa de que el centro hospitalario cuenta con una zona de seguridad para evacuaciones, el 11.11% describió lo contrario como se observa en el gráfico 52 del anexo C.

Con respecto a la pregunta número 25 como se observa en la parte superior del gráfico 53, un 66.67% afirma que si hay suficiente personal en cada área y el 33.33% describe lo contrario como observamos en el gráfico.

### Gráfico 53

Resultados estadísticos sobre interrogante 25 de los técnicos radiólogos encuestados

¿Cuenta con un número suficiente de personal capacitado en cada área?



Fuente: Diseño propio

Es importante señalar que el 100% de los encuestados respondieron de manera afirmativa de que el centro cuenta con señalizaciones de advertencias sobre radiaciones ionizantes como se observa en la tabla 26 del anexo C con la interrogante 26.

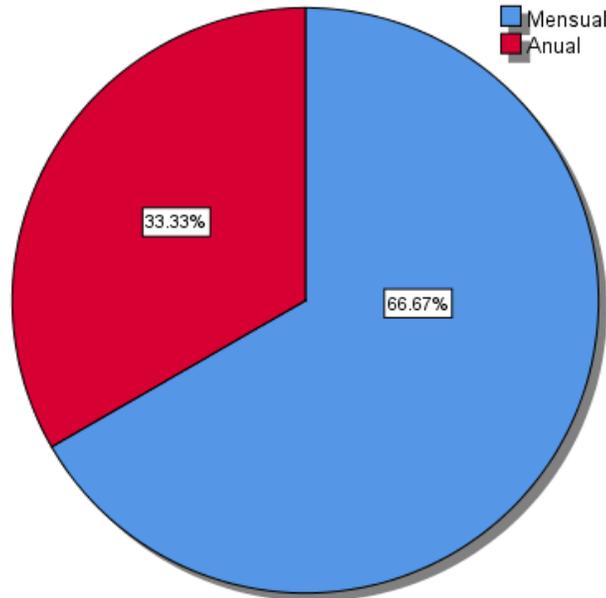
De igual manera el 100% de los técnicos radiólogos encuestados como se observa en la tabla 27 del anexo C respondieron de forma afirmativa de que el centro hospitalario dispone de diferentes tipos de seguridad en cada área del trabajo.

Con respecto a la interrogante 28 se detallaron 5 opciones (mensual, bimensual, anual, trimestral, semestral) sobre qué tan frecuente el centro realiza capacitaciones al personal técnico en carácter de protección radiología, para los encuestados 2 de las opciones sobresalieron con un total de 66.67% selecciono que mensual son capacitados y un 33.33% anualmente como se detalla en el gráfico 54.

### Gráfico 54

Resultados estadísticos sobre interrogante 28 de los técnicos radiólogos encuestados

¿Qué tan frecuente el centro realiza capacitaciones al personal Técnico Radiologo en carácter de protección radiológica?



Fuente: Diseño propio

Por otra parte, en la pregunta 29 como está planteada en el gráfico 55 del anexo C, un total del 100% de los técnicos radiólogos encuestados niegan haber presenciado algún accidente por error humano.

Otro de los aspectos que se evaluaron en el instrumento, fue si los técnicos radiólogos reconocían o fueron capacitados sobre las normas y guías de la organización internacional de energía atómica, en la interrogante 30 se plantean algunas de estas, como se observa en la tabla 28 de los 9 encuestados 2 conocen la primera opción detallada en la tabla, 6 la segunda opción y 2 de los 9 encuestados la tercera opción, esta información nos determina que la primera y tercera opción es la que no reconocen.

**Tabla 28**

Resultados estadísticos de la 30 interrogante hacia los técnicos radiólogos

Normas y guías del OIEA	Frecuencia absoluta	Porcentaje (%)
Evaluación de la seguridad de las instalaciones y actividades Requisitos de Seguridad Generales N° GSR Part 4 (Rev. 1).	2	20
Normas básicas internacionales de seguridad Requisitos de Seguridad Generales, Parte 3 N° GSR Part 3.	6	60
Principios fundamentales de seguridad Nociones fundamentales de seguridad No. SF-1.	2	20
Total	10	100%

Fuente: Diseño propio

En la interrogante 31, de igual forma se le presento a los encuestados algunos de los diferentes documentos de la comisión internacional de energía atómica (CONEA) y Ministerio de salud (MINSA) como se detallan en la tabla 29, lo cual obtuvimos que 6 personas conocen sobre el primer documento y 6 personas de las 10 conocen el segundo documento.

**Tabla 29**

Resultados estadísticos de los técnicos radiólogos encuestados sobre interrogante 31

Documentos Nacionales	Frecuencia absoluta	Porcentaje (%)
Guías para la práctica médica radiológica convencional e intervencionista.	4	36.4
Reglamento técnico de protección contra la radiación ionizante de la república de Nicaragua.	7	63.6
Total	11	100%

Fuente: Diseño propio

Seguidamente en la interrogante número 32, se obtuvieron que el 88.89% confirma que si se han aplicado medidas de pruebas para garantizar la fiabilidad y eficacia de los planes de seguridad que disponen mientras que el 11.11% describe lo contrario como se observa en el gráfico 56 del anexo C.

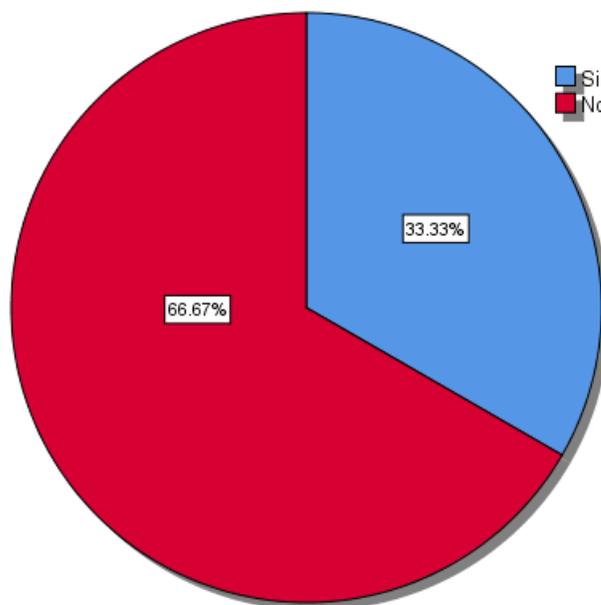
Un total del 100% de los encuestados afirma en la interrogante 33 que el personal es óptimo y calificado para desempeñar en las diferentes áreas de radiología como se detalla en la tabla 30 del anexo C.

Así mismo se les pregunto si el área de radiología gestiona simulacros con intervención de ayudas externas (CONEA, Bomberos, Policías entre otros), lo cual un 66.67% reitero que no y un 33.33% afirmo que si se gestiona simulacros con ayudas externas como se puede observar en el gráfico 57.

### Gráfico 57

Resultados estadísticos sobre interrogante 34 de los técnicos radiólogos encuestados

¿Gestionan realizaciones de simulacros con intervención de ayudas externas?



Fuente: Diseño propio

Respecto a la pregunta 35, los encuestados respondieron de manera abierta y detallaron que existen otros aspectos que puedan reducir la exposición a los pacientes tales como:

- Una buena colimación.
- Utilizar chaleco plomado.
- Bajar el índice de radiación.
- No realizar repeticiones de estudios.

De igual forma que la interrogante anterior en la pregunta 36, fue de respuesta abierta y de detallaron que por medio del tipo de estudio ya sea una tomografía de cráneo, tórax, abdomen, toraco-abdominal, Miembros superiores o inferiores entre otros estudios en fases contrastada o simple o combinadas, se puede estimar el tiempo de exposición, ya que hay estudios como que tardan más que otros como, por ejemplo:

- Un estudio Toraco-abdominal tarda entre 15 minutos.
- La Uro TC y trifásica de hígado tienen fases llamadas tardías, lo cual tarda el estudio entre 25 minutos a media hora.
- Para el estudio de cráneo en fase simple tarda 10 minutos, mientras que en la fase simple y contrastada tarda de 12 a 15 minutos por el medio de contraste que se le aplica al paciente.

Finalmente, en la interrogante 37 del instrumento para los técnicos radiólogos se les redactó que cuales eran las medidas adecuadas que se pueden adoptar para garantizar la seguridad radiológica las cuales de manera abierta detallaron las siguientes medidas:

- Uso obligatorio de medios de protección radiológica.
- Asegurar todas las entradas hacia la sala de tomografía, incluyendo la de sala de control.
- Tener el conocimiento sobre cuanta radiación se le debe de aplicar a los distintos pacientes que se atienden en el centro hospitalario.
- Recibir capacitaciones a mayor profundidad sobre protección y manejo de los equipos radiológicos.
- Mantener siempre al día el mantenimiento del equipo de tomografía.
- Una buena señalización de las diferentes áreas con radiación ionizante.
- Chequeo médico de rutina a los Trabajadores ocupacionalmente expuesto.

Por otra parte, la siguiente lista de cotejo se diseñó con el objetivo de realizar evaluación de protección radiológica de forma observacional relacionando requisitos generales relativos a la protección y la seguridad, se designaron 4 niveles con su respectivo significado: Excelente (10) cumple totalmente 100%, muy bueno (8) Cumple en un 80 %, bueno (6) cumplimiento mayor menor al 80%, en desarrollo (4) cumplen en un 60% los requisitos o normativas.

### Cuadro 1

#### Lista de cotejo sobre evaluación de protección radiológica

Elemento a Observar	Puntaje	Excelente	Muy bueno	Bueno	Regular
Cumplen con los principios de protección radiología (Justificación, optimización y límites de dosis).	10	X			
Cuenta el centro Hospitalario X con EPR y Físico-Médico	10	X			
Tienen plan de emergencia radiológica	10	X			
Se encuentran vigente la licencia de operación del centro hospitalario.	10	X			
Utilizan Equipo de protección radiológica -Chalecos plomados -Guantes plomados -Gafas plomadas -Protector de tiroides plomado	8		X		
Tienen debidamente señalizado las zonas de radiación	10	X			
Cuenta con un sistema de dosimetría	10	X			

Cuenta con suficiente personal capacitado	10	X			
Cuenta con personal de seguridad	10	X			
La sala de Tomografía cuenta con el blindaje correcto según normativa	10	X			
Tienen una buena cultura de seguridad	8		X		
Hay evidencia de que han sido capacitados en relación a radioprotección	10	X			

Fuente: Diseño propio

En el cuadro número 1 anteriormente mostrada se evidencian los resultados de la lista de cotejo observando que existe un cumplimiento de nivel excelente en casi todos los casos observados cabe destacar que en dos de los casos no se realiza el cumplimiento en su totalidad se debe a situaciones puntuales por ejemplo el caso de pacientes que llegan de emergencia y se debe de atender a lo inmediato y por lo mismo no verifican por ejemplo la puerta de la sala de control este correctamente cerrada, pero es observable y cuantificable el alto grado de cumplimiento de la lista de cotejo basada en la normativa y reglamentaciones vigentes.

Continuando con el desarrollo, se detalla a continuación las respuestas obtenidas del instrumento 4 sobre la entrevista que se le realizó al jefe del área de radiología y Físico-Médico del centro hospitalario público X de la ciudad de Managua-Nicaragua, consistió en una serie de preguntas detalladas en el instrumento 4 del anexo A.

Primero, se describió que la finalidad de esta entrevista es fortalecer el trabajo realizado con aras de mejora y la realización de una matriz de riesgo, cabe destacar el anonimato de sus respuestas basándose en criterios de confidencialidad y evitar sesgos en datos.

Segundo, el entrevistado tiene una edad de 35 años, con 2 años  $\frac{1}{2}$  de experiencia laboral, el cargo actual que desempeña en el área de radiología es de jefe y físico médico del centro, posee condigo Minsa, no cuenta con estudios de posgrado. Si ha recibido capacitaciones tales como:

- Curso de Encargado de protección radiológica.
- Licencia de uso de operaciones.

Seguidamente respondió que nunca le han informado o ha observado algún incidente o accidentes por desastre natural o error humano en la sala de tomografía, por otra parte, no ha recibido en el historial dosimétrico parámetros fuera de los límites de dosis para los TOEs.

Finalmente, en la interrogante 7 del instrumento 4, detalle que en la sala de tomografía cumple con los parámetros de protección radiológica, de igual manera detalle cuales son los equipos de protección radiológica utilizados en la sala de tomografía detallados a continuación:

- Chaleco Plomado.
- Gafas plomadas.
- Guantes Plomados.
- Collarín plomado para tiroides.
- Faldas plomadas.

Menciono que por lo general los TOEs se capacitan mensual, si poseen licencia de operaciones y los debidos cursos especializados, el equipo de tomografía recibe

mantenimiento cada 2 meses y que existe un plan de emergencia en el área de radiología relacionada a un desastre o incidente y/o accidente en la sala de tomografía.

- Resultados de la metodología de la matriz.

En esta sección se representan los sucesos iniciadores que pueden ocurrir en la sala de tomografía computarizada del centro hospitalario X de Managua- Nicaragua los cuales se detallan en la tabla 31 y 32, con sus respectivas variables las cuales son: variables de frecuencia (f) y probabilidad de fallo de las barreras (p) y variable de consecuencias (C), incluyendo de forma detallada sus consecuencias, cada variable tiene su respectivo nivel los cuales son: Muy alto (MA), alto (A), medio (M) y muy bajo (MB).

