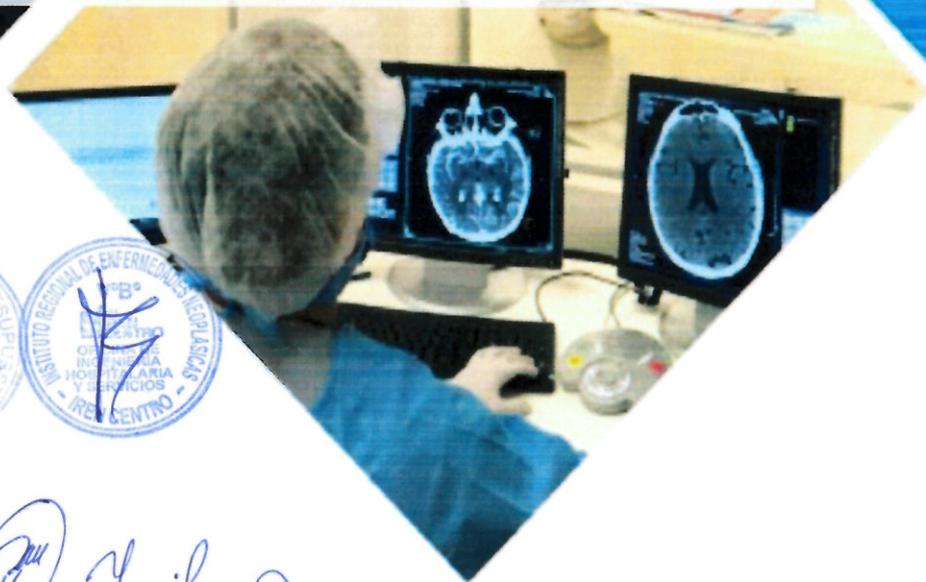


**INSTITUTO REGIONAL
DE ENFERMEDADES
NEOPLÁSICAS
DEL CENTRO**



**MANUAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA
DEL DEPARTAMENTO DE RADIOTERAPIA
(VERSIÓN:01)**



[Handwritten signature]

[Handwritten signature]
C.C.M.

[Handwritten signature]
O.E.H.

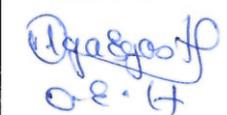


INSTITUTO REGIONAL DE ENFERMEDADES NEOPLÁSICAS DEL CENTRO

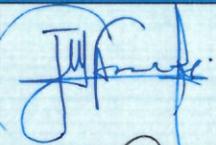
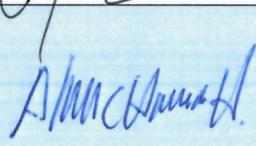


MANUAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA DEL DEPARTAMENTO DE RADIOTERAPIA

SISTEMA DE GESTIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO
Concepción - Junín



La elaboración, revisión y aprobación se realizó con la colaboración de:

Rol	Cargo	Firma
ACTUALIZADO O ELABORADO	Departamento de Radioterapia	
REVISADO	Unidad de Seguridad y Salud en el Trabajo	
APROBADO	Comité de Seguridad y Salud en el Trabajo	



HOJA DE CONTROL DE CAMBIOS

VERSIÓN	FECHA	RESPONSABLE(a)	DESCRIPCIÓN DEL CAMBIO (b)	TEXTOS MODIFICADOS (c)

Notas:

1. Señalar la unidad orgánica que solicita la nueva versión del documento e Indicar el informe sustentatorio. (código impreso o manual)
2. Justificación de la nueva versión del documento, consignando el número de expediente del informe sustentatorio de aprobación, puede darse en los casos de Modificación, Actualización o Reestructuración. (código impreso o manual)
3. Señalar los títulos de los numerales y/o literales, de los párrafos, secciones o capítulos que se han incorporado.

Cualquier copia impresa, electrónica o reproducción de este documento sin autorización, se constituye en **COPIA NO CONTROLADA** y debe consultar con la unidad de organización competente del Instituto Regional de Enfermedades Neoplásicas del Centro – IREN CENTRO, para verificar su vigencia.

