

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL



Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

“Desarrollo de normas radiológicas que garanticen la seguridad de los pacientes”

TESINA DE SEMINARIO

Previa a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN ELECTRICIDAD ESPECIALIZACIÓN ELECTRÓNICA Y
AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

Presentada por:

GALO ALEXANDER GAVINO SORIANO

RICARDO JAVIER PADILLA PAREDES

Guayaquil - Ecuador 2012

AGRADECIMIENTO

Le damos gracias a Dios por permitirnos llegar hasta este día, y por darnos las fuerzas necesarias para alcanzar nuestras metas.

A la Espol y a todas las personas que una u otra manera participaron para que este proyecto se haga realidad, muchas gracias por su apoyo y confianza. A nuestros profesores que compartieron con nosotros durante todos estos años de estudio no sólo sus conocimientos sino también sus experiencias, valores éticos y morales, especialmente a nuestro Director de Tesis el Ingeniero Miguel Yapur Auad que nos

brindó todo su apoyo incondicional y conocimiento en la realización de este proyecto.

DEDICATORIA

A Dios, por haberme permitido alcanzar las metas propuestas y haberme dado la salud para lograr mis objetivos, además de darme la serenidad y paciencia necesaria en los momentos más difíciles. A mis padres Carlos Alberto Melville y María Paredes Moreno que siempre confiaron en mí, animándome a seguir adelante con sus consejos, los cuales me han guiado y me han convertido en un hombre de bien, gracias a ustedes, hoy puedo ver alcanzada mi meta, ya que estuvieron siempre apoyándome en los momentos más arduos de mi carrera.

Padilla Paredes Ricardo Javier.

Dedico este trabajo a Dios y Padre de nuestro Señor Jesucristo que dio su vida para que yo pueda llegar hasta éste día, a mis padres Galo Gavino Perero e Isidra Soriano Suárez que siempre estuvieron conmigo en la difícil tarea de la vida y me apoyaron para que culmine mis estudios en mi carrera universitaria, a mis hermanos por el apoyo constante que siempre supieron darme.

Gavino Soriano Galo Alexander.

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

ING. MIGUEL YAPUR AUAD

**PROFESOR DEL SEMINARIO
DE GRADUACIÓN.**

ING. SARA RIOS ORELLANA

DELEGADO DEL DECANO DE LA FIEC.

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesina nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA

SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL.”

(REGLAMENTO DE GRADUACIÓN DE LA ESPOL)

GAVINO SORIANO GALO ALEXANDER

PADILLA PAREDES RICARDO JAVIER

RESUMEN

La exposición a la radiación ionizante puede causar enfermedades. El uso de equipos, cuya tecnología se basa en ella, requiere de normas de seguridad que garanticen que los beneficios recibidos sean mayores que los riesgos a los cuales son expuestos los pacientes. Debido al daño que puede ocasionar la radiación, no se debe permitir exposiciones innecesarias. Muchos pacientes y trabajadores de la salud en nuestro país están expuestos anualmente a las radiaciones ionizantes; las recomendaciones de las normas internacionales, fijan límites en la dosis máxima que pueden recibir, tanto los pacientes como las personas cuya actividad implica la exposición a la radiación, los cuales son llamados "trabajadores de la radiación", y son médicos radiólogos, enfermeras, radioterapeutas y técnicos radiólogos, quienes en un futuro podrían ser afectados debido a su entorno de trabajo. 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 radiológicas, con fuentes selladas o abiertas, los residuos radioactivos que produzcan la contaminación radiológica también deben ser reducidos a la porción más baja posible. En este trabajo se persigue la elaboración de normas radiológicas acordes con el desarrollo de la tecnología actual y que sean de aplicación práctica en nuestro medio.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	¡Error! Marcador no definido.
DEDICATORIA	III
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	¡Error! Marcador no definido.
DECLARACIÓN EXPRESA	¡Error! Marcador no definido.
RESUMEN	¡Error! Marcador no definido.
ÍNDICE GENERAL	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	XVI
ÍNDICE DE TABLAS	XVII
ABREVIATURAS	XVIII
INTRODUCCIÓN	XVIII
CAPÍTULO 1	
1. GENERALIDADES	1
1.1. Antecedentes históricos	1
1.2. Objetivo del manual	3
1.3. Aplicación del manual	3
CAPÍTULO 2	
2. DISPOSICIÓN Y RESPONSABILIDADES	5
2.1. Dirección General	5

2.2. Dirección Administrativa	6
2.3. Dirección Médica	7
2.4. Jefes de los Servicios o Unidades Médicas	7
2.5. Personal de las instalaciones radioactiva	7
2.5.1. Supervisor de una instalación radioactiva	8
2.5.2. Operador	8
2.5.3. Personal de mantenimiento de equipos e instalaciones	9
2.5.4. Personas sin licencia	9
2.6. Comisión Técnica de Protección Radiológica	9
2.6.1. Organización	9
2.6.2. Funciones del Jefe de la CTPR	10
2.6.3. Obligaciones generales de la CTPR.....	11
 CAPÍTULO 3	
3. NORMAS BÁSICAS DE CONTROL DE LA RADIACIÓN IONIZANTE	13
3.1. Riesgo radiológico	13
3.2. Clasificación del personal	14
3.2.1. Personal Ocupacionalmente Expuestos (POE)	14
3.2.2. Miembros del público	15
3.3. Límite de dosis	15
3.4. Normas dosimétricas	17
3.4.1. Control dosimétrico personal	17

3.4.2. Control dosimetrico de area	18
3.4.3. Utilización de los dosímetros	18
3.4.4. Historial dosimétrico	19
3.5. Normas de clasificación y accesos a zonas con riesgo radiológico	20
3.6. Normas de seguridad en zonas de riesgo radiológico	22
3.7. Normas de señalización en salas e instalaciones	24

CAPÍTULO 4

4. NORMAS DE VIGILANCIA ANTE EXPOSICIONES A LA RADIACIÓN IONIZANTE	27
4.1. Normas generales en exposiciones ocupacionales	27
4.2. Normas generales en exposiciones médicas	30
4.3. Normas generales en exposiciones a miembros del público	33

CAPÍTULO 5

5. NORMAS DE CONTROL DEL MATERIAL RADIOACTIVO EN LABORATORIOS	35
5.1. Procedimientos de control sobre material radioactivo	35
5.1.1. Adquisición del material radioactivo	36
5.1.2. Recepción del material radioactivo	36
5.1.3. Almacenamiento del material radioactivo	37
5.1.4. Transporte del material radioactivo	39
5.2. Normas generales de manipulación de material radioactivo	40

5.3. Procedimientos de descontaminación radioactiva	41
5.3.1. Descontaminación de superficies y objetos	41
5.3.2. Descontaminación personal	42
5.4. Normas generales sobre residuos radioactivos	44
5.4.1. Residuos radioactivos sólidos	45
5.4.2. Residuos radioactivos líquidos	46
5.5. Fuentes radioactivas fuera de uso	48
5.6. Normas de descargas al Medio Ambiente	50
5.7. Registros y documentación	51

CAPÍTULO 6

6. NORMAS DE PROTECCIÓN EN RADIODIAGNÓSTICO	53
6.1. Normas de diseño para instalaciones con servicio de Radiodiagnóstico ...	54
6.1.1. Normas generales para instalaciones que usen radiación ionizante .	54
6.1.2. Normas de diseño para salas de Rayos X y consola de control	55
6.2. Especificaciones técnicas para la adquisición y recepción de los equipos de Rayos X	57
6.2.1. Normas generales para la adquisición y recepción	57
6.2.2. Características de adquisición de equipos de Rayos X	58
6.2.3. Puesta en funcionamiento de un equipo de Radiodiagnóstico	59
6.3. Normas de funcionamiento de los equipos de Radiodiagnóstico	60
6.3.1. Funcionamiento de un equipo de Radiodiagnóstico en general	60

6.3.2. Funcionamiento del equipo de Rayos X convencional	61
6.3.3. Funcionamiento de los equipos de fluoroscopia	62
6.3.4. Funcionamiento de los equipos móviles	62
6.3.5. Funcionamiento de los equipos de mamografía	63
6.3.6. Funcionamiento de equipos de tomografía computarizada	63
6.3.7. Funcionamiento para los equipos de radiografía intraoral	64
6.3.8. Funcionamiento para los equipos de radiografía extraoral	65
6.4. Normas de protección de los pacientes en salas de Radiodiagnóstico	67
6.4.1. Cuidados generales del paciente	67
6.4.2. Cuidados del paciente en radiografía convencional.....	69
6.4.3. Cuidados del paciente en fluoroscopia	69
6.4.4. Cuidados del paciente en presencia de equipos móviles	69
6.4.5. Cuidados del paciente en mamografía	70
6.4.6. Cuidados del paciente en tomografía computarizada	70
6.4.7. Cuidados del paciente en radiografía dental	71
6.5. Normas de protección para el POE en salas de Radiodiagnóstico	71
6.5.1. Protección del POE en radiografía convencional	71
6.5.2. Protección del POE en fluoroscopia	73
6.5.3. Protección del POE en presencia de equipos móviles	74
6.5.4. Protección del POE en mamografía	74

6.5.5. Protección del POE en tomografía computarizada	75
6.5.6. Protección del POE en radiografía dental (intraoral y extraoral)	75
6.6. Protecciones de los miembros del público y familiares en radiografía	76
6.7. Normas para desinfección de quirófanos con radiación ultravioleta (UV) ..	76

CAPÍTULO 7

7. NORMAS DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA EN MEDICINA NUCLEAR Y RADIOTERAPIA	79
7.1. Normas para las instalaciones con servicio de Medicina Nuclear	80
7.1.1. Normas generales para las instalaciones	80
7.1.2. Instalaciones para exposiciones “in vivo”	80
7.1.3. Instalaciones para exposiciones “in vitro”	82
7.1.4. El diseño del sistema de ventilación	83
7.2. Normas sobre fuentes y equipos utilizados en Medicina Nuclear	84
7.2.1. Normas particulares para fuentes abiertas	84
7.2.2. Mantenimiento y calibración del equipamiento de Medicina Nuclear ..	85
7.3. Normas de protección del paciente en Medicina Nuclear	86
7.3.1. Normas para los pacientes en pruebas de diagnóstico	86
7.3.2. Protección del paciente en tratamientos	87
7.3.3. Protección para mujeres	88
7.4. Normas de protección del personal en Medicina Nuclear	89
7.5. Normas de protección para público en general en Medicina Nuclear	90

7.6. Normas para instalaciones con servicio de Radioterapia	91
7.6.1. Normas generales para las instalaciones	91
7.6.2. Instalaciones para Braquiterapia	92
7.6.3. Instalaciones para Teleterapia	93
7.7. Normas sobre fuentes y equipos utilizados en Radioterapia	94
7.7.1. Normas particulares para fuentes selladas	94
7.7.2. Mantenimiento y calibración del equipamiento de Radioterapia	96
7.8. Protección radiológica del paciente en Radioterapia	96
7.9. Normas de protección del personal en Radioterapia	97
7.10. Normas de protección para público en general en Radioterapia	98
7.11. Vigilancia Radiológica y gestión de residuos radioactivos	99
CONCLUSIONES	100
RECOMENDACIONES	102
ANEXOS	104
BIBLIOGRAFÍA	138

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura # 1.1.a Henry Becquerel	2
Figura # 1.1.b Marie Curie	2
Figura # 3.1.a Símbolo representativo de zona controlada	24
Figura # 3.1.b Símbolo representativo de zona vigilada	24
Figura # 3.1.c Símbolo representativo de acceso prohibido	24
Figura # 3.1.d Símbolo representativo de permanencia limitada	24
Figura # 3.2. Símbolo representativo de radiaciones no ionizantes	26
Figura # 5.1. Símbolo representativo de radiaciones ionizantes	44

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla # 5.1. Radionucleidos más habituales en aplicaciones médicas	43
Tabla # 5.2. Clasificación de los residuos radioactivos	49
Tabla # 6.1. Voltajes de operación de los equipos de Radiodiagnóstico	59

ABREVIATURAS

CTPR	Comisión Técnica de Protección Radiológica
CEEA	Comisión Ecuatoriana de Energía Atómica
PR	Protección Radiológicas
SDP	Servicio de Dosimetría Personal
ES	Establecimientos de Salud
POE	Personal Ocupacionalmente Expuesto
MAE	Ministerio del Ambiente Ecuatoriano
UV	Ultra violeta
IR	Infrarojo
NCRP	National Commission for Radiation Protection
IAEA	International Atomic Energy Agency
IEC	International Electrotechnical Commission
MSP	Ministerio de Salud Pública

INTRODUCCIÓN

En este proyecto 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. Todas las normas presentes en los siguientes capítulos están enfocadas a la protección del paciente.

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, los objetivos y el alcance de aplicación de este manual.

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.

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES

1.1. Antecedentes históricos

La radiación ionizante, por su propia naturaleza, produce daños en los seres vivos. Desde el descubrimiento de los Rayos X por Roentgen en 1895 y de la radiactividad por Becquerel en 1896, los conocimientos sobre sus efectos han ido avanzando a la par que los estudios sobre las propias radiaciones y sobre la esencia de la materia misma, no siempre son episodios lamentables.

Aunque la radiación ionizante va asociada con episodios lamentables, también ha producido beneficios. Así, Becquerel (Figura # 1.1 (a)) sufrió daños en la piel a causa de la radiación de un frasco de radio que tenía guardado en su bolsillo. Marie Curie (Figura # 1.1 (b)), merecedora en dos

ocasiones del Premio Nobel por sus investigaciones sobre las propiedades de las sustancias radioactivas, falleció víctima de leucemia, a causa de su exposición a la radiación. Más de trescientos de los primeros trabajadores en este campo murieron a causa de las dosis recibidas. El empleo de la bomba atómica en Hiroshima y Nagasaki produjo irradiación en estas poblaciones, con secuelas que aún continúan siendo estudiadas, y son fuente de información acerca de los efectos biológicos producidos por la radiación a largo plazo. La utilización de las radiaciones en medicina, con fines terapéuticos o de diagnóstico, constituye uno de los aspectos más destacados del beneficio que éstas suponen para la humanidad, pero en su desarrollo también se causaron exposiciones a los pacientes, que en la actualidad serían injustificables, provocando en ciertos casos el desarrollo de daños atribuibles a la radiación recibida.