**Tabla 31**  
Sucesos Iniciadores con sus respectivas variables y su posible consecuencia

Suceso (escenario)	Iniciador	F	P	C	Consecuencia de Riesgo
Mala Praxis		Media	Media	Muy Alta	Consecuencias Fatales para el paciente y/o TOEs
Robo de Equipo de PR		Muy baja	Muy baja	Alta	Irradiación innecesaria para acompañantes de pacientes críticos
Fallo de Equipo de TC		Media	Media	Muy alta	Reprogramación de los estudios y la no realización de estudios en casos de emergencia
Acciones Terroristas		Muy baja	Media	Muy alta	Daño a los equipos, robos y lesiones a TOEs y pacientes
Desastre Natural		Media	Media	Muy Alta	Daños en la Infraestructura
No realizar un mantenimiento adecuado		Muy baja	Media	Muy Alta	Irradiación de efecto determinístico o fallos durante estudio
Perdida de Información del Paciente		Media	Media	Alta	Realizar nuevamente estudio de radiodiagnóstico
Personal no capacitado		Muy baja	Muy Baja	Alta	Mala Manipulación del equipo
Fallo del Inyector del Contraste		Media	Media	Muy alta	Estudio incompleto e irradiación innecesaria

Fuente: Diseño propio

**Tabla 32**

Sucesos Iniciadores con sus respectivas variables y su posible consecuencia

Suceso Iniciador (escenario)	F	P	C	Consecuencia de Riesgo
No cooperación del paciente durante la realización del estudio	Alta	Baja	Muy alta	Realización de estudio desde cero
Ingreso de personas ajenas	Media	Media	Media	Perdida de equipo e irradiación al público
Destrucción del Blindaje de la sala de control	Muy baja	Media	Muy alta	Irradiación para TOEs a niveles estocásticos
Irradiación de paciente equivocado	Media	Baja	Media	Irradiación a niveles estocásticos
Irradiación del público por no poseer un correcto blindaje en la puerta principal de la sala	Muy baja	Baja	Media	Irradiación del público que se encuentran cerca de la entrada
Al paciente se le han realizado más de 3 tomografías en un lapso muy corto de tiempo	Media	Media	Alta	Irradiación de efecto determinístico o estocásticos
Explosión del tubo de rayos X por recalentamiento	Media	Baja	Alta	Daños físicos graves al paciente y/o TOEs que estén dentro de la sala de Tomografía

Fuente: Diseño propio

Después de haber analizado la matriz de los sucesos iniciadores con sus respectivas variables y sus posibles consecuencias se procedió a realizar la matriz donde se involucran las barreras y/o medidas de seguridad en función del momento en que se produce la actuación respecto al suceso iniciador por el cual dichas barreras y/o medidas de seguridad son las que contiene la sala de tomografía y el área de radiología. Por lo tanto, si estas barreras y/o medidas de seguridad fallan tendrán dichas consecuencias como se observa en las tablas 33,34,35.

- **Secuencias accidentales**

**Tabla 33**

Sucesos Iniciadores con sus respectivas variables, barreras y/o medidas de seguridad

Suceso Iniciador	Barreras y/o Medidas de seguridad	Consecuencias
Mala praxis	<b>Barrera tipo 1:</b> Enclavamientos del equipo de TC	Consecuencias potencialmente Fatales para el paciente y/o TOEs
	<b>Barrera tipo 2:</b> Alarmas externas a la sala	
	<b>Reductores de Frecuencia:</b> Capacitación de los TOEs	
	<b>Reductores de Consecuencia:</b> Acción inmediata del encargado de la sala de TC	
Robo de Equipo de PR	<b>Barrera tipo 2:</b> Alarmas Externa a la sala de TC	Irradiación innecesaria para acompañantes de pacientes críticos
	<b>Barrera tipo 3:</b> Miembros de seguridad del Centro Hospitalario X	
	<b>Reductores de Consecuencia:</b> Acción inmediata del encargado de la sala de TC	
Fallo de Equipo de TC	<b>Barrera tipo 1:</b> Enclavamiento de las barreras de seguridad del equipo y sala de control.	Reprogramación de los estudios y la no realización de estudios en casos de emergencia
	<b>Reductores de Frecuencia:</b> programa de mantenimiento programado	
	<b>Reductores de Consecuencia:</b> Notificación inmediata al encargado de EPR y/o Físico Médico del centro hospitalario	
Acciones Terroristas	<b>Barrera tipo 1:</b> Enclavamiento del equipo de TC	Daño a los equipos, robos y lesiones a TOEs y pacientes
	<b>Barrera tipo 2:</b> Alarmas externas a la sala	
	<b>Barrera tipo 3:</b> Miembros de seguridad externos a la sala	
	<b>Barrera tipo 4:</b> Plan de emergencia	
	<b>Reductores de Consecuencia:</b> Notificación inmediata al encargado de EPR y/o Físico Médico del centro hospitalario	

Fuente: Diseño propio

**Tabla 34**

Sucesos Iniciadores con sus respectivas variables, barreras y/o medidas de seguridad

Suceso Iniciador	Barreras y/o Medidas de seguridad	Consecuencias
Desastre Natural	<b>Barrera tipo 2:</b> Alarmas externas a la sala	Daños a la Infraestructura en términos generales
	<b>Reductores de Frecuencia:</b> Capacitación de los TOEs sobre este tipo de situaciones	
	<b>Reductores de Consecuencia:</b> Ejecución de plan de emergencia ante desastre naturales	
No realizar un mantenimiento adecuado	<b>Barrera tipo 1:</b> Enclavamientos	Irradiación de efecto determinístico o fallos durante estudio
	<b>Reductores de Frecuencia:</b> Realizar pruebas antes de ingresar a pacientes	
	<b>Reductores de Consecuencias:</b> Notificación al jefe del área de radiología para realizar acción inmediata de suspensión de labores	
Perdida de Información del Paciente	<b>Reductores de Frecuencia:</b> Verificar siempre el envío correcto del estudio del paciente al PACS	Realizar nuevamente estudio de radiodiagnóstico
	<b>Reductores de Consecuencia:</b> Notificación inmediata al jefe del área de radiología	
Personal no capacitado	<b>Barrera tipo 1:</b> Enclavamiento del equipo de TC	Mala manipulación del equipo de TC y/o Medidas de seguridad de protección radiológica
	<b>Reductores de Frecuencia:</b> Capacitación con anterioridad del personal	
	<b>Reductores de Consecuencia:</b> Notificar al encargado de la Sala de TC	
Fallo del Inyector del Contraste	<b>Barrera tipo 1:</b> Enclavamiento del equipo de TC	Estudio incompleto e irradiación innecesaria
	<b>Reductores de Frecuencia:</b> Programa de mantenimiento programado	
	<b>Reductores de Consecuencia:</b> Notificar al jefe del área de radiología y suspensión de estudio	
No cooperación del paciente durante la realización del estudio	<b>Barrera tipo 1:</b> Enclavamiento del equipo de TC.	Realización de estudio desde cero
	<b>Reductores de Frecuencia:</b> Informar con anterioridad al paciente que debe de estar inmóvil durante el estudio, si el paciente es discapacitado informar al médico tratante	
	<b>Reductores de Consecuencia:</b> Notificar al jefe del área de radiología y suspensión de estudio	

Fuente: Diseño propio

**Tabla 35**

Sucesos Iniciadores con sus respectivas variables, barreras y/o medidas de seguridad

Suceso Iniciador	Barreras y/o Medidas de seguridad	Consecuencias
Ingreso de personas ajenas	<b>Barrera tipo 1:</b> Cierre total de la entrada principal de la sala de tomografía	Pérdida de equipo e irradiación al público
	<b>Reductores de Frecuencia:</b> verificación de que, en la sala, se encuentre solamente el paciente que se realizara el estudio	
Destrucción del Blindaje de la sala de control	<b>Barrera tipo 1:</b> Enclavamiento de la sala de control del equipo de TC	Irradiación para TOEs a probables niveles estocásticos
	<b>Barrera tipo 4:</b> Suspensión inmediata de labores y notificación al jefe de radiología	
	<b>Reductores de Frecuencia:</b> verificación visual de que la sala de TC este en óptimas condiciones	
Irradiación de paciente equivocado	<b>Reductores de Frecuencia:</b> Carga de trabajo moderada	Irradiación a niveles probablemente estocásticos
	<b>Reductores de Consecuencia:</b> Notificar al jefe de radiología y médico tratante	
Irradiación del público por no poseer un correcto blindaje en la puerta principal de la sala	<b>Reductores de Frecuencia:</b> Programa de mantenimiento programado	Irradiación del público que se encuentran cerca de la entrada de la sala de tomografía
	<b>Reductores de Consecuencia:</b> Suspender labores para prevenir irradiación innecesaria al público	
Al paciente se le han realizado más de 3 tomografías en un lapso muy corto de tiempo	<b>Reductores de Frecuencia:</b> Notificar al jefe del área de radiología y Médico tratante y analizar sobre los principios de protección Radiológica	Irradiación de efecto determinístico o estocásticos
	<b>Reductores de Consecuencia:</b> Adecuar un protocolo de estudio que baje la dosis al paciente	
Explosión del tubo de rayos X por recalentamiento	<b>Barrera tipo 1:</b> Cierre total de la entrada	Daños Físico graves o fatales del paciente y/o TOEs de la sala de Tomografía
	<b>Reductores de Frecuencia:</b> Programa de mantenimiento programado	
	<b>Reductores de Consecuencia:</b> Notificar al jefe de radiología y Físico Medico	

Fuente: Diseño propio

- Aplicación de la ecuación de riesgo

Una vez obtenido estos resultados, se procedió a aplicar la ecuación de riesgo este es igual a la frecuencia del fallo (F) por la probabilidad de fallo de las barreras (P) por la magnitud de las consecuencias (C), el riesgo de igual manera que las variables (F, P Y C) tiene sus 4 niveles de riesgo (riesgo muy alto ( $R_{MA}$ ), riesgo alto ( $R_A$ ), riesgo medio ( $R_M$ ) y riesgo bajo ( $R_B$ ), y criterios de aceptación como se detalla en la figura 2 del anexo B.

**Tabla 36**  
Resultado de la aplicación de la ecuación de riesgo a las variables resultantes de la matriz de riesgo.

Suceso Iniciador (SI)	F	Descripción de consecuencia	C	Barreras de seguridad	P	Riesgo	Reductores de frecuencia	Reductores de consecuencia
Mala Praxis	Media	Consecuencias Fatales para el paciente y/o TOEs	Muy Alta	-Enclavamientos del equipo de TC -Alarmas externas a la sala	Media	$R_A$	Capacitación de los TOEs	Acción inmediata del encargado de la sala de TC
Robo de Equipo de PR	Muy baja	Irradiación innecesaria para acompañantes de pacientes críticos	Alta	-Alarmas Externa a la sala de TC -Miembros de seguridad del Centro Hospitalario X	Muy baja	$R_B$	-	Acción inmediata del encargado de la sala de TC
Fallo de Equipo de TC	Media	Reprogramación de los estudios y la no realización de estudios en casos de emergencia	Muy alta	-Enclavamiento de las barreras de seguridad del equipo y sala de control.	Media	$R_A$	programa de mantenimiento programado	Notificación inmediata al encargado de EPR y/o Físico Médico del centro hospitalario
Acciones Terroristas	Muy baja	Daño a los equipos, robos y lesiones a TOEs y pacientes	Muy alta	-Enclavamiento del equipo de TC - Alarmas externas a la sala - Plan de emergencia	Media	$R_A$	-	Notificación inmediata al encargado de EPR y/o Físico Médico del centro hospitalario
Desastre Natural	Media	Daños en la Infraestructura	Muy Alta	- Alarmas externas a la sala	Media	$R_A$	Capacitación de los TOEs sobre este tipo de situaciones	Ejecución de plan de emergencia ante desastre naturales
No realizar un mantenimiento adecuado	Muy baja	Irradiación de efecto determinístico o fallos durante estudio	Muy Alta	- Enclavamiento del equipo	Media	$R_A$	Realizar pruebas antes de ingresar a pacientes	Notificación al jefe del área de radiología para realizar acción inmediata de suspensión de labores
Perdida de Información del Paciente	Media	Realizar nuevamente estudio de radiodiagnóstico	Alta	-No existen barreras directas	Muy baja	$R_B$	Verificar siempre el envío correcto del estudio del paciente al PACS	Notificación inmediata al jefe del área de radiología
Personal no capacitado	Muy baja	Mala Manipulación del equipo	Alta	-Enclavamiento del equipo de TC	Alta	$R_B$	Capacitación con anterioridad del personal	Notificar al encargado de la Sala de TC
Fallo del Inyector del Contraste	Media	Estudio incompleto e irradiación innecesaria	Muy alta	-Enclavamiento del equipo de TC	Media	$R_A$	Programa de mantenimiento programado	Notificar al jefe del área de radiología y suspensión de estudio

Fuente: Diseño propio

**Tabla 37**

Resultado de la aplicación de la ecuación de riesgo a las variables resultantes de la matriz de riesgo sin considerar la robustez

SI	F	Descripción de consecuencia	C	Barreras de seguridad	P	Riesgos	Reductores de Frecuencia	Reductores de Consecuencia
No cooperación del paciente durante la realización del estudio	Alta	Realización de estudio desde cero	Muy alta	-Enclavamiento del equipo de TC.	Baja	$R_A$	Informar con anterioridad al paciente que debe de estar inmóvil durante el estudio, si el paciente es discapacitado informar al médico tratante	Notificar al jefe del área de radiología y suspensión de estudio
Ingreso de personas ajenas	Media	Perdida de equipo e irradiación al público	Media	-Cierre total de la entrada principal de la sala de tomografía	Media	$R_M$	Verificación de que, en la sala, se encuentre solamente el paciente que se realizara el estudio	-
Destrucción del Blindaje de la sala de control	Muy baja	Irradiación para TOEs a niveles estocásticos	Muy alta	- Enclavamiento de la sala de control del equipo de TC - Suspensión inmediata de labores y notificación al jefe de radiología	Media	$R_A$	Verificación visual de que la sala de TC este en óptimas condiciones	Proceder al plan de emergencia ante ese tipo de situaciones
Irradiación de paciente equivocado	Media	Irradiación a niveles estocásticos	Media	- No existen barreras directas	Baja	$R_M$	Carga de trabajo moderada	Notificar al jefe de radiología y médico tratante
Irradiación del público por no poseer un correcto blindaje en la puerta principal de la sala	Muy baja	Irradiación del público que se encuentran cerca de la entrada	Media	- No existen barreras directas	Baja	$R_B$	Programa de mantenimiento programado	Suspender labores para prevenir irradiación innecesaria al público
Al paciente se le han realizado más de 3 tomografías en un lapso muy corto de tiempo	Media	Irradiación de efecto determinístico o estocásticos	Alta	-No existen barreras directas	Media	$R_A$	Notificar al jefe del área de radiología y Médico tratante y analizar sobre los principios de protección Radiológica	Adecuar un protocolo de estudio que baje la dosis al paciente
Explosión del tubo de rayos X por recalentamiento	Media	Daños físicos graves al paciente y/o TOEs que estén dentro de la sala de Tomografía	Alta	-Cierre total de la entrada de la sala de Tomografía	Baja	$R_A$	Programa de mantenimiento programado	Notificar al jefe de radiología y Físico Medico

Fuente: Diseño propio

Teniendo los resultados de la tabla 36 y 37 se debe considerar la robustez de cada barrera existente como nos detalla el Organismo Internacional de Energía Atómica en la figura 3 del anexo, lo cual esto nos va a brindar a reducir el nivel de la probabilidad de fallo de la barrera y acercarnos a un dato más realista cabe mencionar que no todos los resultados de riesgo que estén en parámetros altos se pueden disminuir ya que existen criterios de riesgo detallados en la figura 4 del anexo B y que no todos los sucesos iniciadores cuentan con barreras directas.

