

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, MANAGUA
HOSPITAL ESCUELA ANTONIO LENIN FONSECA
FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS
UNAN-MANAGUA



TESIS MONOGRÁFICA

PARA OPTAR AL TÍTULO DE MÉDICO ESPECIALISTA EN RADIOLOGÍA

Evaluación de la dosis efectiva personal obtenida por medio de dosimetría termoluminiscente en trabajadores ocupacionalmente expuestos de los servicios de radiología de los hospitales Antonio Lenin Fonseca y Roberto Calderón Gutiérrez, 2015 – 2017.

Autor: **Dr. Hilde Jasser Gutiérrez Lanuza**
Médico Residente III – Radiología
Hospital Escuela Antonio Lenin Fonseca

Tutores: **Dra. Karla Vanessa Prado Téllez**
Especialista en Radiología

Wilbert Daniel López Toruño MD. MSc.
Máster en Salud Pública
UNAN Managua

Managua, 2018

OPINIÓN DEL TUTOR

El empleo de las radiaciones ionizantes se está extendiendo en el campo de la salud. A pesar de sus grandes e importantes beneficios en el diagnóstico y tratamiento de diversas patologías, a medida que aumenta el uso de las radiaciones ionizantes, también lo hacen los posibles peligros para la salud si no se utilizan adecuadamente.

Cuando la dosis de radiación supera los niveles permitidos puede tener efectos en la salud de quienes están expuestos, por lo cual es fundamental la vigilancia radiológica, a través de la dosimetría personal, constituyendo un requisito indispensable esto es, una determinación cuantitativa y registrada de la dosis de radiación absorbida. El uso de dosímetros termoluminiscentes garantizan la eficacia de esas aplicaciones y contribuyen a mejorar las condiciones de seguridad en que las radiaciones se emplean. Es de suma importancia el seguimiento y constante capacitación al personal de salud, así como, la vigilancia radiológica personal. En el estudio, elaborado por el Dr. Hilde Gutiérrez, observamos el nivel de conocimiento y uso de la normativa de protección de los trabajadores que se encuentran expuestos en dos de los hospitales escuelas de radiología de nuestro país.

El Dr. Hilde Gutiérrez ha demostrado con este estudio que el personal expuesto en ambos hospitales ha hecho uso adecuado de las normas y procedimientos de protección radiológica, con dosis equivalente personal aceptable reportada por dosimetría termoluminiscente. Además, del cumplimiento por parte del personal expuesto, también es necesaria la gestión oportuna de las instituciones para la lectura y registro en tiempo y forma de dosímetros, así cumpliendo con una vigilancia adecuada.

Para mí es un honor y hago reconocimiento especial al Dr. Hilde Gutiérrez quien desarrolló y culminó el tema de investigación, cumpliendo con todos los requerimientos científicos y metodológicos, lo que servirá como un punto de partida para otras investigaciones relacionadas.

Dra. Karla Prado Téllez
Médico especialista en Radiología.

RESUMEN

La observación de los límites anuales de dosis constituye una medida fundamental en la protección frente a las radiaciones ionizantes. Los límites de dosis son valores que nunca deben ser sobrepasados. La presente investigación pretende evaluar las dosis efectiva personal obtenida por medio de dosimetría termoluminiscente en trabajadores ocupacionalmente expuestos de los servicios de radiología de los Hospitales Antonio Lenin Fonseca y Dr. Roberto Calderón Gutiérrez, 2015 – 2017. Para ello se realizó un estudio descriptivo, cuantitativo de corte transversal. Se estudiaron 50 trabajadores expuestos ocupacionalmente asignados al servicio de radiología de ambos hospitales. Se obtuvieron los resultados de dosis efectiva en cuerpo entero por parte del Laboratorio de radiaciones y metrología de la UNAN Managua, quienes llevan el registro oficial de niveles de radiación mediante dosímetro termoluminiscente que porta cada uno de los trabajadores de dichos hospitales. Resultando que la mayoría de los participantes en el estudio se encontraban entre las edades de 31 a 50 años, femeninas, con escolaridad universitaria, de procedencia urbana, casados y de ocupación técnica. El tiempo de laborar en la institución fue mayor de 6 años, el cargo fue técnico de radiología, el tiempo de exposición fue entre 4 a 8 horas y todos cumplían con el uso de medidas de bioseguridad. La dosis efectiva personal reportada por dosimetría termoluminiscente fue igual tanto en el Hospital Antonio Lenín Fonseca como en el Hospital Dr. Roberto Calderón Gutiérrez con 0.18 mSv, una desviación de 0.14, en el periodo de estudio; sin embargo fue en el III trimestre del 2016 que se presentaron las dosis reportadas más elevadas con una media de 0.24 mSv/mes. Por lo tanto, se puede concluir que los valores dosimétricos observados en ambos hospitales no superaron los valores de referencia admitidos como máximos anuales.

Palabras clave: Radiaciones ionizantes, hospitales escuelas, dosimetría termoluminiscente.

CONTENIDO

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	ANTECEDENTES	3
III.	JUSTIFICACION.....	5
IV.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	6
V.	OBJETIVOS.....	7
VI.	MARCO TEÓRICO	8
VII.	DISEÑO METODOLÓGICO	30
VIII.	RESULTADOS	36
IX.	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	39
X.	CONCLUSIONES.....	42
XI.	RECOMENDACIONES	44
XII.	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	45
XIII.	ANEXOS.....	47

I. INTRODUCCIÓN

El diagnóstico por imágenes es una de las ramas de la medicina moderna, esta herramienta es muy utilizada en el diagnóstico y seguimiento de las diferentes patologías de los pacientes, tratando de que estas sean con mayor sensibilidad y seguridad para la aplicación a los pacientes. Para la obtención de imágenes en el campo del diagnóstico por imágenes, es necesario el uso de radiaciones, en diversas modalidades de adquisición, usando las modernas técnicas (Tomografía Computarizada TC, Fluoroscopías, Radiografías RX, Mastografías) e imágenes que no utilizan radiaciones ionizantes (Ultrasonograma US, Resonancia Magnética RM).

La radiación ionizante es la causante de múltiples daños a nivel celular y que estos luego se traducen a patologías de mayor desarrollo, la utilización de la radiación ionizante siempre ha sido controversial entre riesgos/beneficios. Esto ya ha sido propuesto por la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) desde 1997. Dentro de los límites de dosis en exposición ocupacional se plantea una dosis efectiva de 20mSv por año como promedio en un período de cinco años consecutivos o una dosis efectiva de 50mSv en cualquier año. (MINSa, 2011)

La UNSCEAR (Comité de las Naciones Unidas Sobre los Efectos de la Radiación Nuclear) dice que el 95% de la exposición a radiación artificial al ser humano, es de origen médico, porcentaje que está en aumento debido a que cada día hay mayor acceso a este tipo de herramientas. Así mismo, la radiación de origen médico representa el 15% del total de la radiación recibida por un humano, siendo 11% en el diagnóstico y 4% en radioterapia.

Las radiaciones ionizantes son ondas electromagnéticas y no se pueden percibir, por lo cual es necesario el uso de detectores de radiación, los detectores son muy importantes para el monitoreo de las áreas (zonas controladas y supervisadas) para conocer con exactitud la tasa de dosis que recibirá el operador (técnico y/o radiólogo).

De acuerdo con el principio de funcionamiento estos equipos medidores pueden ser: cámara de ionización, película radiográfica, termoluminiscencia. Estos últimos (dosímetros termoluminiscentes) son los más utilizados para la realización de la vigilancia radiológica personal ya que pueden almacenar información, a causa de la exposición a la radiación. De modo que, esta información se recupera cuando el dosímetro se somete a un calentamiento continuo dentro de un intervalo específico para recuperar, por medio de luz la respuesta a la irradiación a la que fue expuesto y listo para ser reutilizado de nuevo. El objetivo de la dosimetría es la detección, análisis y cuantificación de la intensidad de radiación a la que se ha sometido un organismo, por medio de la lectura termoluminiscente.

La observación de los límites anuales de dosis constituye una medida fundamental en la protección frente a las radiaciones ionizantes. Los límites de dosis son valores que nunca deben ser sobrepasados y que pueden ser rebajados de acuerdo con los estudios de optimización adecuados y se aplican a la suma de las dosis recibidas por exposición externa e interna en el periodo considerado. Los límites de dosis actualmente en vigor, están referidos en el Reglamento Técnico de Protección contra la Radiaciones Ionizantes de la República de Nicaragua.

Existen, a nivel de la práctica clínica, numerosas dudas acerca de los riesgos a los cuales se exponen los trabajadores de la salud que participan en el proceso diagnóstico con radiaciones ionizantes, de los cuales tal vez el principal, es el probable desarrollo de neoplasias. Dentro del grupo ocupacionalmente expuesto, los tecnólogos y radiólogos tal vez sean la población en mayor riesgo, pues son los encargados de realizar procedimientos directamente con las radiaciones ionizantes. A pesar de los esfuerzos constantes por utilizar los medios adecuados de radioprotección y seguir el principio de optimización en el uso de la radiación ionizante tan bajo como sea razonablemente posible, aún se encuentran casos en los cuales estas medidas no son seguidas adecuadamente y el riesgo del uso de radiación se hace evidente.

II. ANTECEDENTES

A nivel internacional

En el 2015, en Colombia, Simbaqueba en su estudio “Evaluación de riesgos de un servicio de radiología de las clínicas Reina Sofía y Clínica Universitaria Colombia en la Organización Sanitas Internacional”, plantea una metodología de evaluación de riesgos la cual permite identificar todas las deficiencias que pueda tener una institución que preste el servicio de radiología diagnóstica en tecnología, recursos humanos y procedimientos. La metodología se desarrolla cualitativa y cuantitativamente a través de encuestas de chequeo basadas en la normatividad nacional e internacional vigente y la experiencia adquirida en la Organización Sanitas Internacional para la práctica clínica en el uso de rayos X diagnósticos. Cuenta con una matriz de riesgo para la presentación de un informe final y una metodología para la clasificación del personal ocupacionalmente expuesto que participa en intervención médica en sala con uso de rayos X; además muestra la importancia del físico médico como personal laboral que guie estos procesos en instituciones que presten este servicio. (Simbaqueba, 2015)

Zarca y colaboradores en su investigación “Dosimetría a trabajadores en procedimiento de radiología intervencionista. Un estudio con dosímetros termoluminiscencia (TLDs).”, realizado en el Hospital General Universitario de Ciudad Real, España, se analizaron 47 casos de profesionales con dosímetros de termoluminiscencia, concluyendo que es posible identificar los procedimientos de mayor riesgo, en cuanto a probabilidad de producir efectos nocivos sobre el cristalino del radiólogo intervencionista y su asistente. Se comprueba que sin el uso de la protección adecuada los nuevos límites propuestos de dosis en cristalino (ICRP 2011, 20 mSv /año) se sobrepasan con facilidad. Existe una buena correlación de la dosis en cristalino respecto a la estimación por Producto Dosis Área (PDA) total, especialmente en estudios con PDA medio, siendo necesario obtener más datos para aquellos estudios con PDA Total altos > de 1000 Gy cm^2 . (Zarca, Zapata, Gil, Castedo, & Quintana, 2014)

En el 2010, en Cuba, Tomasina y colaboradores, en su investigación “Vigilancia de la exposición a radiaciones ionizantes en el personal universitario de la salud”, presentaron los resultados de vigilancia en salud ocupacional de los trabajadores universitarios durante 2003 – 2006, mediante un estudio descriptivo retrospectivo longitudinal. Se observaron valores dosimétricos que no superaron los valores de referencia admitidos como máximos anuales. La dosis anual máxima recibida fue de 15,72 milisieverts, correspondiente a las áreas de diagnóstico y tratamiento especializado del Hospital Universitario. La vigilancia de la exposición ha permitido orientar el control médico periódico específico así como, extremar acciones de radioprotección. (Tomasina, y otros, 2010)

En el 2000, En Venezuela, Hahn Mendoza en su estudio “Evaluación mediante dosimetría TLD de las dosis de radiación en los exámenes radiológicos de tórax, Caracas, julio del 2000”, el cual tuvo lugar en dos centros hospitalarios de la ciudad, evaluando las dosis del examen de rutina de tórax para adultos. Concluyendo que ninguna toma presentó la irradiación superior a la señalada por organizaciones de la salud. Los valores de las desviaciones estándar se deben a los cambios en las condiciones técnicas de las exploraciones, los cuales pueden ser dictados por la experiencia y el instinto profesional de los técnicos, aún cuando se ha procurado mantener la evaluación únicamente en los casos de los pacientes tipo promedio. (Hahn, 2000)

A nivel nacional

En el 2003, Ruiz en su tesis “Niveles de radiación en el personal ocupacionalmente expuesto. Departamento de Radiología del Hospital Escuela Roberto Calderón Gutiérrez, Managua enero 2002 – 2003”, concluye que los niveles de radiación en el personal ocupacionalmente expuesto se considera que son normales en relación a las normas establecidas para esos períodos. Y que el 80% del total de la muestra hace uso de chalecos de protección por el personal en estudio, al igual que se usa mampara de protección en el 82.9% por el personal donde siempre se hace uso de dosímetro en el 94.39% del total del personal. (Ruiz, 2003)

III. JUSTIFICACIÓN

La exposición a la radiación ionizante en los servicios de salud ocupa el primer lugar entre las fuentes artificiales de radiaciones del ser humano, tanto a nivel individual como colectivo. Estas exposiciones ocurren durante el radiodiagnóstico, radioterapia y el uso de radioisótopos en medicina nuclear.