(a)



(b)

Figura # 1.1 (a) Henry Becquerel (b) Marie Curie.

Toda esa experiencia negativa sin duda ha ido creando en el subconsciente colectivo una idea deformada sobre la radiación y la radiactividad, que se perciben como consustancialmente peligrosas, con independencia del tipo de radiación, de la cantidad recibida o del motivo por el que se reciba. Además, a nivel popular, suele desconocerse que la radiación y radiactividad forman parte de la naturaleza y de nuestro propio cuerpo.

1.2. Objetivo del manual

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 debe, por tanto:

- a.** Establecer las directrices para la aplicación de la normativa básica relativa a la protección contra los riesgos derivados de la exposición a la radiación ionizante en instalaciones radiológicas hospitalarias, en beneficio de los pacientes, trabajadores y público en general.
- b.** Determinar las líneas de responsabilidad del personal de las instalaciones.
- c.** 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.
- d.** Servir de precedencia para el desarrollo del manual de cada Establecimiento de Salud (ES).

1.3. Aplicación del manual

Son objetos de aplicación de las presentes normas, todos los ES de todo el país tales como hospitales, clínicas, centros de salud, consultorios, policlínicos, clínicas dentales y laboratorios clínicos, así como también todo el personal que trabaja en un área determinada, o que utilice equipos emisores de radiación ionizante, o que esté implicado en su adquisición y mantenimiento.

Cualquier modificación del manual deberá ser realizada y aprobada por la Dirección General del ES, como máximo responsable.

CAPÍTULO 2

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 presentes normas dependerá la disminución del riesgo, teniendo un beneficio, tanto para los trabajadores, como para los pacientes y público en general. Las obligaciones en materia de PR de los distintos profesionales implicados son:

2.1. Dirección General

- a.** Como máxima autoridad del ES, será el responsable legal de que en el mismo se sigan las normas contenidas en este manual.

- b.** Será el responsable de la coordinación de los distintos servicios hospitalarios implicados en la administración, utilización y mantenimiento de las instalaciones radioactivas y radiológicas.
- c.** En las inspecciones preceptivas que los funcionarios de la Comisión Ecuatoriana de Energía Atómica (CEEAA) realicen al ES, éste tendrá la obligación de facilitar todos los medios necesarios para el cumplimiento de su misión.
- d.** Tramitará la documentación reglamentaria de las instalaciones y aprobará los procedimientos relativos a la PR, elaborados con la participación de los supervisores de las distintas áreas hospitalarias.
- e.** Deberá atribuir al Jefe de la Comisión Técnica de Protección Radiológica (CTPR), la autoridad para velar por el cumplimiento de las normas establecidas en este manual.

2.2. Dirección Administrativa

- a.** Deberá responder por la contratación del personal, sanitario o no sanitario, que vaya a ser destinado a servicios y unidades con riesgo radiológico.
- b.** Estará a cargo de las obras que se realicen en el ES y del mantenimiento que afecten a las instalaciones con riesgo radiológico.
- c.** Será el responsable en la adquisición de equipos productores de radiaciones ionizantes y materiales radioactivos, con el asesoramiento previo de la unidad técnica del centro o con ayuda de un miembro capacitado de la CTPR.

2.3. Dirección Médica

- a. El Director Médico, de acuerdo con la autoridad de su cargo, deberá responder por el cumplimiento de las normas establecidas en este manual, concerniente al personal médico y al funcionamiento de los servicios y unidades.
- b. Estará obligado a comunicar a la CTPR los movimientos del personal en los servicios con riesgo radiológico, con antelación suficiente para adoptar las medidas correspondientes.

2.4. Jefes de los Servicios o Unidades Médicas

Deberán establecer dentro de sus servicios o unidades, las responsabilidades, en lo relacionado a su funcionamiento como instalación radioactiva. Además, deberá coordinar con el Jefe de la CTPR las actividades a realizar en su instalación, permitiendo el acceso a los equipos y la documentación de su funcionamiento.

2.5. Personal de las instalaciones radioactivas

Todas las personas que trabajen en una instalación radioactiva deberán estar formadas y capacitadas para ello, por tal motivo, estarán provistas de la correspondiente licencia de operador o supervisor, otorgadas por la CEEA. Las responsabilidades y funciones de cada una de estas personas son las siguientes:

2.5.1. Supervisor de una instalación radioactiva

- a.** En obligación de su licencia, está capacitado para dirigir el funcionamiento de la instalación y las actividades de los operadores, siendo responsable de tener actualizado un registro de operación.
- b.** Deberá responder por el funcionamiento de la instalación y está obligado hacer cumplir las normas especificadas en el presente manual.
- c.** Tiene la autoridad para detener y reanudar, en cualquier momento, el funcionamiento de la instalación comunicándolo inmediatamente a la CTPR.
- d.** En caso de emergencia adoptará las medidas que estime oportunas, dejando constancia de ellas, y comunicándolo a la mayor brevedad posible a la CTPR.
- e.** Participará con la CTPR en la elaboración de la documentación preceptiva de la instalación.

2.5.2. Operador

- a.** En virtud de su licencia será el encargado de manipular los dispositivos de control de los equipos, y el material radioactivo de la instalación.
- b.** Tendrá autoridad para detener en cualquier momento el funcionamiento de la instalación, si estima que se han reducido las condiciones de seguridad.

2.5.3. Personal de mantenimiento de equipos e instalaciones

Establecerá, en colaboración con la CTPR correspondiente, el método más apropiado en lo referente a las operaciones de mantenimiento preventivo o correctivo que afecten a los equipos e instalaciones con riesgo radiológico, así como a las modificaciones que afecten a dichas instalaciones.

2.5.4. Personas sin licencia

Toda persona que, sin necesitar licencia, trabaje en una instalación deberá conocer y, cumplir las normas de protección contra las radiaciones ionizantes, así como su actuación en caso de emergencia.

2.6. Comisión Técnica de Protección Radiológica

La CEEA, en función de las características del centro, y considerando el riesgo radiológico existente, podrá recomendar al Director del ES para que disponga de un servicio de PR interno, con el fin de proporcionarle asesoramiento específico y de que asuma las funciones que en esa materia le pertenecen.

2.6.1. Organización

- a. La CTPR se organizará, y actuará independientemente del resto de las unidades del ES.

- b.** La CTPR, deberá estar expresamente autorizada por la CEEA, y estará constituido y organizado jerárquicamente de la siguiente manera:
 - b.1.** El Jefe de la CTPR, será un graduado en ciencias físicas, médicas o de ingeniería, además de estar licenciado por la CEEA según la norma vigente en el Art. 104 del Reglamento de Seguridad Radiológica de la CEEA.¹ [1]
 - b.2.** Especialistas en ingeniería, tecnólogos médicos.
 - b.3.** Técnicos superiores en Radioterapia o en Diagnóstico por imagen, que colaborarán activamente con los médicos.

2.6.2. Funciones del Jefe de la CTPR

- a.** Deberá asesorar al Director del ES en materia de PR, poniendo en su conocimiento los problemas que puedan incidir en la seguridad de las instalaciones, y en la protección de los pacientes, el Personal Ocupacionalmente Expuesto (POE), y público.
- b.** Vigilará el cumplimiento de las normas establecidas en este manual.
- c.** Certificará los historiales dosimétricos del POE.

¹ Reglamento de Seguridad Radiológica de la CEEA Art. 104.- Licencias de Trabajo.- Solamente las personas que estén debidamente autorizadas mediante una licencia concedida por la CEEA pueden trabajar en el campo de las radiaciones.

- d. Comunicará, a los responsables jerárquicos de las instalaciones, de las circunstancias que exigen la paralización de las mismas por incumplimiento de las normas de PR.
- e. Deberá estar presente durante las inspecciones de la CEEA, así como tener conocimiento de los informes y comunicaciones que remita dicho Organismo.
- f. Informará sobre las medidas de PR a los trabajadores que, sin necesitar licencia, operen en una instalación con riesgo radiológico.

2.6.3. Obligaciones generales de la CTPR

Los miembros de la CTPR están encargados de vigilar el cumplimiento de la legislación vigente en materia de PR, además de la normativa propia, por lo cual tienen la obligación de:

- a. Establecer normas, instrucciones y procedimientos específicos sobre PR, aplicables a las actividades realizadas en las instalaciones.
- b. Participar en los procesos de adquisición del equipamiento radiológico.
- c. Inspeccionar la construcción o modificación de las instalaciones radioactivas y radiológicas.
- d. Evaluar los riesgos radiológicos de las instalaciones.
- e. Estar a cargo de vigilar el almacenamiento y evacuación de residuos radioactivos sólidos y líquidos.

- f.** Realizar la vigilancia radiológica del POE decidiendo las técnicas, y procedimientos a emplear.
- g.** Estar a cargo del control de los dosímetros personales y de la dosimetría de cada área.
- h.** Clasificar y señalar las zonas de las instalaciones que presentan riesgo radiológico.
- i.** Clasificar al POE y su supervisión sanitaria.
- j.** Evaluar el impacto radiológico de las instalaciones, tanto en funcionamiento normal, como en caso de accidentes.
- k.** Estar a cargo de la formación y entrenamiento del POE.
- l.** Realizar los controles de calidad pertinentes en el equipamiento en las instalaciones de Medicina Nuclear, Radiodiagnóstico y Radioterapia.
- m.** Registrar y archivar los datos recogidos en los programas de vigilancia radiológica del personal, de las instalaciones, de las operaciones y de los efluentes radioactivos.
- n.** Disponer del historial dosimétrico previo del POE, que se incorporen a las instalaciones.
- o.** Disponer de un inventario de las fuentes radioactivas de las instalaciones permanentemente actualizado.
- p.** 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.

CAPÍTULO 3

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. Riesgos radiológicos

En las instalaciones sanitarias se pueden presentar riesgos radiológicos tales como la irradiación externa, y la contaminación radioactiva, que puede ser interna o externa; el personal deberá conocer los tipos de instalaciones y riesgos que pueden presentar, los cuales se detalla en el anexo B.

3.2. 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.

3.2.1. Personal Ocupacionalmente Expuestos (POE)

- a.** Toda persona, que por el lugar en donde se desarrolla su trabajo, ya sea de modo ocasional o habitual, están sometida a un riesgo de exposición a las radiaciones ionizantes, serán considerado en la categoría de POE.
- b.** Los trabajadores o estudiantes mayores de 18 años que, durante su enseñanza o capacitación, se encuentren expuestos a radiaciones ionizantes, serán considerados como POE.
- c.** El POE se subdividirá en 2 categorías para mayor control:[2]
 - c.1.** Categoría A: Pertenece a esta categoría los que reciban una dosis efectiva superior a 6 mSv por año calendario.
 - c.2.** Categoría B: Pertenece a esta categoría aquellos que reciban dosis efectiva inferior a 6 mSv por año calendario.
- d.** La condición del POE de Categoría A exige obligatoriamente:
 - d.1.** Pasar la revisión médica que se hace previa a su ingreso
 - d.2.** Haber recibido formación en PR.

- d.3.** Utilizar obligatoriamente un dosímetro individual que mida la dosis externa, siempre que realicen trabajos que supongan riesgos de exposición externa.
- d.4.** Utilizar dosímetros adecuados en el caso de riesgo de exposición parcial del cuerpo.
- d.5.** Someterse a los controles dosimétricos, en caso de existir riesgo de contaminación interna.
- e.** La condición del POE de Categoría B exige obligatoriamente:
 - e.1.** Pasar la revisión médica que se hace previa a su ingreso
 - e.2.** Haber recibido formación en PR.
 - e.3.** Estar sometido a un sistema de vigilancia dosimétrica que garantice que las dosis recibidas sean compatibles con su clasificación en la Categoría B.

3.2.2. Miembros del público

Se consideran miembros del público al personal no expuestos a la radiación ionizante a los usuarios de las instituciones sanitarias mientras no estén siendo atendidos y a cualquier otro individuo de la población.

3.3. Límites de Dosis

- a.** 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 el anexo C de la presente norma; estos límites de dosis² se aplican a cada trabajador y a miembros del público.

- b.** Estos límites no se aplican al control de las exposiciones potenciales, ni deben ser considerados para la toma de decisiones en caso de una intervención.
- c.** El POE deberá ser informado de la dosis de radiación recibida, tanto en el caso de operaciones planificadas, como en situaciones normales de operación.
- d.** En el cómputo de las dosis recibidas por el POE y miembros del público, no deben incluirse las dosis originadas en la exposición médica.
- e.** La dirección de una instalación debe comunicar a la Comisión Técnica de Protección Radiológica (CTPR) cuando un trabajador exceda cualquier límite de dosis establecido en el anexo C de la presente norma.
- f.** Los límites anuales de dosis no se aplican a las exposiciones médicas si la práctica está justificada y la protección del paciente está optimizada.