**Tabla 38**  
Resultado de la aplicación de los criterios y robustez de cada barrera

Suceso Iniciador	Tipo de barrera	Probabilidad de fallo de barrera sin corregir	Tipo de robustez	Total de Robustez expresada puntos	Probabilidad de fallo de barrera corregida	Riesgo sin corregir	Riesgo corregido
Mala praxis	1 y 2	Media	Robusta	512	Baja	$R_A$	La matriz de riesgo no permite bajar el riesgo se mantiene riesgo alto
Fallo de Equipo de TC	1	Media	Robusta	32	Baja	$R_A$	$R_M$
Acciones Terroristas	1,2,3,4	Media	Muy robusta	16,384	Muy baja	$R_A$	$R_M$
Desastre Natural	2	Media	Esta barrera no se considera lo bastante robusta para bajar la estimación de probabilidad de fallo y, por tanto, NO PERMITE reducir el riesgo resultante	16	Se mantiene igual a lo anterior	$R_A$	$R_A$
No realizar un mantenimiento adecuado	1	Media	Robusta	32	Baja	$R_A$	$R_M$
Perdida de Información del Paciente	No existen	Media	No existe	-	Se mantiene igual	$R_A$	$R_A$
Fallo del Inyector del Contraste	1	Media	Robusta	32	Baja	$R_A$	La matriz de riesgo no permite bajar el riesgo se mantiene riesgo alto
No cooperación del paciente durante la realización del estudio	1	Baja	Robusta	32	Se mantiene igual	$R_A$	Se mantiene igual dado que no entra dentro de los criterios según figura 4 del anexo

Fuente: Diseño propio

**Tabla 39**  
Resultado de la aplicación de los criterios y robustez de cada barrera

Suceso Iniciador	Tipo de barrera	Probabilidad de fallo de barrera sin corregir	Tipo de robustez	Total de Robustez expresada puntos	Probabilidad de fallo de barrera corregida	Riesgo sin corregir	Riesgo corregido
Ingreso de personas ajenas	1	Media	Robusta	32	Baja	$R_M$	La matriz de riesgo no permite bajar el riesgo se mantiene riesgo medio
Destrucción del Blindaje de la sala de control	1 y 4	Media	Muy robusta	128	Muy baja	$R_A$	$R_M$
Irradiación de paciente equivocado	No existen barreras directas	Baja	No existen	-	Se mantiene igual	$R_M$	Se mantiene igual dado que no entra dentro de los criterios según figura 4 del anexo
Al paciente se le han realizado más de 3 tomografías en un lapso muy corto de tiempo	No existen barreras directas	Media	No existen	-	Se mantiene igual	$R_A$	Se mantiene igual dado que no entra dentro de los criterios según figura 4 del anexo
Explosión del tubo de rayos X por recalentamiento	1	Baja	Robusta	32	Se mantiene igual	$R_A$	Se mantiene igual dado que no entra dentro de los criterios según figura 4 del anexo

Fuente: Diseño propio

Finalmente como se detalla en la tabla 38 y 37, se observa que algunas probabilidad de fallo de las barreras no cumplen con los criterios de la figura 4 del anexo B, por lo que algunas no tienen barreras directas, o no llegan al puntaje requerido o la combinación de la matriz de riesgo no permite disminuir el riesgo, basándonos en la figura 2 del anexo B existen 4 criterios para la gestión del riesgo basándonos en los resultados 7 se mantienen en un riesgo alto lo cual es considerado inaceptable a largo plazo, por lo tanto deben tomarse medidas para reducir el riesgo en un tiempo que se considere apropiado, seguidamente en la región aceptable se encuentran 6 resultados de riesgo medio y 3 de riesgo bajo que es en la región ampliamente aceptable lo cual el riesgo es despreciable.

## Capítulo V

### 5.1 Conclusiones

El 90% de los médicos y especialistas tienen más de 1 año de experiencia laboral en radiología, sin embargo, solo el 40% posee licencia, lo que influye en el conocimiento básico de conceptos de protección radiológica, teniendo en cuenta que la mayoría conoce 3 conceptos básicos (dosimetría, limitación de dosis y efectos estocásticos).

Sumando a lo anterior existe un nivel de conocimiento medio de la identificación de las zonas de radiación, pero cabe resaltar que conocen sobre la interacción de la radiación con el cuerpo humano, de los principios fundamentales hay deficiencia relacionada a la comprensión de los mismos, el 30% entiende que hay que justificar toda actividad que origine exposición humana a la radiación. Por otra parte, existe un nivel de conocimiento muy básico sobre los límites de dosis para los TOEs pero el 40% conoce los límites de dosis para el público.

Los médicos lograron identificar posibles sucesos iniciadores de accidentes, teniendo la oportunidad en un 70% de presenciar accidentes por error humano, en cuanto a la seguridad del centro hospitalario X el 90% afirmó que existe una vigilancia con cuerpo de seguridad contra robos, sin embargo el 90% expresó que no hay suficiente cantidad de personal capacitado lo cual al tener esta carencia puede entorpecer otros aspectos como hacer las tareas con suficiente calma, tiempo y todas las medidas.

Los médicos afirman que el centro cuenta con las señalizaciones de advertencia, el 60% de ellos estima que anualmente los capacitan en carácter de protección radiológica relacionado a normas guías de Organismo Internacional de Energía Atómica y documentos nacionales, es esencial mencionar que todos y todas están conscientes de que la tomografía posee un mayor riesgo de provocar eventualmente daño a la salud en el futuro; en este sentido 9 de los 10 encuestados en algún momento o siempre le explica al paciente de que se trata es estudio que se va a realizar.

El 66.7% de los técnicos radiólogos tienen más de 10 años de experiencia laboral en radiodiagnóstico y se encuentran en edades de 20 a 57 años, de los cuales el 66.67% poseen licencia radiológica, los demás no la poseen porque están en proceso de obtenerla dado que son nuevos técnicos en el centro hospitalario X lo que influye en el conocimiento básico de

conceptos de protección radiológica teniendo en cuenta que la mayoría reconoce 3 conceptos (dosimetría, blindaje y limitación de dosis), agregando que tienen un conocimiento intermedio sobre la identificación de las zonas de radiación pero un nivel bajo sobre los principios de protección radiológica.

Es importante señalar que el 66.7% tiene el conocimiento sobre el límite de dosis al TOEs de igual forma el 44.4% reconoce cual es el límite de dosis para público. En cuanto a las medidas de seguridad de protección radiológica, la mayoría utiliza chaleco plomado y verifican que no se encuentre personas ajenas.

Tres de los nueve técnicos encuestados destacan que si se pierde algún estudio en la red o PACS repercute en la dosis al paciente dado que se tendría que repetir el estudio; basado en la experiencia de los encuestados concluyen que pueden existir daños en diferentes órganos, el 33.33 niega que en el área de radiología no cuenta con un sistema de dosimetría personal, cabe mencionar que afirman todos los técnicos que han sido capacitados en el área de dosimetría personal.

Asimismo, la gran mayoría de los técnicos radiólogos describen que mensualmente revisan los equipos de radiodiagnóstico para la seguridad del personal y pacientes, en cuanto a las ideas sobre que posibles sucesos iniciadores accidentales podrían presentarse en la sala de TC detallaron que: por una mala manipulación del equipo, fuga de radiación, cuando el paciente tiene una reacción adversa al medio de contraste entre otros.

El 90% asegura que existe una vigilancia con cuerpo de seguridad ante una situación de robo y todos afirman que existe un plan de emergencia, que el centro cuenta con señalización de advertencia; La gran parte de los encuestados afirman que hay suficiente personal capacitado y que mensualmente son capacitados en carácter de protección radiológica por lo que la mayoría reconocen algunas de las guías, normas y documentos nacionales.

En este sentido detallaron las medidas que se pueden adoptar para garantizar la seguridad las cuales se resaltan: Uso obligatorio de medidas de protección radiológica, recibir capacitaciones a mayor profundidad sobre protección y manejo de los equipos, chequeo médico de rutina a los TOEs.

Todos los 232 pacientes padecen de alguna o algunas enfermedades crónicas dentro de ellas 132 de los pacientes padecen de cáncer. Por otro lado, el 43.2% se han realizado entre 3 a más de 3 tomografías, además el 73.3% no tienen el conocimiento sobre los posibles efectos

de exposición de esta técnica de radiodiagnóstico, asimismo el 57.9% afirma que el médico tratante no explica sobre en qué consiste este estudio de igual forma el 45.1% reciben tratamiento como radioterapia, quimioterapia, braquiterapia y una combinación de radioterapia y braquiterapia.

Por medio de la matriz de riesgo se lograron identificar cada una de las variables involucradas de la ecuación de riesgo, las variables de frecuencia (f) y probabilidad de fallo de las barreras (p) se subdividieron en los niveles alto, medio, bajo y muy bajo, mientras que para la variable de consecuencias (C) se seleccionaron los niveles muy alto, alto, medio y bajo con el objetivo de que la matriz fuera intrínsecamente conservadora.

Desde el punto de vista de las consecuencias, las cuales se detallaron las diferentes barreras para cada suceso iniciador, dando como resultado que existen barreras entre muy robustas (enclavamientos) y robustas (alarmas), en cambio algunos de los sucesos iniciadores no contienen estas barreras ya que no existen barreras directas para esos escenarios se describieron de igual manera medidas de seguridad entre ellas reductores de frecuencia y consecuencia.

La evaluación de seguridad y conocimiento sobre el área de tomografía y los TOEs permitió identificar 16 posibles sucesos iniciadores, los cuales 9 se encuentran dentro de la región aceptable y región ampliamente aceptable siendo esto un riesgo despreciable, en cambio 7 se encuentran en la región inaceptable lo cual se debe de tomar acciones que permitan reducir estos riesgos.

Cabe mencionar que por medio del instrumento de la lista de cotejo se puede verificar que, si existe un excelente desempeño en casi todos los elementos que se observaron y se detallaron en el cuadro 1 durante la evaluación, pero existieron dos casos que tuvieron un desempeño del 80% dado por circunstancia de emergencia no tuvieron una excelente cultura de seguridad y/o no tomaron todas las medidas en el momento.

En términos generales es excelente el desempeño de los TOEs en el sentido de protección y seguridad radiológica, es importante mencionar el aporte de esta tesis monográfica a los procesos de gestión de la calidad en protección radiológica, proporcionando evidencias sobre

el estado actual de los riesgos evaluados en el área de tomografía del centro hospitalario en estudio.

Es importante recalcar que la hipótesis planteada en el acápite 2.5, no es rechazada, dado que se lograron identificar y atenuar los posibles accidentes por medio de la matriz y las distintas normas, reglamentos y guías de los diferentes organizaciones nacionales e internacionales durante la práctica de los diferentes estudios realizados en la sala de tomografía.

## 5.2 Recomendaciones

1. Realizar capacitaciones a profundidad relacionadas a protección radiológica.
2. Mejorar la cultura de seguridad de cada TOEs.
3. Aplicar las recomendaciones y normativas de guías y reglamentos del organismo internacional de energía Atómica, CONEA en conjunto con MINSA-Nicaragua.
4. Renovación inmediata de licencia de operaciones a todo el personal de la sala de radiología.
5. Realizar pruebas de monitoreo para verificar que los TOEs cumplan con las normativas establecidas por el OIEA.
6. Mejorar la seguridad de enclavamiento de la puerta principal de la sala y sala de control.
7. Realizar simulacros con ayuda de organizaciones externas al centro hospitalario X para mejorar la actuación inmediata ante un posible accidente o incidente ya sea por error humano o desastre natural en la sala de tomografía.
8. Realizar evaluaciones periódicas tomando en cuenta aspectos de la gestión de la calidad, como parte de un programa de gestión de la calidad en protección radiológica.

