



Desarrollo de Normas Radiológicas que Garanticen la Seguridad de los Pacientes

Galo Gavino Soriano ⁽¹⁾, Ricardo Padilla Paredes ⁽²⁾, Ing. Miguel Yapur M.Sc. ⁽³⁾
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación (FIEC) ^{(1) (2) (3)}
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) ^{(1) (2) (3)}
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador
ggavino@fiec.espol.edu.ec ⁽¹⁾, rjpadill@fiec.espol.edu.ec ⁽²⁾, myapur@espol.edu.ec ⁽³⁾

Resumen

En este artículo se presenta el desarrollo de normas radiológicas que garanticen la seguridad de los pacientes en instalaciones que ofrecen servicios de Radiodiagnóstico, Medicina Nuclear y Radioterapia. El uso incorrecto de equipos médicos para la obtención de imágenes médicas o para el tratamiento de una enfermedad, cuya tecnología se basa en la aplicación de radiación ionizante, podría causar efectos biológicos, fisiológicos, incluso la muerte en el ser humano; por esto se requiere de normas de seguridad que garanticen que los beneficios recibidos sean mayores que los riesgos a los cuales son expuestos los pacientes. Muchos pacientes y trabajadores de la salud como los médicos radiólogos, enfermeras, radioterapeutas y técnicos radiólogos en nuestro país, están expuestos anualmente a las radiaciones ionizantes; este grupo de trabajadores de la salud debe estar controlado continuamente y de manera individual, por medio del uso de dosímetros personales; además del manejo correcto y los procedimientos de seguridad que se tienen que llevar a cabo en instalaciones con servicio de Radiodiagnóstico, Medicina Nuclear y Radioterapia, los residuos radioactivos, que produzcan contaminación radiológica, también deben ser reducidos a la porción más baja posible. En este trabajo se logró la elaboración de normas radiológicas acordes con el desarrollo de la tecnología actual en nuestro país, y que son de aplicación práctica en nuestro medio.

Palabras Claves: Protección Radiológica, Radiodiagnóstico, Medicina Nuclear, Radioterapia, radionucleido, radiación ionizante, vigilancia radiológica, equipos médicos.

Abstract

This article presents the development of radiological standards that ensure the safety of patients in facilities that offer Radiology, Nuclear Medicine and Radiotherapy. The use incorrect of medical equipment for medical imaging or for treatment of a disease, whose technology is based on the application of ionizing radiation, can cause biological and physiological effects, even death in humans, so it requires standards of security that guarantee benefits that received are greater than the risks to which patients are exposed. Many patients and health workers such as radiologists, nurses, radiotherapists and radiology technicians in our country, are exposed yearly to ionizing radiation; this group of health workers should be monitored continuously and individually, through the use of personal dosimeters, besides the proper management and security procedures that must be carried out in facilities with service of Radiology, Nuclear Medicine and radiotherapy, the waste radioactive that produce radiological contamination also should be reduced at the lowest possible portion. This work is achieved the elaboration of radiological standards commensurate with the current technological development in our country and are of practical application in our environment.

Keywords: Radiation Protection, Radiology, Nuclear Medicine, Radiotherapy, radionuclide, ionizing radiation, radiation monitoring, medical equipment.

1. Introducción

En el capítulo 1 se reseñan las causas y las consecuencias, buenas y malas, a lo largo de la historia, originadas por la utilización de las fuentes con radiación ionizante; de estas experiencias, se puede tener claro el problema y los objetivos.

En el capítulo 2 se presenta una serie de responsabilidades jerárquicas que, toda persona que trabaja en un Establecimiento de Salud (ES) debe cumplir, de manera obligatoria; además, se establecerá la creación de la unidad interna de Protección

Radiológica (PR) en el ES, la que deberá hacer cumplir las normas que en esta materia le compete.

En el capítulo 3 las normas que se muestran son de carácter básico en lo referente al control global, en aspectos como el límite de dosis, su control, y como reducir el número del Personal Ocupacionalmente Expuesto (POE) con un sistema organizado de procedimientos de trabajo, clasificación y señalización en las zonas con riesgo radiológico.

En el capítulo 4 se establecen las normas de vigilancia cuando las personas, ya sean pacientes, POE o público en general, que se encuentran expuestas, su dosis individual debe ser monitoreada,

de tal manera que se pueda controlar la contaminación radioactiva, cuando está justificada por el lugar de trabajo, o por las exposiciones médicas a los pacientes.

En el capítulo 5 se establecen normas sobre el material radiactivo que se emplea en el campo hospitalario, desde su adquisición hasta el fin de su vida útil; después de este proceso el material radiactivo se transforma en residuo radiactivo, de manera que, los procedimientos a efectuarse son de segregación y eliminación de este tipo especial de desperdicio hospitalario.