² Para mayor información sobre magnitudes y unidades radiológicas revisar el anexo D

3.4. Normas Dosimétricas

El trabajador estará continuamente controlado de manera individual con el uso del dosímetro, por lo cual deberá satisfacer la siguiente normativa:

3.4.1. Control dosimétrico personal

- a.** La dosimetría personal externa del POE deberá ser realizada por un Servicios de Dosimetría Personal (SDP) capacitado, y autorizado por la Comisión Ecuatoriana de Energía Atómica (CEEAA).
- b.** Para el POE de Categoría A, las dosis individuales por irradiación externa se estimarán, mensualmente, con dosímetros personales.
- c.** El dosímetro de solapa se utilizará para estimar las dosis equivalentes individuales, profundas, y superficiales, a cuerpo entero.
- d.** En caso de riesgos de exposición no homogénea del organismo, se deberán utilizar dosímetros adecuados en las partes potencialmente más afectadas.
- e.** Se pueden estimar las dosis del POE de Categoría B con dosímetros personales, a partir de los datos obtenidos de la dosimetría de área de las diferentes zonas de trabajo.
- f.** En exposiciones especialmente autorizadas, se recomienda utilizar dosímetros personales de lectura directa. Su control y registro dependen de la CTPR.

3.4.2. Control dosimétrico de área

- a. El uso de dosímetros de área será supervisado por la CTPR, quien fijara su localización, de tal manera, que deberán estar colocados en la consola de operación tras el blindaje estructural, a una altura equivalente al tórax de una persona.
- b. En las instalaciones de mamografía que el propio equipo incluya una mampara asociado a la consola, el dosímetro de área se colocara en la mampara.
- c. Los dosímetros en los puestos de trabajo estarán asignados a un equipo de Rayos X, y lo llevarán los distintos trabajadores cuando operen en ese equipo como si de un dosímetro personal se tratara, por tanto, estarán calibrados en términos de $H_p(d)$ (Equivalente de dosis personal).
- d. Los dosímetros calibrados en términos de $H^*(d)$ (Equivalente de dosis ambiental), deberían estar alejados de materiales dispersores, mientras que los calibrados en $H_p(d)$ deberán disponer de un pequeño volumen dispersor en su parte posterior.

3.4.3. Utilización de los dosímetros

- a. El uso del dosímetro es personal, y restringido al centro al que está asignado.
- b. El dosímetro se deberá colocar en aquella posición que sea más característica de la parte más expuesta de la superficie del cuerpo.

- c. En aquellos casos en los que sea necesario el uso del delantal plomado, el dosímetro se colocará debajo de éste.
- d. En los casos en que los valores registrados estén próximos a los niveles de límite de dosis permitidos, a juicio de la CTPR se usara 2 dosímetros, uno debajo del delantal, para estimar la dosis efectiva y otro por encima del delantal, para estimación de la dosis equivalente en el cristalino y la piel.
- e. Si un dosímetro se pierde o se daña, el usuario del mismo estará obligado a comunicarlo a la CTPR inmediatamente.
- f. La responsabilidad del uso correcto del dosímetro es del propio usuario.
- g. El POE estará obligado a realizar el cambio mensual del dosímetro en el plazo y en la forma establecidos por la CTPR, la cual deberá comunicar a la Dirección del Centro el uso indebido en la utilización de los dosímetros.

3.4.4. Historial dosimétrico

- a. Todas las dosis recibidas por el POE quedarán registradas en su historial dosimétrico, en el anexo E se muestra un ejemplo del registro.
- b. Se registrarán y mantendrán a disposición del trabajador y de la CEEA los siguientes documentos:
 - b.1. Los resultados de la supervisión del ambiente de trabajo que se hayan utilizado para estimar las dosis individuales.

- b.2.** Para exposiciones accidentales y superación de límites, los informes relativos a las circunstancias y las medidas adoptadas.
- c.** En el caso de cambio de empleo, el trabajador deberá proporcionar copia certificada de su historial dosimétrico al titular de su nuevo destino.
- d.** 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.
- e.** 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.

3.5. Normas de clasificación y accesos a zonas con riesgo radiológico

- a.** La CTPR realizará la clasificación de los lugares de trabajo de acuerdo con la evaluación de las dosis anuales previstas, el riesgo de dispersión de la contaminación, la probabilidad y magnitud de exposiciones potenciales.
- b.** Los miembros encargados de la CTPR designarán como zona controlada a toda zona en la que se pudieran requerirse medidas de protección específicas para:
 - b.1.** Controlar las exposiciones e impedir la dispersión de la contaminación.

- b.2.** Prevenir, limitar la magnitud de las exposiciones en casos de accidente.
- c.** Los miembros de la CTPR, delimitarán por medios físicos las zonas controladas, o cuando esto no sea factible, por otros medios adecuados.
- d.** Cuando una fuente se ponga en funcionamiento, o se traslade de un lugar a otro, delimitarán una zona controlada adecuada por medios apropiados en las circunstancias existentes y especificarán los tiempos de exposición.
- e.** Se colocarán los símbolos recomendados por la norma 3.7.c del presente manual, así como instrucciones en los puntos de acceso a las zonas controladas.
- f.** El acceso a las zonas controladas estará restringido a personas autorizadas.
- g.** Si miembros del público ingresan a zonas controladas, éstos deberán acatar las normas de protección que se apliquen, para que puedan permanecer en esta zona.
- h.** Se proporcionarán en los puntos de entrada en las zonas controladas:
 - h.1.** Equipo de protección personal.
 - h.2.** Equipo de monitorización radiológica individual y del lugar de trabajo.
 - h.3.** Un lugar adecuado para guardar las prendas de vestir personales.

- i. Al salir de una zona controlada, que en situación normal es un área con riesgo de contaminación, se deben tomar las siguientes precauciones:
 - i.1. Se realizarán un control de contaminación superficial de manos, pies y ropa, con detectores adecuados.
 - i.2. Se procederá a la descontaminación, siempre que se haya cortado, o manipulado alguna fuente de pequeño tamaño; y se debe controlar la posible contaminación del trabajador y del área antes de dejarla.
- j. 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.

3.6. Normas de seguridad en zonas con riesgos radiológicos

- a. Estará prohibido comer, beber, fumar o la aplicación de cosméticos en las zonas donde se manipule material radioactivo.
- b. No se introducirán objetos personales en la zona donde se manipulan productos radioactivos.
- c. Será de carácter obligatorio el uso de ropa de laboratorio y guantes de látex cuando se trabaje con productos radioactivos.
- d. Lavarse las manos cuidadosamente después de trabajar con productos radioactivos, aunque no se detecte contaminación.
- e. Las personas con heridas abiertas no pueden manipular productos radioactivos.

- f. Se deberá trabajar con el material radioactivo en un área exclusiva, sobre papel absorbente y bandejas.
- g. Se deberá trabajar en campana de gases cuando se use un radionucleido volátil o se caliente una solución radioactiva.
- h. Se usarán las pantallas protectoras de radiación cuando sea necesario. Usar gafas protectoras, o bien trabajar protegidos por una pantalla de metacrilato, aunque la radiación no lo requiera, como protección contra las proyecciones.
- i. Se deberán usar dosímetros personales y cumplir las normas 3.4.2 de este manual.
- j. Mantener en todo momento una limpieza escrupulosa en el área de trabajo; las contaminaciones y manchas pequeñas se deben limpiar de inmediato.
- k. Al iniciar el trabajo, durante el trabajo, y al finalizarlo se deberá comprobar la ausencia de contaminación en la zona de trabajo, equipos, guantes, etc.
- l. En lo referente a los residuos radioactivos en zonas con riesgos radiológicos se deberán cumplir las normas 5.4 del presente manual.

3.7. Normas de Señalización en Salas e Instalaciones

- a. El riesgo de irradiación vendrá señalizado mediante su símbolo internacional: un "trébol" enmarcado por una orla rectangular del mismo color.[3]

b. Los colores de los "tréboles" indicarán la clasificación de la zona, en orden creciente al riesgo asociado, éstos son: [4]

- Gris azulado: Zona vigilada.
- Verde: Zona controlada.
- Amarillo: Zona de permanencia limitada.
- Rojo: Zona de acceso prohibido.



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura # 3.1 Símbolo representativo de (a) zona controlada (b) zona vigilada (c) zona de acceso prohibido (d) zona de permanencia limitada.

- c. Cuando exista solamente riesgo de radiación externa y el riesgo de contaminación sea despreciable, el "trébol" vendrá rodeado de puntas radiales.
- d. Las señales se colocarán bien visibles a la entrada de las correspondientes áreas, y en los lugares significativos de ellas.
- e. Si el riesgo es de contaminación y el de radiación es despreciable el "trébol" irá sobre campo punteado. Si existen ambos riesgos irá rodeado de puntas radiales y sobre campo punteado. Además, en la parte superior de la señal, una leyenda nos indicará el tipo de zona, y en la inferior otra con el tipo de riesgo como podemos visualizar en las figuras de la norma 3.7.b.
- f. En las zonas que no tienen una clasificación permanente se colocará junto a la señal preceptiva un cartel indicando las restricciones aplicables.
- g. Los equipos móviles de Rayos X llevarán una señal que indique sus características, riesgos y restricciones de uso.
- h. En las salas con riesgo radiológico siempre deberá haber una señalización luminosa sobre la parte externa de la puerta de acceso (luz roja), la cual será accionada durante los estudios y procedimientos radiológicos.
- i. En las puertas de los sanitarios, y vestidores de la zona vigilada que dan ingreso a la sala de Rayos X debe existir un cartel con la siguiente leyenda: "NO ABRIR ESTA PUERTA A MENOS QUE LO LLAMEN".

- j. Las salas de Rayos X debe tener señalización que incorpore el símbolo de zona controlada.
- k. En la sala de Rayos X, debe colocarse en lugar y tamaño visible por el paciente, un cartel con la siguiente leyenda: “EN ESTA SALA SOLAMENTE PUEDE PERMANECER UN PACIENTE A LA VEZ”.
- l. Cuando se tenga que desinfectar una sala por métodos de ultravioleta se deberá señalizar apropiadamente el área e implementar señalización visual que permita informar sobre el funcionamiento de LUV. Puede utilizarse el símbolo general de radiaciones no ionizantes que se muestra a continuación. [5]



Figura # 3.2 Símbolo representativo de radiaciones no ionizante

CAPÍTULO 4

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

- a. Todo el personal expuesto deberá ser clasificado según su tipo y tiempo de exposición, según dicta la norma 3.2.1.c del presente manual, y se le aplicará el límite de dosis según su categoría correspondiente a la norma 3.3.a del presente manual.

- b.** En el caso de exposición ocupacional uniforme a cuerpo entero, el límite anual de dosis efectiva será de 20 mSv.[6]
- c.** Cuando una trabajadora se percate de su embarazo, debe comunicarlo al empleador para modificar sus condiciones de trabajo, si es necesario, de manera que la dosis en la superficie del abdomen de la trabajadora no sea mayor a 1 mSv durante todo el período de embarazo, o la ingestión de radioisótopos no sea superior a 1/20 del límite anual de incorporación establecido por la Comisión Ecuatoriana de Energía Atómica (CEEA), para ese mismo período.[7]
- d.** No se permitirá que una persona menor de 16 años esté sometida a exposición ocupacional.
- e.** Ninguna persona menor a 18 años deberá trabajar en una zona controlada, a menos que lo haga bajo supervisión y sólo con fines de capacitación.
- f.** Las exposiciones planificadas debidas a circunstancias especiales se justificarán, sólo si no se dispone de otras alternativas técnicas que no entrañen tal exposición. En este caso, tanto el trabajo como la dosis que pudiera recibirse, deben ser previamente autorizadas por la CEEA, y no deberán superar los límites anuales de dosis.
- g.** En los lugares y puestos de trabajo se establecerá un programa de vigilancia radiológica, concordante con la magnitud de las exposiciones normales y potenciales.
- h.** La vigilancia radiológica deberá satisfacer los siguientes requisitos:
 - h.1.** Permitirá evaluar las condiciones radiológicas existentes.

- h.2.** Evaluará la exposición de las zonas controladas y vigiladas.
- h.3.** Examinará la clasificación de las áreas controladas y vigiladas.
- i.** 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, y en conformidad con las disposiciones específicas de la CEEA.
- j.** Cuando el trabajador realice sus actividades habituales en zonas vigiladas, o ingrese solo, ocasionalmente a una zona controlada, no será obligatoria la vigilancia radiológica individual, pero deberá evaluarse su exposición ocupacional, sea en base a los resultados de la vigilancia radiológica del lugar de trabajo, o individual.
- k.** La vigilancia radiológica operativa será efectuada mediante equipamiento adecuado al tipo de exposición o contaminación a medir, el mismo que deberá ser calibrado con frecuencias que se determinen específicamente, y a través de un laboratorio de calibración dosimétrica acreditado por la CEEA.
- l.** Los trabajadores sometidos a exposición ocupacional deberán ser sometidos a un programa de vigilancia médica basado en los principios de la salud ocupacional.[8]
- m.** Cuando se estime que un trabajador haya recibido una dosis efectiva superior a 100 mSv durante una intervención, se debe efectuar una evaluación médica y dosimétrica, previo a su reintegro al trabajo.

- n. El responsable de la instalación deberá decidir si dicho trabajador puede continuar con sus tareas que impliquen exposición a la radiación.
- o. El personal paramédico y auxiliar en general que trabaje con maquinas o fuentes de radiación no podrá, bajo ninguna circunstancia, laborar mas de 8 horas mensuales extras.
- p. Cuando un empleado que trabaje en el área de radiación tome vacaciones debe ser las más breve posibles, y estar observadas y registradas.