Actualmente, Nicaragua posee el reglamento técnico de protección contra las radiaciones ionizantes, que tiene como objetivo establecer los requisitos básicos para la protección de las personas contra la exposición a la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación que pueden causar esta exposición.

La UNAN Managua, a través del Laboratorio de Física de Radiaciones y Metrología, colabora con el cumplimiento de la Comisión Nacional de Energía Atómica mediante la evaluación de personal que se encuentra expuesto a radiaciones ionizantes, mediante el monitoreo de dosímetros en el personal de salud que están expuestos.

La exposición a radiaciones ionizantes (RI), en el ambiente de trabajo involucra la vigilancia radiológica de los trabajadores expuestos, su valoración comparativa con los valores de referencia vigentes a nivel nacional e internacional es una necesidad para brindar las recomendaciones preventivas y de control médico que correspondan.

La presente investigación pretende comparar la dosis efectiva por medio de dosimetría termoluminiscente en trabajadores de los Hospitales Antonio Lenin Fonseca y Roberto Calderón Gutiérrez, durante los años 2015 – 2017, para obtener una línea de base sobre dicho comportamiento, establecer un paralelo entre los resultados del estudio y las referencias internacionales con el fin que, tanto los especialistas como el personal de salud (que realiza estos procedimientos), valoren y reconozcan los riesgos a que se someten laboralmente. Además, permitirá abrir un espacio a futuras investigaciones y apoyar científicamente en la elaboración y aplicación de medidas de prevención o bioseguridad en los servicios de radiología.

IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En los últimos años, el acompañamiento de estudios de imagenología utilizando radiación ionizantes como complemento para el diagnóstico de enfermedades se ha incrementado, siendo los medios con radiaciones ionizantes, uno de los que se utilizan con frecuencia, en el que el personal de salud se ve expuesto a posibles riesgos laborales.

La exposición a radiaciones ionizantes (RI), en el ambiente de trabajo involucra la vigilancia radiológica de los trabajadores expuestos, su valoración comparativa con los límites dosis a nivel nacional e internacional es una necesidad para brindar las recomendaciones preventivas y de control médico que correspondan. Cuando los valores de la dosimetría personal están por encima de los límites internacionalmente aceptados, son reflejos de condiciones y/o uso inadecuados de radioprotección en que desarrollan sus tareas los trabajadores del área.

El servicio de dosimetría personal a nivel nacional lo presta el Laboratorio de Dosimetría Personal Externa del Laboratorio de Física de Radiaciones y Metrología de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua (UNAN Managua), por lo que permite la comparación de las diferentes escuelas formadoras de especialistas en radiología.

Es por ello, que se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuáles son las dosis efectiva personal obtenida por medio de dosimetría termoluminiscente en trabajadores ocupacionalmente expuestos de los servicios de radiología de los Hospitales Antonio Lenin Fonseca y Roberto Calderón Gutiérrez, 2015 – 2017?

V. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

Evaluar las dosis efectiva personal obtenida por medio de dosimetría termoluminiscente en trabajadores ocupacionalmente expuestos de los servicios de radiología de los Hospitales Antonio Lenin Fonseca y Roberto Calderón Gutiérrez, 2015 – 2017.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Identificar las características socio-demográficas del personal de salud que labora en los servicios de radiología de los hospitales mencionados.
2. Determinar las situaciones de riesgo ocupacionales que presentan los trabajadores en el servicio de radiología de los diferentes hospitales investigados.
3. Comparar la dosis efectiva por medio de dosimetría termoluminiscente en ambas escuelas formadores de radiología.

VI. MARCO TEÓRICO

Desde el descubrimiento de los Rayos X por William Röntgen, profesor y director del Instituto de Física de la Universidad de Wurtzburgo, en Alemania, el 8 de noviembre de 1895, hace dos siglos, el tema de radiación y sus efectos en el ser humano ha sido una de las mayores preocupaciones que ha tenido la humanidad, a esto hay que añadir el enorme auge que ha tenido en el desarrollo de la ciencia y la tecnología la utilización de radioisótopos tanto en la industria, la agricultura, así como en la medicina. Y es en este último campo donde se fundamenta el presente trabajo que consiste en saber hasta dónde las personas que trabajan con equipos de rayos X se ven afectados por las actividades que desarrollan, saber cuánta dosis recibe su organismo; y dentro de qué límites podemos trabajar sin que se pierda el objetivo de la protección radiológica.

Unidades de medida

Dos medidas son esenciales en la radioprotección: la medida de la dosis de radiación absorbida por el cuerpo y la evaluación del riesgo asociado a esta dosis absorbida. Se crearon pues dos unidades: El Gray y el Sievert.

El Gray: la medida de la dosis absorbida ($1\text{Gy}=1\text{J/Kg}$).

Cuando encuentran la materia, las radiaciones ionizantes entran en colisión con los átomos que las constituyen. Durante estas interacciones, depositan una parte o la totalidad de su energía. La dosis absorbida (expresada en Gray) es definida por la información de esta energía registrada sobre la masa de materia. Un Gray corresponde a una energía registrada de un Joule en un kilogramo de materia.

El Sievert: La evaluación del riesgo biológico ($1\text{Sv}=1\text{J/Kg}$).

Con el fin de expresar en una misma unidad el riesgo de aparición de los efectos estocásticos asociados al conjunto de las situaciones de exposición posibles, los físicos desarrollaron un indicador llamado “dosis eficaz”, cuya unidad de medida es el Sievert (Sv), del nombre del físico sueco que fue uno de los pioneros en la protección contra las radiaciones ionizantes.

La dosis eficaz se calcula a partir de la dosis (expresada en Gy) absorbida por los distintos tejidos y órganos expuestos, aplicando factores de ponderación que tienen en cuenta el tipo de radiación (alfa, beta, gamma X, neutrones), de las modalidades de exposición (externo o interno) y la sensibilidad específica de los órgano o tejidos. Por definición, la dosis eficaz, expresada en Sv, no puede utilizarse sino para evaluar el riesgo de aparición de efectos estocásticos en el hombre, y no puede emplearse ni para los efectos agudos ni para los efectos sobre la fauna y la flora.

Hay que señalar que se utilizan dos submúltiplos del sievert muy frecuentemente: el milisievert o milésima de sievert, tenido en cuenta mSv; y el microsievert o millonésimo de sievert, μSv .

Magnitudes dosimétricas

Las magnitudes dosimétricas recomendadas con fines de protección radiológica, y en las cuales se expresan los límites de dosis en las Normas Básicas de Seguridad (NBS), son la dosis efectiva E y la dosis equivalente H_T en un tejido u órgano T . Las magnitudes físicas básicas incluyen la fluencia de partículas ϕ , el kerma K y la dosis absorbida D .

La magnitud dosimétrica operacional recomendada en las NBS para la vigilancia radiológica individual es el equivalente de dosis individual $H_p(d)$ [9–10], que es el equivalente de dosis en tejido blando, a una profundidad apropiada d , por debajo de un punto especificado en el cuerpo. Un método aproximado para medir $H_p(d)$ sería utilizar un detector colocado en la superficie del cuerpo cubierto con un material sustitutivo del tejido de un espesor adecuado. No obstante, pueden ser aceptables otras soluciones, siempre que se logre la variación necesaria de la respuesta con la energía.

Cualquier constatación del equivalente de dosis individual debe incluir la especificación de la profundidad de referencia d . Para radiaciones débilmente y fuertemente, las profundidades recomendadas son 0,07 mm y 10 mm respectivamente, aunque pueden ser adecuadas otras profundidades en casos particulares, por ejemplo, 3 mm para el cristalino del ojo.

Para simplificar la notación, se supone que d está expresada en milímetros, y por tanto los equivalentes de dosis individual para las dos profundidades recomendadas, mencionadas con anterioridad, se expresan como $H_p(0,07)$ y $H_p(10)$.

$H_p(10)$, es decir, el equivalente de dosis individual a 10 mm de profundidad, se utiliza para proporcionar una estimación de la dosis efectiva que evite tanto una subestimación como una sobrestimación excesiva. Se considera que las células sensibles de la piel están entre 0,05 y 0,1 mm por debajo de la superficie de ésta, y por tanto se utiliza $H_p(0,07)$ para calcular la dosis equivalente en la piel. También puede utilizarse $H_p(0,07)$ para la vigilancia de las extremidades, donde la dosis en la piel es la magnitud limitativa.

La calibración de los dosímetros se efectúa en condiciones convencionales simplificadas (condiciones de prueba tipo, véase la Sección 5), sobre un maniquí adecuado. Puede utilizarse la magnitud $H_p(d)$ para especificar el equivalente de dosis en un punto de un maniquí que representa el cuerpo. Si un dosímetro mide $H_p(d)$ correctamente en un punto sobre tal maniquí, se admite que mide $H_p(d)$ con suficiente exactitud en el cuerpo de cualquier persona.

Radiaciones ionizantes

Son las radiaciones que debido a la energía que poseen, al interaccionar con la materia producen ionizaciones en la misma, es decir, cambios eléctricos a nivel molecular. La materia está formada por átomos, componentes esenciales de todo lo que nos rodea, constituidos por un núcleo, parte central del átomo con carga eléctrica positiva (neutrones y protones) y la corteza que es la parte más externa, de carga eléctrica negativa (formada por electrones). (1)

Radiactividad

Es la emisión de radiaciones ionizantes desde el núcleo de los átomos. Estas emisiones, de las cuales hay que protegerse adecuadamente, pueden presentarse en forma de partículas (naturaleza corpuscular) o de ondas (naturaleza ondulatoria).

Los tipos de emisiones radiactivas son (1):

- Alfa con carga eléctrica positiva (α^+)
- Beta negativa (β^-):
- Beta positiva (β^+)
- Rayos gamma

Dentro de la radiación de naturaleza ondulatoria (ondas electromagnéticas) está la radiación gamma (γ) y los rayos X, con un importante poder de penetración que depende de la energía asociada a cada tipo de onda. (1)

Radiación artificial

El comportamiento de los radionucleidos artificiales, así como las leyes por las cuales se rigen y el tipo de emisiones, son las mismas que para la radiactividad natural. El período de semidesintegración de estos radionucleidos artificiales es, en general, inferior al de los radionucleidos naturales. De hecho, algunos de estos radionucleidos artificiales tienen períodos de semidesintegración de horas e incluso excepcionalmente de minutos.

Los radionucleidos artificiales, en el campo médico se utilizan para el diagnóstico en los Servicios de Medicina Nuclear, para investigación en el campo de la Inmunología, la Hematología, la Biología Molecular, etc., y en terapia en los Servicios de Medicina Nuclear y Oncología Radioterápica. Se utilizan también generadores rayos X y electrones, aplicados tanto en diagnóstico como en terapia.

Irradiación externa

Se dice que hay riesgo de irradiación externa cuando, por la naturaleza de la radiación y el tipo de práctica, la persona sólo está expuesta mientras la fuente de radiación está activa y no puede existir contacto directo con un material radiactivo. Es el caso de los generadores de rayos X, los aceleradores de partículas y la utilización o manipulación de fuentes encapsuladas.

Exposición

Se llama exposición al hecho de que una persona esté sometida a la acción y los efectos de las radiaciones ionizantes. Puede ser:

- Externa: exposición del organismo a fuentes externas
- Interna: exposición del organismo a fuentes incorporadas
- Total: suma de las exposiciones externa e interna

- Continua: exposición externa prolongada, o exposición interna por incorporación permanente de radionucleidos, cuyo nivel puede variar con el tiempo.
- Única: exposición externa de corta duración o exposición interna por incorporación de radionucleidos en un corto periodo de tiempo.
- Global: exposición considerada como homogénea en el cuerpo entero.
- Parcial: exposición sobre uno o varios órganos o tejidos, sobre una parte del organismo o sobre el cuerpo entero, considerada como no homogénea.

En caso de contaminación radiactiva del organismo humano, según que los radionucleidos estén depositados en la piel, los cabellos o las ropas, o bien hayan penetrado en el interior del organismo, se considera contaminación externa o contaminación interna respectivamente. La gravedad del daño producido está en función de la actividad y el tipo de radiaciones emitidas por los radionucleidos.

Evaluación de la dosis individual

La mayor parte de las veces, las dosis debidas a la irradiación externa pueden evaluarse fácilmente por la vigilancia sistemática individual de los trabajadores. En los casos en que la vigilancia radiológica individual no pueda suministrar una indicación adecuada de las dosis recibidas por los trabajadores, pueden utilizarse los resultados de la vigilancia radiológica del lugar de trabajo para la evaluación de las dosis individuales.

La evaluación de la exposición a partir de los resultados de la vigilancia del lugar de trabajo puede resultar adecuada cuando: a) No se dispone de un método eficaz de vigilancia radiológica individual y existe un método basado en la vigilancia radiológica del lugar de trabajo que ha demostrado ser aceptable; b) Las dosis son relativamente constantes y pueden evaluarse de forma fiable por otros medios (por ejemplo, en laboratorios de investigación que utilicen pequeñas fuentes controladas); los trabajadores involucrados están empleados regularmente en una zona vigilada, o sólo entran de forma ocasional en zonas controladas

Generalmente se requiere la vigilancia radiológica individual de aquellas personas que trabajan de forma rutinaria en las zonas designadas como zonas controladas debido al riesgo de irradiación externa. Se precisa un programa de vigilancia radiológica individual para la exposición a las radiaciones externas que suministre información con el fin de optimizar la protección, de comprobar que la exposición del trabajador no ha superado ningún límite de dosis o el nivel previsto para las actividades determinadas, y de verificar la idoneidad de la vigilancia radiológica del lugar de trabajo.