En los capítulos 6 y 7 se detallan los requisitos de protección y seguridad radiológica en instalaciones que ofrecen servicios de Radiodiagnóstico Médico y Dental, Medicina Nuclear y Radioterapia, que deberán cumplir los responsables de la instalación, el POE y los pacientes. Además, se detallan los requisitos mínimos que deberán cumplir las instalaciones respecto a su diseño (blindaje, tamaño, ubicación geográfica, etc.). El buen funcionamiento de los equipos con sus respectivos parámetros, es otra manera de cuidar al paciente ante las radiaciones ionizante.

1.1. Objetivos

El manual tiene como objetivo establecer normas de seguridad para proteger a los pacientes, a los empleados y al público de los peligros de radiaciones ionizantes. Este Manual General debe, por tanto:

- Definir el marco de desarrollo de la Protección Radiológica (PR) en dichas instalaciones.
- Determinar las líneas de responsabilidad del personal de las instalaciones.
- Establecer los pasos básicos a llevar a cabo, por el Personal Ocupacionalmente Expuesto (POE), como por los servicios, unidades o personas responsables de conseguir estos objetivos.
- Servir de precedencia para el desarrollo del manual de cada centro sanitario. La presente guía sirve además como plantilla con los márgenes que aquí se describen.

2. Disposición y responsabilidades

La Protección Radiológica (PR) es un trabajo en que están involucrados todos los estamentos de cada Establecimiento de Salud (ES). Del cumplimiento de las normas establecidas en el manual dependerá la disminución del riesgo, teniendo un beneficio, tanto para los trabajadores, como para los pacientes y público en general. El organigrama de responsabilidades en el Establecimiento de Salud en temas de Protección Radiológica (PR) está estructurada de manera que se consiga un control total de los profesionales que trabajan en este medio los

cuales tienen normas y obligaciones que deben cumplir de acuerdo a su jerarquía.

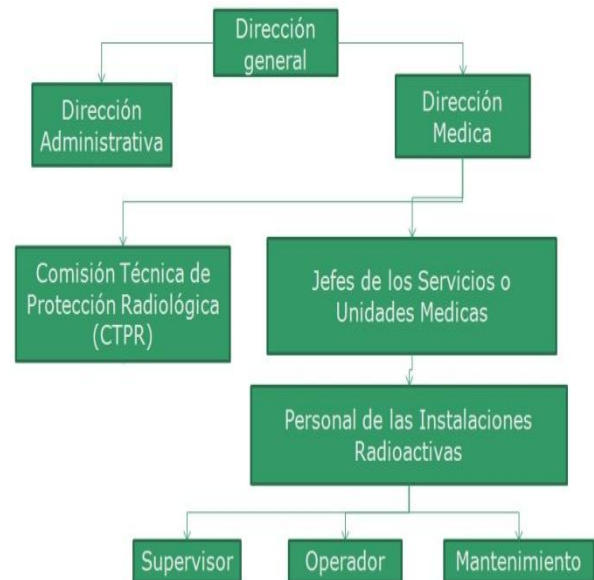


Figura 1. Organigrama de responsabilidades jerárquicas en un Establecimiento de Salud (ES).

2.1. Comisión Técnica de Protección Radiológica (CTPR)

En función de las características del centro, y considerando el riesgo radiológico existente en un establecimiento de salud se dispondrá de un departamento que se encargue de vigilar el cumplimiento de la legislación vigente en materia de protección radiológica es por esto que tienen las siguientes obligaciones:

- Participar en los procesos de adquisición del equipamiento radiológico.
- Inspeccionar la construcción de las instalaciones radioactivas y radiológicas.
- Evaluar los riesgos radiológicos de las instalaciones.
- Estar a cargo de vigilar el almacenamiento y evacuación de residuos radioactivos sólidos y líquidos.
- Estar a cargo del control de los dosímetros personales y de la dosimetría de cada área.
- Clasificar y señalar las zonas de las instalaciones que presentan riesgo radiológico.
- Disponer de un inventario de las fuentes radioactivas de las instalaciones permanentemente actualizado.
- Asegurar que se efectúan las pruebas de fuga a las fuentes selladas de radiación ionizante en el momento de su recepción y conforme a lo indicado en su autorización.



3. Normas básicas de control de la radiación ionizante

Se tomarán las medidas básicas necesarias para conseguir que las dosis individuales y el número de personas expuestas sean lo más bajas posibles, además de delimitar, clasificar y señalar zonas donde los riesgos de contaminación son mayores.

3.1. Clasificación del personal

Las personas que trabajan en las instalaciones con riesgo radiológico serán clasificadas, en función de las condiciones en que realizan sus trabajos, los cuales son; Personal Ocupacionalmente Expuestos (POE) y Público en general. El POE se subdividirá en 2 categorías para mayor control: [1]

Categoría A: Son los que reciban una dosis efectiva superior a 6 mSv por año calendario.

Categoría B: Son aquellos que reciban dosis efectiva inferior a 6 mSv por año calendario.