### 5.3 Referencias y bibliografía.

- Alcaraz, M. (6 de febrero de 2017). *webs.um Interaccion de la Radiacion con la Materia*. Obtenido de Proteccion Radiologica en Radiodiagnostico.: <https://webs.um.es/mab/miwiki/doku.php?id=temas>
- Arias, D. F. (10-12 de 2020). *Biblioteca central*. Obtenido de Salomon de la Selva.
- Boodman, S. G. (2016). Los riesgos del uso excesivo de las tomografías computarizadas. *The Atlantic*, 1-3.
- Centro Nacional de Seguridad Nuclear. (Noviembre de 2012). *Guía de evaluación de seguridad de prácticas y actividades asociadas al empleo de fuentes de radiaciones ionizantes*. Cuba: CNSN. Obtenido de CNSN.
- Comision Nacional de Energia Atomica. (Octubre de 2011). *Reglamento técnico de protección contra las radiaciones ionizantes*. Obtenido de <http://www.minsa.gob.ni/>: <http://www.minsa.gob.ni/index.php/repository/Descargas-MINSA/Direcci%C3%B3n-General-de-Regulaci%C3%B3n-Sanitaria/Radiaciones-Ionizantes/Reglamento-t%C3%A9cnico-de-protecci%C3%B3n-contra-las-radiaciones-ionizantes/>
- Consejo de Seguridad Nuclear. (26 de febrero de 2015). *CSN.es*. Obtenido de CSN.es: <https://www.csn.es/descargar-monografia1>
- CSN. (2019). *Consejo de Seguridad Nuclear*. Obtenido de CSN: <https://www.csn.es/proteccion-radiologica>
- EL NUEVO DIARIO. (2016). *Nicaraguense entre los mas bajos (de estatura) de la region*. Managua. Nicaragua: EL NUEVO DIARIO.COM.NI. Recuperado el 10 de febrero de 2022, de <https://www.elnuevodiario.com.ni/actualidad/399307-nicaraguenses-mas-bajos-region/>
- FORO. (Junio de 2016). *Aplicacion de la Matriz de Riesgo en Radiologia Industrial*. Obtenido de FORO sitio web: [https://www.foroiberam.org/documents/193375/84925c64-e67e-42e3-b650-d46a19e77c9f#:~:text=La%20matriz%20de%20riesgo%20es,fallo%20de%20equipo%20\(suceso%20iniciador\)](https://www.foroiberam.org/documents/193375/84925c64-e67e-42e3-b650-d46a19e77c9f#:~:text=La%20matriz%20de%20riesgo%20es,fallo%20de%20equipo%20(suceso%20iniciador))
- Foro Iberoamericano de Organismos Reguladores Radiológicos y Nucleares. (06 de 2016). *FORO*. Obtenido de FORO: <https://www.foroiberam.org/documents/193375/84925c64-e67e-42e3-b650-d46a19e77c9f#:~:text=La%20matriz%20de%20riesgo%20es,del%20nivel%20resultante%20de%20riesgo>.
- Instituto de Salud Publica de Chile. (2016). *TRABAJADOR(A) OCUPACIONALMENTE EXPUESTO(A) A RADIACIONES IONIZANTES*. Chile: Gobierno de Chile.
- LEXICO. (2021). *Lexico.com*. Obtenido de Definicion de Normas: <https://www.lexico.com/es/definicion/norma>

- Marín, C. F., González, J. J., Ámbar, C. D., Cepero, W. Q., Gómez, B. S., Yeline Solá Rodríguez, . . . González., J. P. (2017). Análisis de seguridad radiológica de una instalación PET/CT mediante el empleo de la matriz de riesgo. *SciELO*, 1-3.
- Mayo Clinic. (29 de julio de 2021). *Tomografía computarizada*. Obtenido de Mayo Clinic sitio Web: <https://www.mayoclinic.org/es-es/tests-procedures/ct-scan/about/pac-20393675>
- Ministerio de Salud (MINSa). (2012). *REGLAMENTO TECNICO DE PROTECCION CONTRA LAS RADIACIONES IONIZANTES DE LA REPUBLICA DE NICARAGUA*. Managua: Ministerio de salud.
- MINSa-NICARAGUA. (23 de Marzo de 1993). *Ley No 156 sobre las radiaciones ionizantes*. Obtenido de Minsa.gob: <http://www.minsa.gob.ni/index.php/repository/Descargas-MINSa/Direcci%C3%B3n-General-de-Regulaci%C3%B3n-Sanitaria/Radiaciones-Ionizantes/Ley-No-156-Sobre-Radiaciones-Ionizantes/>
- Neill, D., & Cortez, L. (2018). *Procesos y Fundamentos de la Investigación Científica*. . Ecuador: UTMACH.
- Nuclear, C. d. (2013). *csn.ciemat.es*. Obtenido de *csn.ciemat.es*: [http://csn.ciemat.es/MDCSN/recursos/ficheros\\_md/764096047\\_1572009112411.pdf](http://csn.ciemat.es/MDCSN/recursos/ficheros_md/764096047_1572009112411.pdf)
- OIEA. (2014). *UNA VISIÓN MÁS CLARA DE LA IMAGENOLOGÍA MÉDICA*. Boletín del OIEA 55-4.
- OIEA. (s.f.). *Organismo internacional de energía atómica*. Obtenido de Organismo internacional de energía atómica: <https://www.iaea.org/resources/rpop/health-professionals/dentistry>
- Organismo Internacional de Energía Atómica . (2013). *OIEA*. Obtenido de OIEA: <https://rpop.iaea.org/RPOP/RPoP/Content-es/InformationFor/Patients/information-public/index.htm#:~:text=La%20radiaci%C3%B3n%20ionizante%20se%20compone,producir%20cambios%20en%20el%20tejido.>
- Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). (2013). *Proteccion Radiologica de los Pacientes*. Obtenido de Tomografía Computada: <https://rpop.iaea.org/RPOP/RPoP/Content-es/InformationFor/Patients/patient-information-computed-tomography/index.htm#CT-FAQ01>
- Organismo Internacional de Energía Atómica. (1997). *Exposición médica. Requisitos de las Normas Básicas de Seguridad BSS*. Obtenido de aprenderly.com: <https://aprenderly.com/doc/2020217/03.-exposici%C3%B3n-m%C3%A9dica.-requisitos-de-las-bss---rpop?page=1>
- Organismo Internacional de Energía Atómica. (2015). *PROTECCIÓN RADIOLÓGICA AL OCUPACIONAL Y PACIENTE*. Obtenido de Aprenderly-Medicina: <https://aprenderly.com/doc/2236734/01.-objetivo-de-la-protecci%C3%B3n-radiol%C3%B3gica-en---rpop?page=35>
- Organismo Internacional de Energía Atómica. (2016). *IAEA*. Obtenido de IAEA: [https://www.pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/P1578\\_S\\_web.pdf](https://www.pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/P1578_S_web.pdf)
- Organismo Internacional de Energía Atómica. (2016). Normas de seguridad del OIEA. En OIEA, *Protección radiológica y seguridad de las fuentes de radiación: Normas básicas*

*internacionales de seguridad parte 3* (págs. 4-5). Viena: ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA.

Organismo Internacional de Energia Atomica. (2016). Normas de Seguridad del OIEA. En OIEA, *Protección radiológica y seguridad de las fuentes de radiación: Normas básicas internacionales de seguridad N° GSR Part 3* (págs. 425-426). Viena: Organismo Internacional de Energia Atomica.

Organismo Internacional de Energia Atomica. (2020). Guía de indicaciones para la correcta solicitud de pruebas de diagnóstico por imagen. *PROTECCIÓN RADIOLÓGICA EN RADIODIAGNÓSTICO Y EN RADIOLOGÍA INTERVENCIONISTA* (pág. 63). OIEA.

Organizacion Mundial de la Salud. (29 de Abril de 2016). *Radiaciones ionizantes: efectos en la salud y medidas de protección*. Obtenido de Organizacion Mundial de la Salud: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ionizing-radiation-health-effects-and-protective-measures>

Porto, J. P., & Merino., M. (2013). *Definicion.DE*. Obtenido de Definicion de Guia: <https://definicion.de/guia/>

Radiation Dosimetry. (6 de Marzo de 2020). Radiation Dosimetry. *¿Qué es el dosímetro personal?*, págs. 1-3. Obtenido de Dosimetria personal.

Ramos Amores, D. (2018). *Los Rayos X*. Recuperado el 07 de abril de 2021, de DOCPLAYER: [https://www.ffis.es/ups/proteccion\\_radiologica\\_radiologia\\_intervencionista/TEMA%203%20EL%20HAZ%20DE%20RADIACION.%20ESPECTRO%20DE%20RAYOS%20X.pdf](https://www.ffis.es/ups/proteccion_radiologica_radiologia_intervencionista/TEMA%203%20EL%20HAZ%20DE%20RADIACION.%20ESPECTRO%20DE%20RAYOS%20X.pdf)

Ramos, D. (s.f.). Los Rayos X. *El Haz de Radiacion. Espectro de Rayos X*, 5-6.

Real Academia Española. (2020). *Diccionario de la lengua española*. Obtenido de Conocimiento: <https://dle.rae.es/conocimiento>

Real Academia Española. (2020). *Diccionario de la Lengua Española*. Obtenido de Paciente: <https://dle.rae.es/paciente>

Real Academia Española. (2020). *Diccionario de la Lengua Española*. Obtenido de Definicion de Evaluación: <https://dle.rae.es/evaluaci%C3%B3n>

Rizo Rodriguez karina et al. (2019). *Evaluación de seguridad radiológica por medio de una matriz de riesgo en un laboratorio prestador de servicios de en el período del 10 de enero*. Managua. Nicaragua: UNAN-MANAGUA. Obtenido de Reporsorio-UNAN-MANAGUA.

Rodriguez Marcela et al. (16 de Enero de 2022). *AGENTES TERATOGENICOS Y TERATOGENICIDAD*. Obtenido de [www.javeriana.edu.co](http://www.javeriana.edu.co): <https://www.javeriana.edu.co/documents/5782625/5901279/10+-+Teratogeno.pdf/8d22feb3-096b-4ddf-b31c-94a9bba1357c#:~:text=%2D%20Efectos%20teratog%C3%A9nicos%3A%20Muerte%20fetal%20o,proliferaci%C3%B3n%2C%20migraci%C3%B3n%20y%20diferenciaci%C3%B3n%20celular.>

Rodríguez, K. X., Silva, J. J., & Orozco., L. F. (12 de abril de 2019). Protección Radiológica. *Evaluación de seguridad radiológica por medio de una matriz de riesgo en un laboratorio prestador de servicios de en el período del 10 de enero*. Managua, Nicaragua.

Rodríguez, X. K., Silva, J. J., & Orozco, L. F. (2019). *Evaluación de Seguridad Radiológica Por medio de una Matriz de Riesgo en un laboratorio prestador de servicio en el periodo del 10 de enero al 21 de marzo de 2019*. Managua: Repositorio UNAN-MANAGUA.

Rodríguez, X. K., Silva, J. J., & Orozco, L. F. (2019). Evaluación de seguridad radiológica por medio de una matriz de riesgo en un laboratorio prestador de servicios de en el período del 10 de enero al 21 de marzo de 2019. Managua, Niicaragua.

Sampieri, R. H., Collado, C. F., & Lucio, M. d. (2014). *Metodología de la investigación* . Mexico : McGRAW-HILL /INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

Trujillo, E. (22 de Enero de 2021). *Economipedia.com*. Obtenido de Definición de Reglamento: <https://economipedia.com/definiciones/reglamento.html>

UGC de Radiofísica Hospitalaria Servicio de Protección Radiológica. (Septiembre de 2017). *PROGRAMA DE PROTECCION RADIOLOGICA*. Obtenido de hospitalregionaldemalaga.es: <http://www.hospitalregionaldemalaga.es/intranet/Portals/intranet/UGC/RF/PR/MPRRX1.pdf>

## 5.4 Anexos

### Anexo A

A continuación, se detallarán los 4 instrumentos empleados a los pacientes (instrumento 1), médicos del área de radiología (instrumento 2) y a los técnicos radiólogos (instrumento 3) y entrevista al jefe y físico médico del área de radiología (instrumento 4). Instrumento número 1:

#### **Encuesta para pacientes con diagnostico radiológico de TC**

La finalidad de esta encuesta es fortalecer el trabajo realizado con aras de mejora y la realización de una matriz de riesgo, cabe destacar el anonimato de sus respuestas basándose en criterios de confidencialidad y evitar sesgos en datos.

##### Datos Generales

Sexo: Masculino: \_\_\_\_ Femenino: \_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_ Altura: \_\_\_\_

Peso: \_\_\_\_ Talla de pantalón: \_\_\_\_ Talla de camisa o blusa: \_\_\_\_

Departamento de procedencia: \_\_\_\_ Municipio de procedencia: \_\_\_\_

1. ¿Padece de enfermedades crónica?

Si: \_\_\_\_ No: \_\_\_\_

2. Marque con una X la enfermedad o enfermedades que padece.

A. Hipertensión

G. Insuficiencia Renal Crónica

B. Diabetes Millitus

H. Enfermedad Psiquiátrica

C. Enfermedades Reumáticas

I. Enfermedades de la Tiroides

J. Asma Bronquial

J. EPOC (Enfisema)

E. Enfermo Cardíaco

K. Enfermedad Inmunológica

F. Epilepsia

L. Cáncer

3. ¿Cuántas tomografías computarizadas se ha realizado en su vida? Marque con una X su respuesta.

A. Una \_\_\_\_.

C. Tres \_\_\_\_.

B. Dos \_\_\_\_.

D. Mas de tres \_\_\_\_

4. ¿Usted conoce sobre los posibles efectos de exposición a técnicas de radio diagnostico como la tomografía computarizada? Marque con una X su respuesta.