En las zonas supervisadas, donde no se requiere una vigilancia radiológica individual, puede resultar más sencillo utilizar un número limitado de dosímetros individuales que adoptar un programa complejo de vigilancia del lugar de trabajo. En cualquier caso, la vigilancia radiológica individual para registrar las dosis puede considerarse una buena práctica para todos los trabajadores de una zona supervisada.

Interpretación de los resultados de la vigilancia radiológica individual

Para los objetivos de protección radiológica, las magnitudes operacionales medidas $H_p(10)$ y $H_p(0,07)$ se interpretan en función de las magnitudes de protección, dosis efectiva E y dosis equivalente para la piel y las extremidades H_T . Para ello, se deben elaborar hipótesis realistas con relación al tipo y uniformidad del campo de radiación y a la orientación del trabajador dentro del campo. En estas condiciones, la lectura del dosímetro ofrece una buena estimación de la exposición del trabajador sin subestimar o sobrestimar seriamente la magnitud de protección en cuestión.

En los casos en que el trabajador se desplaza por el lugar de trabajo, se deben considerar generalmente tres tipos de campo multidireccional: a) con radiación que incide fundamentalmente desde el semiespacio frontal (anterior–posterior, o geometría AP); b) desde el semiespacio posterior (posterior–anterior, o PA), o c) con radiación que incide simétricamente desde todas las direcciones perpendiculares al cuerpo (rotacional, o ROT). (En situaciones de exposición ocupacional, rara vez se encuentra un cuarto tipo de geometría, en el cual la radiación incide isotrópicamente desde todas direcciones incluyendo la dirección vertical desde arriba o desde abajo (ISO). Si se espera que la radiación provenga de la parte posterior (por ejemplo, para el conductor de un vehículo que transporta materiales radiactivos), el dosímetro debe llevarse en la espalda. Para radiaciones fuertemente penetrantes se debe suponer que el Hp(10) medido por un dosímetro personal portado en el pecho se aproxima con suficiente exactitud a la dosis efectiva, por lo menos para la radiación que incide frontalmente o es cilíndricamente simétrica (ROT). Así, un dosímetro llevado en la parte delantera (o posterior) del tronco suministra generalmente una evaluación satisfactoria de la dosis efectiva. Sin embargo, si la dosis se aproxima al límite a considerar, debe aplicarse un factor de corrección adecuado para la geometría AP, PA o ROT, basado en el conocimiento de las radiaciones y de las condiciones de la exposición

Clasificación y delimitación de zonas

El titular de la actividad debe clasificar los lugares de trabajo, considerando el riesgo de exposición, probabilidad y magnitud de las exposiciones potenciales, en las siguientes zonas:

Zona controlada: Zona en la que exista la posibilidad de recibir dosis efectivas superiores a 6 mSv/año oficial o una dosis equivalente superior a 3/10 de los límites de dosis equivalentes para cristalino, piel y extremidades. También tienen esta consideración las zonas en las que sea necesario seguir procedimientos de trabajo, ya sea para restringir la exposición, evitar la dispersión de contaminación radiactiva o prevenir o limitar la probabilidad y magnitud de accidentes radiológicos o sus consecuencias. Se señala con un trébol verde sobre fondo blanco, llamado trisector.

Las zonas controladas se pueden subdividir en:

- *Zona de permanencia limitada.* Zona en la que existe el riesgo de recibir una dosis superior a los límites anuales de dosis. Se señala con un trisector amarillo sobre fondo blanco.
- *Zona de permanencia reglamentada.* Zona en la que existe el riesgo de recibir en cortos periodos de tiempo una dosis superior a los límites de dosis. Se señala con un trisector naranja sobre fondo blanco.
- *Zona de acceso prohibido.* Zona en la que hay riesgo de recibir, en una exposición única, dosis superiores a los límites anuales de dosis. Se señala con un trisector rojo sobre fondo blanco.

Zonas supervisadas

Los titulares registrados y los titulares de licencias designarán como zona supervisada toda zona que no haya sido ya designada como zona controlada, pero en la que sea preciso mantener en examen las condiciones de exposición ocupacional, aunque normalmente no sean necesarias medidas de protección y seguridad específicas.

Evaluación de la exposición ocupacional

Los empleadores, así como los trabajadores por cuenta propia, y los titulares registrados y titulares de licencias serán responsables de adoptar las disposiciones necesarias para evaluar la exposición ocupacional de los trabajadores, basándose en la monitorización individual, cuando proceda, y asegurarán que se adopten disposiciones con proveedores de servicios de dosimetría autorizados o aprobados que trabajen en el marco de un sistema de gestión de calidad.

En el caso de cualquier trabajador que normalmente trabaje en una zona controlada, o que trabaje ocasionalmente en una zona controlada y que pueda recibir una dosis importante debida a la exposición ocupacional, se procederá a la monitorización individual siempre que sea apropiado, adecuado y viable. En los casos en que la monitorización individual del trabajador no sea apropiada, adecuada o viable, la exposición ocupacional se evaluará sobre la base de los resultados de la monitorización radiológica del lugar de trabajo y la información sobre los lugares y la duración de la exposición del trabajador.

En el caso de cualquier trabajador que trabaje habitualmente en una zona supervisada o que entre en una zona controlada solo ocasionalmente, la exposición ocupacional se evaluará sobre la base de los resultados de la monitorización radiológica del lugar de trabajo o la monitorización individual, según convenga.

Los empleadores asegurarán que se identifique a los trabajadores que podrían estar sometidos a exposición debida a la contaminación, incluidos los que utilicen equipo protector respiratorio. Los empleadores harán lo necesario para proceder a una monitorización radiológica adecuada en la medida en que sea necesario a fin de demostrar la eficacia de las medidas de protección y seguridad y evaluar la incorporación de radionucleidos y las dosis efectivas comprometidas.

Clasificación de los trabajadores expuestos

Categoría A: Pertenecen a esta categoría los que pueden recibir una dosis superior a 6 mSv por año oficial o una dosis equivalente superior a 3/10 de los límites de dosis equivalente para el cristalino, la piel y las extremidades.

Categoría B: personas que, por las condiciones en que se realiza su trabajo, es muy improbable que reciban dosis superiores a 6 mSv por año oficial o 3/10 de los límites de dosis equivalente para el cristalino, la piel y las extremidades.

Límites de dosis para los trabajadores expuestos

El límite de dosis efectiva es 20mSv en un año. Este valor debe de ser considerado como el promedio en cinco años consecutivos (100mSv en 5 años, no pudiendo excederse 50 mSv en cualquiera año oficial). La dosis semanal se establece de 0.4mSv.

Límites de dosis para personas en formación y estudiantes

Los límites de dosis para personas en formación y estudiantes de deben manejar fuentes radiactivas por razón de sus estudios serán:

- a) Si los estudiantes tienen 18 años o más, iguales a los límites establecidos para los trabajadores expuestos.
- b) Si los estudiantes tienen más de 16 años y menos de 18 años, el límite de dosis efectiva es de 6 mSv por año oficial.

Los límites de dosis equivalente para cristalino, piel, manos, antebrazo, pies y tobillos son de los 3 décimos de los límites establecidos para los trabajadores expuestos.

- c) Si los estudiantes tienen menos de 16 años, iguales a los límites establecidos para los miembros del público.

Según el reglamento de Nicaragua, en el capítulo X, los límites son los siguientes:

Arto. N°71: Para los aprendices de 16 a 18 años que son entrenados para empleos que involucran exposición a la radiación y para los estudiantes en el mismo intervalo de edad quienes requieren del uso de fuentes en el curso de sus estudios, la exposición ocupacional debe estar controlada de tal manera que los límites siguientes no sean excedidos:

- a) Una dosis efectiva de 6 mSv en un año.
- b) Una dosis equivalente para cristalino de 50 mSv en un año.
- c) Una dosis equivalente para las extremidades o piel de 150 mSv en un año.

Arto N°81: Los trabajadores que estén sujetos a exposición ocupacional, deberán:

- a) Ser mayores de 18 años.
- b) Estar registrados y autorizados por la autoridad competente.

Arto N°82: A ninguna persona menor de 18 años se le deberá permitir trabajar en zonas controladas sin supervisión.

Arto N°83: Ninguna persona menor a los 16 años deberá estar sujetos a exposición ocupacional.

Arto N°84: La mujer trabajadora, tan pronto conoce o presupone su estado de gravidez, debe notificar su condición al titular , con objeto de que éste adapte sus condiciones de trabajo respecto de la exposición ocupacional, de manera de asegurar que el embrión o feto tendrán el mismo nivel de protección que los individuos del público.

Información y formación

El titular o, en su caso, la empresa externa debe informar, antes de iniciar su actividad, a sus trabajadores expuestos, personas en formación y estudiantes sobre:

- Los riesgos radiológicos asociados.
 - La importancia del cumplimiento de los requisitos técnicos, médicos y administrativos.
 - Las normas y procedimientos de protección radiológica, tanto en lo que se refiere a la práctica en general como al destino o puesto de trabajo que se les pueda asignar.
 - Necesidad de efectuar rápidamente la declaración de embarazo y notificación de lactancia.
- Así mismo, también se debe proporcionar, antes de iniciar su actividad y de manera periódica, formación en materia de protección radiológica a un nivel adecuado a su responsabilidad y al riesgo de exposición a las radiaciones ionizantes en su puesto de trabajo.

Radiodiagnóstico

Es el conjunto de procedimientos de exploración y visualización de las estructuras anatómicas del interior del cuerpo humano mediante la utilización de los rayos X. Ocupa un lugar preponderante entre las técnicas de imagen debido al gran número de instalaciones, al de exploraciones que se realizan y al de profesionales que se dedican a esta especialidad. La continua aparición de nuevas técnicas e indicaciones hace que día a día se incremente el número de estudios médicos en que se utilizan los rayos X. (1)

Los rayos X se producen de forma artificial en un tubo de vacío aplicando una determinada tensión (kV). Cuanto mayor es la tensión aplicada, mayor es la penetración de estos rayos. Estos pueden variar desde 25 kV para la mamografía hasta 140 kV en diagnóstico general.

La imagen radiográfica es una consecuencia de la diferente atenuación, que las distintas estructuras anatómicas del paciente producen en el haz de rayos X que incide sobre él.

Si a un paciente se le hace una radiografía de tórax, la parte de la radiografía correspondiente al pulmón estará más oscura, que una zona que represente al hueso, ya que los pulmones fundamentalmente tienen aire y éste atenúa la radiación menos que el hueso, por tanto a esta parte de la película radiográfica llegará más radiación y aparecerá más oscura.

Radiografía convencional

En este caso, el receptor de imagen es una placa fotográfica. Al incidir el haz sobre ella esta se impresiona, formándose una imagen latente que se pondrá de manifiesto al revelar la placa. Dentro de la radiología convencional, existen distintos tipos de exámenes radiológicos como son: tórax, abdomen, columna lumbar, columna cervical, columna dorsal, etc.

Especial consideración merece la mamografía utilizada para el diagnóstico precoz del cáncer de mama y otras patologías. Es una técnica en la cual el equipo y el sistema de imagen utilizado deben poseer unas características especiales, ya que se trata de diagnosticar tumores en su estadio inicial. Por otra parte, los tejidos que forman la mama presentan muy poca variación en su densidad, de ahí que la película radiográfica a utilizar deba presentar unas características singulares que permita poner de manifiesto variaciones mínimas de densidad y de pequeño tamaño.

Fluoroscopia

La fluoroscopia es el método de obtención de imágenes de rayos X en tiempo real, lo que es especialmente útil para guiar una gran variedad de exámenes diagnósticos e intervenciones.

La fluoroscopia muestra el movimiento gracias a una serie continua de imágenes obtenidas a una frecuencia máxima de 25 a 30 cuadros completos por segundo. Esto es similar a la manera de transmitir imágenes de televisión o de vídeo convencionales.

Tomografía computarizada TC

Permite obtener imágenes de cortes transversales del cuerpo humano cuyo tratamiento informático posibilita su reconstrucción en tres dimensiones.

Radioterapia

El objetivo de la radioterapia es la destrucción de células y tejidos tumorales mediante la radiación, procurando irradiar lo menos posible los tejidos sanos circundantes del tumor.

Radioinmunoanálisis

Es una técnica analítica utilizada para medir la cantidad y concentración de numerosas sustancias (hormonas, fármacos, etc.) en muestras biológicas obtenidas, previamente, del paciente.

Riesgos radiológicos en la práctica médica

La dosis de radiación que un paciente puede recibir como consecuencia de un estudio diagnóstico, va a depender de muchos factores como son: el tipo de estudio, las características del paciente y también el equipamiento utilizado.

Efectos biológicos de la radiación

Los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes son consecuencia de la interacción de la radiación a nivel celular, siendo la radiobiología, la ciencia que estudia los sucesos que se producen después de la absorción de energía procedente de las radiaciones ionizantes, los esfuerzos del organismo para compensar los efectos de esa absorción y las lesiones y reparaciones que se pueden producir en el organismo.