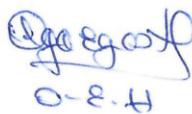
TITULO

Manual de Protección Radiológica del Departamento de Radioterapia

INDICE




NRO.		PAGINA
I	INTRODUCCIÓN	6
II	FINALIDAD	6
III	OBJETIVO	7
	3.1. OBJETIVO GENERAL	7
	3.2. OBJETIVO ESPECIFICO	7
IV	BASE LEGAL	7
V	ÁMBITO DE APLICACIÓN DEL MANUAL	8
VI	CONTENIDO	8
	6.1 DISPOSICIONES GENERALES	8
	6.1.1 DEFINICIONES OPERATIVAS	8
	6.1.2 PRINCIPIOS DE LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA	10
	6.1.2.1 JUSTIFICACIÓN	10
	6.1.2.2 LIMITACIÓN	10
	6.1.2.3 OPTIMIZACIÓN	11
	6.1.3 CLASIFICACIÓN DE ÁREAS	11
	6.1.3.1 ÁREA CONTROLADA	11
	6.1.3.1 ÁREA SUPERVISADA	12
	6.1.4 VIGILANCIA Y CONTROL DE LA RADIACIÓN	12
	6.1.4.1 VIGILANCIA RADIOLÓGICA AMBIENTAL	12
	6.1.4.2 VIGILANCIA RADIOLÓGICA INDIVIDUAL	13
	6.1.4.3 VIGILANCIA RADIOLÓGICA DEL PÚBLICO	14
	6.1.5 PROTECCIÓN RADIOLÓGICA DEL PACIENTE	14
	6.1.6 EXPOSICIÓN POTENCIAL	15
	6.1.7. RESPONSABILIDADES	16
	6.1.7.1 RESPONSABILIDAD ADMINISTRATIVA	16
	6.1.7.2 RESPONSABILIDAD FUNCIONAL	16
	6.1.7.3 DISPONIBILIDAD DEL MANUAL	16
	6.1.7.4 REVISIÓN DEL MANUAL	16
	6.1.7 DISEÑO DE INSTALACIONES	17
	6.1.8 EQUIPAMIENTO	18
	6.1.10 REGISTROS	18
	6.1.11 SISTEMA DE CALIDAD	19
	6.1.12 FORMACIÓN Y ENTRENAMIENTO	19
	6.2. DISPOSICIONES ESPECIFICAS	20
	6.2.1 CONSIDERACIONES ESPECIFICAS PARA EL FUNCIONAMIENTO	20
	6.2.2 PROCEDIMIENTO OPERACIONAL DEL PACIENTE EN TELETERAPIA	20
	6.2.3 PROCEDIMIENTO OPERACIONAL EN LA RECEPCIÓN, ALMACENAMIENTO Y CARGA DE FUENTES RADIATIVAS	22
	6.2.4 PROCEDIMIENTO OPERACIONAL DEL PACIENTE EN BRAQUITERAPIA	23
	6.2.5 EMERGENCIAS EN RADIOTERAPIA	23
	6.2.6 SIMULACROS	24
	6.2.7 EVALUACIÓN DE SEGURIDAD DE LA INSTALACIÓN	24

H-3-4



	6.2.7.1	MEMORIA DESCRIPTIVA	25
	6.2.7.3	VERIFICACIÓN	25
VII		FUNCIONES	25
	7.3.1	FUNCIONES DEL JEFE INSTITUCIONAL	25
	7.3.2	FUNCIONES DEL MEDICO RADIONCOLOGO	26
	7.3.3	FUNCIONES DEL FÍSICO MÉDICO	26
	7.3.4	FUNCIONES DEL OPR	27
	7.3.5	FUNCIONES DEL TECNÓLOGO MÉDICO	27
	7.3.6	FUNCIONES DEL PERSONAL DE MANTENIMIENTO	28
VII I		ANEXO	29
		ANEXO A: PLAN DE INSPECCIONES	29
		ANEXO B: PLAN DE CAPACITACION	30
		ANEXO C: PLAN DE EMERGENCIA	31
		ANEXO D: DESCRIPCION DE LA INSTALACION	38
		ANEXO E: DESCRIPCION DE LOS EQUIPOS DE DOSIMETRIA CLINICA	39
		ANEXO F: EVALUACION DE SEGURIDAD RADIOLOGICA DE LA INSTALACION	41
		ANEXO G: PROCEDIMIENTOS DE SEGURIDAD FISICA	44
IX		REFERENCIAS	46