3.2. Límites de Dosis

Durante la operación normal de una instalación o la realización de una práctica, ningún individuo debe ser expuesto a dosis de radiación superiores a los límites establecidos en la siguiente tabla; estos límites de dosis se aplican a cada trabajador y a miembros del público. [2]

Tabla 1. Límite de dosis establecido, tienen el fin de velar por que ningún individuo corra riesgos inaceptables debidos a la exposición a la radiación

DOSIS EFECTIVA (1)	Personas Ocupacionalmente Expuestas (POE)	Trabajadores	100 mSv/5 años oficial (máximo: 50 mSv/cualquier año oficial) (2)
		Aprendices y estudiantes (entre 16 y 18 años) (3)	6 mSv/año oficial
	Personas ocupacionalmente no expuestas	Público y estudiantes (menores de 16 años) (4)	1 mSv/año oficial
DOSIS EQUIVALENTE	Personas Ocupacionalmente Expuestas (POE)	Trabajadores	
		Cristalino	150 mSv/año oficial
		Piel (5)	500 mSv/año oficial
		Manos, antebrazos, pies y tobillos	500 mSv/año oficial
		Aprendices y estudiantes (entre 16 y 18 años)	
	Cristalino	50 mSv/año oficial	
	Piel (5)	150 mSv/año oficial	
	Manos, antebrazos, pies y tobillos	150 mSv/año oficial	
	Personas ocupacionalmente no expuestas	Público, aprendices y estudiantes (menores de 16 años)	
		Cristalino	15 mSv/año oficial
	Piel (5)	50 mSv/año oficial	
CASOS ESPECIALES	Embarazadas (feto)	Debe ser improbable superar	1 mSv/embarazo

(1) Dosis efectiva: suma de las dosis equivalentes ponderadas en todos los tejidos y órganos del cuerpo procedentes de irradiaciones internas y externas.
 (2) 10 mSv = 1 rem.
 (3) Sólo en caso de aprendices y estudiantes que por sus estudios estén obligados a utilizar fuentes radiactivas. En ningún caso se podrán asignar tareas a los menores de 18 años, que pudieran convertirlos en trabajadores expuestos.
 (4) Excepcionalmente se podrá superar este valor, siempre que el promedio durante 5 años consecutivos no sobrepase 1 mSv por año.
 (5) Calculando el promedio en cualquier superficie cutánea de 1 cm², independientemente de la superficie expuesta.

3.3. Dosimetría

El trabajador estará continuamente controlado de manera individual con el uso del dosímetro, dispositivo que mide la exposición o dosis absorbida o equivalente por el Personal Ocupacionalmente Expuesto (POE), durante un tiempo determinado.

3.3.1. Control dosimétrico personal

La dosimetría personal tiene como finalidad determinar las dosis recibidas por el organismo, utilizándose para ello dosímetros personales que acompañan al trabajador y quedan expuestos a la radiación en las mismas condiciones.

3.3.2. Control dosimétrico de área

El uso de dosímetros de área será supervisado por la Comisión Técnica de Protección Radiológica (CTPR), quien fijara su localización es las diferentes salas del establecimiento de salud, de manera que estimando sus valores podremos conocer la dosis absorbida de los objetos que se encuentren en una sala además de estimar la dosis absorbida por el personal que trabaja en esta área.

3.3.3. Utilización de los dosímetros

El dosímetro se usara de tal manera que dependiendo los caso y el tipo de irradiación de una lectura correcta de la dosis de radiación de las personas involucradas en esta labor, por tal motivo el dosímetro se deberá colocar en aquella posición que sea más característica de la parte más expuesta de la superficie del cuerpo.

3.3.4. Historial dosimétrico

- Todas las dosis recibidas por el personal quedarán registradas en su historial dosimétrico Se registrarán y mantendrán a disposición del trabajador los resultados de la supervisión del ambiente de trabajo que se hayan utilizado para estimar las dosis individuales.
- El historial dosimétrico correspondiente al POE de Categoría A contendrá las dosis mensuales, acumuladas en cada año calendario, y acumuladas durante cada período de 4 años calendarios, y figurará en su historial médico.
- En el caso del POE de Categoría B, se registrarán las dosis anuales prescritas con el uso de dosímetro o estimadas mediante dosimetrías de área.
- Se tendrá disponible al trabajador el historial dosimétrico en el momento oportuno.

3.4. Clasificación de área y señalización

- Las normas de clasificación y señalización de zonas estará dada de acuerdo con la evaluación de las dosis anuales previstas, el riesgo de dispersión de la contaminación, la probabilidad y magnitud de exposiciones potenciales.
- Las zonas con mayor riesgos de contaminación radioactiva son clasificadas como zona controlada, por tal motivo se debe cumplir de manera estricta las normas de acceso, trabajo y salida establecidas en el manual para este tipo de área.
- Las zonas vigiladas deberán estar individualizadas con señalización adecuada y las condiciones de trabajo deben revisarse periódicamente, y normalmente es suficiente con tener una evaluación dosimétrica de su personal en base a mediciones del área involucrada.
- El riesgo de irradiación vendrá señalado mediante su símbolo internacional: un "trébol" enmarcado por una orla rectangular del mismo. Los colores de los "tréboles" indicarán la clasificación de la zona, en orden creciente al riesgo asociado, éstos son: [3]
 - Gris azulado: Zona vigilada.
 - Verde: Zona controlada.
 - Amarillo: Zona de permanencia limitada.
 - Rojo: Zona de acceso prohibido.