La aparición de estos efectos va a depender de la dosis recibida en el tejido irradiado y de la capacidad de reparación del mismo. También van a influir la edad del individuo en el momento de la exposición, su estado de salud y su predisposición genética. Por tanto no todas las personas expuestas a radiaciones ionizantes tienen la misma respuesta.

Otro esquema de clasificación se basa en las consecuencias de la radiación. Se distingue entre dos amplias categorías:

a.- Efectos deterministas:

Se producen cuando la exposición a radiaciones ionizantes origina la muerte de tal cantidad de células que da lugar a un mal funcionamiento de un tejido u órgano. La aparición de estos efectos se produce sólo cuando la dosis supera un cierto valor denominado umbral de dosis.

La gravedad del efecto va a depender de la dosis recibida. No todos los tejidos y órganos tienen la misma respuesta frente a las radiaciones ionizantes. Entre los más radiosensibles están los ovarios, testículos, cristalino y médula ósea. Entre los efectos deterministas se encuentran, la radiodermatitis, esterilidad y cataratas.

b.- Efectos estocásticos:

Si se producen transformaciones celulares, debido a la exposición a radiaciones ionizantes, ésta en los descendientes de la persona expuesta. A diferencia de los efectos deterministas para estos efectos no existe un umbral de dosis. Ahora bien, la probabilidad de que aparezcan si depende de la dosis. Clínicamente no es posible distinguir los que tienen su origen en una exposición a radiaciones ionizantes de los que se han producido por otros agentes. Pueden dar lugar a la aparición de un cáncer o a enfermedades hereditarias, sobre el tipo de efectos que la radiación origina sobre el embrión y el feto depende del momento en que se produzca la exposición respecto al tiempo de gestación.

La energía depositada por las radiaciones ionizantes al atravesar las células vivas da lugar a iones y radicales libres que rompen los enlaces químicos y provocan cambios moleculares que dañan las células afectadas. En principio, cualquier parte de la célula puede ser alterada por la radiación ionizante, pero el ADN es el blanco biológico más crítico debido a la información genética que contiene. Una dosis absorbida lo bastante elevada para matar una célula tipo en división (2 Grays ver la definición más adelante), sería suficiente para originar centenares de lesiones reparables en sus moléculas de ADN. Las lesiones producidas por la radiación ionizante de naturaleza corpuscular (protones o partículas alfa) son, en general, menos reparables que las generadas por una radiación ionizante fotónica (rayos X o rayos gamma). El daño en las moléculas de ADN que queda sin reparar o es mal reparado puede manifestarse en forma de mutaciones cuya frecuencia está en relación con la dosis recibida.

Las lesiones del aparato genético producidas por irradiación pueden causar también cambios en el número y la estructura de los cromosomas, modificaciones cuya frecuencia, de acuerdo con lo observado en supervivientes de la bomba atómica y en otras poblaciones expuestas a radiaciones ionizantes, aumenta con la dosis. En consecuencia, el daño biológico puede producirse en el propio individuo (efecto somático) o en generaciones posteriores (efecto genético), y en función de la dosis recibida los efectos pueden ser inmediatos o diferidos en el tiempo, con largos periodos de latencia.

Seguridad radiológica

La ICRP, en su publicación nº 60, presenta el “Sistema de Protección Radiológica” basado en la prevención de efectos biológicos deterministas, manteniendo la dosis por debajo de un umbral determinado, así como en la exigencia de que se apliquen todas las medidas razonables para reducir la incidencia de los efectos biológicos estocásticos a niveles aceptables.

La ICRP distingue 3 categorías de exposición: la exposición profesional, la exposición médica y la exposición del público que engloba el resto de exposiciones por fuentes controladas. Los límites de dosis sólo se recomiendan para las exposiciones profesionales y del público, ya que en las exposiciones médicas, el objetivo fundamental es la irradiación del paciente para obtener un eficaz diagnóstico o un adecuado tratamiento.

La radioprotección es una disciplina científico técnica que tiene como finalidad la protección de las personas y del medio ambiente frente a los riesgos derivados de la utilización de fuentes radiactivas, tanto naturales como artificiales, en actividades médicas, industriales, de investigación.

El Sistema de Protección Radiológica se fundamenta en los principios siguientes:

□ **Justificación:** No debe adoptarse ninguna práctica con radiaciones ionizantes que no conlleve un beneficio neto para el individuo o la especie humana en su conjunto. Es importante que el público sepa que los estudios radiológicos implican un riesgo que sólo se justifica si el examen tiene una indicación médica. Estos estudios radiológicos no deben hacerse innecesariamente, sino sólo cuando los mismos estén debidamente justificados.

□ **Optimización:** Para una fuente dada, las dosis deberán ser lo más bajas que sean razonablemente posible, teniendo en cuenta consideraciones sociales y económicas. Una vez que los estudios estén justificados se intenta que los mismos se realicen en condiciones óptimas para que las dosis sean tan bajas como sea posible.

Para ello es muy importante que los equipos se encuentren bien mantenidos, calibrados y que se usen los parámetros operativos más adecuados para cada estudio. Esto es particularmente importante para los niños, que tienen una mayor sensibilidad que los adultos.

□ **Limitación de dosis y riesgo:** En cualquier caso, se recomienda establecer límites de dosis o del riesgo resultante entre lo que supone una situación “tolerable” y una situación “inaceptable” para la sociedad. Para una práctica dada se establecen límites de dosis de forma que el riesgo derivado se mantenga dentro de niveles aceptables para la sociedad; además se establece que para lograr esto hay que cumplir con tres criterios básicos:

Distancia, Tiempo y Blindaje.

- Distancia: Ley de la inversa del cuadrado. La intensidad de la radiación es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia. La tasa de dosis disminuye con el cuadrado de la distancia a que se encuentra la fuente productora de radiación.
- Tiempo: La dosis es directamente proporcional al tiempo de exposición. La dosis equivalente recibida disminuye conforme lo hace el tiempo que dura la exposición.
- Blindaje o pantallas: Son barreras situadas entre el producto radiactivo y los usuarios que eliminan o atenúan la radiación. Las radiaciones ionizantes, al atravesar la materia pierden intensidad. En este hecho se basan los blindajes y/o pantallas protectoras contra las radiaciones ionizantes. La elección de la pantalla adecuada depende del tipo de emisión.

Existen dos tipos de pantallas o blindajes, las denominadas barreras primarias (atenúan la radiación del haz primario) y las barreras secundarias (evitan la radiación difusa).

De estas consideraciones se deducen las tres reglas más generales de Protección Radiológica contra la radiación externa:

- 1.- Permanecer lo más lejos posible de las fuentes de radiaciones ionizantes.
- 2.- Reducir el tiempo de exposición al mínimo posible.
- 3.- Interponer entre la fuente y el personal expuesto blindajes adecuados.

Materiales de Blindaje.

Como blindajes para radiación beta se utilizan materiales de bajo número atómico tales como aluminio y vidrio, a fin de reducir la generación de radiación secundaria de frenado constituida por rayos X.

El Dosímetro

Este es definido como un aparato que se utiliza para medir dosis especialmente de radioactividad. Su función es la de indicar la cantidad de rayos ionizantes que un sujeto puede haber absorbido o aplicado. Puede tratarse de rayos ultravioletas o de radioactividad.

Para dosimetría personal por termoluminiscencia se define lo siguiente:

Dosis equivalente personal (individual), penetrante $H_p(d)$: es la dosis equivalente en tejidos blandos, bajo un punto específico en el cuerpo a una profundidad, d , que es adecuado para radiación fuertemente penetrante.

* Nota: la profundidad recomendada, d , en términos de monitoreo de $H_p(d)$ es de 10mm y puede escribirse como $H_p(10)$.

Dosis equivalente personal (individual), superficial $H_s(d)$: es la dosis equivalente en el tejido blando, bajo un punto específico en el cuerpo a una profundidad, d , que es adecuado para radiación débilmente penetrante.

*Nota: La profundidad recomendada, d , en términos de monitoreo de $H_p(d)$ es de 7mm y puede escribirse como $H_p(7)$.

Dosimetría personal

La dosimetría personal consiste en medir, persona a persona, la dosis que recibe en su trabajo diario; además nos sirve de base para evaluar de manera inmediata el grado de eficacia de los sistemas de protección radiológica.

El dosímetro se debe de colocar en aquella posición que sea más representativa de la parte más expuesta de la superficie del tronco.

Elección del dosímetro personal

La elección del dosímetro personal dependerá no sólo del tipo de radiación, sino también de la información que se necesita, además de $H_p(d)$. En la práctica, pueden emplearse los siguientes tipos de dosímetros:

- a) Dosímetros para fotones, que suministran información solamente sobre el equivalente de dosis individual $H_p(10)$;
- b) Dosímetros para las radiaciones beta y fotones, que suministran información sobre los equivalentes de dosis individuales $H_p(0,07)$ y $H_p(10)$;

- c) Dosímetros discriminadores para fotones, que suministran, además de Hp(10), algunas indicaciones sobre el tipo de radiación y la energía efectiva, así como sobre la detección de electrones de alta energía;
- d) Dosímetros de extremidades, los cuales dan información sobre Hp(0,07) para las radiaciones beta y los fotones (y para los neutrones si se manipulan fuentes neutrónicas);
- e) Dosímetros para neutrones, que dan información sobre Hp(10).

En campos de radiación donde sólo es importante la radiación fotónica, generalmente resulta suficiente la medida de Hp(10). Un simple dosímetro (del tipo indicado en el apartado a) anterior) resulta por tanto adecuado en la mayoría de las situaciones prácticas. Dentro de un amplio rango de energías de los fotones pueden emplearse los DTLs, cristales radiofotoluminiscentes (RFL) o dosímetros de películas, cuando proporcionen una dependencia energética adecuada. Existe también una variedad de dosímetros electrónicos que miden Hp(10) directamente, por encima de un umbral de 20–80 keV (según el modelo).

La fotoluminiscencia ha alcanzado un estado avanzado de desarrollo y actualmente es empleada por, al menos, un servicio dosimétrico comercial importante.

Cuando resulte probable que las radiaciones beta puedan contribuir significativamente al campo de radiación, deben utilizarse dosímetros del tipo indicado en b), que pueden ser DTLs o de película fotográfica con dos o más elementos termoluminiscentes o sensibles bajo filtros de diferente material y espesor, o dosímetros electrónicos. No obstante, si es probable que una parte significativa de la dosis beta provenga de partículas beta de baja energía, no serán apropiados los dosímetros electrónicos de diseños actuales.

Para la dosimetría de las extremidades, especialmente de las manos, puede resultar suficiente un DTL sencillo de un único elemento, si se coloca en el dedo de mayor exposición y está orientado hacia la fuente. Para una mayor precisión en la medida de radiaciones beta de baja energía, el detector debe ser delgado y poseer un filtro sustitutivo del tejido de un espesor tal que la dosis pueda evaluarse a una profundidad nominal de 7 mg/cm² (o 0,07 mm)¹ (por ejemplo, sería suficiente la medida con un detector de material equivalente al tejido con un

espesor de 5 mg/cm² —correspondiente a un espesor eficaz de 3 mg/cm²— bajo un filtro de material equivalente al tejido con un espesor aproximado de 4 mg/cm²).

Los modelos sencillos de dosímetros de neutrones no pueden suministrar información sobre los equivalentes de dosis por neutrones en todo el rango de energías de interés, y por tanto se necesita un esfuerzo adicional cuando se requiere una vigilancia individual para los neutrones. Sin embargo, los equivalentes de dosis de neutrones resultan a menudo pequeños si se comparan con el límite de equivalente de dosis y con las contribuciones de la radiación gamma. Como la radiación gamma está siempre presente en los campos neutrónicos, debe llevarse siempre un dosímetro fotónico con uno neutrónico. En algunos campos de neutrones se ha encontrado que la relación entre los equivalentes de dosis neutrónica y fotónica varía en órdenes de magnitud. Los equivalentes de dosis neutrónica no pueden, por tanto, deducirse con suficiente exactitud de las medidas del equivalente de dosis gamma suponiendo una relación entre ellos constante para un lugar de trabajo determinado.

Para controlar diariamente la exposición individual, puede ser necesaria la utilización de dosímetros adicionales de lectura directa (electrónicos), los cuales ofrecen estimaciones de la dosis individual con una frecuencia mayor que la proporcionada por los dosímetros ordinarios. Tales dosímetros deben emplearse solamente para controlar la dosis y no como sustitutos del dosímetro designado por la autoridad reguladora para mantener los registros (dosímetro de registro).

Dosímetros termoluminiscentes

La termoluminiscencia es la emisión de luz cuando se calienta un material que ha sido expuesto a las radiaciones ionizantes. La luz se produce por la liberación de los electrones excitados y capturados durante la irradiación del material, y la cantidad de luz liberada tiene relación directa con la dosis de radiación recibida por el material. La liberación aleatoria de los electrones capturados antes de la lectura es lo que se llama desvanecimiento, que puede producirse por la liberación óptica o térmica estimulada de los electrones. En la dosimetría termoluminiscente (DTL), la relación entre la señal correspondiente y el equivalente de dosis que se va a medir debe determinarse por calibración.