4.2. Normas Generales en exposiciones médicas

- a. 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.
- b. Se deberán considerar los beneficios de usar otras técnicas que no impliquen exposición médica, así como el uso de fuentes que ocasionen menor riesgo que otras, pero que logren los mismos fines que se persiguen.
- c. No se justificarán los exámenes radiológicos con fines ocupacionales, legales o de seguro médico, a menos que tengan una indicación clínica, y que proporcionen una información útil sobre la salud del individuo.
- d. No se justifican los exámenes masivos de la población que impliquen exposición médica, a menos que las ventajas previstas para los

individuos examinados compensen los costos económicos y sociales, incluidos el detrimento radiológico.[9]

- e. No se justificará la exposición de personas con fines de investigación a menos que esté en conformidad con las disposiciones de la Declaración de Helsinki³, se ajuste a las directrices del Consejo de Organizaciones Internacionales de Ciencias Médicas. En este caso la exposición debe ser autorizada previamente por la CEEA.
- f. Se evitarán los procedimientos de diagnóstico o de terapia que ocasionen exposición en el abdomen de una mujer embarazada o probablemente embarazada, a menos que existan fuertes indicaciones clínicas; en este caso se deberán tomar todas las medidas de protección para reducir las dosis al feto.
- g. La exposición médica se optimizará considerando los requisitos relativos al diseño de las fuentes y equipos y a la aplicación de procedimientos, de tal modo que se reduzca al mínimo toda exposición no planificada de pacientes, y que sea mínima la incidencia del error humano en la administración de la exposición médica.
- h. Se establecerá un programa de garantía de calidad de las exposiciones médicas apropiado, en alcance y extensión, para verificar que los parámetros físicos y clínicos, así como los procedimientos, sean los apropiados para el diagnóstico o tratamiento de pacientes.

³ **Declaración de Helsinki:** Propuestas de principios éticos por parte de la Asociación Médica Mundial que sirvan para orientar a los médicos y a otras personas que realizan investigación médica en seres humanos.

- i. Deberán establecerse los procedimientos apropiados sobre la operación de las fuentes y equipos, a fin de restringir la dosis en pacientes a las requeridas para un diagnóstico o tratamiento adecuado.
- j. Los equipos y fuentes utilizados con fines de exposición médica deberán ser sometidos a calibraciones periódicas, a través de un laboratorio de dosimetría acreditado por la CEEA.
- k. Las dosis de personas expuestas con fines de investigación deberán restringirse, de modo que no rebasen los valores que establezca la CEEA en cada caso. Las dosis de personas que prestan ayuda voluntaria en el cuidado, alivio o bienestar de pacientes, o de los visitantes de pacientes que tengan incluidos radionucleidos con fines terapéuticos, deberán restringirse al valor más bajo que se pueda lograr pero sin que sean mayores al nivel indicado en el anexo C.
- l. Los pacientes sometidos a tratamiento con fuentes selladas o fuentes abiertas, deben permanecer en el hospital hasta que la actividad de la fuente incorporada haya descendido a niveles aceptables.
- m. Se deberán investigar todos los incidentes que impliquen exposiciones causadas por tratamientos terapéuticos administrados a un paciente, diferentes a los prescritos por el médico, exposición diagnóstica mayores a la prevista, fallas de equipos, o sucesos que causen exposiciones diferentes a las previstas. Las medidas de investigación deben considerar el cálculo de dosis estimada, causas del suceso, medidas correctivas e información del incidente al paciente y la CEEA.

4.3. Normas generales en exposiciones a miembros del público

- a.** 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 CEEA.
- b.** La exposición pública debida a la contaminación, deberá ser restringida mediante la aplicación de disposiciones específicas de contención, que eviten la dispersión de la fuente.
- c.** Los miembros de la Comisión Técnica de Protección Radiológica (CTPR) establecerán un programa de vigilancia radiológica operacional y ambiental, acorde con la magnitud de la fuente, que asegure que se satisfacen los requisitos de la presente norma, en cuanto a la exposición del público y a los vertidos de sustancias radioactivas.
- d.** Está prohibido suministrar o utilizar dispositivos, o productos de consumo que puedan causar exposición al público, a menos que esta exposición esté debidamente justificada.
- e.** En circunstancias normales de trabajo, los miembros del público nunca estarán expuestos a una irradiación externa derivada de actividades laborales realizadas en locales de acceso exclusivo para los trabajadores autorizados.
- f.** Los principales riesgos que pudiesen afectar a un miembro del público son los derivados del uso de equipos de Rayos X móviles, y la presencia de algún paciente sometido a una exploración con

radioisótopos, por lo cual se deberá aislar al miembro del público en un área específica a su clasificación. [10]

CAPÍTULO 5

5. NORMAS DE CONTROL DEL MATERIAL Y RESIDUOS RADIOACTIVOS EN LABORATORIOS

La utilización de radionucleidos 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

- a. La CTPR supervisara que la compra de los radionucleidos se efectúe a un proveedor autorizado.
- b. El trabajador de una instalación autorizada, podrá solicitar la adquisición de un radionucleido particular, siguiendo el procedimiento específico al efecto, remitiendo una copia de la petición a la CTPR y quedándose con otra.

5.1.2. Recepción del material radioactivo

- a. 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.
- b. Se comprobarán visualmente las características del bulto, realizándose una medida de los niveles de radiación en contacto y a 1 metro del mismo.[11]
- c. En el caso de que los controles realizados sobre ese bulto den lugar a sospechas en cuanto a la integridad del contenido, se deberá notificar tal circunstancia a la CTPR.

- d. Se registrarán en el 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.
- e. En el caso de recepción de fuentes radioactivas selladas destinadas a la carga o recarga de equipos de terapia, deberá establecer un método específico de Protección Radiológica (PR).
- f. Estará presente el jefe de la CTPR en el momento de carga de la fuente.
- g. Las empresas que realicen las maniobras de carga deberán figurar en el registro de empresas externas de la CEEA.

5.1.3. Almacenamiento del material radioactivo

- a. 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.
- b. Todo el material radioactivo de características similares se agrupará en contenedores comunes, quedando registrado junto a la identificación del material recibido, su contenedor de almacenamiento.
- c. La zona en que se almacene el material radioactivo será clasificada como zona controlada.

- d.** 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.
- e.** 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. Además, las ventanas deberán estar protegidas para evitar la entrada de insectos y roedores. Con relación a los desechos radioactivos que se prevé almacenar, el sistema de ventilación pudiera requerir sistemas de filtración del aire.
- f.** Los desechos radioactivos capaces de desprender gases, vapores o aerosoles radioactivos durante su almacenamiento se deberán almacenar en campanas radioquímicas, o cajas blindadas con extracción, dentro de envases cerrados contruidos con materiales poco absorbentes e incombustibles.
- g.** Los recipientes donde se almacenan los desechos radioactivos deben poseer el símbolo de peligro radioactivo y estar debidamente identificados.

5.1.4. Transporte del material radioactivo

- a.** En aquellas instalaciones en las que, además de utilizar material radioactivo, se disponga de capacidad de producción y hayan sido específicamente autorizadas para su distribución a otros centros, se deberán establecer procedimientos específicos de PR para el transporte del material radioactivo.
- b.** La CTPR deberá supervisar que los bultos de radionucleidos que salgan al exterior estén etiquetados, señalizados y que se hayan realizado los controles de los niveles de radiación y contaminación antes del envío de los mismos.
- c.** Toda salida de material radioactivo de la instalación se anotará en el diario de operaciones indicando: fecha de salida, isótopo, actividad transportada, presentación, destino, controles realizados y empresa de transporte.[12]
- d.** Los medios de transporte después de cada transportación deberán ser controlados radiológicamente y en caso necesario, descontaminados.
- e.** 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.

5.2. Normas generales de manipulación de material radioactivo

- a.** La manipulación de las fuentes radioactivas abiertas, se hará sobre una superficie no porosa, cubierta por un material desechable que pueda absorber los líquidos derramados accidentalmente. Dicho material en caso de mojarse será considerado residuo radioactivo.
- b.** Se evitará el transporte del material radioactivo. Si es necesario transportarlo se hará en una bandeja o recipiente adecuado que reduzca al mínimo las consecuencias de los posibles derrames de fuentes radioactivas.
- c.** Se prohibirá realizar manipulaciones de los materiales radioactivos fuera de las zonas previstas; éstas serán sometidas a monitoreo periódico.
- d.** Los equipos y materiales contaminados no se desplazarán a zonas no vigiladas.
- e.** Se prohibirá la manipulación de materiales radioactivos a personas no autorizadas.
- f.** Los guantes que se usan como parte del vestuario del laboratorio se deberán sacar de modo que nunca se toque con la mano que ya no tiene guante, la cara exterior de la mano que aun lo lleva.
- g.** Los guantes, una vez utilizados, se controlarán con un monitor de contaminación adecuado y, en caso de obtener un resultado positivo se considerarán como residuo radioactivo.
- h.** Una vez finalizado el trabajo, se lavarán las manos cuidadosamente y se hará un control de la contaminación.

- i. El material de laboratorio utilizado se lavará dentro del mismo laboratorio.
- j. El vestuario desechable, una vez utilizado se chequeará con un monitor de contaminación adecuado al radionucleido utilizado y se tratará como residuo convencional o radioactivo en función del resultado obtenido. El vestuario no desechable se someterá al mismo control y en caso de resultar contaminado según sus posibilidades se descontaminará o se tratará como desecho.

5.3. 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:

5.3.1. Descontaminación de superficies y objetos.

- a. Toda descontaminación se hará con la protección adecuada de las manos (guantes desechables).
- b. Se evitara que continúe avanzando la contaminación, limitando con papel su avance, colocando recipientes, etc.
- c. Si el objeto contaminado es pequeño y lavable, se lavará con abundante agua corriente y jabón.
- d. Si el objeto es grande o no se puede mover fácilmente, se procederá a su descontaminación in situ.

- e. Una vez realizado el lavado de descontaminación se comprobará con el monitor adecuado si persiste la contaminación. En caso afirmativo, se señalará debidamente la zona contaminada y se recubrirá con plástico fijado con cinta adhesiva a fin de evitar una dispersión de la contaminación.

5.3.2 Descontaminación personal.

- a. Ante una contaminación externa, se deberá abandonar el área contaminada inmediatamente, y se deberá trasladarse a una zona limpia de la instalación y ponerse en contacto con la CTPR.
- b. Usar ropa y calzado limpios para evitar una dispersión de la contaminación.
- c. Lavarse inmediatamente con abundante agua y jabón, evitando extender la contaminación a otras partes limpias del cuerpo.
- d. 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.
- e. En el caso que se produzca una herida en la piel, se deberá iniciar inmediatamente con las siguientes medidas de protección:
 - e.1. Se evitará que la contaminación alcance el torrente sanguíneo, provocando el sangrado de la herida.
 - e.2. Se lavara la herida con agua oxigenada, controlando mediante un monitor de contaminación adecuado los resultados obtenidos.

- e.3.** Deberá aplicar a la herida antisépticos, y un apósito estéril, los cuales evitarán, una infección sobreañadida a la herida, como la dispersión de la contaminación.
- e.4.** En caso de necesidad, se protegerá al paciente con suero antitetánico.

Radionucleidos	Actividad (Bq)	Actividad por unidad de masa(kBq/kg)
H-3	10^9	10^6
C-14	10^7	10^3
P-32	10^5	10^3
S-35	10^9	10^5
Cr-51	10^7	10^3
Co-57	10^6	10^2
Co-58	10^6	10
Se-75	10^6	10^2
Y-90	10^5	10^3
I-123	10^7	10^2
I-125	10^6	10^3
I-131	10^6	10^2
Cs-137	10^4	10

Tabla # 5.1. Radionucleidos más habituales en aplicaciones medicas. [14]

5.4. Normas generales sobre residuos radioactivos

- a. 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.
- b. Se procurará que la producción de residuos sea mínima, mejorando en lo que sea posible, los métodos de operación, descontaminación, limpieza, etc.
- c. Los recipientes para la segregación, colección o almacenamiento de los desechos radioactivos deben ser adecuados a las características físicas, químicas, biológicas y radiológicas de los productos que contendrán y mantener su integridad.
- d. En las áreas de trabajo donde se empleen radionucleidos se utilizarán para la recolección de los desechos radioactivos sólidos, cestos accionados por pedales y con fundas de polietileno en su interior, que después de llenas se sellan y se extraen.
- e. Los recipientes para recolectar desechos radiactivos deben ser de colores llamativos y marcarse con el símbolo de radiación ionizante, con un tamaño mínimo de 125 cm² como se muestra en la siguiente figura. [13]

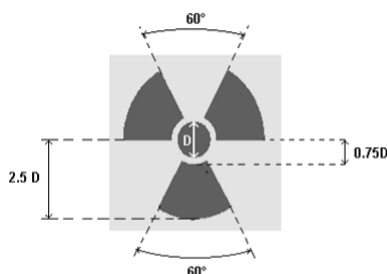


Figura # 5.1. Símbolo representativo de radiación ionizante

5.4.1 Residuos radioactivos sólidos

- a.** 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
- b.** Los residuos radioactivos sólidos compactables deberán ser recogidos en fundas plásticas reforzadas y transparentes, que permitan observar el contenido. Para su almacenamiento se recomienda la introducción de las fundas en tanques plásticos o metálicos.
- c.** Los residuos radioactivos sólidos no compactables deberán ser recolectados en envases o recipientes rígidos con cierres confiables.
- d.** Los desechos radiactivos sólidos, que contengan radionucleidos de vida media menor a un año, deben segregarse y agruparse por vidas medias similares de tal forma que se optimice su gestión y colocarse en recipientes exclusivos, para facilitar su gestión por decaimiento.
- e.** Los desechos radiactivos sólidos que contengan radionucleidos de vida media mayor a un año, deben segregarse y agruparse conforme a sus vidas medias, de tal forma que se optimice el proceso para su gestión, evitando hasta donde sea factible la

inclusión de C-14⁴, H-3⁵ y emisores alfa, los cuales deben segregarse y colocarse por separado y de forma exclusiva.

- f. En el caso de desechos radiactivos que, por sus características físicas pongan en riesgo la integridad de las bolsas, tales como materiales de cristal, piezas metálicas, agujas, madera, etc., deben colocarse en recipientes resistentes, y rígidos que faciliten su manejo, y eviten la dispersión del material radiactivo, y daños o heridas al personal.
- g. Los cadáveres y desechos biológicos que estén contaminados con material radiactivo, se deben depositar en bolsas de plástico resistentes, frascos de vidrio o plástico, añadiéndose sustancias que eviten su descomposición, tales como formaldehído, alcohol o cal viva, previo a su envío a la instalación de gestión.