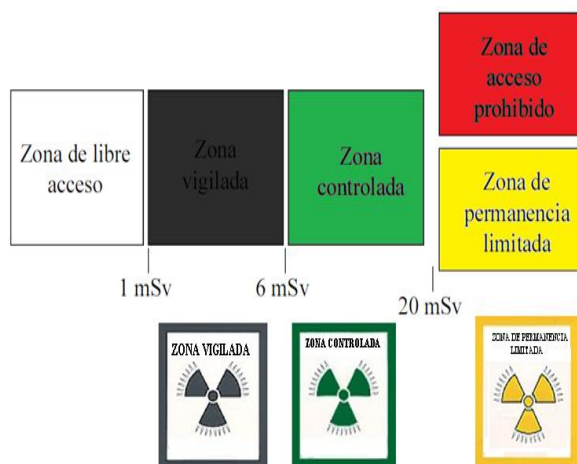


Figura 2. Clasificación y señalizaciones utilizadas en un Establecimiento de Salud (ES).

4. Normas de vigilancia ante exposiciones a la radiación ionizante

La exposición de los seres humanos a las fuentes naturales de radiación es una característica continua e inevitable de la vida en la Tierra, mientras que en los

Establecimientos de Salud (ES) las fuentes artificiales como equipos, o material radioactivo son de perjuicio para la salud, de tal manera que la disminución a este tipo de exposiciones, tanto al Personal Ocupacionalmente expuesto (POE), pacientes y miembros del público deberá ser obligatoria, mediante programas de vigilancia radiológica, médica, o procedimientos de seguridad.

4.1. Normas generales en exposiciones ocupacionales

- Los trabajadores que realizan su trabajo normal u ocasional en áreas controladas y puedan recibir exposición ocupacional significativa, deben estar sometidos a vigilancia radiológica individual obligatoria mediante sistemas documentados o en el historial dosimétrico.
- Los trabajadores sometidos a exposición ocupacional deberán ser sometidos a un programa de vigilancia médica basado en los principios de la salud ocupacional. [3]
 - La vigilancia radiológica deberá satisfacer los siguientes requisitos:
 - Permitirá evaluar las condiciones radiológicas existentes
 - Evaluará la exposición de las zonas controladas y vigiladas.
 - Examinará la clasificación de las áreas controladas y vigiladas.

4.2 Normas Generales en exposiciones médicas

Las exposiciones médicas se justificarán sólo si los beneficios de tipo diagnóstico o terapéutico que producirán son mayores que el deterioro radiológico que pudieran causar.

4.3 Normas generales en exposiciones a miembros del público

La exposición del público en general debida a prácticas y fuentes adscritas a las prácticas, deberá ser controlada mediante el examen previo a la puesta en servicio, restricciones de dosis, provisión de blindajes y otros medios de protección conforme lo establezca específicamente la Comisión Ecuatoriana de Energía Atómica (CEEA).

5. Normas de control del material y residuos radioactivos en laboratorios

La utilización de radio-nucleídos en el ámbito hospitalario, puede suponer un riesgo radiológico importante si no es manipulado adecuadamente, tanto para los trabajadores expuestos, los pacientes, el público en general y el medio ambiente, debido a que las fuentes radiactivas empleadas en las instalaciones,



cuando alcanzan el final de su vida útil, se convierten en residuos radiactivos que precisan ser eliminados en condiciones seguras.

5.1. Procedimientos de control sobre material radioactivo

Para realizar un control sobre este tipo de material, es necesaria la aplicación de normas de seguridad desde el momento de su adquisición. La Comisión Técnica de Protección Radiológica (CTPR), establecerá un procedimiento determinado de forma que se tenga conocimiento, en todo momento, de la adquisición, y entrada del material radioactivo a los Establecimientos de Salud (ES).

5.1.1 Adquisición del material radioactivo

La Comisión Técnica de Protección Radiológica (CTPR) supervisará que la compra de los radionucleidos se efectúe a un proveedor autorizado.

5.1.2 Recepción del material radioactivo

Los radionucleidos serán entregados en la instalación radioactiva, en la que la persona encargada en el procedimiento para su recepción comprobará que, el material recibido, coincide con el solicitado. Se registrarán en un diario de operación, la fecha de recepción, el radionucleido y su presentación, su actividad, la fecha de calibración, el proveedor y las incidencias, si las hubieran, en la recepción del mismo, todo ello firmado por el supervisor.