En la utilización de este fenómeno en dosimetría, el material termoluminiscente es visto por un fotomultiplicador u otro dispositivo sensible a la luz durante el proceso de calentamiento. La representación gráfica de la luz luminiscente con la temperatura se llama “curva de brillo” (“glow curve”). La forma de la curva depende del tipo y cantidad de impurezas y defectos de la red presentes en el material así como de la historia térmica y tratamiento del material. El tubo fotomultiplicador tiene una alta sensibilidad, alta relación señal–ruido y un gran margen dinámico. El área bajo la curva de brillo se utiliza como medida de la dosis. El material termoluminiscente se descarga durante el proceso de lectura quedando listo para registrar una nueva exposición (si bien algunos materiales deben recibir un calentamiento adicional antes de usarse nuevamente).

El mecanismo de la termoluminiscencia es complejo y, aunque se han formulado modelos teóricos generales, cada fósforo termoluminiscente es único y los modelos que corresponden a materiales específicos muestran características muy diferentes.

La DTL ha encontrado una creciente aplicación con el progreso alcanzado en el desarrollo de dosímetros termoluminiscentes sólidos, así como de la instrumentación de lectura. La DTL se encuentra ahora en la red comercial y se emplea ampliamente en dosimetría personal rutinaria, en la vigilancia radiológica ambiental y en dosimetría clínica.

La DTL es cada vez más aceptada en la dosimetría de protección radiológica por las características siguientes:

- a) Reutilizable.
- b) Tamaño reducido (más de un detector por dosímetro).
- c) Tejidos equivalentes.
- d) Sensibilidad (0.05 mSv).
- e) Reproducibilidad (2%).
- f) Posee respuesta lineal con la dosis.
- g) Baja dependencia energética (plana a altas energías).
- h) Estabilidad en condiciones ambientales normales (luz, temperatura y humedad).

- i) Aplicación en dosimetrías en neutrones.
- j) Estabilidad en proceso de lectura/revelado.

Ventajas de los dosímetros TLDs:

- Mayor rango de medición
- Facilidad y rapidez en la lectura
- Reutilizable

Desventaja de los dosímetros TLDs:

- Solo se puede leer una vez

VII. DISEÑO METODOLÓGICO

Tipo de Estudio:

Es de tipo descriptivo, prospectivo, transversal.

Área de estudio:

Servicios de radiología de los hospitales Antonio Lenin Fonseca y Dr. Roberto Calderón Gutiérrez, ubicados en el municipio de Managua, Nicaragua.

Universo:

Todo el personal de salud asignado al servicio de radiología de los hospitales Antonio Lenin Fonseca y Roberto Calderón Gutiérrez, que según recursos humanos son 50.

Tamaño de la Muestra:

Se decide incluir a los 50 trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes asignados al servicio de radiología de ambos hospitales en estudio, es decir se tomó el 100% del universo.

Tipo de Muestreo:

No probabilístico, por conveniencia.

Criterios de Inclusión:

- Personal asignado al servicio de radiología de los hospitales Antonio Lenin Fonseca y Roberto Calderón G.
- Trabajador ocupacionalmente expuesto que tenga como mínimo 1 año de estar dentro del registro dosimétrico.
- Personal cuya dosis de radiación se encuentre registrado en el Laboratorio de radiaciones y metrología de la UNAN Managua.

Criterios de exclusión:

- Personal de salud que no se considere como trabajador ocupacionalmente expuesto y/o tenga menos de 1 año de laborar.
- Médicos residentes de primero y segundo año.
- Personal de salud que no acepte participar en el estudio.

Plan de Recolección de la información e Instrumento:

La *f fuente de información* es primaria y secundaria, ya que se obtuvo directamente de los trabajadores expuesto laboralmente a radiaciones, así como de los registros de dosis efectiva mediante dosímetro termoluminiscente de la UNAN Managua.

El *instrumento* es un cuestionario que cumple con los objetivos específicos del estudio. Dicho instrumento consta de los siguientes acápite.

1. Datos Generales
2. Factores ocupacionales
3. Dosis absorbida de radiación

Método de obtención de la información

Se procedió en un inicio, a buscar información pertinente del tema para ver la importancia del mismo, dentro de las líneas de investigación de la Universidad y del Ministerio de Salud. Se solicitó permiso a las autoridades hospitalarias y el apoyo al servicio de radiología de ambos hospitales. Se informó a cada uno de los trabajadores, que participaron del estudio, los objetivos del mismo. Se firmó una hoja de consentimiento informado.

Se obtuvo los datos de dosis efectiva de radiación por parte del Laboratorio de radiaciones y metrología de la UNAN Managua, quienes llevan el registro oficial de niveles de radiación mediante dosímetro termoluminiscente a nivel de dichos hospitales. Posteriormente, se seleccionaron aquellos que cumplieran con los criterios de selección y se procedió a llenar la ficha o instrumento.

Lista de variables

La presente lista de variables es determinada según los objetivos del estudio.

Objetivo 1: Identificar las características socio-demográficas de los residentes participantes.

Variable:

- Características sociodemográficas.

Objetivo 2: Determinar las situaciones de riesgo ocupacionales que presentan los trabajadores en el servicio de radiología de los diferentes hospitales investigados.

Variable:

- Factores de riesgo ocupacionales

Objetivo 3: Cuantificar la dosis efectiva por medio de dosimetría termoluminiscente en residentes durante el periodo de estudio.

Variable:

- Dosis efectiva de radiación

Operacionalización de variable

Objetivo 1.

Variable	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Valor
Características socio demográficas	Conjunto de caracteres relacionados a la demografía y aspectos sociales a la demografía de los individuos en estudio	Edad	Años cumplidos	< 20 años 20 - 30 años 31 - 40 años 41 – 50 años > 50 años
		Sexo	Fenotipo	Masculino Femenino
		Escolaridad	Grado académico alcanzado	Primaria Secundaria Universitario Técnico Profesional
		Procedencia	Tipo de zona geográfica	Urbano Rural
		Estado Civil	Estado de unión legal	Soltero Casado Acompañado Divorciado
		Ocupación	Actividad laboral que realiza	Administrativo Médico Técnico

Objetivo 2.

Variable	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Valor
Factores de riesgos ocupacionales	Condiciones que predisponen al personal que labora en el servicio a radiaciones	Tiempo de laboral	Años laborados	< 1 año 1 – 3 años 4 – 6 años > 6 años
		Cargo	Rango en el hospital	Técnico Médico Residente Médico de Base
		Tiempo de exposición	Horas expuestas	< 4 horas 4 – 8 horas > 8 horas
		Uso de medidas de bioseguridad	Aplicación de medidas	Si No

Objetivo 3

Variable	Definición operacional	Indicador	Valor
Dosis efectiva por trimestre	Cantidad de milisieverts registrada en trabajadores de la salud por trimestre	Milisieverts	MsV

Plan de Procesamiento y Análisis de la Información

A partir de los datos que se recolectaron, se diseñó la base datos correspondientes, utilizando el software estadístico SPSS, v. 20 para Windows. Una vez que se realizó el control de calidad de los datos registrados, se hicieron los análisis estadísticos pertinentes.

De acuerdo a la naturaleza de cada una de las variables **cuantitativas** y guiados por el compromiso definido en cada uno de los objetivos específicos, se realizaron los análisis descriptivos correspondientes a las variables nominales y/o numéricas, entre ellos: (a) El análisis de frecuencia y (b) estadísticas descriptivas según cada caso. Además, se realizaron gráficos del tipo: (a) barras de manera univariadas para variables de categorías en un mismo plano cartesiano, (b) barras de manera univariadas para variables dicotómicas, que permitan describir la respuesta de múltiples factores en un mismo plano cartesiano.

Aspectos Éticos

En esta investigación se consideraron las normas éticas en relación a investigación en seres humanos; a los participantes del estudio se les explicó el estudio y se les aclaró cualquier duda que tuvieran sobre este.

Se solicitó consentimiento informado por escrito a las participantes, donde se les explicó el fin de la investigación así como sus procedimientos, duración, riesgo, beneficios y derecho a negarse a participar. Se les garantizó el manejo confidencial de los datos.

VIII. RESULTADOS

La presente investigación “Evaluación de la dosis efectiva personal obtenida por medio de dosimetría termoluminiscente en trabajadores ocupacionalmente expuestos de los servicios de radiología de los Hospitales Antonio Lenin Fonseca y Roberto Calderón Gutiérrez, 2015 – 2017”, se realizó con 50 participantes, conformados por 29 trabajadores del Hospital Antonio Lenín Fonseca y 21 trabajadores del Hospital Dr. Roberto Calderón Gutiérrez.

Características sociodemográficas

Las edades de los participantes se encontraban entre 31 a 40 años con un 30% (15), al igual que de 41 a 50 años con un 30% (15), seguido de 20 a 30 años con un 24% (12) y mayor de 50 años con un 16% (8).

La mayoría de los trabajadores eran del sexo femenino con un 54% (27), seguido de masculino con un 46% (23).

Todos poseían un nivel académico, siendo el grado de profesional el más predominante con un 54% (27), seguido de técnico con un 46% (23).

Según la procedencia, eran de zonas urbanas del país con un 86%(43), seguido de rural con un 14% (7).

La mayoría son casados (as) con un 64% (32), seguidas de solteros (as) con un 36% (18).

Con respecto a la ocupación que desempeñan la mayoría eran técnicos de radiología con un 54% (27), seguidos de médicos con un 46% (23).

Situaciones de riesgo ocupacional

Los trabajadores participantes tenían más de 6 años de laborar en esa institución con un 62% (31), seguido de 1 a 3 años con un 32% (16) y de 4 a 6 años con un 6% (3).

En relación al cargo o función que desempeñan en esa institución el 54% (27) son técnicos radiólogos, seguidos de médicos residentes con un 32% (16) y médicos de bases con un 14% (7).

En relación a la cantidad o tiempo de exposición a radiación el 100% (50) se encuentra ente 4 a 8 horas.

De igual manera, con respecto al uso de medidas de bioseguridad el 100% (50) refirió utilizar las medidas de bioseguridad que se les brinda en esa unidad de salud.

Dosis efectiva personal por dosimetría termoluminiscente

La dosis efectiva personal reportada por dosimetría termoluminiscente fue igual tanto en el Hospital Antonio Lenin Fonseca como en el Hospital Dr. Roberto Calderón Gutiérrez con 0.18 mSv, una desviación de 0.14, durante el periodo de estudio, sin embargo fue en el III trimestre del 2016 que se presentaron las dosis reportadas más elevadas con una media de 0.24 mSv/mes.

En el 2015, el Hospital Antonio Lenín Fonseca reportó una media de 0.18mSv, con un máximo de 0.98mSv y un mínimo de 0.28mSv, siendo el II trimestre en el que se presentó la más alta media de dosis reportada. En cambio el Hospital Dr. Roberto Calderón Gutiérrez tuvo una media de 0.16mSv, con un máximo de 0.69mSv y un mínimo de 0.4mSv, siendo el II trimestre de ese año en el que reportó la más alta dosis media de dicho hospital.

En el 2016, el Hospital Antonio Lenín Fonseca reportó una media de 0.19mSv, con un máximo de 0.38mSv y un mínimo de 0.03mSv, siendo el I y III trimestre en el que se presentaron la más altas media de dosis reportada. En cambio el Hospital Dr. Roberto Calderón Gutiérrez tuvo una media de 0.21mSv, con un máximo de 1.73mSv y un mínimo de 0.01mSv, siendo el III trimestre el que más reportó.

En el 2017, el Hospital Antonio Lenín Fonseca reportó una media de 0.19mSv, con un máximo de 0.46mSv y un mínimo de 0.06mSv, siendo el I trimestre en el que se presentó la más altas media de dosis reportada. En cambio el Hospital Dr. Roberto Calderón Gutiérrez tuvo una media de 0.15mSv, con un máximo de 0.68mSv y un mínimo de 0.01mSv, siendo el II trimestre el que más reportó.

IX. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Los riesgos laborales están presentes día a día, principalmente en los trabajadores de la salud, es por ello la importancia de la vigilancia radiológica ocupacional en cada centro donde se trabaje con radiaciones, ya que la dosimetría personal mide, evalúa y registra las dosis recibidas por las personas expuestas a radiaciones ionizantes, contribuyendo por lo tanto a proteger su salud, en relación a los posibles efectos biológicos. Su finalidad es garantizar que los trabajadores de forma individual cumplan con el sistema de limitación de dosis y que de este modo no sean expuestos de manera significativa.

Las radiaciones ionizantes se han convertido en una herramienta muy útil tanto en el diagnóstico como en el tratamiento en los pacientes, sin embargo, el contacto del personal de radiología los vuelve altamente vulnerable. Es por ello que basado en las normas y reglamentos tanto internacionales como del Ministerio de Salud de Nicaragua, tales como la ley 156 “ley de radiaciones ionizantes”, la presente investigación pretende “Evaluar la dosis equivalente personal obtenida por medio de dosimetría termoluminiscente en personal que labora en el servicio de radiología de los Hospitales Antonio Lenin Fonseca y Roberto Calderón Gutiérrez, 2015 – 2017”. Dicho estudio se realizó con 50 participantes, conformados por 29 trabajadores del Hospital Antonio Lenín Fonseca y 21 trabajadores del Hospital Dr. Roberto Calderón Gutiérrez.