Si \_\_\_\_

No \_\_\_\_

5. ¿Puede diferenciar la simbología que existe para representar las zonas con radiación?

Si \_\_\_\_

No \_\_\_\_

6. ¿Ha tenido reacción alérgica a la tinta de contraste?
- A. Una vez \_\_\_\_\_
- B. Mas de una vez \_\_\_\_\_
- C. Nunca \_\_\_\_\_
7. ¿El medico me explica en que consiste la tomografía computarizada antes de pasar al área de radiología?
- Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_
8. ¿Como valora la atención recibida por el personal del hospital?
- A. Excelente.
- B. Muy buena
- C. Buena.
- D. Regular
- E. Prefiero no responder.
9. En caso de haber presentado algún de los siguientes síntomas documentados por favor indique cual, en caso contrario omitir respuesta. pude seleccionar más de una.
- A. Eritema
- B. Anafilaxia
- C. Rash cutáneo.
10. ¿Tiene antecedentes de cáncer? Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_ en caso afirmativo escriba el tipo, \_\_\_\_\_ indicar si el tratamiento incluyo marcando con una x las siguientes opciones:
- A. Radioterapia
- B. Quimioterapia
- C. Braquiterapia.

Instrumento número 2:

### **Encuesta para Médicos del Área de Radiología**

La finalidad de esta encuesta es fortalecer el trabajo realizado con aras de mejora y la realización de una matriz de riesgo, cabe destacar el anonimato de sus respuestas basándose en criterios de confidencialidad y evitar sesgos en datos.

Datos Generales

Sexo: Masculino: \_\_\_\_\_ Femenino: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_ Años de experiencia: \_\_\_\_\_

posee licencia si: \_\_\_\_\_ No: \_\_\_\_\_

1. Cuenta con estudios de posgrado en área de radiología

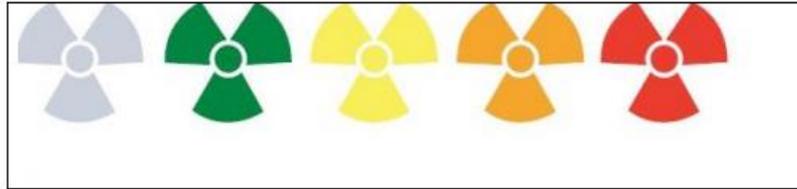
SI: \_\_\_\_\_ No: \_\_\_\_\_

2. ¿Con cuántos años de experiencia cuenta utilizando métodos de radiodiagnóstico para la toma de decisiones al diagnosticar pacientes? \_\_\_\_\_.

3. De los siguientes conceptos de protección radiológica ¿Cuáles son conocidos por usted? Puede marcar mas de uno.

- |                                      |                         |
|--------------------------------------|-------------------------|
| A. Dosimetría                        | E. Dosis ambiental      |
| B. Blindaje                          | F. Limitación de dosis  |
| C. Factores de ponderación de órgano | G. Efectos estocásticos |
| D. Efectos determinísticos           | H. Dosis                |

4. De la simbología presentada a continuación marque debajo de cada una cuales de las siguientes puede identificar, marque con una X las que puede identificar.



5. ¿Cuáles son las medidas de Protección Radiológica que usted toma cuando lleva a un paciente al área de radiodiagnóstico? Puede seleccionar más de una opción.
- Verifico que no ingrese ninguna persona que más que el paciente y su acompañante.
  - Si el paciente debe entrar con acompañante me aseguro que utilice equipo de protección.
  - Verifico que la puerta de acceso al área de radio diagnostico este bien cerrada.
  - Todas las anteriores
  - Ninguna de las anteriores.
6. Basado en su experiencia escriba ¿cuáles son los riesgos de la interacción de la radiación con el cuerpo humano?
7. Ninguna actividad que origine exposición humana a la radiación Ionizante debería ser autorizada, salvo que sea estrictamente necesario y produzca un beneficio neto positivo. Nos estamos refiriendo a:
- Protección Radiológica
  - Límites de Dosis
  - Cultura de Seguridad
  - Optimización
  - Justificación



16. ¿Poseen código Minsa?

Si:

No:

17. ¿Qué sucesos iniciadores accidentales podrían presentarse y cómo?

18. ¿Cómo pueden identificar los accidentes naturales o de errores humanos presente en las diferentes áreas?

19. ¿Cuenta el edificio con la debida infraestructura para desastre naturales?

Si:

No:

20. ¿Qué tipo de seguridad contra robos dispone el centro? Puede seleccionar más de una respuesta.

A. Cámaras de seguridad.

B. Vigilancia con cuerpo de seguridad.

C. Planes internos de seguridad

21. ¿Tienen algún plan de evacuación de emergencia?

Si:

No:

22. ¿Dispone el centro de una zona de seguridad para evacuaciones?

Si:

No:

23. ¿Cuenta con un número suficiente de personas capacitado en cada área?

Si:

No:

24. ¿Cuenta el centro con señalización de advertencias?

Si:

No:

25. ¿El lugar donde está ubicado el centro es seguro para las personas aledañas?

Si:

No:

26. ¿Poseen entrada para minusválido?

Si:

No:

27. ¿Qué tan frecuente el centro realiza capacitaciones al personal médico en carácter de protección radiológica?

A. Mensual

B. Bimensual

C. Anual

D. Trimestral

E. Semestral

28. De las siguientes normas y guías de la Organización Internacional de Energía Atómica, marque con una X las que conoce o ha sido capacitado por el centro.

Evaluación de la seguridad de las instalaciones y actividades Requisitos de Seguridad Generales N° GSR Part 4 (Rev. 1).

Protección radiológica y seguridad de las fuentes de radiación: Normas básicas internacionales de seguridad Requisitos de Seguridad Generales, Parte 3 N° GSR Part 3.

Principios fundamentales de seguridad Nociones fundamentales de seguridad No. SF-1.

29. De los siguientes documentos nacionales de Comisión Nacional de Energía Atómica (CONEA), Ministerio de Salud (MINSAL). Marque con una X los que conoce o ha sido capacitado por el centro.

Guías para la práctica médica radiológica convencional e intervencionista.

Reglamento técnico de protección contra la radiación ionizante de la república de Nicaragua.

30. ¿Ha presenciado accidentes por errores humanos?

Si:

No:

31. Si su respuesta fue si, favor indique cuales a continuación.

32. De los siguientes exámenes ¿Cual considera usted posee mayor riesgo de provocar algún eventual daño a la salud en el futuro?

- A. Ecografía.
- B. Tomografía.
- C. Radiografía.
- D. Resonancia Magnética

33. ¿Revisa el reporte de dosis entregado por equipo de tomografía para cada paciente?

- A. Siempre.
- B. Casi siempre.
- C. A veces.
- D. Muy pocas veces
- E. Nunca

34. En pacientes con TC recurrentes ¿Cree usted que es importante un registro dosimétrico de la ficha del paciente?

Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

35. ¿Qué equipo de protección utiliza cuando esta acompañando al paciente durante la TC? Puede marcar más de una respuesta.

- A. Chaleco plomado.
- B. Gafas plomadas.
- C. Guates plomados.
- D. Protector de tiroides.

36. ¿Explico a los pacientes en que consiste la TC antes de realizar el estudio?

- A. Siempre.
- B. Casi siempre.
- C. A veces.
- D. Muy pocas veces
- E. Nunca

### Instrumento número 3:

#### Encuesta para Técnicos Radiólogos

La finalidad de esta encuesta es fortalecer el trabajo realizado con aras de mejora y la realización de una matriz de riesgo, cabe destacar el anonimato de sus respuestas basándose en criterios de confidencialidad y evitar sesgos en datos.

##### Datos Generales

Sexo: Masculino: \_\_\_\_ Femenino: \_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_ Años de experiencia: \_\_\_\_

posee licencia si: \_\_\_\_ No: \_\_\_\_

1. Cuenta con estudios de posgrado en área de radiología

SI: \_\_\_\_\_ No: \_\_\_\_\_

2. De los siguientes conceptos de protección radiológica ¿Cuáles son conocidos por usted? Puede marcar más de uno.

1) Dosimetría

5) Dosis ambiental

2) Blindaje

6) Limitación de dosis

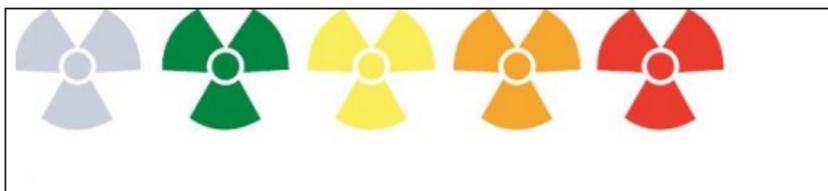
3) Factores de ponderación de órgano

7) Efectos estocásticos

4) Efectos determinísticos

8) Dosis

3. De la simbología presentada a continuación marque debajo de cada una cuales de las siguientes puede identificar, marque con una X las que puede identificar.



Marque con una X las interrogantes que requieran de tal acción:

4. ¿Cuáles son los principios de protección Radiológica?

- A. Cultura de seguridad, Tiempo y Blindaje.
- B. Límites de dosis, Control de calidad y Restricciones de dosis.
- C. Dosis, Blindaje y Optimization.
- D. Optimización, Justificación y Límites de dosis.

5. Los Límites de Dosis para el personal ocupacionalmente expuesto son los siguientes:
- 9 mSv por año como mínimo.
  - 2 mSv por año promediado en 5 años.
  - 1 mSv por año como mínimo.
  - 20 mSv por año promediado en 5 años pudiendo tener hasta 50 mSv en un año.
6. ¿Cuáles son los límites de dosis para público?
- 6 mSv por año como máximo.
  - 1 mSv promediado en 5 años consecutivos el cual no exceda de 1 mSv/a por año.
  - Dosis efectiva de 1 mSv por año.
  - 2 mSv promediado en 5 años consecutivos el cual no exceda 50 mSv/a por año.
7. ¿Qué significa el termino ALARA?
- Es parte de la cultura de seguridad en la protección Radiológica
  - Es la optimización, Justificación y Límites de dosis para el paciente.
  - La dosis debe de ser baja tan razonablemente sea posible teniendo en cuenta los factores económicos y sociales.
8. ¿Cuáles son las medidas de protección que usted toma cuando llega un paciente a la zona de radio diagnóstico?
- Verifico portación de Dosímetro personal
  - Utilizo chaleco plomado
  - Verifico que no se encuentren personas ajenas en la sala
  - No utilizo ninguna medida de protección
  - Verifico que las entradas al interior de la sala estén correctamente cerradas
  - Observo que el equipo esté funcionando en óptimas condiciones
9. ¿Cuál es el propósito de la Ley N° 156, ley sobre las Radiaciones Ionizantes?
- Dar a conocer los riesgos de sobre la Radiación Ionizante.
  - Presentar reglamentos, protocolos, guías, normativas entre otros.
  - Proteger la salud, el medio ambiente y los bienes públicos y privados.
  - Control y Regulación de la Radiación Ionizantes.
10. ¿Qué ocurre si surge el extravío de X estudio de Tomografía en la red o en el PACS?
- La dosis no aumenta en lo absoluto porque la imagen se reconstruye.
  - Repercute en la dosis al paciente puesto que implica repeticiones y en consecuencia aumento de dosis.
  - Parte de la información se puede recuperar, pero la repetición de la imagen no es necesaria.
11. Basado en su experiencia escriba ¿cuáles son los riesgos de la interacción de la radiación con el cuerpo humano?

12. ¿Cuenta con un sistema de dosimetría?

Si:

No:

13. ¿Hay un en cargado en protección radiológica?

Si:

No:

14. ¿Poseen un programa de Protección Radiológica?

Si: No:

15. ¿Cuenta con capacitación en dosimetría personal?

Si: No:

16. ¿Poseen código Minsa?

Si: No:

17. ¿Cada cuánto es el periodo que se revisan los equipos para la seguridad del personal?

Marque con una X la respuesta

Mensual	Trimestral
Bimensual	Semestral
Anual	

18. ¿Qué sucesos iniciadores accidentales podrían presentarse y cómo?

19. ¿Cuáles sería las consecuencias de que haya un accidente durante la manipulación del equipo?

20. ¿Cómo pueden identificar los accidentes naturales o de errores humanos presente en las diferentes áreas?

21. ¿Cuenta el edificio con la debida infraestructura para desastre naturales?

Si: No:

22. ¿Qué tipo de seguridad contra robos dispone el centro?

- A. Cámaras de seguridad.
- B. Vigilancia con cuerpo de seguridad.
- C. Planes internos de seguridad.

23. ¿Tienen algún plan de evacuación de emergencia?

Si: No:

24. ¿Dispone el centro de una zona de seguridad para evacuaciones?

Si: No:

25. ¿Cuenta con un número suficiente de personas capacitado en cada área?

Si: No:

26. ¿Cuenta el centro con señalización de advertencias?

Si:

No:

27. ¿Disponen de diferentes tipos de seguridad cada área del trabajo?

Si:

No:

28. ¿Qué tan frecuente el centro realiza capacitaciones al personal técnico en carácter de protección radiológica?

Mensual

Bimensual

Anual

Trimestral

Semestral

29. ¿Ha presenciado accidentes por errores humanos?

Si:

No:

Si su respuesta fue si, favor indique cuales a continuación:

30. De las siguientes normas y guías de la Organización Internacional de Energía Atómica, marque con una X las que conoce o ha sido capacitado por el centro.

Evaluación de la seguridad de las instalaciones y actividades Requisitos de Seguridad Generales N° GSR Part 4 (Rev. 1).