5.1.3 Almacenamiento del material radioactivo

- Tras la recepción del material radioactivo, éste se almacenará en la propia instalación, en contenedores específicos y apropiados al tipo y energía de la radiación emitida, y a la actividad del mismo, en la zona habilitada para el efecto.
- En el diseño de las dimensiones del almacén se deberá tener en cuenta el mobiliario de almacenamiento, los pasillos entre estanterías, blindajes de fuentes, ubicación de congeladores, bandejas para líquidos y área para almacenar las fuentes radioactivas en desuso. Además se debe prever una zona con bajo fondo donde realizar las mediciones de control previo a las descargas. Además el almacén debe tener buena ventilación y contar con un sistema de extracción que permita cambiar el aire antes y durante el trabajo en él.
- La zona en que se almacene el material radioactivo será clasificada como zona controlada.



5.1.4 Transporte del material radioactivo

La transportación de desechos radioactivos se realizará en vehículos equipados para el efecto. Durante la transportación, estos vehículos no se emplearán para transportar cargas no radioactivas y deberán estar rotulados con símbolos de peligro radioactivo, después de cada transportación deberán ser controlados radiológicamente y en caso necesario, descontaminados.

5.2. Procedimientos de descontaminación radioactiva

La contaminación se produce frecuentemente, por el vertido de un líquido radioactivo o por el propio usuario; por tal motivo, para reducir lo más pronto posible la contaminación, se deberá cumplir lo siguiente:

5.2.1. Descontaminación de superficies y objetos.

- Si el objeto contaminado es pequeño y lavable, se lavará con abundante agua corriente y jabón.
- Si el objeto es grande o no se puede mover fácilmente, se procederá a su descontaminación in situ.

5.2.2 Descontaminación personal.

- Ante una contaminación externa, se deberá abandonar el área contaminada, y se deberá trasladarse a una zona limpia de la instalación.
- Lavarse inmediatamente con abundante agua y jabón, evitando extender la contaminación a otras partes limpias del cuerpo.
- Se dará prioridad a la descontaminación de los orificios naturales de la cara, y el cabello, y las eventuales heridas que deberán ser protegidas adecuadamente.

5.3. Residuos radioactivos

Los residuos radioactivos deben ser clasificados y segregados en el mismo lugar e inmediatamente después de su generación. Es importante separar los materiales no radioactivos de los radioactivos

5.3.1 Residuos radioactivos sólidos

Los residuos radioactivos, sólidos, deben ser segregados en el lugar de origen inmediatamente después de su generación, de forma diferenciada, y en recipientes diferentes a los desechos comunes. Es importante separar los materiales no radioactivos de los radioactivos.



5.3.2 Residuos radioactivos líquidos

Los desechos radioactivos líquidos deberán ser segregados en el punto de origen como líquidos no acuosos, acuosos y aceites. No deben mezclarse soluciones ácidas con alcalinas.

Tabla 2. Clasificación de los residuos radioactivos [4]

Radionucleidos	Tipo	Actividad	Contenedor	Protección
H-3, C-14	Sólidos		Funda	
	Sólidos compactables		Caja Especial	
	Líquidos acuosos		Bote sellado	
	Líquidos orgánicos		Bote sellado	
P-32	Sólidos		Funda	
	Líquidos		Bote sellado	
I-125	Sólidos	< 5 microCi	Doble Funda	
	Líquidos	< 100 Bq/ml	Bote sellado	
Cs-137	Sólidos	< 20 Bq/gramo	Contenedor	
	Líquidos	< 20 Bq/gramo	Bote sellado	

5.4. Registros y documentación

La documentación y registros deben contenerla información sobre:

- Inventario de desechos radioactivos.
- Planos de emplazamiento, planos de ingeniería y especificaciones
- Datos resultantes de los trabajos de garantía y control de calidad
- Resultados de las evaluaciones relativas a la seguridad, resultado de la vigilancia de los efluentes y de su impacto sobre el medio ambiente.

6. Normas de protección radiológica en establecimientos de salud con servicio de radiodiagnóstico

Radiodiagnóstico es la especialidad médica y odontológica que se ocupa de generar imágenes del interior del cuerpo mediante el uso de los Rayos X, y de utilizar estas imágenes para el diagnóstico, para el pronóstico y para el tratamiento de las enfermedades.

6.1. Normas de diseño para instalaciones con servicio de Radiodiagnóstico

- Todas las normas descritas en nuestro trabajo están enfocadas a la protección del paciente, en este caso, las normas sobre el diseño de las instalaciones con este tipo de servicio ayudan a reducir la dosis de exposición del paciente y también se disminuye la dosis recibida por los trabajadores de la salud.
- Todos los cálculos sobre el blindaje de las instalaciones de Radiodiagnóstico deberán estar basados en la publicación NCRP (National Commission for Radiation Protection) 147. Este cálculo deberá ser realizado por personal calificado. [5]
- Por otra parte se deberá tomar en cuenta que se cuente con las áreas necesarias para este servicio, la ubicación de la instalación.

6.2. Especificaciones técnicas para la adquisición y recepción de los equipos de Rayos X

- Todos los productores nacionales y extranjeros deberán certificar que sus equipos de Rayos X, cumplen con las normas IEC 60601-1-3 e IEC 61223. [6], [7]
- El rango de voltaje de operación para estos equipos se muestra en la tabla 4, aunque estos rangos podrían cambiar según el fabricante.