5.4.2 Residuos radioactivos líquidos

- a. Los desechos radioactivos líquidos que se generen durante el trabajo se recogerán en envases plásticos de boca ancha, debidamente cerrados. El pH de las soluciones podrá oscilar en el rango de 7.0 a 8.0 y debe ser comprobado y registrado. En el caso de los desechos líquidos orgánicos que pueden atacar los envases plásticos, los desechos se podrán conservar en recipientes de cristal. Estos últimos deberán ser colocados dentro

⁴ Para mayor referencia de este radionucleido véase la ficha técnica del anexo G

⁵ Para mayor referencia de este radionucleido véase la ficha técnica del anexo G

de otros recipientes metálicos, capaces de contener todo el volumen de los desechos en caso de rotura del envase de vidrio.

- b.** Los desechos radiactivos líquidos deberán ser segregados en el punto de origen como líquidos no acuosos, acuosos y aceites. No deben mezclarse soluciones ácidas con alcalinas.
- c.** Los desechos radiactivos líquidos que contengan radionucleidos de vida media menor a un año deben segregarse y agruparse por vidas medias similares de tal forma que se optimice su gestión y colocarse en recipientes exclusivos, para facilitar su gestión por decaimiento.
- d.** Los desechos radiactivos líquidos que contengan radionucleidos de vida media mayor a un año deben segregarse y agruparse conforme a sus vidas medias, de tal forma que se optimice el proceso para su gestión, evitando hasta donde sea factible la inclusión de soluciones con C-14, H-3 y emisores alfa, las cuales deben segregarse y colocarse por separado y de forma exclusiva.
- e.** En las áreas de trabajo deben distribuirse los recipientes adecuados, debidamente rotulados e identificados, para recolectar cada uno de los tipos de líquidos señalados en los numerales 5.4.2.b, 5.4.2.c, y 5.4.2.d. El material del recipiente no debe reaccionar con el líquido.
- f.** Los recipientes deben ser rotulados con el símbolo de radiación ionizante indicando el tipo de líquido para el cual están destinados, y contar con disco de sello y tapa roscada.

- g.** En los casos que sea necesario el uso de recipientes de vidrio, éstos deben colocarse en un recipiente secundario resistente y rígido, el espacio entre ambos debe llenarse con material absorbente capaz de absorber el doble del volumen del líquido colectado.
- h.** Los recipientes deben mantenerse herméticamente cerrados cuando no estén en uso.

5.5. Fuentes radioactivas fuera de uso

- a.** El procedimiento normal de gestión de las fuentes agotadas, o fuera de uso será la retirada por la propia entidad que en su momento las suministró.
- b.** En el caso de fuentes radioactivas con periodo de semi-desintegración medio o largo, los centros e instalaciones prestarán especial atención, en el momento de establecer los acuerdos de adquisición, para que los contratos correspondientes incluyan una cláusula que comprometa a los suministradores a su retirada posterior.
- c.** Se tomarán medidas para minimizar el tiempo que transcurre desde que la fuente afectada queda fuera de uso clínico hasta el momento de la retirada por el suministrador. Durante ese periodo, la fuente se mantendrá en el mismo contenedor que la aloja durante su uso normal, con blindaje o dispositivos similares para reducir el riesgo de irradiación y dispersión del material.

- d. Cuando el procedimiento previsto en las normas 5.5.a no sea posible, habrá que concertar con una empresa autorizada la retirada de las fuentes en desuso. Para ello, el ES habrá de mantener en vigor el correspondiente contrato.

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	

Tabla # 5.2. Clasificación de los residuos radioactivos. [14]

5.6. Normas de descargas al Medio Ambiente

- a.** La vía de descarga al medio ambiente de residuos radioactivos (desechos sólidos, líquidos o gaseosos), incluyendo los procedimientos, están sujetos a la aprobación del Ministerio del Ambiente Ecuatoriano (MAE).
- b.** La CTPR deberá presentar a este Ministerio del Estado una solicitud de autorización para la descarga de los materiales radioactivos desclasificados al medio ambiente.
- c.** Las variantes de descarga de los materiales radioactivos desclasificados deberán ser escogidos en correspondencia con la estrategia aprobada por la CEEA.
- d.** En el caso de los desechos radioactivos no desclasificados, la recogida y almacenamiento se realizará en almacenes destinados expresamente para esos fines, a través del MAE en coordinación con la CEEA.
- e.** Los miembros de la CTPR designados deberán disponer de un procedimiento escrito que especifique la forma de control radiológica de los desechos contenidos en cada recipiente y comprobar que han decaído hasta niveles inferiores a los de dispensa establecidos.
- f.** Antes de la descarga se eliminará cualquier etiqueta, símbolo o indicativo de material radioactivo.
- g.** Los miembros de la CTPR designados a realizar descargas de desechos radioactivos desclasificados deberán establecer un registro del material vertido por vía convencional.

- h.** Los desechos líquidos desclasificados que se han de evacuar en el sistema de drenaje sanitario deben ser fácilmente solubles o dispersos en el agua.
- i.** Las excretas de los pacientes internados con dosis terapéuticas de radioisótopos podrán ser evacuadas por el sistema de drenaje sanitario siempre que se cumplan las recomendaciones del MAE. Las instalaciones que no estén conectadas al sistema de drenaje sanitario deberán ser sometidas a evaluación y aprobación por parte del MAE.
- j.** En ningún caso se permitirá la descarga de desechos radioactivos a la atmósfera, a los suelos, al mar y demás acuíferos superficiales o subterráneos.

5.7. Registros y documentación

- a.** Cualquiera que sea la vía de eliminación de las fuentes radioactivas que han estado en uso en una instalación, éstas se llevarán a cabo con procedimientos establecidos y con la supervisión de la CTPR.
- b.** La CTPR establecerá y mantendrá actualizado un registro interno sobre desechos radioactivos y fuentes radioactivas en desuso, para los desechos que contienen o están contaminados con radionucleidos, con período de semi-desintegración mayores a 3 meses. Deben establecerse y mantenerse actualizados los siguientes registros:
 - b.1.** Registro de desechos radioactivos sólidos almacenados (ver ejemplo anexo H).

- b.2.** Registro de desechos radioactivos líquidos Almacenados (ver ejemplo en el anexo I).
- b.3.** Registro de fuentes selladas en desuso almacenadas (ver ejemplo en el anexo J).
- c.** La documentación y registros deben contenerla información sobre:
 - c.1.** Inventario de desechos radioactivos.
 - c.2.** Planos de emplazamiento, planos de ingeniería y especificaciones
 - c.3.** Datos resultantes de los trabajos de garantía y control de calidad
 - c.4.** Resultados de las evaluaciones relativas a la seguridad, resultado de la vigilancia de los efluentes y de su impacto sobre el medio ambiente.

CAPÍTULO 6

6. NORMAS DE PROTECCIÓN EN 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. El presente capítulo tiene por objeto establecer las normas de diseño de la instalación, y los principios de funcionamiento de los equipos, en Establecimientos de Salud (ES) que ofrecen servicio de Radiodiagnóstico médico y dental. También se establecen las normas de protección y seguridad radiológica que deberán cumplir los responsables de estos establecimientos, el Personal Ocupacionalmente Expuesto (POE), los pacientes y el público en general.

6.1. Normas de diseño para instalaciones con servicio de Radiodiagnóstico

Debido a la radiación ionizante generada por los equipos de Rayos X en ES con servicio de Radiodiagnóstico, es necesaria la implementación de normas de diseño constructivo para estas instalaciones.

6.1.1. Normas generales para instalaciones que usen radiación ionizante

- a. 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.[15]
- b. Los Establecimientos de Salud (ES) que tienen instalaciones que usen radiación ionizante, deberán contar con las áreas establecidas en el anexo K. Estas áreas deberán tener el blindaje encontrado en el literal 6.1.1.a.
- c. Para seleccionar la ubicación de un ES que use radiación ionizante, se deberá dar preferencia a las áreas que sean poco transitadas, con facilidad en el control de acceso, con bajo nivel de riesgo de incendio.
- d. Cualquier modificación constructiva en la instalación que afecte a la seguridad, no especificada inicialmente, deberá ser aprobada previamente por la Comisión Ecuatoriana de Energía Atómica (CEEA).

- e. Después de la construcción de un ES cuya instalación use radiación ionizante, se deberán hacer mediciones del nivel de radiación en las zonas adyacentes, en las condiciones de máximos niveles de radiación, con el objetivo de verificar los parámetros de diseño, garantizando que, no superen las restricciones de dosis establecidas en el anexo C.
- f. Se deberán disponer de medios de prevención y extinción para mantener la integridad de la instalación en caso de incendio.
- g. Estas normas son generales para todas las instalaciones de los ES que ofrecen servicio de Radiodiagnóstico, Medicina Nuclear y Radioterapia. En el anexo L se muestran ejemplos gráficos del diseño de estas áreas.

6.1.2. Normas de diseño para salas de Rayos X y consola de control

- a. Los locales donde estarán los equipos deberán ser diseñados, de modo que pueda existir una distancia mayor a 2 m entre el operador y el paciente.
- b. El diseño se debe efectuar de modo que no se dirija el haz de radiación a la consola de control, puertas de acceso o ventanas. Tampoco no se lo deberá dirigir hacia el cuarto oscuro sin que éste tenga el blindaje adecuado.
- c. Las dimensiones de una sala de Rayos X y sus accesos, serán suficientemente amplias para manejar con seguridad a pacientes con dificultad de moverse.

- d.** La sala de Rayos X y el área de ubicación de la consola de control del equipo deben quedar dentro de la zona controlada.⁶
- e.** En áreas donde se concentren más de una sala de Rayos X, los pasillos colindantes con cada sala de Rayos X deben formar parte de la zona vigilada.
- f.** Para el diseño de la sala, se debe tomar en cuenta que, el operador deberá poder observar al paciente desde la consola de control por medio de una ventana blindada, o de un sistema de circuito cerrado de televisión.
- g.** La consola de control deberá estar ubicada de manera que, durante las exposiciones, ninguna persona pueda entrar a la sala sin ser visto por el operador.
- h.** Debe existir un control variable de luz ambiental en las salas de fluoroscopia para evitar perjuicio en la agudeza visual de los operadores, esto es en caso que existan equipos de fluoroscopia sin intensificador de imagen.
- i.** En la sala de Rayos X deben estar solamente los equipos y accesorios indispensables para los exámenes solicitados.
- j.** Toda instalación deberá contar con dispositivos de protección adecuados, úselos como le indique el operador encargado.⁷

⁶ Para una mayor comprensión revise el literal 3.5, el cual detalla la clasificación de las zonas según la exposición de la radiación.

⁷ En el anexo M se hace una explicación sobre dispositivos de protección radiológica.

- k. La sala de Rayos X debe estar diseñada de tal forma que exista comunicación, directa, telefónica o electrónica, desde la consola de control con el paciente.

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

Antes de adquirir un equipo de Rayos X, se debe tener en cuenta ciertos parámetros con el fin de garantizar la PR del paciente.

6.2.1. Normas generales para la adquisición y recepción

- a. 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. [16], [17]
- b. Cualquier modificación en el diseño del equipo de Rayos X deberá cumplir con las normas mencionadas en el literal 6.2.1.a.
- c. No se permitirá la importación de equipos de Rayos X cuyo uso haya sido prohibido en su país de origen, o en caso de no cumplir con las normas del literal 6.2.1.a.
- d. La información del fabricante que el comercializador, deberá entregar al destinatario del equipo de Rayos X será el manual de instalación, el manual de operación, el manual de mantenimiento y copia de su certificado de libre venta vigente y expedido por la autoridad competente en el país de origen.

6.2.2. Características de adquisición de equipos de Rayos X

- a.** Para el control e identificación de parámetros técnicos del equipo, este deberá:
 - a.1.** Contar con sistema luminoso para indicar la limitación del haz de irradiación del equipo de Rayos X.
 - a.2.** Contar con dispositivos indicadores de voltaje, corriente, tiempo de exposición y emisión de radiación.
- b.** Las componentes principales del sistema (generador, consola de control, tubo de Rayos X, colimador y mesa), deberán tener una identificación específica mediante etiqueta fija colocada en lugar visible.
- c.** Se deberán adquirir sistemas de Rayos X que contengan rectificación de onda completa o convertidores de alta frecuencia (lo que ayuda a tener una menor dosis de irradiación y menor tiempo de exposición al paciente).
- d.** Se deberán adquirir sistemas de fluoroscopia que cuenten con mecanismos de intensificación de imagen (por mejor visualización).
- e.** Se deberán adquirir equipos de Rayos X que sean específicamente diseñados para cada tipo de examen radiológico.
- f.** Los voltajes de operación de los equipos de Radiodiagnóstico deberán ser aproximados a los valores expuestos en la tabla 6.1:

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

Tabla 6.1 Voltajes de operación de los equipos de Radiodiagnóstico [18]

6.2.3. Puesta en funcionamiento de un equipo de Radiodiagnóstico

- a. Antes de poner en operación a un equipo de Rayos X de Radiodiagnóstico, se deberá:
 - a.1. Comprobar el buen funcionamiento de todos los dispositivos que pertenecen a este equipo.
 - a.2. Calibrar el haz de radiación, con objeto de conocer la intensidad de radiación con diferentes voltajes, corrientes eléctricas, filtros, áreas de colimación y distancias.
- b. Después, la revisión y la calibración se deberán realizar cada seis meses a partir del inicio de operación, de las cuales se llevarán registros, indicando la fecha, procedimiento y firma de la persona responsable. También se llevarán registros del mantenimiento preventivo y correctivo.
- c. Después, la revisión y la calibración se deberán realizar cada seis meses a partir del inicio de operación, de las cuales se llevarán registros, indicando la fecha, procedimiento y firma de

la persona responsable. También se llevarán registros del mantenimiento preventivo y correctivo.