Características sociodemográficas

El personal laboral en ambos hospitales están conformados por una mezcla entre personal joven capacitándose para ser los futuros radiólogos del país, así como profesionales con experiencia, esto lo demuestran las estadísticas del presente estudio que coloca a los grupos de edades de entre 31 a 40 años en igual porcentaje que los de 41 a 50 años con un 30%.

Aunque la mayoría de los trabajadores eran del sexo femenino, la diferencia no es tan significativa por lo que no se puede afirmar que dicha profesión es particular de un sexo en particular. Además que dicha proporción permitió enriquecer el abordaje de dosis equivalente por sexo no encontrando diferencia significativa.

Es importante destacar que todos poseían un nivel académico, es decir han sido capacitados y titulados, principalmente con un nivel de licenciatura y/o especialidad, y en otros casos con nivel de técnico radiológico. Esto permite brindar un servicio de calidad según la literatura internacional que plantea que entre más preparado académicamente este un personal de salud, mejor será la calidad de la atención.

Tanto el Hospital Antonio Lenín Fonseca, como el Hospital Dr. Roberto Calderón G., se encuentran ubicados en la capital de Nicaragua, Managua, por lo que es de comprender que la mayoría de su planta laboral es de la zona urbana. Sumado a esta teoría esta que aunque se ha venido trabajando en políticas públicas dirigidas a la oportunidad de empleo y estudio a zonas rurales del país, aún no se han visto los cambios significativos. Un ejemplo de las políticas es el ingreso a la carrera de medicina por departamentos y tipo de colegio (público o privado), de igual manera el acceso a la especialidad según necesidades por SILAIS (Normativa de ingreso a las especialidad médicas MINSA-UNAN, 2018).

Al valorar las edades de los profesionales de la salud del presente estudio, se puede entender porque la mayoría son casados (as) con un 64%, tal y como lo refiere ENDESA 2011/12, a medida de mayor cantidad de años la relación con el estado civil se incrementa a tener una relación estable o matrimonio.

La historia de la radiología recopilada por el Dr. Fisher permite entender el comportamiento de la ocupación como tal, ya que la presente investigación refiere que la mayoría del personal que labora en ambos hospitales es técnicos de radiología con un 54% (27), seguidos de médicos con un 46% (23). En su escrito el Dr. Fisher que el primer posgrado de Radiología, se fundó en el Hospital Escuela Manolo Morales Peralta (ahora Dr. Roberto Calderón) bajo la tutela del Dr. Roberto Calderón Gutiérrez por el año de 1985. Por lo que tanto la cantidad de especialistas como las plazas de dichos hospitales son pocas, dándole mayor apertura a técnicos preparados y capacitados por el MINSA.

Situaciones de riesgo ocupacional

Dentro de los aspectos que mencionan tanto la OMS como la OIEA, el periodo de años laborados en un ambiente de riesgo incrementa conforme a los años laborados. Sin embargo se puede decir que la planta laboral de dichos hospitales es relativamente joven y dicha exposición es poca.

Al valorar el perfil ocupacional, se puede entender que aquellos que tienen más años y que están en contacto directo con las radiaciones son más propensos a mayor dosis efectiva, sin embargo este no fue el caso, ya que aunque la mayoría del perfil ocupacional eran técnicos radiólogos, el grupo en el que se presentaron mayores datos de dosis efectiva promedio fue en residentes.

Otros de los aspectos que se valora en relación al riesgo de radiaciones ionizantes es en relación al tiempo de exposición. Sin embargo la mayoría a pesar que presentaron un periodo laboral de entre 4 a 8 horas, ninguno presentó datos fuera de lo normal o condiciones de riesgo en relación a lo permitido por la OIEA.

Dentro de las normas y reglamentos nacionales e internacionales están el uso adecuado de protección y seguridad radiológica, por lo que es una variable a tener presente al momento de evaluar cualquier estudio laboral. El presente estudio revela que el 100% de los trabajadores de ambos hospitales hace uso de medidas de bioseguridad, por lo que se puede entender que al hacer uso de las mismas no se encontraron datos que revelen alguna cifra anormal o de riesgo en este personal. Tal información se corrobora con la ley 156 “ley sobre radiaciones ionizantes” que plantea en su artículo 16 – *las personas que desempeñen actividades en instalaciones radioactivas, deben recibir una adecuada capacitación sobre las medidas de seguridad a observar en el desarrollo de dichas actividades...*”, de igual manera lo establece el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) que cada gobierno debe definir dentro de su marco legal regulador los requisitos de cualificación de ben cumplir todo el personal con funciones relacionadas con la seguridad nuclear, radiológica, etc.

Dosis efectiva personal por dosimetría termoluminiscente

A pesar que la medición de dosis efectiva personal reportada por dosimetría termoluminiscente se representa de manera anual, se evidenció el interés por parte del Laboratorio de Física y Radiaciones de la UNAN Managua, así como del investigador para presentar de manera más contundente el reporte o cifras dosis equivalente personal por dosimetría termoluminiscente de manera trimestral, para brindar a las autoridades hospitalarias el periodo exacto de estas evaluaciones.

Cabe destacar que este estudio compara las dosis efectivas del personal de los servicios de radiología de los hospitales Escuela, Antonio Lenín Fonseca y Dr. Roberto Calderón Gutiérrez, en un periodo de 3 años (2015 al 2017).

De manera general ambos hospitales poseen en su personal de radiología cifras normales en relación a las normas internacionales y nacionales establecidas, lo cual concuerda con los resultados del estudio realizado en España por Zarca y colaboradores, así como Tomasina y compañía en Cuba y Hahn en Venezuela que refirieron tener valores dosimétricos que nos superaron los valores de referencia.

Al comparar las cifras por hospitales, podemos valorar que no hay diferencia significativa entre ambos hospitales tanto en los años 2015, 2017 y los dos primeros trimestres del 2016, sin embargo en el III trimestre se presentaron los valores más altos en el hospital Dr. Roberto Calderón Gutiérrez, hasta llegar a un promedio de 0.30mSv y siendo este el periodo en que un trabajador presentó el mayor reporte de dosis efectiva con un 1.73mSv

Es importante reportar que de los 2 hospitales en estudio, el hospital escuela Dr. Roberto Calderón Gutiérrez presentó en tiempo y forma sus dosímetros con una media de valores perdidos de 0.25 permitiendo llevar un control oportuno; no siendo el caso el hospital escuela Antonio Lenin Fonseca que presentó una media de valores perdidos de 4.75, es decir que mensualmente los dosímetros no eran entregados en tiempo y forma a las unidades correspondientes para su registro oportuno.

X. CONCLUSIONES

La mayoría de los participantes en el estudio se encontraban entre las edades de 31 a 50 años, femeninas, con escolaridad universitaria, de procedencia urbana, casados y de ocupación técnica.

El tiempo de laboral en la institución fue mayor de 6 años, el cargo fue técnico de radiología, el tiempo de exposición fue entre 4 a 8 horas y todos cumplían con el uso de medidas de bioseguridad.

La dosis efectiva personal reportada por dosimetría termoluminiscente fue igual tanto en el hospital Antonio Lenin Fonseca como en el hospital Dr. Roberto Calderón Gutiérrez con 0.18 mSv, una desviación de 0.14, en el periodo de estudio, sin embargo fue en el III trimestre del 2016 que se presentaron las dosis reportadas más elevadas con una media de 0.24 mSv/mes.

XI. RECOMENDACIONES

Al MINSA

- Fortalecer los conocimientos del Reglamento Técnico de Protección contra las Radiaciones Ionizantes de la República de Nicaragua, mediante capacitaciones continuas a las unidades de salud pertinentes.
- Supervisar el cumplimiento estricto de las normativas y/o protocolos establecidos en relación a las normas de bioseguridad ante radiaciones ionizantes en cada unidad asistencial con riesgo.
- Monitorizar los datos y estadísticas de dosis equivalente personal en los trabajadores de la salud con riesgo.

A los Hospitales (Servicios de Radiología)

- Supervisar la aplicación del Reglamento Técnico de Protección contra las Radiaciones Ionizantes en cada unidad hospitalaria.
- Elaborar una base de datos por hospital sobre los reportes de dosis equivalente en el personal que labora en dichos servicios de radiología.
- Promover más investigaciones de índole laboral para evaluar las situaciones de riesgo en trabajadores de la salud expuestos a radiaciones ionizantes.

A los trabajadores

- Cumplir las normas de bioseguridad establecidas en las normas y reglamentos del Ministerio de Salud.
- Realizar investigaciones laborales para evaluar las situaciones de riesgo en trabajadores de la salud expuestos a radiaciones ionizantes.
- Uso y manejo adecuado de los dosímetros.

XII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

1. Agüero, P. D. (Abril de 2002). *Nefropatía por contraste, un problema común en cardiología*. Obtenido de www.sac.org.ar/web_files/download/revista.../Car1-5-pdf-667.pdf
2. Arduso, L. R. (Diciembre de 2008-2012). *Consenso de Utilización de Medios de Contraste Radiológicos Vasculares*. Obtenido de http://www.sar.org.ar/web/docs/publica/contraste_rad.pdf
3. Berrington de Gonzalez, A. (2009). Projecto Cancer Risk from computed tomographic scans performed in the United States in 2007. *Arch Intern Med*, 169 - 207.
4. Christiansen, C. (2007). Hypersensitivity reactions to iodinated contrast media. *Drug Hypersensitivity*, 85 - 98.
5. Cochran, S., K, B., & Sayre, J. (2001). Trends in adverse events after IV administration of contrast media. *AJR*, 170 - 176.
6. Fernández., J. C. (2008). *Nefropatía por medios de contraste*. Obtenido de http://www.nefrologiaargentina.org.ar/numeros/2008/2008_2/6_actualizacion.pdf
7. Fonseca, D. J. (julio de 2008). *Nefrotoxicidad inducida por medios de contraste: Desafío al avance de la ciencia*. Obtenido de [Http://www.binasss.sa.cr/revistas/farmacos/v19n1-2/art1.pdf](http://www.binasss.sa.cr/revistas/farmacos/v19n1-2/art1.pdf)
8. Gallardo, M. P. (Marzo de 2011). *Protocolo de prevención de eventos adversos por utilización de Medios de Contraste*. Obtenido de [Http://www.hospitallosangeles.cl/system/files/Protocolo_Preveni%C3%b3n%20Eventos%20adversos%20util%20medios%20de%20contras.pdf](http://www.hospitallosangeles.cl/system/files/Protocolo_Preveni%C3%b3n%20Eventos%20adversos%20util%20medios%20de%20contras.pdf)
9. Gardiner, G. (2009). Reacciones Adversas a Contrastes de Yodo. *Revista Oftalmológica*, 1 - 8.

10. M, H. (1 de Abril de 2012). *Injuria Renal aguda inducida por medios de contraste yodados*. Obtenido de [Http://www.raci.com.ar/art/imagenes/169/pdf169.pdf](http://www.raci.com.ar/art/imagenes/169/pdf169.pdf)
11. MArtínez, A. O. (2010). *Nefropatía por medios de contraste, definicion y factores de riesgo*. Obtenido de http://bdigital.ces.edu.co:8080/dspace/bitstream/123456789/496/1/Neofeopatia_medios_contraste_derivacion_factores.pdf
12. Moreno, D. L. (Febrero de 2010). *Guía de Práctica Clínica: Prevencion, Diagnóstico y manejo de eventos adversos a medios de contraste intravasculares*. Obtenido de <http://www.bdigital.unal.edu.co/2527/1/597785.2010.pdf>
13. Reacciones a medios de contrastes radiológicos. (2009). *Revista Alergia, Asma e Inmunología*, 1 - 7.
14. Revista Argentina Alergia e Inmunología Clínica. (2009). Reacciones adversas a medios de contraste radiológicos: criterios y conducta. *Revista Argentina Alergia e Inmunología Clínica*, 31 - 48.
15. *Riesgos a considerar en la utilizacion de medios de contrastes yodados*. (2012). Obtenido de [Http://nucleus.iaea.org/HHW/Technologists/nuclearmedicinetech/Educationalresources/sao_paulo2012/Medios_de_Contraste.pdf](http://nucleus.iaea.org/HHW/Technologists/nuclearmedicinetech/Educationalresources/sao_paulo2012/Medios_de_Contraste.pdf)
16. Schult, D. J. (2010). *Medios de Contraste Radiológicos*. IntraMed.
17. Valero, D. M. (2011). Nefropatía inducida por medio de contraste endovenoso yodado. *Anales de la Radiología Mexico*, 1-6.
18. Velásquez, V. (2012). Reacciones alérgicas a los medios de contrastes radiológicos. *Galenus, Revista para los médicos de Puerto Rico*, 1 - 4.

XIII. ANEXOS

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA
HOSPITAL ESCUELA ANTONIO LENIN FONSECA
RADIOLOGÍA**

**CONSENTIMIENTO INFORMADO
PARA LA REALIZACIÓN DE INVESTIGACIÓN**

Yo, _____ acepto participar del estudio investigativo **“Evaluación de la dosis efectiva personal obtenida por medio de dosimetría termoluminiscente en trabajadores ocupacionalmente expuestos de los servicios de radiología de los hospitales Antonio Lenin Fonseca y Roberto Calderón Gutiérrez, 2015 – 2017”**, el cual me fue explicado sus objetivos y alcances y sin ninguna obligación o presión accedo a participar en este estudio.