Tabla 3. Voltajes de trabajo para equipos de radiodiagnóstico

Equipos	Voltajes de operación
Radiografía convencional	70 a 300 kV
Fluoroscopia	40 a 110 kV
Mamografía	20 a 49 kV
Radiografía Dental	50 a 90 kV

6.3. Normas de funcionamiento de los equipos de Radiodiagnóstico

- Todos los equipos (Rayos X convencional, fluoroscopia, equipos móviles, mamografía, tomografía computarizada y equipos de radiología dental) tienen sus normas de operación en particular, también unas normas generales para los equipos, las cuales se detallan en nuestro trabajo.
- Para un mejor manejo de los equipos de Rayos X es necesario conocer al menos el circuito básico de un generador de Rayos X,

el cual permite al operador tomar una decisión al momento de una falla técnica en el equipo. Figura 3

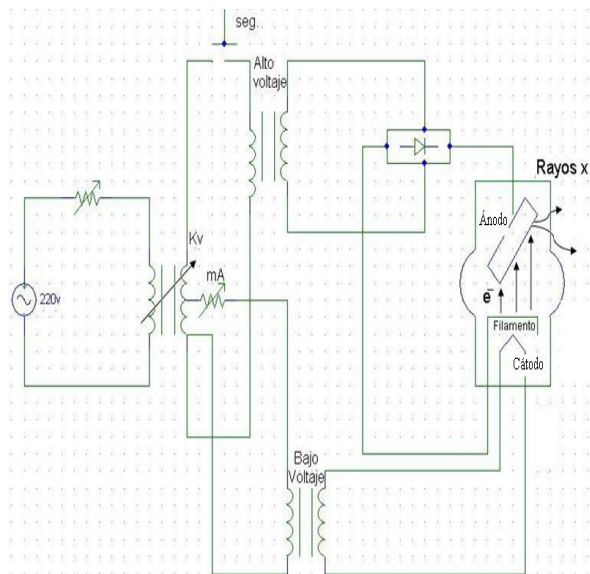


Figura 3. Circuito básico de un generador de Rayos X

6.4. Normas de protección de los pacientes en salas de Radiodiagnóstico

- El operador es responsable de comunicar al paciente el momento preciso que este puede entrar.
- Se podrá realizar una exposición al paciente, sólo bajo prescripción médica.
- El operador deberá usar la técnica más adecuada en obtención de la imagen, tomando en cuenta la protección de los órganos más sensibles del paciente.
- El medico u operador responsable deberá asegurarse sobre el posible estado de embarazo de la paciente. En caso de estarlo, se deberá aplicar estrictamente el criterio riesgo beneficioso.
- Todos los pacientes en edad fértil deberán utilizar protectores gonadales y de tiroides, en caso de que estos órganos estén involucrados en la exposición y no sean los órganos de estudio.

6.5. Normas para desinfección de quirófanos con radiación ultravioleta (UV)

- Las fuentes de UV-C se deben ubicar en compartimientos, o cabinas individuales o lugares que permitan aislar la fuente en forma adecuada, mediante mamparas o cortinas especiales, con el fin de evitar la dispersión de radiación ultravioleta hacia otras áreas.

- Se deberá utilizar gafas de seguridad específicamente diseñadas para proteger frente a estos riesgos (Norma europea EN170). [8]
- Cuando tenga que trabajar expuesto a la UV, se debe utilizar guantes y ropa apropiados (se sugieren overoles de manga larga, guantes) y cremas aislantes para las zonas del cuerpo que queden al descubierto.
- No deben descubrirse las fuentes de rayos ultravioleta ni infrarrojos (UV-IR), ya que estos rayos pueden producir lesiones en los ojos o la piel.
- La lámpara de luz ultravioleta utilizada para desinfección requiere ser encendida una vez al día. No es necesario prenderla cada vez que finalice un trabajo en la misma, excepto en la cabina donde se evalúan microbacterias.

7. Normas de protección radiológica en medicina nuclear y radioterapia

El uso médico de fuentes abiertas de material radioactivo, generalmente conocido como Medicina Nuclear, consiste en la administración de radiofármacos al paciente para obtener imágenes de órganos, glándulas y sistemas, o para llevar a cabo ciertos tratamientos. En Radioterapia se usan equipos como los aceleradores lineales y aceleradores de partículas para intervenciones externas; las fuentes selladas o radionucleidos encapsulados, se usan en intervenciones internas al cuerpo humano.

7.1. Normas para las instalaciones con servicio de Medicina Nuclear

- Respecto al cálculo del blindaje para instalaciones que ofrecen servicio de Medicina Nuclear y Radioterapia, deberán estar basados en las publicaciones: NCRP (National Commission for Radiation Protection) 49, 51, 79, 102; IAEA (International Atomic Energy Agency) TECDOC-1040 e IEC (International Electrotechnical Commission) 61859. [9], [10] y [11]
- Por otra parte se deberá tomar en cuenta que se cuente con las áreas necesarias para este servicio, la ubicación de la instalación.
- El diseño del sistema de ventilación evitara la contaminación del lugar.