6.3. Normas de funcionamiento de los equipos de Radiodiagnóstico

El buen funcionamiento de los equipos, con sus respectivos parámetros es otra manera de proteger al paciente, de modo que la dosis al paciente sea mínima en el momento de la exposición.

6.3.1. Funcionamiento de un equipo de Radiodiagnóstico en general

- a. El personal encargado de la obtención de imágenes , el médico o el técnico radiólogo deberá seleccionar los siguientes parámetros:
 - a.1 . La región a examinar.
 - a.2 . El tipo de receptor de imagen.
 - a.3 . Los valores de voltaje y corriente del tubo, de acuerdo a la anatomía (contextura) del paciente.
 - a.4 . El uso de rejillas antidifusoras.
 - a.5 . El tiempo de exposición por examen.
 - a.6 . Factores apropiados para el procesamiento de la imagen.
 - a.7 . La correcta colimación del haz de Rayos X, a través de las luces que limitan el área de estudio.
 - a.8 . El número y tamaño de las vistas por examen.

- b. Antes de empezar una serie radiográfica, se recomienda realizar una exposición previa para comprobar si se obtienen los resultados adecuados.
- c. Deberán tomarse las precauciones apropiadas, para evitar la necesidad de repetir una exposición por un fallo técnico.
- d. El control de tiempo de exposición debe permitir, al operador, terminar una exposición:
 - d.1 . En cualquier momento, a través del botón de paro del sistema.
 - d.2 . Después que ha transcurrido el tiempo seleccionado.
 - d.3 . Después que ha transcurrido una combinación de corriente-tiempo (mAs).
 - d.4 . Automáticamente luego de terminada la exposición.
- e. Después de utilizar el equipo, se recomienda desconectarlo.

6.3.2. Funcionamiento del equipo de Rayos X convencional

- a. Estos equipos deberán cumplir las normas 6.3.1.
- b. La distancia foco-piel no deberá ser inferior a 40 cm. [19]

6.3.3. Funcionamiento de los equipos de fluoroscopia

- a. Estos equipos deberán cumplir las normas 6.3.1.
- b. No pulsar el interruptor de fluoroscopia en los tiempos muertos (al dar instrucciones, al cambiar de postura, etc.).

- c. Las rejillas antidifusoras a la entrada del intensificador de imágenes, se utiliza sólo cuando la radiación pueda distorsionar la imagen a niveles inaceptables.
- d. Use dosis completa sólo cuando sea necesario, esto es para ver la imagen en forma de video a tiempo real, para medio, cuarto y octavo de dosis el video se ve parpadeante, es más parpadeante mientras menor sea la dosis.
- e. En los procedimientos quirúrgicos que requieran fluoroscopia debe utilizarse el intensificador de imagen con monitor de TV.
- f. En caso de que el equipo no tenga intensificador de imagen, el operador deberá acomodar su vista a la oscuridad, antes de iniciar la exploración.
- g. La distancia foco-piel no podrá ser inferior a 35 cm. [19]

6.3.4. Funcionamiento de los equipos móviles

- a. Estos equipos deberán cumplir las normas 6.3.1.
- b. Dependiendo, si el equipo es de Rayos x convencional deberá cumplir con las normas 6.3.2., o las normas 6.3.3. si el equipo es de fluoroscopia.
- c. Debe existir un indicador visual en la consola de control de los sistemas energizados por baterías, que señale si la batería está suficientemente cargada.
- d. Debido al continuo desplazamiento de estos equipos, se deberán hacer mantenimientos con mayor frecuencia.

- e. Utilizar equipos especialmente diseñados que dispongan de dispositivos adicionales para centrado y distanciadores.
- f. Se deberá utilizar estos equipos en lugares donde la instalación eléctrica pueda suministrar la potencia adecuada.

6.3.5. Funcionamiento de los equipos de mamografía

- a. Se deberá utilizar siempre las pantallas intensificadoras.
- b. Se deben disponer de mecanismos de compresión de la mama para reducir la borrosidad cinética; además, deberá contar con dispositivos de seguridad que impidan la compresión incontrolada.
- c. Las películas, pantallas intensificadoras y antidifusoras, así como sus sistemas de procesamiento, deben ser compatibles entre sí y específicos para esta práctica.

6.3.6. Funcionamiento de equipos de tomografía computarizada

- a. Se deberá evitar que los cortes tomográficos pasen por zonas innecesarias del cuerpo.
- b. Debe asegurarse que las imágenes radiográficas tanto impresas como las observadas en el monitor, concuerden en iluminación y contraste y no presenten distorsiones. Esta prueba debe realizarse, al menos, cada tres meses.

- c. La diferencia entre la verdadera posición de la mesa y la lectura del indicador de posición debe ser menor que 2 mm. Esta prueba debe realizarse, cuando menos, cada tres meses.
- d. La ubicación de la mesa no debe diferir en más de 1 mm cuando se la coloque en un punto dado, llegando por cualquiera de las dos direcciones posibles. Esta prueba debe realizarse, cuando menos, cada tres meses.
- e. El espesor de corte nominal tomográfico no debe diferir del medido en más de 1 mm para espesores de corte nominales entre 1 y 10 mm. Esta prueba debe realizarse cuando menos, cada tres meses.
- f. Cuando se realicen exámenes que conlleven una larga serie de películas, como la tomografía, es conveniente exponer una película, comprobar que se ha realizado en las condiciones adecuadas y, posteriormente, realizar el resto de la serie.

6.3.7. Funcionamiento para los equipos de radiografía intraoral

- a. En este caso, la colimación rectangular hace que el haz se aproxime al tamaño y forma del receptor de imagen.
- b. Se deberá seleccionar la película más rápida posible (películas de velocidad D, E y F), que permita obtener resultados satisfactorios en el diagnóstico.

- c. Se deberá filtrar del haz de Rayos X de modo que se reduzca la dosis de entrada a la piel del paciente sin comprometer la calidad de las imágenes obtenidas.
- d. Los parámetros de exposición deberán ser lo más bajos, que sean compatibles con la velocidad del sistema de imagen utilizado.
- e. Los manuales de los equipos de Rayos X odontológicos deberán:
 - e.1 . Incluir asesoramiento sobre los datos de exposición.
 - e.2 . Estar disponibles en el idioma nativo del usuario y utilizar una terminología de fácil comprensión.
- f. Se deberá fijar al cabezal del tubo un dispositivo indicador de posición, que asegure que la distancia foco-piel sea 20 cm con equipos cuyas tensiones máximas seleccionables superan los 60 kV y 10 cm para valores menores o igual a 60 kV. [20]

6.3.8. Funcionamiento para los equipos de radiografía extraoral

- a. Para este tipo de radiografía, se deberá utilizar sólo la combinación pantalla- película más rápida.
- b. Se deberá tomar en cuenta la coincidencia espectral entre películas y pantallas intensificadoras, es decir, si la pantalla emite luz en la región verde del espectro, la película debería ser sensible a la luz verde.

- c. En las radiografías cefalométricas el haz de Rayos X debería estar colimado a la zona de interés clínico.
- d. Siempre se usará un cono para restringir el haz de radiación al paciente.
- e. El receptor de imagen no debe ser sujetado en su posición ni por el operador ni por algún miembro del personal, ya sea con la mano o con fórceps.
- f. El equipo debe contar con un sistema de espejos que permita observar al paciente lateral y frontalmente de manera simultánea, asistido por un indicador para colocar al paciente en la posición adecuada, así como dispositivos que lo mantengan fijo en tres puntos: la pieza de mordida, cuña para la frente, y apoyasienes.
- g. El cefalostato debe permitir libremente la exposición radiológica panorámica del cráneo en su vista lateral y debe contar con un indicador luminoso para colocar al paciente en la posición adecuada.
- h. Para la sujeción del paciente durante la exposición, el equipo debe contar con un dispositivo que lo sostenga por las olivas de los oídos y un soporte frontal.
- i. El sistema de panorámica dental y cefalostato debe contar con un mecanismo para ajustarlo a la altura adecuada para todo tipo de pacientes.

- j. El equipo debe tener colimadores cilíndricos, preferiblemente largos que delimiten el haz de irradiación.
- k. Se usará el método de filtración con aluminio para la reducir la dosis en la piel de los pacientes.
- l. Se deberá asegurar que la distancia foco-piel sea 20 cm con equipos cuyas tensiones máximas seleccionables superan los 60 kV y 10 cm para valores menores o igual a 60 kV.[20]

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

El diagnóstico por imagen tiene muchas ventajas para el tratamiento de enfermedades en el ser humano, pero es necesario tener en cuenta la protección del paciente en el momento de la exposición.

6.4.1. Cuidados generales del paciente

- a. El operador es responsable de comunicar al paciente el momento preciso que este puede entrar.
- b. El paciente deberá ingresar a la sala de Rayos X en el momento que el operador responsable le dé la autorización.
- c. No deberá permanecer algún paciente en la sala mientras se explora a otro.
- d. Se podrá realizar una exposición al paciente, sólo bajo prescripción médica.

- e. 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.
- f. Se deberán colocar carteles que indiquen a las pacientes embarazadas, o con posibilidad de estarlo, que comuniquen al operador sobre su estado.
- g. 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 beneficio.
- h. El examen de la pelvis y de la región inferior del abdomen en mujeres de edad fértil o mujeres embarazadas se deberá realizar bajo prescripción médica. Se aplicará la técnica y proyección más eficiente para disminuir al máximo la dosis de abdomen.
- i. 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.
- j. En exposiciones donde el riesgo de recibir dosis en ciertas partes del cuerpo es más significativo, se deben utilizar dosímetros adecuados (de anillo, etc.).
- k. Los procedimientos deben ser conducidos de tal forma que la dosis absorbida por el paciente en la zona irradiada no exceda los valores umbrales para efectos determinísticos establecidos en el anexo F.

6.4.2. Cuidados del paciente en radiografía convencional

- a. Se deberán cumplir completamente las normas 6.4.1.
- b. Además, el paciente deberá permanecer inmóvil en el momento del disparo.

6.4.3. Cuidados del paciente en fluoroscopia

- a. En la sala de fluoroscopia, se deberán aplicar las normas 6.4.1. del presente manual.
- b. El paciente deberá estar lo más lejos posible del tubo de Rayos X, y lo más próximo posible al intensificador de imagen.

6.4.4. Cuidados del paciente en presencia de equipos móviles

Por causa del uso de estos equipos en salas carentes de blindajes estructurales y ocupadas por otras personas, se deberá:

- a. El paciente deberá cumplir las normas 6.4.1. de este capítulo.
- b. El operador deberá utilizar estos equipos en caso que el paciente no pueda movilizarse a una sala de Rayos X.

6.4.5. Cuidados del paciente en mamografía

- a. Se deberán cumplir las normas 6.4.1. de este manual.

- b. No está justificada la exposición preventiva a grandes grupos de población.
- c. Tampoco está justificada la exposición preventiva a mujeres jóvenes.

6.4.6. Cuidados del paciente en tomografía computarizada

- a. Se deben cumplir las normas para pacientes en radiografía convencional.
- b. En cuanto a la protección del paciente, la dosis integral depende del número de cortes tomográficos que se hagan. Hacer muchos cortes es comparable con aumentar el tamaño del campo en la imagen clásica. Se pueden ahorrar cortes haciendo primero una imagen digital no tomográfica y sobre ella decidir la zona de interés diagnóstica.
- c. La profundidad del corte, la angulación y la calidad de la imagen debe verificarse periódicamente.
- d. Se tiene que usar medios de protección accesibles. Los blindajes para gónadas, tiroides, protectores de mama y cristalino (bismuto).

6.4.7. Cuidados del paciente en radiografía dental

- a. El paciente deberá cumplir las normas 6.4.1. de este capítulo, haciendo énfasis en el literal d.

- b. Se deberá evitar exámenes de Rayos X innecesarios al paciente, esto reduce de manera significativa la dosis en el paciente.
- c. En radiología dental, el paciente deberá tener protegido su tronco y tiroides con delantal plomado, en especial los niños.

6.5. Normas de protección para el POE en salas de Radiodiagnóstico

El Personal Ocupacionalmente Expuesto (POE) es de mayor riesgo de contaminación radiológica debido a su permanencia en estos Establecimientos de Salud (ES).

6.5.1. Protección del POE en radiografía convencional

- a. El médico u operador tiene que asegurarse de que, las disposiciones relativas a la protección del personal se ejecuten conforme a lo recomendado por la CEEA y la CTPR.
- b. Se deberá cerrar la puerta de ingreso a la sala, antes de iniciar una exposición.
- c. Deberá permanecer en el interior de la sala solo el personal autorizado.
- d. Nunca se debe dejar al paciente desatendido durante el Radiodiagnóstico.
- e. El operador encargado de la exploración no deberá ser una trabajadora en periodo de gestación.

- f. Los empleados que no tienen participación directa en el trabajo, que requiere la exposición a la radiación, deben tener su exposición controlada, de tal manera que las dosis no superen el límite de dosis para miembros del público.⁸
- g. En caso de que el paciente o chasis necesite sujeción, se utilizarán medios mecánicos siempre que sea posible; en caso contrario, la sujeción se realizará siguiendo las siguientes normas y orden:
 - g.1 . En ningún caso la sujeción deberá ser realizada por un menor de 18 años o mujer embarazada.
 - g.2 . La sujeción deberá ser realizada por un familiar con prioridad del varón y de mayor edad.
 - g.3 . En caso de no existir familiar, la sujeción deberá ser realizada por un miembro del POE de la instalación.
 - g.4 . Se deberá anotar en un registro el nombre de la persona que sostiene al paciente o chasis, la fecha, números de disparos, factores empleados en cada disparo, etc.
- h. Durante una toma radiográfica, todo el POE deberá permanecer detrás de un blindaje estructural.
- i. Los dosímetros personales deberán ser usados como se indica en la norma 3.4.3. del presente manual.