Protección radiológica y seguridad de las fuentes de radiación: Normas básicas internacionales de seguridad Requisitos de Seguridad Generales, Parte 3 N° GSR Part 3.

Principios fundamentales de seguridad Nociones fundamentales de seguridad No. SF-1.

31. De los siguientes documentos nacionales de Comisión Nacional de Energía Atómica (CONEA), Ministerio de Salud (MINSa). Marque con una X los que conoce o ha sido capacitado por el centro.

Guías para la práctica médica radiológica convencional e intervencionista.

Reglamento técnico de protección contra la radiación ionizante de la república de Nicaragua.

32. ¿Han aplicado medidas de pruebas para garantizar la fiabilidad y eficacia los planes de seguridad que disponen?

Si: No:

33. ¿El personal es óptimo y calificado para desempeñar en las diferentes áreas?

Si: No:

34. ¿Gestionan realizaciones de simulacros con intervención de ayudas externas?

Si: No:

35. Además del tiempo de exposición, ¿hay otros aspectos que puedan reducir la exposición a los pacientes?

36. ¿Puedo estimar la exposición de un paciente en el estudio de Tomografía Computarizada?

37. ¿Cuáles con las medidas adecuadas que se pueden adoptar para garantizar la seguridad radiológica?

Instrumento 4:

La finalidad de esta entrevista es fortalecer el trabajo realizado con aras de mejora y la realización de una matriz de riesgo, cabe destacar el anonimato de sus respuestas basándose en criterios de confidencialidad y evitar sesgos en datos.

Datos generales

Sexo: Masculino: \_\_\_\_ Femenino: \_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_ Años de experiencia: \_\_\_\_

¿Cuál es el cargo actual que tiene en el área de radiología?

1. ¿Posee código Minsa?

SI:

No:

2. ¿Cuenta con estudios de posgrado?

SI:

No:

3. ¿Ha recibido capacitaciones? Si su respuesta es afirmativa mencione cuales.

4. ¿Le han informado o ha observado algún incidente o accidente por desastre natural o error humano en la sala de tomografía?

SI:

No:

5. ¿Ha existido el caso de que en el historial de dosimetría de alguno de los TOEs haya salido sobrepasado los límites de dosis?

SI:

No:

6. En la sala de tomografía ¿cumple con los parámetros de protección radiológica según normativas?

SI:

No:

7. ¿Cuáles son los equipos de protección radiológica utilizados en la sala de tomografía?

8. ¿Qué tan frecuente realizan capacitaciones a los trabajadores ocupacionalmente expuesto (TOEs)?

Mensual

Trimestral

Bimensual

Semestral

Anual

9. ¿Los técnicos radiólogos poseen licencia de operaciones y los debidos cursos especializados en el área de tomografía?

SI:

No:

10. ¿Cuál es el periodo en que se le hace mantenimiento al equipo de tomografía?

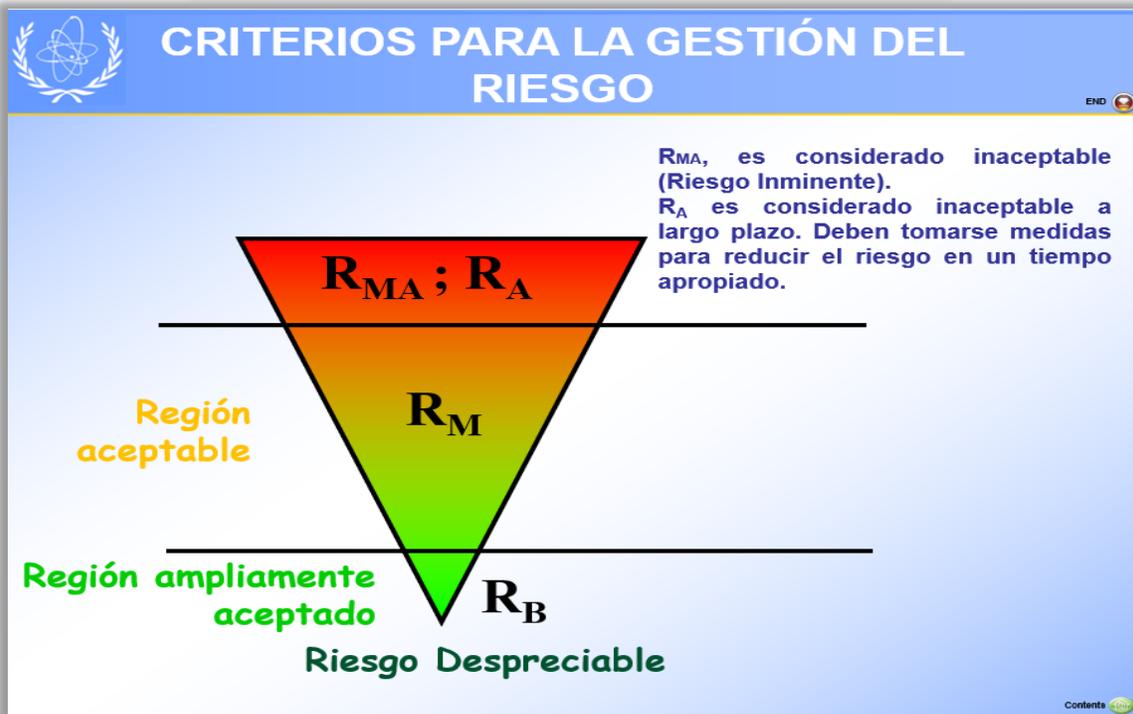
11. ¿Cuál es el plan de emergencia existente en el área de radiología relacionada a un

Anexo B

**Figura 1:** Resultados de las posibles combinaciones de las 3 variables (F, P, C) con sus respectivos riesgos.



**Figura 2:** Criterios para la gestión de riesgo radiológico



**Figura 3:** Robustez de las barreras expresadas en puntos

 **SEGUNDO CRIBADO.** END 

**A<sub>1</sub>- ¿Son suficientemente robustas las barreras existentes, como para asignar una probabilidad de fallo más baja, que permita clasificar el riesgo en un nivel inferior?**

No	Tipo de Barrera	Robustez expresada en puntos
1	Barreras tipo 1: Enclavamientos o bloqueos	32
2	Barreras tipo 2: Alarmas	16
3	Barreras tipo 3: Procedimiento de trabajo que se ejecuta por personas diferentes	8
4	Barreras tipo 4: Procedimiento de trabajo que ejecuta la misma persona, pero en etapas o momentos diferentes	4

Fuente: Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) 2019.

Contents 

**Figura 4:** Criterios para asignar una probabilidad de fallo de barrera más baja

 **SEGUNDO CRIBADO.** END 

**A<sub>1</sub>- ¿Son suficientemente robustas las barreras existentes, como para asignar una probabilidad de fallo más baja, que permita clasificar el riesgo en un nivel inferior?**

- Para probabilidad de fallo  $p_M$ : (2 Barreras)**  
 Se considera robusto el conjunto de barreras si:  $p_1 * p_2 \geq 32$  puntos. Ello permite reclasificar la probabilidad desde  $p_M$  hasta  $p_B$ .  
  
 Se considera que el conjunto de barreras es muy robusto si  $p_1 * p_2 > 64$  puntos. Ello permite reclasificar la probabilidad desde  $p_M$  hasta  $p_{MB}$ .
- Para probabilidad de fallo  $p_B$ : (3 Barreras)**  
 Se considera robusto el conjunto de barreras si  $p_1 * p_2 * p_3 > 64$  puntos. Ello permite reducir la probabilidad desde  $p_B$  hasta  $p_{MB}$ .

Fuente: Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) 2019.

Contents 

## Anexo C

Como podemos observar, aquí se detallan cada análisis de encuesta y su respectivo grafico que no aparecen en análisis y discusión.

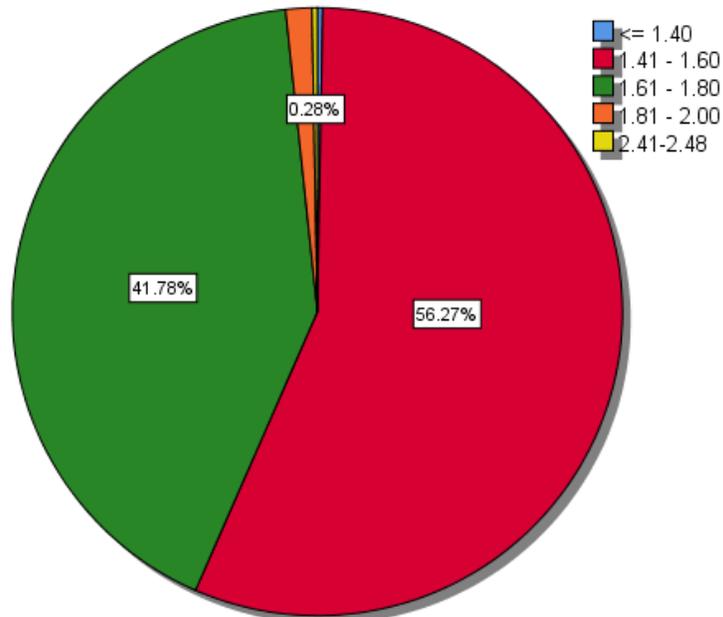
**Tabla 3**  
Resultados estadísticos del sexo de los pacientes con su respectivo porcentaje

Sexo	Frecuencia absoluta	Porcentaje (%)
Masculino	147	40.9
Femenino	212	59.1
Total	359	100 %

Fuente: Diseño propio

**Gráfico 2**  
Resultados estadísticos de las estaturas de los pacientes

Diferentes rangos de estaturas (agrupada)

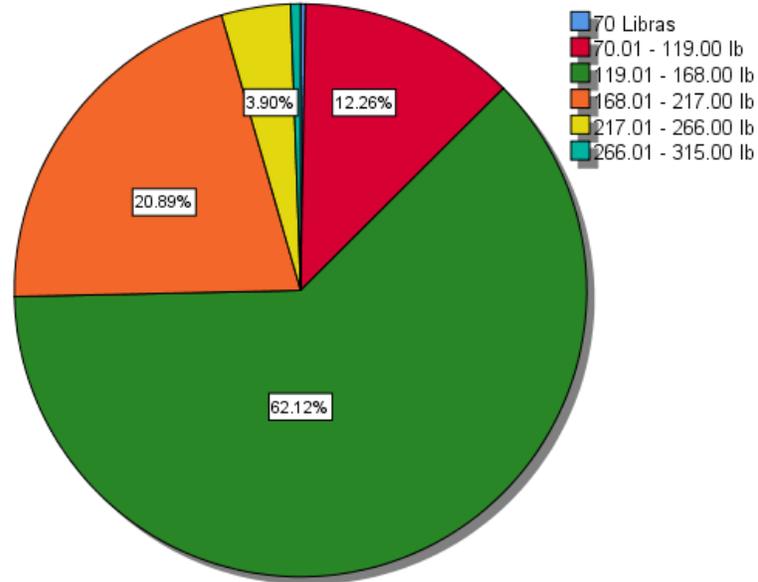


Fuente: Diseño propio

### Gráfico 3

Resultados estadísticos de rango de peso corporal de los pacientes encuestados

Peso corporal de los pacientes encuestados (agrupada)



Fuente: Diseño propio

### Tabla 4

Resultados estadísticos de las tallas de pantalón de los pacientes encuestados

Tallas de pantalón	Frecuencia absoluta	Porcentaje (%)
5/6	19	5.3
7/8	26	7.2
9/10	49	13.6
11/14	48	13.4
28	1	0.3
29	1	0.3
30	71	19.8
32	58	16.2
34	40	11.1
36	22	6.1
38	13	3.6
40	3	0.8
42	3	0.8
Total	359	100%

Fuente: Diseño propio

**Tabla 5**

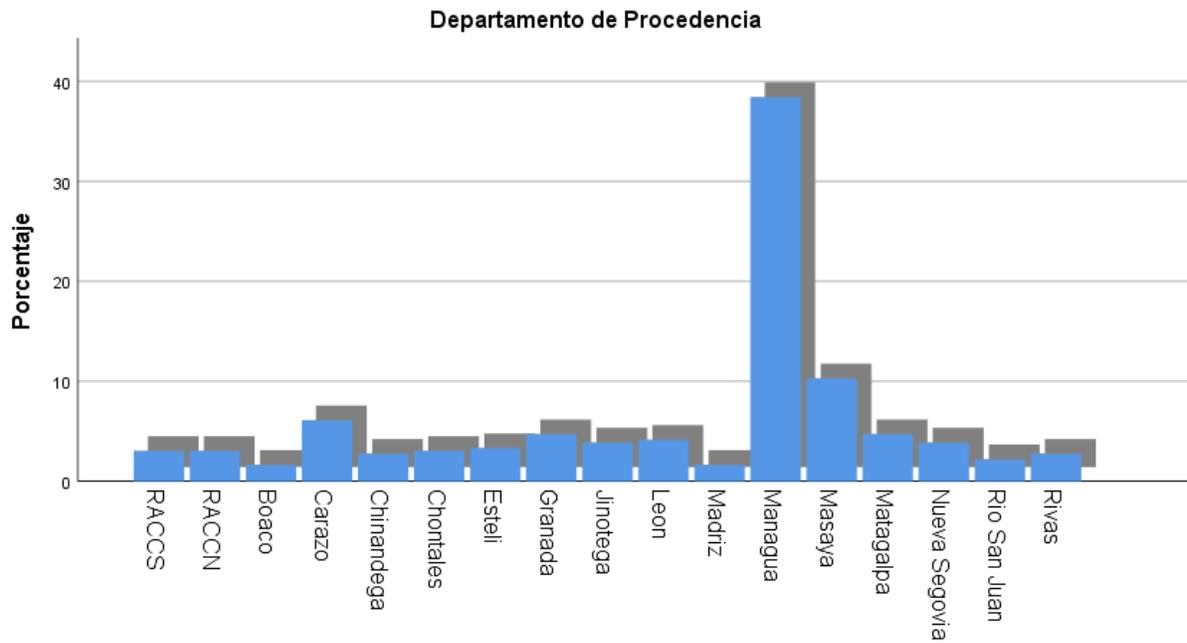
Resultados estadísticos de las tallas camisa de los pacientes encuestados