7.2. Normas sobre fuentes y equipos utilizados en Medicina Nuclear

- Para la recepción y apertura de los bultos que contengan fuentes abiertas deberá seguirse un



procedimiento establecido por la Comisión Técnica de Protección Radiológica (CTPR).

- Todo recipiente que contenga fuentes abiertas, cuando no se encuentre en uso, deberá estar en un contenedor apropiado y en un área dedicada al almacenamiento de fuentes abiertas.
- Los recipientes y contenedores que alberguen fuentes abiertas deberán llevar un rótulo (fuentes abiertas).
- Cuando se manejen fuentes abiertas deberán usarse los equipos y accesorios que brinden la debida Protección Radiológica (PR).
- El equipamiento de la PR debe ser adecuadamente calibrado, como mínimo una vez cada dos años; cada vez que sea sometido a una reparación, o cuando existan motivos para suponer una alteración de su calibración.

7.3. Normas de protección del paciente en Medicina Nuclear

- Se deberá verificar que la actividad y el radiofármaco a administrar sean prescriptos antes de cada tratamiento. El resultado de la calibración de dicha actividad debe ser registrado. Los procedimientos escritos incluirán métodos inequívocos de identificación del paciente y del o los órganos a tratar.
- La prescripción de las actividades diagnósticas o terapéuticas debe ser realizada y firmada por un médico que cuente con el correspondiente permiso individual.
- La actividad del material radioactivo administrado con fines terapéuticos debe ser tal que la dosis al tejido sano sea la mínima, para que los órganos próximos a los tejidos cancerígenos no sufran daño.
- Se deberán tomar medidas necesarias para reducir al mínimo las visitas a pacientes sometidos a tratamientos terapéuticos, y de realizarse éstas, se acortarán los tiempos de permanencia, de modo que la dosis recibida por cualquier visitante durante todo el periodo de hospitalización no supere los límites establecidos en la tabla 1.
- El responsable de la sala deberá recomendar a las madres en período de lactancia que sean objeto de estudio con material radioactivo, la interrupción de la lactancia, hasta que la cantidad secretada del radioisótopo suministrado no cause al lactante una dosis efectiva inaceptable.
- Previa a la administración de material radioactivo en procedimientos diagnósticos o terapéuticos a mujeres embarazadas, debe evaluarse la dosis que recibiría el feto.

7.4. Normas de protección del personal en Medicina Nuclear

- Tener a la mano todos los elementos de protección y de descontaminación y úselos en la aplicación de los procedimientos de emergencia.
- El sitio de preparación del material radioactivo deberá estar ubicado junto al cuarto de almacenamiento e imprescindiblemente contar con un activímetro.
- Antes de iniciar la actividad deberá cumplir los requerimientos de trabajo y manipulación de material radioactivo.

7.5. Normas de protección para público en general en Medicina Nuclear

- Todo paciente se considerará miembro del público para la exposición a cualquier otra fuente distinta de aquélla a la que se expone para su propio diagnóstico o tratamiento, de forma análoga; las personas que voluntariamente ayudan a procurar alivio a un paciente, se consideran miembros del público para la exposición, distinta de las que se utilizan para el diagnóstico o tratamiento de dicho paciente.
- Los pacientes a los que se les administre radionucleidos con fines terapéuticos deben recibir, previamente, instrucciones escritas sobre las acciones a tomar para mantener las dosis de familiares y público en general, tan bajas como sea posible.

7.6. Normas para instalaciones con servicio de Radioterapia

- Todas las normas aplicables en Medicina Nuclear también se aplican en establecimientos de salud con servicio de Radioterapia.
- Además, no deberá instalarse en la misma sala de tratamiento más de un equipo de Radioterapia, a menos que aseguren que solo puede operar un equipo a la vez.
- Se debe tomar en cuenta las normas para instalaciones con braquiterapia y teleterapia en particular.

7.7. Normas sobre fuentes y equipos utilizados en Radioterapia

- Todas las fuentes selladas de material radioactivo deberán incluir, la información relativa a radioisótopo.



- Las fuentes selladas sólo podrán manejarse mediante el empleo de los dispositivos manuales o automáticos de manipulación a distancia apropiados.
- Las fuentes selladas deberán estar debidamente almacenadas en contenedores apropiados cuando no estén en uso.

7.8. Protección radiológica del paciente en Radioterapia

- Antes de la exposición del paciente, el tratamiento deberá ser localizado y simulado; esto para evitar malas prácticas.
- Se debe verificar la cantidad de fuentes que se utilicen en cada paciente, al preparar la carga y al finalizar el tratamiento. Debe efectuarse un monitoreo al personal que se encuentra realizando el implante, así como al paciente.
- Su aplicación estará limitada a pacientes oncológicos en los que la relación riesgo-beneficio resulta positiva.
- Se procurará que al paciente en una práctica radioterapéutica se le imparta la dosis prescrita, con la máxima exactitud, volumen blanco clínico y a las regiones de posible diseminación de la enfermedad, evitando en lo posible la irradiación de tejidos y órganos sanos o de especial radio sensibilidad.