Dando fe que los datos que proporcione son verdaderos y podrán ser verificadas por los investigadores.

Firma: _____

Managua, a los _____ días del mes _____ del año _____



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA
HOSPITAL ESCUELA ANTONIO LENIN FONSECA
SERVICIO DE RADIOLOGÍA**

FICHA DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

GUIA DE EVALUACIÓN

Ficha No.: _____ Expediente: _____ Fecha: _____

1. Características socio-demográficas de los pacientes en estudio:

Edad: menor de 20 años 20 - 30 años 31 - 40 años
41-50 años mayor de 50 años

Sexo: Masculino Femenino

Estado Civil: Soltera (o) Casada (o) Acompañada (o)
Viuda (o)

Escolaridad: Primaria Secundaria
Universitario Técnico Profesional

Ocupación: Administrativo Médico Técnico

Procedencia: Urbano Rural

2. Factores de riesgo ocupacionales

Tiempo de laboral

< 1 año

1 – 3 años

4 – 6 años

> 6 años

Cargo

Técnico

Médico residente

Médico de base

Tiempo de exposición

< 4 horas

4 – 8 horas

> 8 horas

Uso de medidas de bioseguridad

Si

No

Dosis Equivalente:

Año	I trimestre	II trimestre	III trimestre
2015			
2016			
2017			

Tablas y Gráficos

Tabla 1. Características sociodemográficas de los trabajadores de la salud participantes en los hospitales Antonio Lenín Fonseca y Dr. Roberto Calderón Gutiérrez, 2015 – 2017.

CARACTERÍSTICAS SOCIODEMOGRÁFICAS		HOSPITAL				TOTAL	
		HALF		HRCG			
		f	%	f	%	f	%
EDAD	20 a 30 años	9	31%	3	14%	12	24%
	31 a 40 años	9	31%	6	29%	15	30%
	41 a 50 años	6	21%	9	43%	15	30%
	Mayor de 50 años	5	17%	3	14%	8	16%
	Total	29	100%	21	100%	50	100%
SEXO	Masculino	17	59%	6	29%	23	46%
	Femenino	12	41%	15	71%	27	54%
	Total	29	100%	21	100%	50	100%
ESCOLARIDAD	Técnico	13	45%	10	48%	23	46%
	Universitario	16	55%	11	52%	27	54%
	Total	29	100%	21	100%	50	100%
PROCEDENCIA	Urbano	26	90%	17	81%	43	86%
	Rural	3	10%	4	19%	7	14%
	Total	29	100%	21	100%	50	100%
ESTADO CIVIL	Soltera (o)	9	31%	9	43%	18	36%
	Casada (o)	20	69%	12	57%	32	64%
	Total	29	100%	21	100%	50	100%
OCUPACIÓN	Médico	13	45%	10	48%	23	46%
	Técnico	16	55%	11	52%	27	54%
	Total	29	100%	21	100%	50	100%

Fuente: Cuestionario

Tabla 2. Factores de riesgo ocupacionales de los trabajadores de la salud en los servicios de radiología de los hospitales Antonio Lenín Fonseca y Dr. Roberto Calderón Gutiérrez, 2015 – 2017.

FACTORES DE RIESGO OCUPACIONALES		HOSPITAL				TOTAL	
		HALF		HRCG			
		f	%	f	%	f	%
TIEMPO DE LABORAR	1 a 3 años	10	34%	6	29%	16	32%
	4 a 6 años	2	7%	1	5%	3	6%
	> 6 años	17	59%	14	67%	31	62%
	Total	29	100%	21	100%	50	100%
CARGO	Técnico	16	55%	11	52%	27	54%
	Residente	10	34%	6	29%	16	32%
	Médico de Base	3	10%	4	19%	7	14%
	Total	29	100%	21	100%	50	100%
TIEMPO DE EXPOSICIÓN	< 4 horas	0	0%	0	0%	0	0%
	4 a 8 horas	29	100%	21	100%	50	100%
	> 8 horas	0	0%	0	0%	0	0%
	Total	29	100%	21	100%	50	100%
USO DE MEDIDAS DE BIOSEGURIDAD	Si	29	100%	21	100%	50	100%
	No	0	0%	0	0%	0	0%
	Total	29	100%	21	100%	50	100%

Fuente: Cuestionario

Tabla 3. Dosis efectiva personal por dosimetría termoluminiscente en trabajadores ocupacionalmente expuestos de los servicios de radiología de los hospitales Antonio Lenín Fonseca y Dr. Roberto Calderón Gutiérrez, 2015 – 2017.

DOSIS EFECTIVA PERSONAL POR DOSIMETRÍA TERMOLUMINISCENTE	HOSPITAL									
	HALF					HRCG				
	Media	Máximo	Mínimo	Desviación típica	Perdidos	Media	Máximo	Mínimo	Desviación típica	Perdidos
I TRIMESTRE 2015	0.13	0.80	0.05	0.15	3	0.15	0.69	0.05	0.18	0
II TRIMESTRE 2015	0.25	0.98	0.07	0.26	1	0.20	0.82	0.04	0.22	0
III TRIMESTRE 2015	0.16	0.28	0.03	0.07	6	0.11	0.46	0.06	0.09	0
I TRIMESTRE 2016	0.21	0.38	0.10	0.08	5	0.12	0.42	0.01	0.11	0
II TRIMESTRE 2016	0.17	0.29	0.03	0.08	5	0.21	0.32	0.16	0.03	0
III TRIMESTRE 2016	0.18	0.27	0.10	0.05	7	0.30	1.73	0.13	0.35	0
I TRIMESTRE 2017	0.19	0.46	0.10	0.11	6	0.12	0.17	0.08	0.03	1
II TRIMESTRE 2017	0.19	0.28	0.06	0.06	5	0.19	0.68	0.09	0.12	1
MEDIA	0.18			0.11	4.75	0.18			0.14	0.25

Fuente: Base de datos LAFRAM UNAN Managua

Tabla 4. Dosis efectiva personal por dosimetría termoluminiscente por sexo en trabajadores ocupacionalmente expuestos de los servicios de radiología de los hospitales Antonio Lenin Fonseca y Dr. Roberto Calderón Gutiérrez, 2015 – 2017.

	HALF		HRCG	
	Masculino	Femenino	Masculino	Femenino
2015	0.19	0.17	0.23	0.13
2016	0.19	0.18	0.27	0.19
2017	0.19	0.18	0.15	0.16

Fuente: Base de datos LAFRAM UNAN Managua

Tabla 5. Dosis efectiva personal por dosimetría termoluminiscente por edad en trabajadores ocupacionalmente expuestos de los servicios de radiología de los hospitales Antonio Lenin Fonseca y Dr. Roberto Calderón Gutiérrez, 2015 – 2017.

	20 a 30 años		31 a 40 años		41 a 50 años		Mayor de 50 años	
	HALF	HRCG	HALF	HRCG	HALF	HRCG	HALF	HRCG
2015	0.15	0.12	0.28	0.18	0.14	0.15	0.12	0.17
2016	0.17	0.19	0.21	0.27	0.18	0.20	0.19	0.14
2017	0.20	0.14	0.16	0.15	0.24	0.17	0.15	0.12

Fuente: Base de datos LAFRAM UNAN Managua

Tabla 6. Dosis efectiva personal por dosimetría termoluminiscente por cargo laboral en trabajadores ocupacionalmente expuestos de los servicios de radiología de los hospitales Antonio Lenin Fonseca y Dr. Roberto Calderón Gutiérrez, 2015 – 2017.

	Técnico		Médico Residente		Médico de Base	
	HALF	HRCG	HALF	HRCG	HALF	HRCG
2015	0.17	0.14	0.18	0.19	0.24	0.15
2016	0.18	0.18	0.19	0.28	0.19	0.19
2017	0.19	0.16	0.19	0.16	0.12	0.13

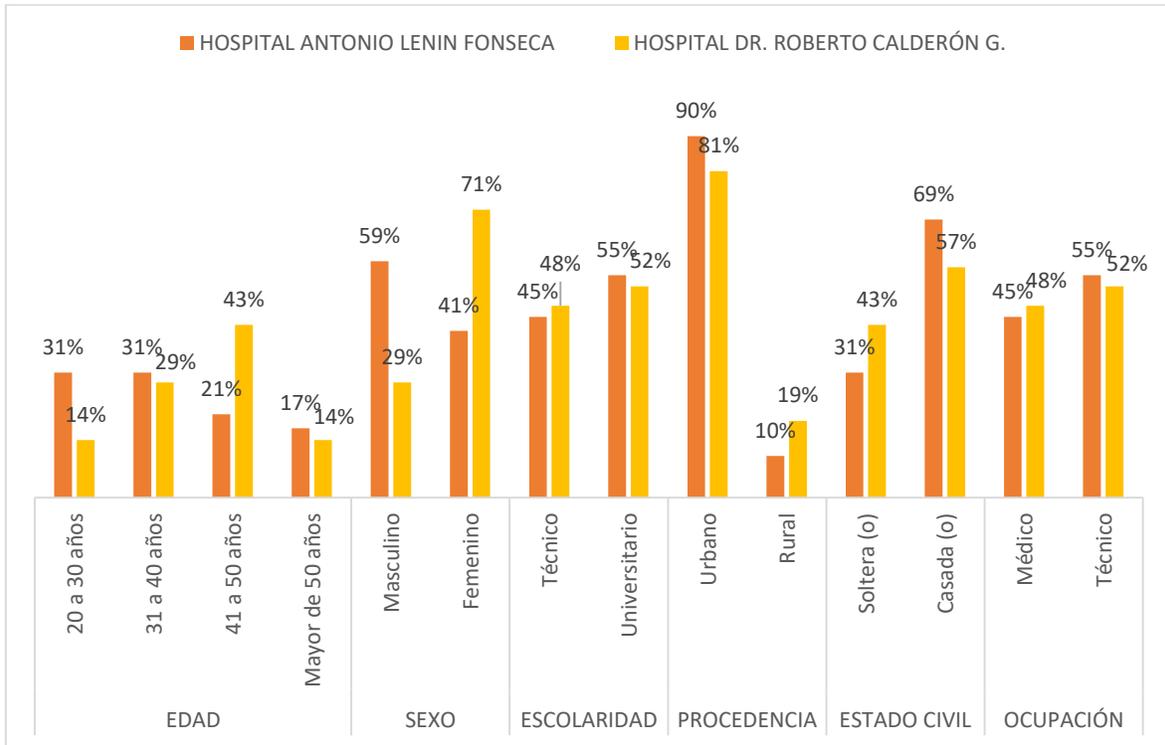
Fuente: Base de datos LAFRAM UNAN Managua

Tabla 7. Dosis efectiva personal por dosimetría termoluminiscente por tiempo de laborar en trabajadores ocupacionalmente expuestos de los servicios de radiología de los hospitales Antonio Lenin Fonseca y Dr. Roberto Calderón Gutiérrez, 2015 – 2017.

	1 a 3 años		4 a 6 años		> 6 años	
	HALF	HRCG	HALF	HRCG	HALF	HRCG
2015	0.18	0.19	0.27	0.10	0.17	0.15
2016	0.19	0.28	0.19	0.16	0.19	0.18
2017	0.19	0.16	0.22	0.13	0.18	0.15

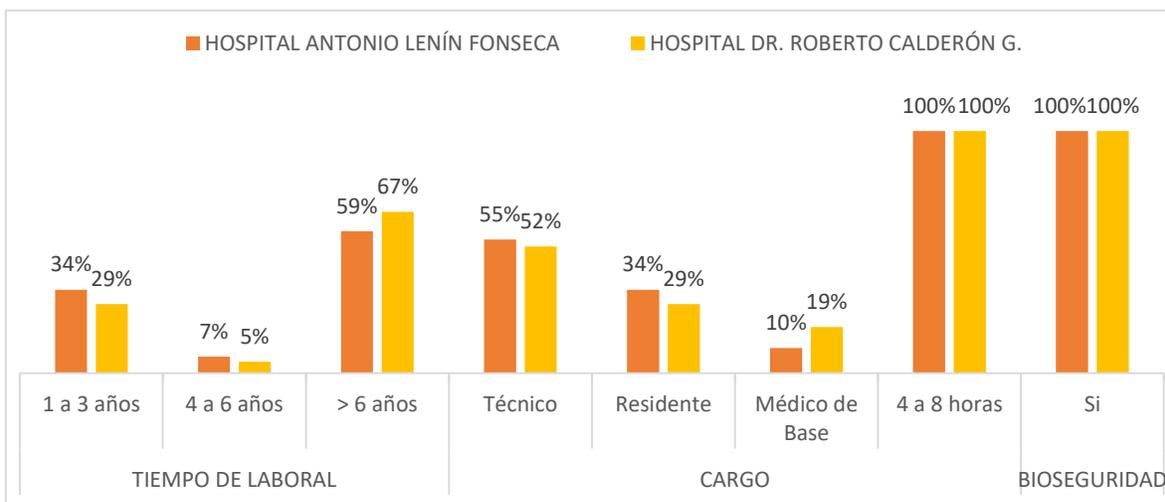
Fuente: Base de datos LAFRAM UNAN Managua

Tabla 1. Características sociodemográficas de los trabajadores de la salud participantes en los hospitales Antonio Lenín Fonseca y Dr. Roberto Calderón Gutiérrez, 2015 – 2017.