Tallas de camisa o blusa	Frecuencia absoluta	Porcentaje (%)
XS	5	1.4
S	55	15.3
M	155	43.2
L	96	26.7
X	9	2.5
XL	30	8.4
XXL	9	2.5
Total	359	100%

Fuente: Diseño propio

**Gráfico 4**

Resultados estadísticos de procedencia de los pacientes de los diferentes departamentos del país



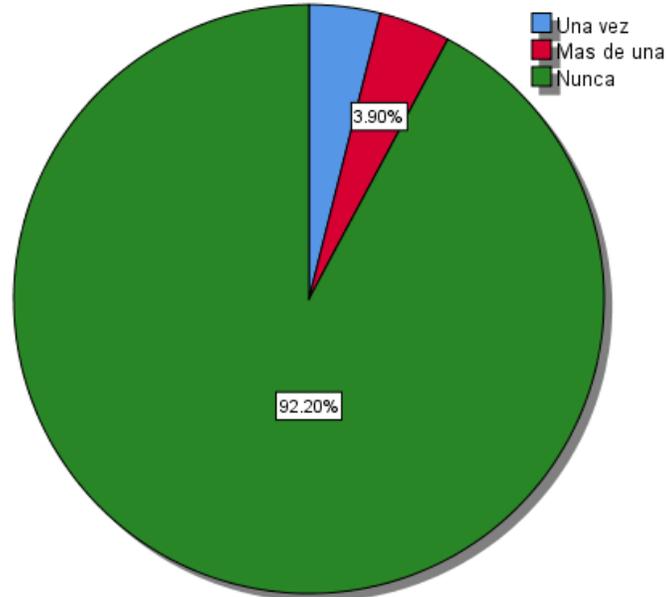
Departamento de Procedencia

Fuente: Diseño propio

### Gráfico 9

Resultados estadísticos sobre la interrogante número 6 del instrumento dirigida a pacientes

¿Ha tenido reacción alérgica a la tinta de contraste?

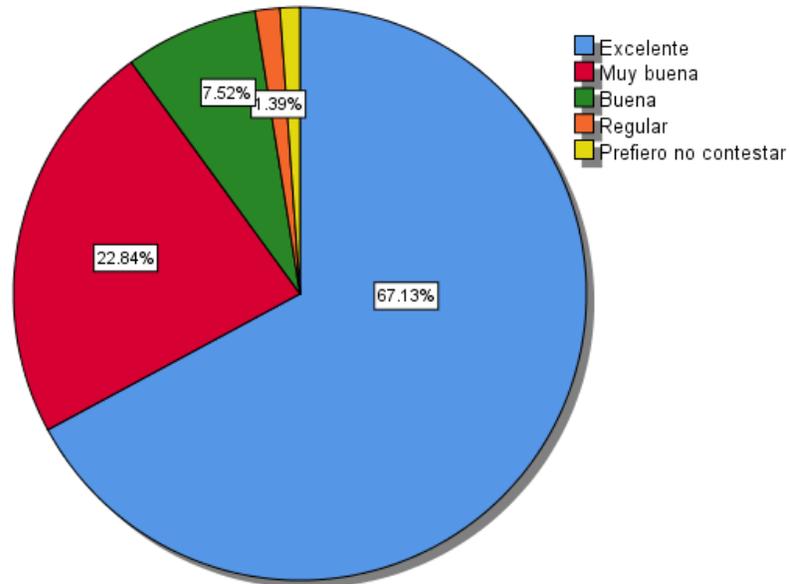


Fuente: Diseño propio

### Gráfico 11

Resultados estadísticos sobre la interrogante número 8 del instrumento dirigida a pacientes

¿Como valora la atención recibida por el personal del hospital?



Fuente: Diseño propio

- Tablas y Gráficos del Instrumento número 2

**Tabla 7**

Resultados estadísticos del género de los Médicos Especialistas y Residentes de Radiología encuestados

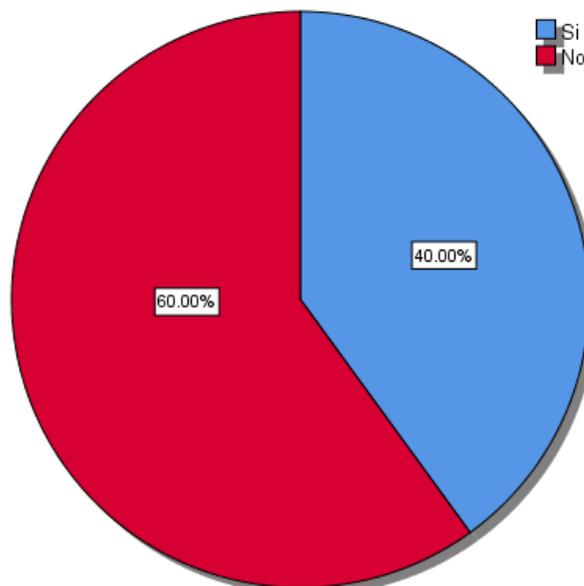
Género	Frecuencia absoluta	Porcentaje (%)
Masculino	3	30
Femenino	7	70
Total	10	100%

Fuente: Diseño propio

**Gráfico 16**

Resultados estadísticos de si cuentan con estudios de posgrados los Médicos Especialistas y Residentes de Radiología encuestados

¿Cuenta con estudios de posgrado en Radiología?



Fuente: Diseño propio

**Tabla 15**

Resultados estadísticos de los Médicos Especialistas y Residentes de Radiología encuestados sobre interrogante 26.

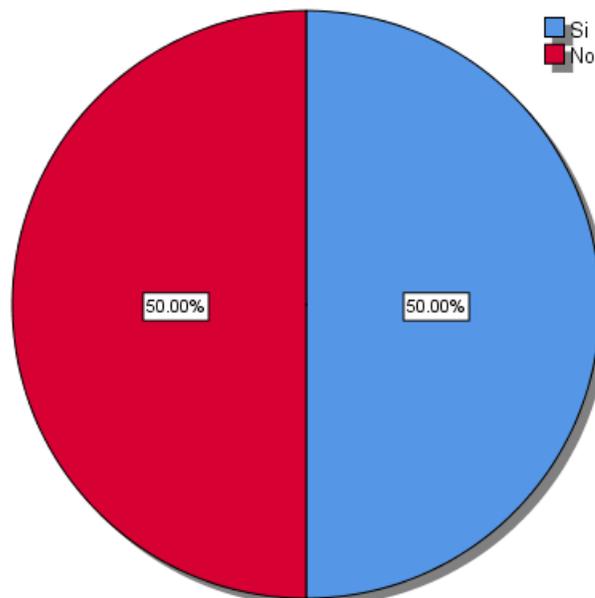
Respuestas	Frecuencia absoluta	Porcentaje (%)
Si	5	50
No	5	50
Total	10	100%

Fuente: Diseño propio

**Gráfico 30**

Resultados estadísticos sobre interrogante número 25 a los Médicos Especialistas y Residentes de Radiología encuestados

¿El lugar donde está ubicado el centro es seguro para las personas aledañas?



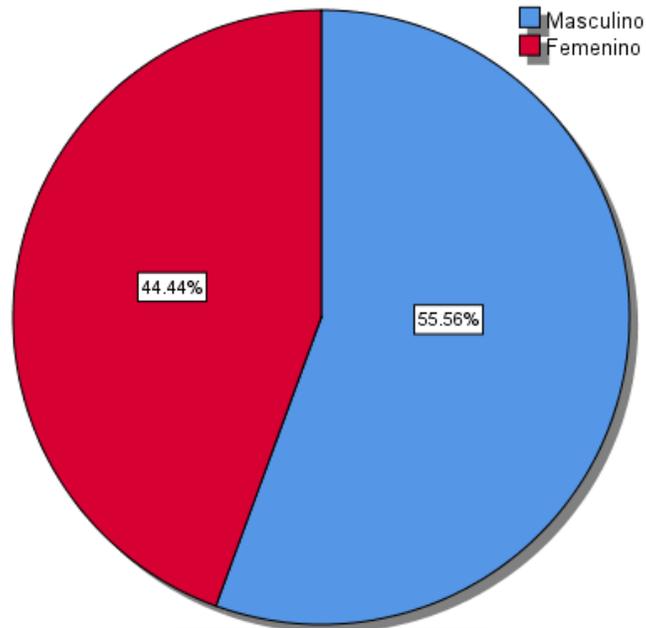
Fuente: Diseño propio

- Tablas y gráficos del instrumento número 3

**Gráfico 36**

Resultados estadísticos sobre interrogantes impersonales hacia los técnicos radiólogos

**Género de los técnicos Radiólogos**



Fuente: Diseño propio

**Tabla 19**

Resultados estadísticos de interrogantes impersonales hacia los técnicos radiólogos

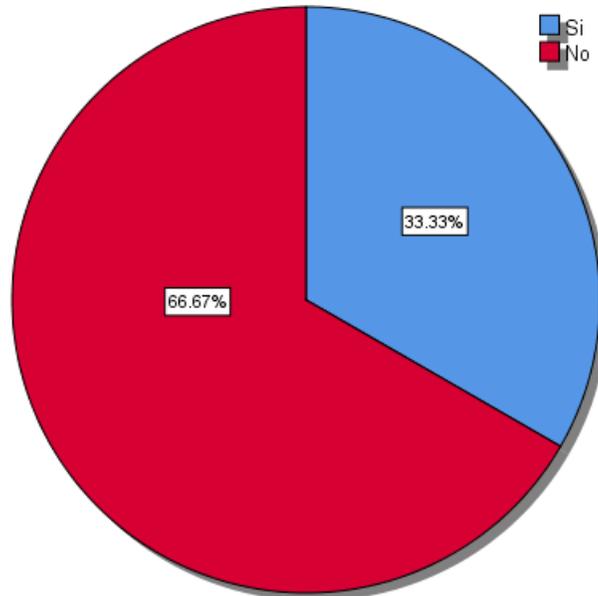
Edades	Frecuencia absoluta	Porcentaje (%)
20	1	11.1
21	1	11.1
33	1	11.1
45	1	11.1
50	2	22.2
55	1	11.1
56	1	11.1
57	1	11.1
Total	9	100%

Fuente: Diseño propio

### Gráfico 38

Resultados estadísticos sobre interrogante 1 de los técnicos radiólogos encuestados

¿Cuenta con estudios de Posgrado?

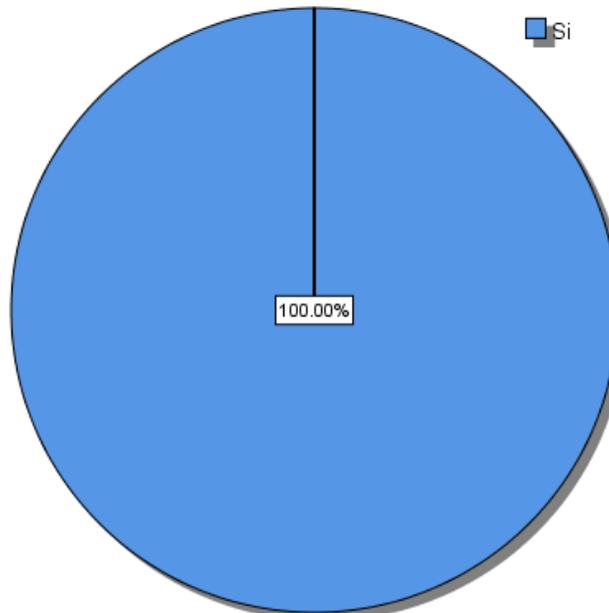


Fuente: Diseño propio

### Gráfico 46

Resultados estadísticos sobre interrogante 13 de los técnicos radiólogos encuestados

¿Hay un en cargado en protección radiológica?

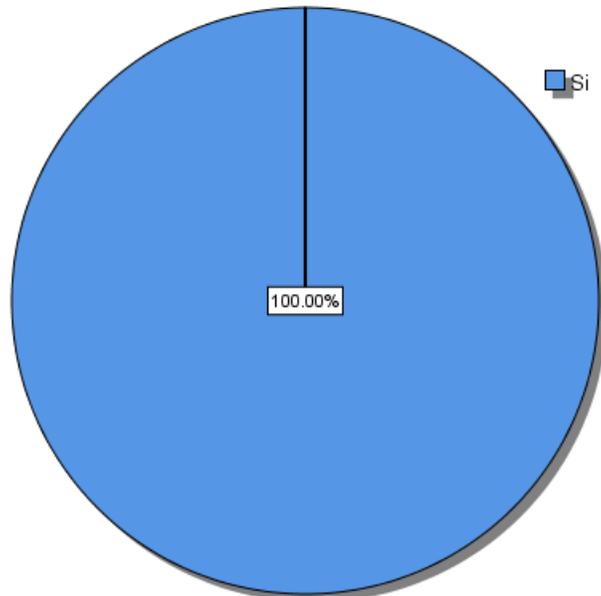


Fuente: Diseño propio

**Gráfico 48**

Resultados estadísticos sobre interrogante 15 de los técnicos radiólogos encuestados

¿Cuenta con capacitación en dosimetría personal?