⁸ Véase el anexo C el cual hace una explicación de límite de dosis para los miembros del público.

- j. El personal que permanezca dentro de la sala deberá usar delantal plomado, y deberá acercarse lo menos posible al paciente y al tubo de Rayos X.
- k. Las mamparas y cortinillas plomadas de los equipos no sustituyen en ningún caso a los delantales plomados.

6.5.2. Protección del POE en fluoroscopia

- a. Se deberán cumplir totalmente las normas 6.5.1.
- b. El POE que esté dentro de la sala llevará delantal y protector de tiroides plomado; adicionalmente, el operador deberá usar guantes y gafas plomadas.
- c. Durante la fluoroscopia se debe evitar la palpación con la mano o la manipulación bajo el haz directo o próximo al mismo.
- d. Se prestará especial atención al tiempo de exposición y, si fuera posible se fijará con la señal acústica un tiempo inferior de 5 minutos.
- e. Cuando se utilicen equipos de fluoroscopia en quirófano, debe usarse un parabán móvil ajustable, de vidrio plomado.

6.5.3. Protección del POE en presencia de equipos móviles

Por causa del empleo de estos equipos, en salas carentes de blindajes estructurales y ocupadas por otras personas, se tendrá en cuenta lo siguiente:

- a. Se deberán cumplir totalmente las normas 6.5.1.
- b. Durante la operación, el POE deberá mantenerse a una distancia mínima de 2 m del haz de Rayos X, y provisto de delantal plomado.
- c. Si el paciente o chasis necesita sujeción, el procedimiento se llevará a cabo como se muestra en la norma 6.5.1.g. del presente manual.
- d. Utilizar delantales y otros dispositivos de protección, incluso para los enfermos próximos.

6.5.4. Protección del POE en mamografía

- a. El POE en el área de mamografía deberá cumplir las normas de PR que se detallan en el anuncio 6.5.1 de este capítulo.
- b. La irradiación debe realizarse desde detrás de la mampara de control.

6.5.5. Protección del POE en tomografía computarizada

- a. El POE en el área de tomografía computarizada deberá cumplir las normas de PR que se detallan en el anuncio 6.5.1 de este capítulo.
- b. La irradiación debe realizarse desde detrás de la mampara del control.

6.5.6. Protección del POE en radiografía dental (intraoral y extraoral)

- a. En radiología dental se deberá cumplir las normas de PR que se detallan en el anuncio 6.5.1 de este capítulo.
- b. El operador debe ubicarse detrás de una cabina al momento de la irradiación.
- c. En el caso de una sala de sillas múltiples, debe haber una protección adecuada entre las sillas.
- d. El operador debe ser capaz de observar al paciente durante los procedimientos radiográficos dentales.
- e. En aquellos casos en que exista una carga de trabajo alta, debe existir un parabán para la protección del operador.
- f. El operador debe situarse a una distancia de por lo menos 2 m del tubo de Rayos X, preferiblemente en un ángulo de 90° del eje del haz; además, se deberá usar delantal plomado.
- g. La silla del paciente debe estar dispuesta de manera que el haz de irradiación se dirija a zonas desocupadas, como escaleras, pasillos, etc.

6.6. Protecciones de los miembros del público y familiares en radiografía

- a. En general, los principales riesgos que pudiesen afectar a un miembro del público serían: los derivados del uso de equipos de Rayos X móviles y la presencia de algún paciente sometido a una exploración con radioisótopos.

- b.** Los pacientes y familiares deberán permanecer en la sala de espera de la instalación, a menos que sean llamados por el técnico radiólogo.
- c.** Si las condiciones lo permiten, el paciente pasará solo a la sala de Radiodiagnóstico. En caso de que requiera la ayuda de un familiar o un camillero para su traslado, este último deberá auxiliarle y retirarse de la sala.

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

- a.** Se deberá limitar el tiempo de exposición a UV.
- b.** Reducir y controlar el área de superficie sobre la que inciden estas radiaciones, encerrándola o limitándola lo máximo posible.
- c.** 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.
- d.** Los compartimientos deberán tener paredes interiores techos y pisos que no reflejen las radiaciones.
- e.** Se deberá garantizar una buena renovación del aire en el ambiente de trabajo.
- f.** El tamaño del área a desinfectar (cámara) afecta a la intensidad de UV proporcionada, pues ésta disminuye de acuerdo al cuadrado de la distancia desde la lámpara. La selección del balastro (dispositivo que mantiene constante, la corriente en la lámpara), deberá coincidir con la

correcta operación de corriente de la lámpara, ya que se puede ocasionar una baja de intensidad en la UV si la lámpara no se conecta a la salida correcta.

- g.** Para usar la luz ultravioleta es necesario el uso de una adecuada protección personal, en particular la de los ojos.
- h.** Se deberá utilizar gafas de seguridad específicamente diseñadas para proteger frente a estos riesgos (Norma europea EN170). [21]
- i.** 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.
- j.** Debe evitarse cualquier exposición innecesaria aún con los ojos y la piel cubiertos; para ello es indispensable implementar sistemas de encendido o apagado por fuera de la zona o área de ubicación de la fuente de UV. Nunca debe mirarse directamente la fuente de emisión.
- k.** 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.
- l.** Abstenerse de realizar reparaciones o ajustes en los equipos; esto debe ser realizado por personas capacitadas, quienes se encargarán de realizar mantenimiento preventivo y correctivo periódicamente programado.
- m.** 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.

- n. Es muy importante que las lámparas sean limpiadas periódicamente con alcohol y se verifique su efectividad con cierta frecuencia, al menos anualmente, para el normal funcionamiento.

CAPÍTULO 7

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 acabo 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. El presente capítulo tiene por objeto establecer los requisitos de protección y seguridad radiológica, que deberán cumplir los responsables de protección radiológica, Personal Ocupacionalmente Expuesto (POE), pacientes, instalaciones y prácticas durante el uso de fuentes abiertas y selladas de material radioactivo.

7.1. Normas para las instalaciones con servicio de Medicina Nuclear

7.1.1. Normas generales para las instalaciones

- a.** Todo Establecimiento de Salud (ES) que ofrece servicio de Medicina Nuclear deberá cumplir con la norma 6.1.1 del presente manual, excepto el literal a, el cual hace mención sobre el cálculo del blindaje para instalaciones que ofrecen servicio de Radiodiagnóstico.
- b.** 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 (Internacional Atomic Energy Agency) TECDOC-1040 e IEC (International Electrotechnical Commission) 61859. [22], [23], [24]
- c.** Para seleccionar la ubicación de una instalación exclusivas para Medicina Nuclear o Radioterapia, se deberá dar preferencia a las áreas que permitan un adecuado traslado del material radioactivo.
- d.** Las instalaciones nuevas deberán ser diseñadas de modo que se minimicen los recorridos en el transporte interno del material radioactivo.

7.1.2. Instalaciones para exposiciones “in vivo”

Un laboratorio que realice trabajo de diagnóstico "in vivo" deberá contar con:

- a.** Un local donde se manipulará material radioactivo para el fraccionamiento y preparación de los radiofármacos ("cuarto caliente"), este cuarto deberá tener una adecuada señalización, que funcionalmente deberá contener dos áreas:
 - a.1 .** Una para el almacenamiento del material radioactivo fresco a emplear.
 - a.2 .** Otra para el almacenamiento de los desechos generados en el local.
- b.** El acceso al "cuarto caliente" se realizará sólo a través del local de control; este local deberá estar comunicado con el local de administración de dosis. Deberá existir una comunicación independiente con el exterior, para la entrada de material radioactivo fresco y la salida de los desechos.
- c.** Para minimizar la propagación de la contaminación desde el "cuarto caliente" al resto de áreas, el local de control deberá contar, con ducha de emergencia, lavamanos, detector estacionario de contaminación y vestidor.
- d.** Un local de administración de radiofármacos al paciente, tanto con fines de diagnóstico como terapéuticos, que deberá contar con facilidades de blindaje (blindajes portátiles, delantales de plomo, protectores de jeringuilla, etc.) que garanticen la protección de los trabajadores que suministran las dosis. A través del local de administración se extraerá el material radioactivo a utilizar para estudios "in vitro".

- e. Un local por cada equipo de medición de la radioactividad del radiofármaco que se empleara al paciente.
- f. Una sala de espera para pacientes a los cuales se les hayan administrado radiofármacos con fines de diagnóstico, y otra sala para pacientes que se les realizó algún tratamiento, con baños exclusivos para pacientes.
- g. Un área dedicada a la recepción del servicio que se brindará.
- h. Las salas de espera para pacientes no deberían ubicarse adyacentes a la sala de recepción porque el personal allí ubicado podría exceder 1 mSv/año⁹, lo cual es perjudicial para la recepcionista.
- i. Cuando se aplique el tratamiento terapéutico con radionucleidos, se requerirá de una sala de hospitalización, con baños exclusivos para pacientes. Dentro de esta sala los pacientes deberán hospitalizarse en cuartos independientes cuyas paredes constituyan el blindaje correspondiente.

7.1.3. Instalaciones para exposiciones “in vitro”

- a. El laboratorio de estudios “in vitro” deberá estar en un cuarto separado, es decir no compartir el “cuarto caliente” de la instalación.

⁹ Los miembros del público no deberían superar 1 mSv/año como esta en el anexo C.

- b.** Los pisos y mesas de trabajo que se encuentren en este laboratorio deberán ser revestidos con material poco absorbente y de fácil descontaminación; las paredes deben ser recubiertas, hasta una altura razonable (50 cm), con pintura que facilite su descontaminación.
- c.** Deberá poseer puerta para cerrar con llave y estar adecuadamente señalizado.
- d.** En los locales que sean necesario, se deberá usar recipientes blindados para las jeringas usadas y otros desechos radioactivos.
- e.** Lavamanos con agua común con el objetivo de minimizar la posible propagación de la contaminación radioactiva.
- f.** Facilidades que permitan el almacenamiento temporal de desechos radioactivos.
- g.** Medios de refrigeración destinados exclusivamente al almacenamiento de las sustancias radioactivas y reactivos químicos en uso.

7.1.4. El diseño del sistema de ventilación

- a.** El diseño del sistema de ventilación se realizará de modo que:
 - a.1 .** La ventilación de los locales de una instalación de Medicina Nuclear deberá garantizar buenas condiciones de trabajo, y una continua renovación del aire.

- a.2 . El flujo de aire se deberá establecer desde las zonas con ambientes radioactivos más limpios hacia los más sucios.
- a.3 . La toma de aire del sistema se deberá ubicar de tal forma que sea imposible que el aire expulsado sea inyectado nuevamente por el sistema.
- a.4 . La extracción del aire inyectado al local de “cuarto caliente” se realice preferentemente a través de la campana de extracción.
- b. Cuando resulte necesario, se realizará la descontaminación del aire extraído de la instalación por filtrado, previo a su expulsión a la atmósfera.
- c. Para el diseño del sistema de ventilación previsto se evitará que el mismo forme parte del sistema general de ventilación de la instalación.

7.2. Normas sobre fuentes y equipos utilizados en Medicina Nuclear

7.2.1. Normas particulares para fuentes abiertas

- a. 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).
- b. Las fuentes radioactivas abiertas deberán almacenarse en recipientes cerrados que impidan su dispersión. El diseño mecánico de los recipientes deberá considerar las presiones que pudieran producirse por la naturaleza química de la fuente,

estos recipientes deberán facilitar la manipulación de las fuentes.

- c. 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.
- d. Los recipientes y contenedores que alberguen fuentes abiertas deberán llevar un rótulo (fuentes abiertas).
- e. Los rótulos deberán conservarse siempre en buen estado y, en caso de deterioro serán reemplazados de inmediato.
- f. Cuando se manejen fuentes abiertas deberán usarse los equipos y accesorios que brinden la debida Protección Radiológica (PR).

7.2.2. Mantenimiento y calibración del equipamiento de Medicina

Nuclear

- a. El equipamiento mínimo requerido para la operación de la instalación que ofrece servicio de Medicina Nuclear se muestra en el anexo N.
- b. 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.
- c. Debe efectuarse el mantenimiento y el control periódico del equipamiento de PR y del activímetro.

- d. La calibración debe ser realizada por un laboratorio de calibración dosimétrica reconocido por la CEEA, además las tareas de mantenimiento o reparación deberán ser comunicadas a esta misma.

7.3. Normas de protección del paciente en Medicina Nuclear

7.3.1. Normas para los pacientes en pruebas de diagnóstico

- a. La actividad del material radioactivo administrado con fines diagnósticos debe ser tal que la dosis al paciente sea la mínima necesaria y suficiente para conseguir el objetivo perseguido.¹⁰
- b. El responsable de la instalación de Medicina Nuclear que realice diagnóstico "in vivo" y tratamiento terapéutico con radionucleidos deberá garantizar que para cada exposición médica se registren los datos.
- c. Se deberá verificar que la actividad y el radiofármaco a administrar sean prescritos 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.

¹⁰ La tabla mostrada en este anexo O muestra valores de dosis para ciertos tipos de radionucleidos. En el caso de que se sobre pasen la dosis absorbida, el cuerpo humano presentara efectos biológicos como se muestra en el anexo P.