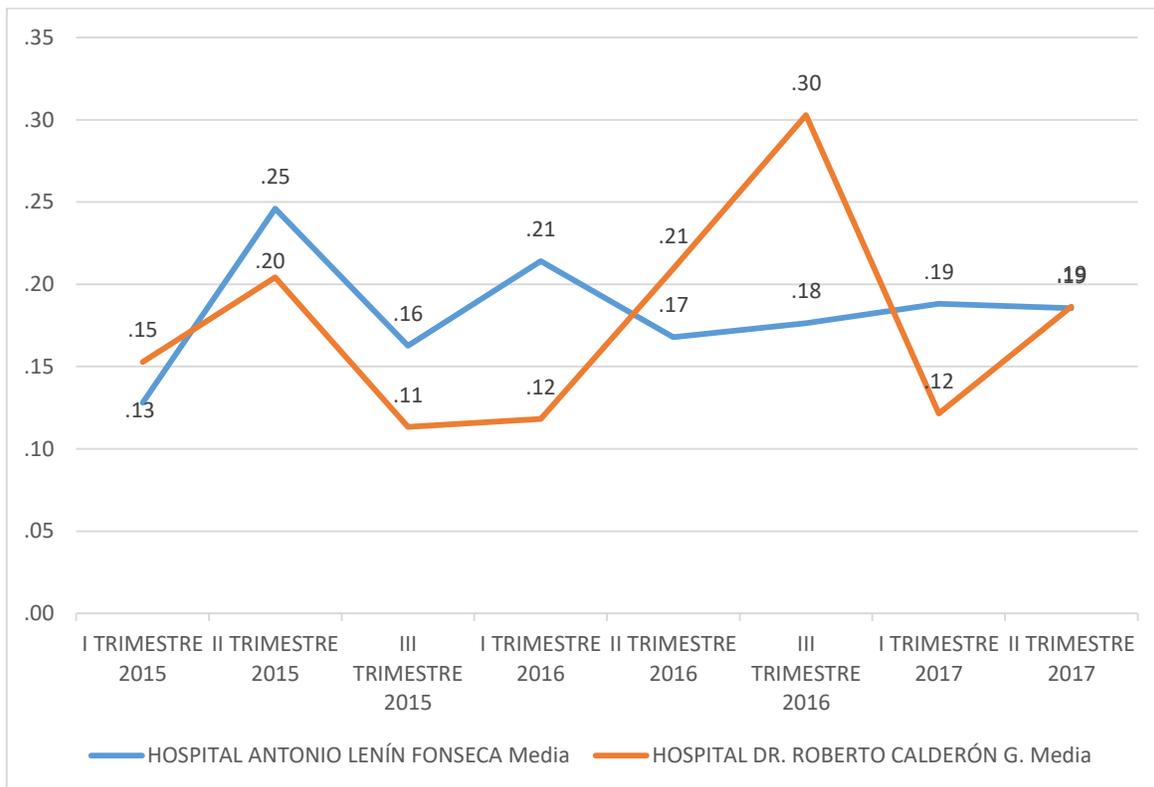
Fuente: Tabla 1

Gráfico 2. Factores de riesgo ocupacionales de los trabajadores de la salud en los servicios de radiología de los hospitales Antonio Lenín Fonseca y Dr. Roberto Calderón Gutiérrez, 2015 – 2017.



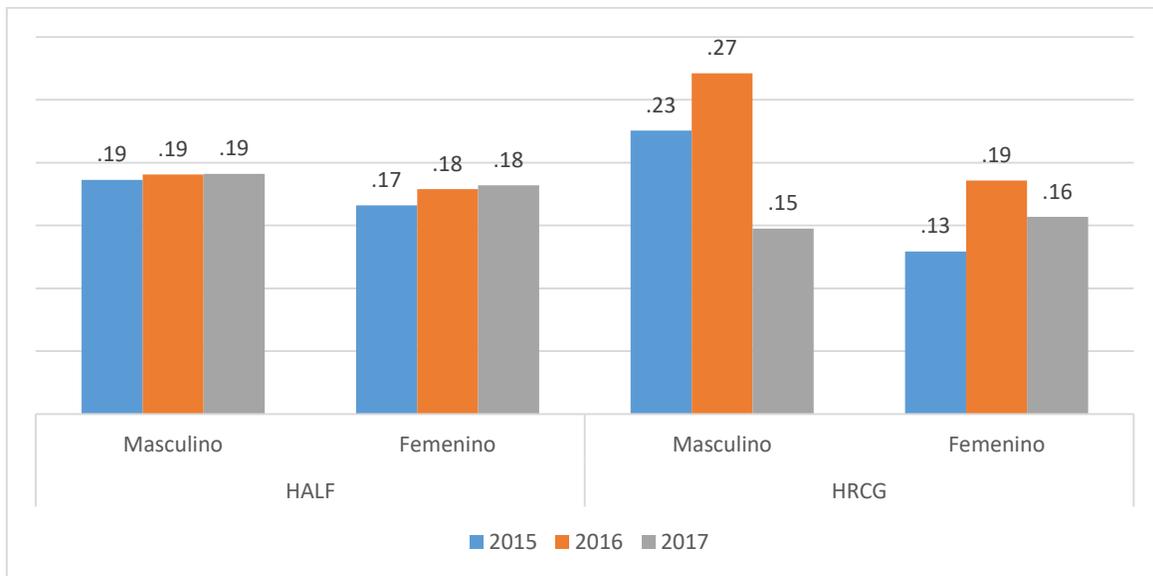
Fuente: Tabla 2

Gráfico 3. Dosis efectiva personal por dosimetría termoluminiscente en trabajadores ocupacionalmente expuestos de los servicios de radiología de los hospitales Antonio Lenín Fonseca y Dr. Roberto Calderón Gutiérrez, 2015 – 2017.



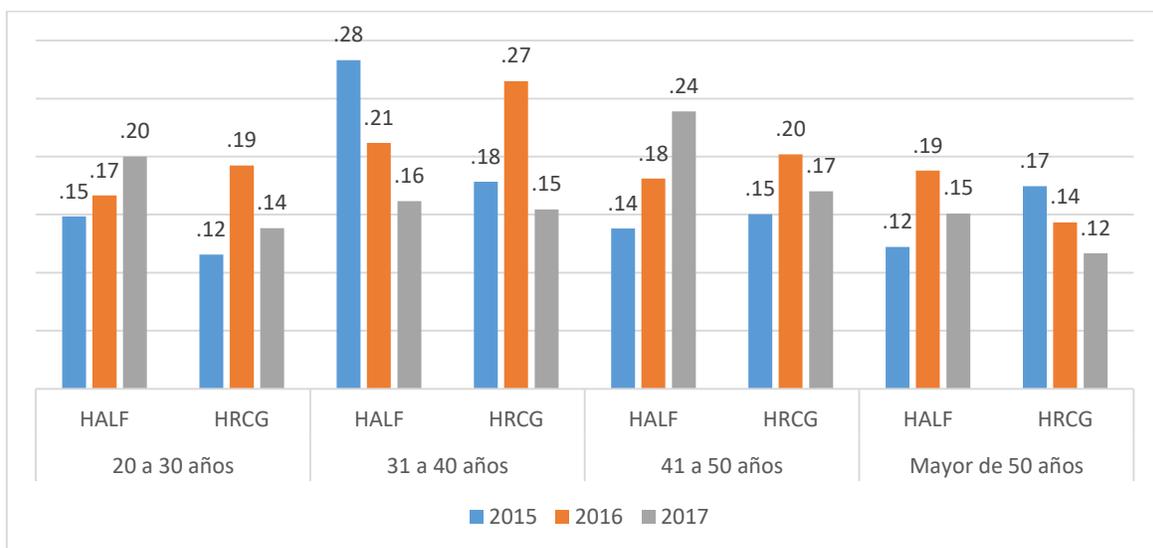
Fuente: Tabla 3

Gráfico 4. Dosis efectiva personal por dosimetría termoluminiscente por sexo en trabajadores ocupacionalmente expuestos de los servicios de radiología de los hospitales Antonio Lenin Fonseca y Dr. Roberto Calderón Gutiérrez, 2015 – 2017.



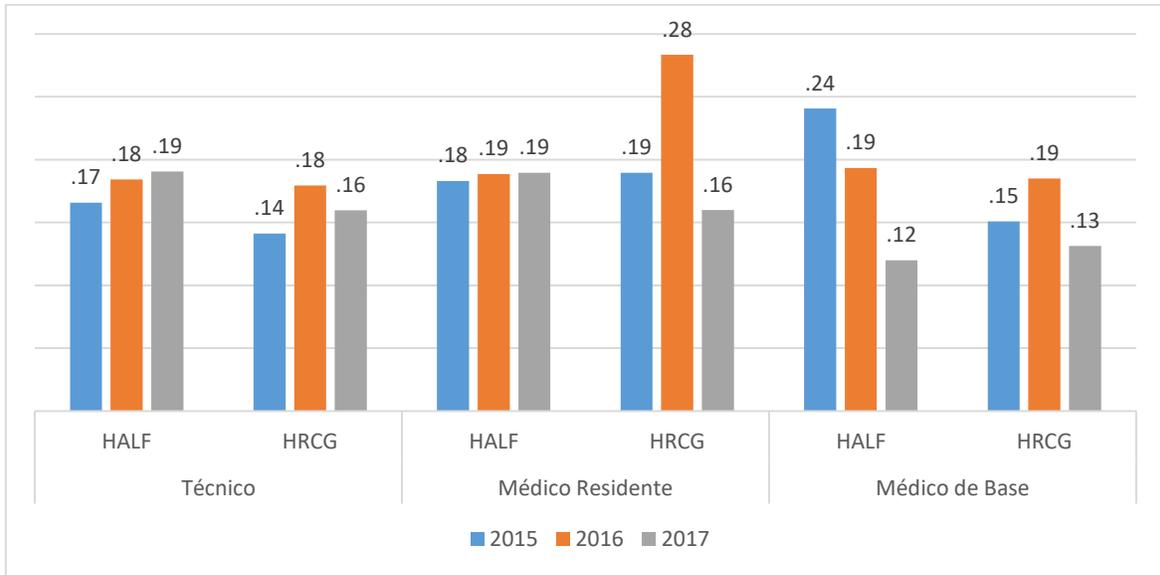
Fuente: Tabla 4

Gráfico 5. Dosis efectiva personal por dosimetría termoluminiscente por edades en trabajadores ocupacionalmente expuestos de los servicios de radiología de los hospitales Antonio Lenin Fonseca y Dr. Roberto Calderón Gutiérrez, 2015 – 2017.



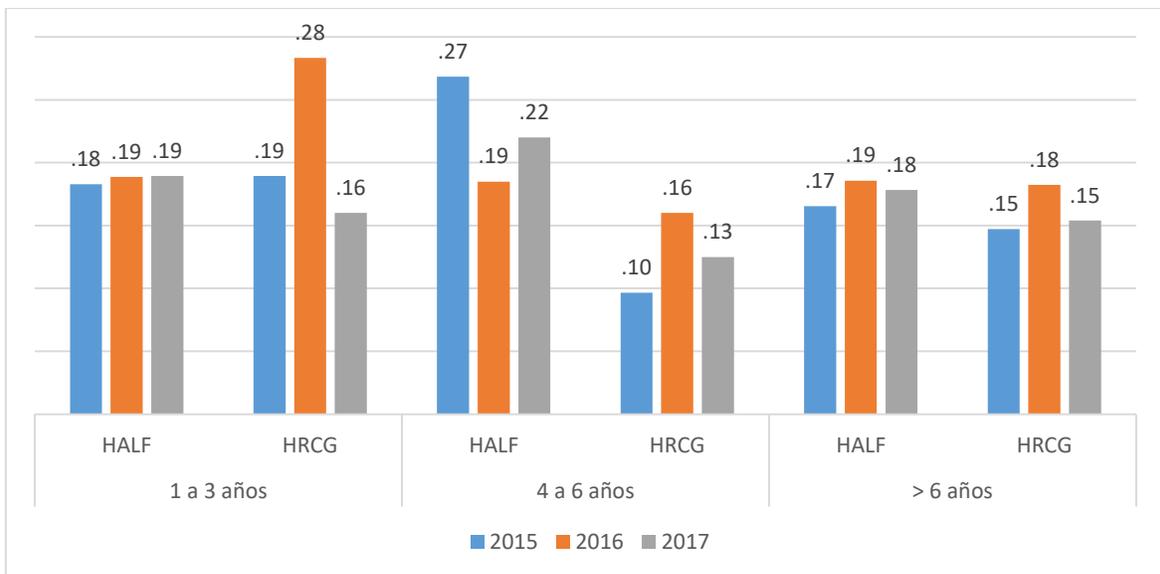
Fuente: Tabla 5

Gráfico 6. Dosis efectiva personal por dosimetría termoluminiscente por cargo laboral en trabajadores ocupacionalmente expuestos de los servicios de radiología de los hospitales Antonio Lenin Fonseca y Dr. Roberto Calderón Gutiérrez, 2015 – 2017.



Fuente: Tabla 6

Gráfico 7. Dosis efectiva personal por dosimetría termoluminiscente por tiempo de laborar en trabajadores ocupacionalmente expuestos de los servicios de radiología de los hospitales Antonio Lenin Fonseca y Dr. Roberto Calderón Gutiérrez, 2015 – 2017.



Fuente: Tabla 7