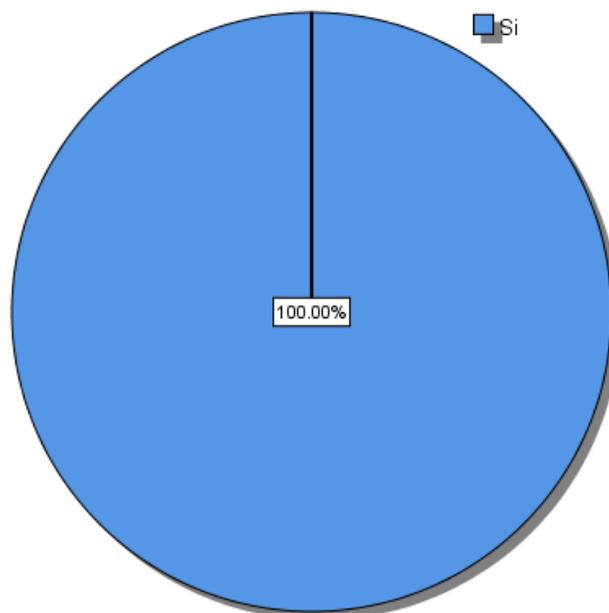


Fuente: Diseño propio

**Gráfico 49**

Resultados estadísticos sobre interrogante 16 de los técnicos radiólogos encuestados

¿Poseen código Minsa?



Fuente: Diseño propio

**Tabla 25**

Resultados estadísticos de la 23 interrogante hacia los técnicos radiólogos

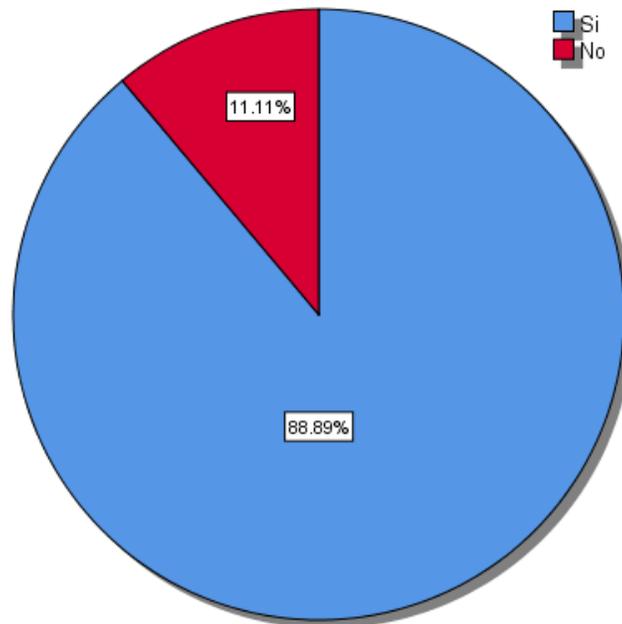
Respuestas	Frecuencia absoluta	Porcentaje (%)
Si	9	100
Total	9	100%

Fuente: Diseño propio

**Gráfico 52**

Resultados estadísticos sobre interrogante 24 de los técnicos radiólogos encuestados

¿Dispone el centro de una zona de seguridad para evacuaciones?



Fuente: Diseño propio

**Tabla 26**

Resultados estadísticos de la 26 interrogante hacia los técnicos radiólogos

Respuestas	Frecuencia absoluta	Porcentaje (%)
Si	9	100
Total	9	100%

Fuente: Diseño propio

**Tabla 27**

Resultados estadísticos de la 27 interrogante hacia los técnicos radiólogos

Respuestas	Frecuencia absoluta	Porcentaje (%)
Si	9	100
Total	9	100%

Fuente: Diseño propio

**Tabla 30**

Resultados estadísticos de los técnicos radiólogos encuestados sobre interrogante 33

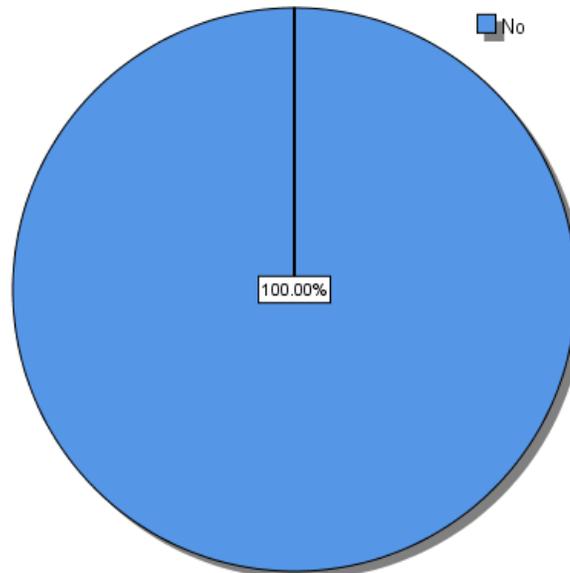
Respuestas	Frecuencia absoluta	Porcentaje (%)
Si	9	100
Total	9	100%

Fuente: Diseño propio

**Gráfico 55**

Resultados estadísticos sobre interrogante 29 de los técnicos radiólogos encuestados

¿Ha presenciado accidentes por errores humanos?

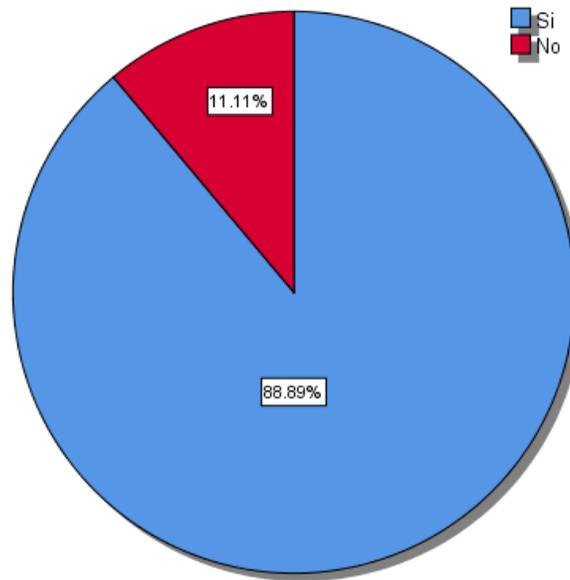


Fuente: Diseño propio

**Gráfico 56**

Resultados estadísticos sobre interrogante 32 de los técnicos radiólogos encuestados

¿Han aplicado medidas de pruebas para garantizar la fiabilidad y eficacia de los planes de seguridad que disponen?



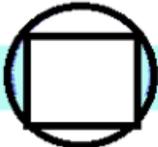
Fuente: Diseño propio

## Anexo D

En esta sección del anexo D se presenta el plan de emergencia del centro hospitalario X de Managua-Nicaragua ante un desastre, incidente, accidente radiológico, junto con imágenes del levantamiento de información de los diferentes instrumentos y croquis de la sala de tomografía.

**Figura 5:** Plan de emergencia radiológico del centro hospitalario X de Managua-Nicaragua

**MINISTERIO DE SALUD**  
**DPTO. DE RADIOLOGÍA E IMAGEN**



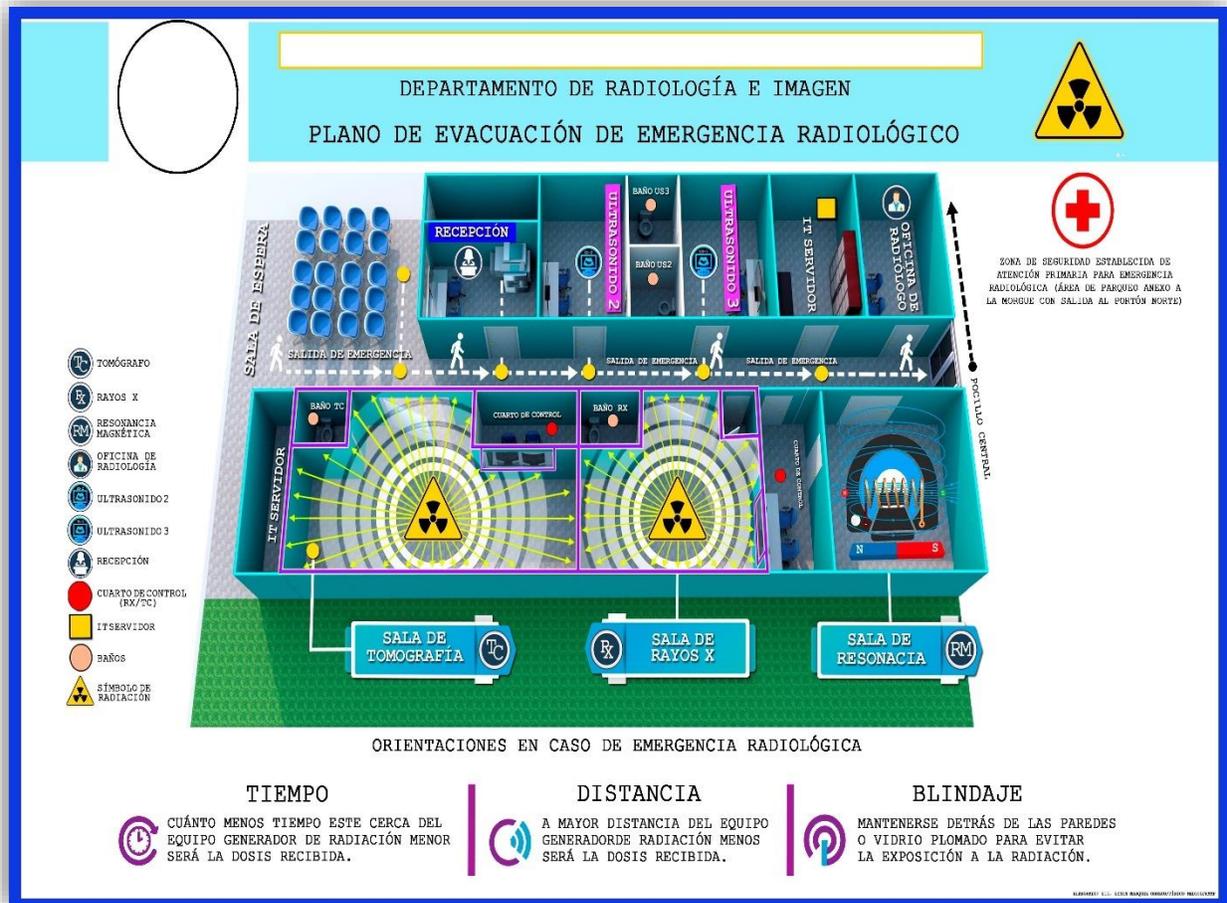
**PLAN DE EMERGENCIA RADIOLÓGICO**



- DESCONECTAR EL EQUIPO DE LA ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA, PROCEDIENDO A ACTIVAR EL BOTÓN ROJO DEL PANEL DE CONTROL O EL BOTÓN ROJO QUE ESTÁ EN LA PARTE SUPERIOR DE LA PARED.
- PROCEDER A LA EVACUACIÓN DEL PACIENTE Y PÚBLICO EN GENERAL EN CASO DE EMERGENCIA.
- PROCEDER A ACTIVAR EL SISTEMA DE EMERGENCIA HOSPITALARIA (ALARMA O A VIVA VOZ) .
- PROCEDER A UTILIZAR LOS EXTINTORES O MANGUERAS CONTRA INCENDIO EN CASO QUE SEA NECESARIO (CONATO DE INCENDIO) .
- DIRIGIRSE A LA ZONA DE SEGURIDAD ESTABLECIDA.
- LLAMAR AL BENEMÉRITO CUERPO DE BOMBEROS EN CASO DE INCENDIO YA SEA POR FALLA ELÉCTRICA O INCENDIO SIN CONTROL.
- INFORMAR DE MANERA INMEDIATA AL RESPONSABLE DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA Y A LAS AUTORIDADES SUPERIORES, COMO AL RESPONSABLE DE ÁREA DE RADIOLOGÍA.
- COMUNICAR A LA POLICÍA EN CASO DE ROBO.
- COMUNICACIÓN INMEDIATA A SINAPRES EN CASO DE INUNDACIÓN, DESASTRES O TERREMOTO, HURACÁN ENTRE OTROS DESASTRES NATURALES.
- HABILITAR DE MANERA INMEDIATA UN ÁREA ESTABLECIDA DE ATENCIÓN PRIMARIA PARA EMERGENCIA RADIOLÓGICA (ÁREA DE PARQUEO ANEXO A LA MORGUE CON SALIDA AL PORTÓN NORTE) .
- EN CASO DE RADIACIÓN DEL EQUIPO (FUENTE IONIZANTE) REALIZAR PARO DE EMERGENCIA, YA SEA EN EL PANEL ELÉCTRICO O SWITCH DE EMERGENCIA, EVACUAR AL PACIENTE, LUEGO NOTIFICAR AL RESPONSABLE DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA Y AUTORIDADES, REPORTAR LA INCIDENCIA EN LA BITÁCORA.
- EVALUAR EL PLAN DE EMERGENCIA ANUAL ATRAVÉS DE SIMULACRO.

Fuente: Lic. Lenin Márquez Orozco.

**Figura 6:** Plano de emergencia radiológico de la sala de tomografía del centro hospitalario X de Managua-Nicaragua



Fuente: Lic. Lenin Márquez Orozco.

En las siguientes figuras, se muestran las diferentes simbologías que existen en la sala de tomografía y el área de radiología, junto con figuras del levantamiento de información de los instrumentos para pacientes, médicos y técnicos radiólogos.

**Figura 7:** Señalización de la sala de tomografía y parte del área de radiología del centro hospitalario X de Managua-Nicaragua



Fuente: Diseño propio

**Figura 8:** Levantamiento de los diferentes instrumentos para pacientes, técnicos y médicos del área de radiología del centro hospitalario Managua-Nicaragua.



Fuente: Diseño propio