- d. Se deben usar métodos adecuados para bloquear la absorción de los radionucleidos por órganos que no sean objeto de estudio y para acelerar su excreción, cuando proceda.
- e. El tratamiento de urgencias médicas o fallecimiento de pacientes con posterioridad a la administración de radioisótopos debe ser efectuado con el asesoramiento de la CTPR, quien deberá tener en cuenta la actividad y la energía del radiofármaco administrado y el tipo de operación a realizarse.
- f. La CTPR deberá garantizar que se entreguen instrucciones escritas a los visitantes, y a las personas que prestan voluntariamente asistencia a pacientes a los cuales se les haya administrado material radioactivo.
- g. La prescripción de las actividades diagnósticas o terapéuticas debe ser realizada y firmada por un médico que cuente con el correspondiente permiso individual.

7.3.2. Protección del paciente en tratamientos

- a. 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.
- b. Para los tratamientos terapéuticos, se colocará una tablilla en la cama del paciente donde se consignará: nombre del paciente,

fecha de inicio y culminación del tratamiento, radiofármaco, actividad total administrada y el responsable del tratamiento.

- c. 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 1 mSv/año, como se muestra en el anexo C. En ningún caso se permitirá la visita de niños.
- d. En las salas de hospitalización de pacientes sometidos a tratamientos terapéuticos, se establecerán medidas para evitar la contaminación de los locales y su mobiliario; en particular, deberán recubrirse con polivinilo los objetos, tales como: los colchones de las camas y otros muebles, teléfono, etc.

7.3.3. Protección para mujeres

- a. El responsable de la sala deberá recomendar a las madres en período de lactancia que sean objeto de estudios con material radioactivo, la interrupción de la lactancia, hasta que la cantidad secretada del radioisótopo suministrado no cause al lactante una dosis efectiva inaceptable.
- b. Previa a la administración de material radioactivo en procedimientos diagnósticos o terapéuticos a mujeres embarazadas, debe evaluarse la dosis que recibiría el feto.

- c. Una vez que haya finalizado la terapia, la CTPR deberá garantizar que se entreguen al paciente instrucciones escritas, para su convivencia con las personas que habitan en su casa, en especial con niños y mujeres embarazadas. Estas instrucciones contemplarán las medidas a tomar en caso de presentarse cualquier tipo de urgencias médicas.
- d. Previa a la administración de un radionucleido con fines terapéuticos a una mujer en edad de gestación, se le debe efectuar una prueba de embarazo.

7.4. Normas de protección del personal en Medicina Nuclear

Estas normas son para el uso de radioisótopos como fuentes abiertas:

- a. Tener a la mano todos los elementos de protección y de descontaminación y úselos en la aplicación de los procedimientos de emergencia.
- b. El sitio de preparación del material radioactivo deberá estar ubicado junto al cuarto de almacenamiento e imprescindiblemente contar con un activímetro.
- c. Antes de iniciar la actividad deberá cumplir los requerimientos de trabajo y manipulación de material radioactivo prescrita en las normas 3.5 y 5.2.

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

- a.** Todo paciente se considerará miembro del público para la exposición a cualquier otra fuente distinta de aquella 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.
- b.** 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.
- c.** El responsable de la sala deberán garantizar que:
 - c.1.** Se ejerza un control adecuado sobre la entrada de los visitantes en una zona vigilada.
 - c.2.** Se le facilite información e instrucciones adecuadas a los visitantes de una zona controlada, y que los mismos sean acompañados por una persona conocedora de las medidas de protección y seguridad, aplicables a esa zona.
 - c.3.** Los pacientes y sus familiares sean instruidos a fin de minimizar las dosis a los familiares.

7.6. Normas para instalaciones con servicio de Radioterapia

7.6.1. Normas generales para las instalaciones

- a. Estas instalaciones deberán cumplir con lo estipulado en la norma 7.1.1 de éste capítulo.
- b. 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.
- c. Las salas de tratamiento usadas para terapia con haces de electrones deben contar con sistemas de ventilación que permitan remover el ozono existente en ésta área, por efecto del tratamiento.
- d. El ingreso a la sala de tratamiento deberá ser permitido solo a personal autorizado; para esto, el diseño de las salas debe realizarse de tal forma que las puertas de entrada puedan ser vigiladas por el personal del servicio.
- e. Las salas de tratamiento con aceleradores lineales de alta energía deben diseñarse teniendo en cuenta la posible producción de neutrones.
- f. El panel de control deberá estar ubicado de modo que el operador que maneje dicho panel, tenga una visión adecuada del acceso a la zona controlada.
- g. Deberán instalarse los medios adecuados (por ejemplo, sistemas de circuito cerrado de televisión) y dispositivos para que, en todo momento, el operador tenga una visión clara y

correcta del paciente. Debe existir comunicación oral con la sala de tratamiento a través de intercomunicadores u otros sistemas.

- h.** La sala de tratamiento deberá contar con instalaciones sanitarias para uso exclusivo del paciente.
- i.** Tanto los detectores de radiación fijos como las luces de emergencia deben conectarse a una fuente de alimentación eléctrica confiable e independiente de la red local de suministro eléctrico.
- j.** Las salas de tratamiento para teleterapia y braquiterapia deben estar dotadas de un sistema de iluminación de emergencia, para los casos de interrupción del suministro eléctrico.

7.6.2. Instalaciones para Braquiterapia

- a.** En el cálculo de blindajes de las salas de tratamiento en braquiterapia, las fuentes de radiación no están colimadas, por lo tanto se debe considerar que todas las barreras de protección son primarias, esto es para asegurar la protección, debido a la alta energía de ionización en estas salas.
- b.** En braquiterapia por carga diferida manual, la sala de almacenamiento y preparación de fuentes deberán:
 - b.1.** Ser de uso exclusivo para este tipo de tratamientos.
 - b.2.** Estar próximas entre sí para evitar la exposición innecesaria del público debido al desplazamiento de las fuentes.

- b.3.** Contar con sistemas de seguridad física, control de ingreso, señalización en puerta, mampara de protección con visor de vidrio plomado o sistema de espejos, elementos de manipulación a distancia, detector de área fijo.
- c.** Además, en braquiterapia por carga diferida manual:
 - c.1** La superficie de la mesa de la sala de almacenamiento y preparación de fuentes debe ser lisa, continua e impermeable.
 - c.2** Se debe contar con un detector portátil para monitorear al paciente, las ropas y la sala al terminar el tratamiento.
 - c.3** Se debe contar con un detector de área fijo, ubicado próximo al acceso principal del área de tratamiento.
 - c.4** Las salas de tratamiento deben estar ubicadas en áreas con baja circulación de personal y con acceso restringido.
 - c.5** Se recomienda tratar a cada paciente en salas individuales. Si se requieren varias salas, se recomienda colocarlas contiguas.

7.6.3. Instalaciones para Teleterapia

- a.** El acceso a las salas de tratamiento destinadas a teleterapia, no deberá ser directo al equipo generador de radiación ionizante.
- b.** Las salas de tratamiento para teleterapia y braquiterapia remota de alta tasa de dosis, deben estar dotadas con un detector de

radiación fijo con señal luminosa y/o acústica de advertencia, situado dentro de la sala, con señalización en el exterior de la misma.

- c. Las salas de tratamiento para teleterapia o braquiterapia remota, deben contar con un sistema de seguridad que interrumpa automáticamente la irradiación, si se produce la apertura de la puerta, cuando el equipo está irradiando.
- d. La instalación de teleterapia debe estar provista de dos o más interruptores manuales del tipo “hombre muerto”, que permitan interrumpir la irradiación tanto en el exterior como en el interior de la sala de tratamiento.

7.7. Normas sobre fuentes y equipos utilizados en Radioterapia

7.7.1. Normas particulares para fuentes selladas

- a. Todas las fuentes selladas de material radioactivo deberán incluir, la información relativa a radioisótopo como se especifica en la norma 5.1.2.d.
- b. Las fuentes selladas sólo podrán manejarse mediante el empleo de los dispositivos manuales o automáticos de manipulación a distancia apropiados.
- c. Las fuentes selladas deberán estar debidamente almacenadas en contenedores apropiados cuando no estén en uso.

- d.** El resultado de la prueba de fuga deberá enviarse a la CTPR; en caso de que se detecte fuga se deberá notificar inmediatamente a la CEEA.
- e.** En base a los niveles de radiación medidos, la CTPR limitará el tiempo de permanencia del POE en el área donde se localiza el contenedor.
- f.** Las fuentes selladas deberán someterse a pruebas de fuga al momento de su recepción y después en forma periódica, de acuerdo con las condiciones establecidas en la licencia expedida por la CEEA.
- g.** Las zonas en donde se encuentren localizados los contenedores que alojen fuentes selladas deberán ser consideradas en los procedimientos de seguridad física y radiológica de la instalación, contenidos este manual.
- h.** Deberán efectuarse periódicamente pruebas de buen funcionamiento a los equipos que operen con fuentes selladas y calibración a los que lo requieran.
- i.** Los equipos que contengan fuentes selladas, se usarán con los accesorios o componentes previamente autorizados por la CEEA.
- j.** Cada vez que se cambie la fuente que alberga el contenedor se modificará la información del rótulo.

- k. Podrá usarse el mismo contenedor para almacenamiento, uso y transporte de fuentes selladas, si a juicio de la CEEA reúne los requisitos de seguridad.

7.7.2. Mantenimiento y calibración del equipamiento de Radioterapia

- a. El equipamiento mínimo requerido para la operación de la instalación de Radioterapia se muestra en el anexo N del presente manual.
- b. Se deberán cumplir con lo establecido en las normas 7.2.2 de este manual.

7.8. Protección radiológica del paciente en Radioterapia

- a. Antes de la exposición del paciente, el tratamiento deberá ser localizado y simulado; esto para evitar malas prácticas.
- b. 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.
- c. Su aplicación estará limitada a pacientes oncológicos en los que la relación riesgo-beneficio resulta positiva.
- d. 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.

- e. Debe efectuarse un monitoreo del paciente y sus ropas antes de proceder a darlo de alta.
- f. Se debe efectuar, en forma periódica, un monitoreo de las salas de tratamiento y de las ropas de cama, y de todo otro elemento que pudiera contener material radioactivo desprendido de un implante.
- g. Mientras el paciente permanezca bajo tratamiento, deben emplearse las señalizaciones e instrucciones indicadas en las normas 3.3, 3.5, 3.6, 3.7.

7.9. Normas de protección del personal en Radioterapia

Estas normas son para el uso de los radioisótopos como fuentes selladas en Radioterapia.

- a. Debe existir un procedimiento escrito que contemple los aspectos referidos a la dosimetría personal, como se estipula en las normas 3.4.1.
- b. 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. [25]

- c. Sera obligación tener a la mano todos los elementos de protección y de descontaminación y úselos cuando sea necesario.
- d. Use las señales convencionales, luminosas o auditivas durante el trabajo con fuentes radioactivas selladas.
- e. La irradiación con fuentes selladas debe ponerse en marcha, solo desde la respectiva consola de control.
- f. Toda fuente sellada viene contenida en su propio blindaje. Bajo ninguna circunstancia intente abrir este blindaje.
- g. Mantenga un inventario de las fuentes existentes en la instalación.
- h. Se deben utilizar pinzas o los accesorios indicados por el fabricante, para la manipulación de fuentes en braquiterapia por carga diferida manual, implantes superficiales e intersticiales.
- i. El personal encargado de realizar las prácticas de braquiterapia, de carga diferida manual, debe dotarse de dosímetros de extremidades.
- j. 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

- a. Para las prácticas de Radioterapia se implantará la siguiente restricción de dosis, de 0,5 mSv/año para miembros del público. [26]

- b.** 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.

7.11. Vigilancia Radiológica y gestión de residuos radioactivos

- a.** Se deberá cumplir con la vigilancia radiológica dirigida tanto para el POE, como para el paciente, detallada en el capítulo 4 de este manual.
- b.** Los residuos en Medicina Nuclear se deberán gestionar de acuerdo a las normas estipuladas en el capítulo 5.

CONCLUSIONES

1. 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.
2. 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.
3. 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.

4. 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.

RECOMENDACIONES

1. El conocimiento y la interpretación de cada norma es esencial para poner en práctica todo lo que se ha escrito en cuanto a Protección Radiológica (PR), por lo cual, quienes estén encargados en este tema, es decir, los responsables del Establecimiento de Salud (ES), deberán capacitar eficientemente a las personas que se encuentran, ya sea de modo normal o particular, en cualquier instalación con riesgo radiológico; se aconseja que los términos complicados en este manual, sean revisados del anexo A.
2. En nuestro país existen entes reguladores como el Ministerio de Salud Pública (MSP), la Comisión Ecuatoriana de Energía Atómica (CEEA), el Ministerio del Ambiente Ecuatoriano (MAE), los cuales se encargan de temas específicos dentro de una instalación, pero la PR debe ser seguida día a día, por lo cual, se recomienda en este manual, la creación de una unidad interna de PR en cada Establecimiento de Salud, con sus propios estatutos y que esta unidad, de manera indirecta o con conocimientos de los Organismos anteriormente mencionados, sean responsables de todos los temas correspondientes a PR, de las personas dentro de las instalaciones radiológicas.
3. Respecto al buen funcionamiento de los equipos mencionados en este manual, se necesita conocer de la adquisición y recepción de los equipos

4. que generan radiación ionizante, de los parámetros operacionales y sobre el mantenimiento preventivo y correctivo de los mismos, para que el equipo no genere radiación innecesaria en la sala de operación del paciente, por lo cual, se recomienda que la persona a cargo del departamento de mantenimiento haga conocer a sus trabajadores, sobre la importancia del cumplimiento de las normas para los equipos. El radiólogo u operador de los equipos, también debe conocer su responsabilidad respecto al buen funcionamiento de estos equipos, por lo que se recomienda, al encargado de esta instalación tomarle al radiólogo, un examen teórico y práctico antes del ingreso como operador de la instalación.

5. Un buen diseño de una instalación con este tipo de servicio, podría reducir en gran manera la contaminación radiológica en estos lugares, por lo cual, recomendamos que la persona que vaya a realizar este diseño tenga experiencia en la construcción de este tipo de instalaciones.