7.9. Normas de protección del personal en Radioterapia

- Para todas las prácticas de Radioterapia se implantará la restricción de dosis de 10 mSv/año, para el personal que cumplan una jornada laboral de ocho horas o, la parte proporcional a este valor cuando la jornada sea menor.
- La capacitación sobre PR se la realizará a todo el personal que se desempeñe en zona que involucre radiación ionizante. Además, se deberá actualizar la capacitación cada vez que ocurran cambios significativos en las técnicas empleadas, equipamiento, responsabilidades, regulaciones o en los términos de la autorización.

7.10. Normas de protección para público en general en Radioterapia

- Para las prácticas de Radioterapia se implantará la siguiente restricción de dosis, de 0,5 mSv/año para miembros del público. [12]
- Los pacientes a los que se les administre radionucleidos con fines terapéuticos deben

recibir, previamente, instrucciones escritas sobre las acciones a tomar para mantener las dosis de familiares y público en general, tan bajas como sea posible.

8. Conclusiones

- Se puede observar que las normas de protección radiológica, presentadas en este manual, cumplen con su función básica de proteger a toda persona, que se encuentre en presencia de una fuente emisora de radiación ionizante, en cualquier Establecimiento de Salud (ES) del país.
- La radiación ionizante en un medio hospitalario, es de gran beneficio para la salud del paciente siempre y cuando se sigan las normas establecidas, no sólo en este manual, sino también, los estudios y reglamentos internacionales que cambian y mejoran cada día, con el fin de proteger no sólo al paciente sino a quienes trabajan para su comfortable mejora y a los visitantes.
- Los trabajadores que prestan su servicio en este tipo de instalaciones, con riesgos para su salud, deben estar conscientes que ellos podrían ser pacientes en un futuro, por lo cual deberán seguir las normas como un medio de protección propia, más que por obligación; también deberán ayudar de manera informativa a quienes no son afines en esta materia, como son los pacientes y sus visitantes, y los riesgos que causa la exposición a la radiación ionizante. Además de conocer procedimientos específicos, deben recalcar que el uso de fuentes radiológicas no es del todo malo, sino que también trae muchos beneficios.
- Este manual contiene la información básica para el manejo adecuado de los equipos médicos de Rayos X (Radiodiagnóstico), y aceleradores de partícula (Medicina Nuclear), etc., el cual nos permite reducir la radiación innecesaria en los pacientes que se someten a este tipo de exposiciones de radiaciones ionizantes. Todas las normas sobre equipos de Rayos X están enfocadas al cuidado del paciente.

9. Agradecimientos

Agradecemos primeramente a nuestro Dios y Creador por todo lo que ha hecho por nosotros, porque gracias a él llegamos hasta este día, damos gracias a nuestros familiares en especial a nuestros padres por el apoyo incondicional brindado, y a nuestro director de materia de graduación que supo dirigirnos en nuestro trabajo con el fin alcanzar nuestro objetivo, y



gracias o todos que de una u otra manera nos ayudaron a que este proyecto se concrete.

10. Referencias

- [1] Boletín Oficial Español (BOE) Ministerio de la Presidencia, Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes, Real Decreto 783, España, 2001.
- [2] Abel J González, Seguridad Radiológica, Boletín del OIEA, 1994.
- [3] Organización Internacional de Normalización (ISO), Símbolo fundamental de la radiación ionizante, ISO 361, 1975.
- [4] Boletín Oficial Español (BOE) Ministerio de la Presidencia, Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas, Real Decreto 1836, 1999.
- [5] National Commission for Radiation Protection, Standards for Facilities with radiodiagnostic, NCRP 147, 2003.
- [6] International Electrotechnical Commission, Medical electrical equipment, IEC 60601-1-3, 1998.
- [7] International Electrotechnical Commission, Evaluation and routing testing in medical imaging departments, IEC 61223, 1997.
- [8] Ministry of Health New Zealand, CODE OF SAFE PRACTICE FOR THE USE OF X-RAYS IN MEDICAL DIAGNOSIS, ISSN 0110-9316, June 2010.
- [9] National Commission for Radiation Protection, Structural Shielding. Design and Evaluation for Medical Use of X Rays, Structural Shielding Design and Evaluation for Megavoltage x- and Gamma-ray Radiotherapy Facilities, September 1976.
- [10] Internacional Atomic Energy Agency, Design and implementation of a radiotherapy programme: Clinical, medical physics, radiation protection and safety aspects, IAEA-TECDOC-1040, 1998.
- [11] International Electrotechnical Commission, Guidelines for radiotherapy treatment rooms design, IEC 61859, 1997.
- [12] National Commission for Radiation Protection, Limitation of Exposure to Ionizing Radiation, NCRP 116, 1987.