[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

[Handwritten signature]



I. INTRODUCCIÓN

El objetivo de la Protección Radiológica es asegurar un nivel apropiado de protección al hombre y al medio ambiente sin limitar de forma indebida las prácticas beneficiosas de la exposición a las radiaciones, este objetivo no sólo se puede conseguir mediante la aplicación de conceptos científicos, para ello es necesario establecer normas que eviten la incidencia de efectos biológicos determinísticos (efecto adverso que ocurre con certeza una vez que sobrepasa un umbral de dosis) manteniendo las dosis de radiación por debajo de un umbral determinado y la aplicación de todas las medidas razonables para reducir la aparición de efectos biológicos estocásticos (probabilidad de producirse un efecto adverso que aumenta con la dosis de radiación) a niveles aceptables. Para conseguir estos objetivos, se deben aplicar los principios del Sistema de Protección Radiológica propuestos por la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP).

Las radiaciones ionizantes son utilizadas en la práctica médica diagnóstica e intervencionista: empleando equipos de rayos X; y terapéutica: fuentes radiactivas selladas, equipos de cobalto 60, aceleradores lineales; y radioisótopos en medicina nuclear.

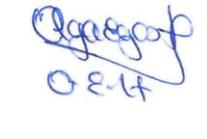
Debido a que los procedimientos de protección radiológica son una medida básica para la preservación de la salud de los trabajadores, de los pacientes y del público que asiste a estos servicios, así como del mismo ambiente, se ha considerado la necesidad de contar con las medidas necesarias en protección radiológica las cuales están descritas en el presente documento "Manual de Protección Radiológica de la Unidad de Radioterapia del IREN" que a su vez es de cumplimiento según lo establecido por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) en su publicación: "Normas Básicas Internacionales de Seguridad para la Protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación (NBS)". Viena, 1997 y lo establecido en la Ley 28028: Ley de Regulación del Uso de Fuentes de Radiación Ionizante. Ministerio de Energía y Minas. 2003; y el Reglamento de la Ley 28028, Ley de Regulación del uso de fuentes de radiación ionizante (D.S. N° 039-2008-EM). 2008.

Dicho manual tiene como finalidad establecer los procedimientos que garanticen el cumplimiento de las normas en seguridad y protección radiológica aplicables a la práctica médica en el uso de las radiaciones ionizantes con fines terapéuticos, proporcionar al trabajador ocupacionalmente expuesto un conjunto de procedimientos administrativos de operaciones rutinarias y de emergencia; así como el mantenimiento de las exposiciones tan bajas como razonablemente sea posible.

Los aspectos no contemplados en este manual serán tratados conforme a derecho según se requiera. Asimismo, es menester establecer y mantener una cultura de la seguridad y protección en el uso de la radiación ionizante para estimular al trabajador ocupacionalmente expuesto a tener una actitud interrogante y deseosa de aprender, manteniendo una actualización continua.

El Manual deberá ser accesible a todos los trabajadores ocupacionalmente expuestos y/o relacionados con actividades que impliquen riesgo radiológico, por lo que se les comunicará su existencia y contenido antes de ocupar su puesto de trabajo.

II. FINALIDAD



Garantizar la protección del personal trabajador, paciente, público y del medio ambiente, contra los riesgos indebidos originados por la exposición a radiaciones ionizantes.

III. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar los procedimientos generales y específicos de seguridad radiológica en la práctica de radioterapia.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Este Manual tiene por objetivos específicos, lo siguiente:

- a. Describir los procedimientos de seguridad y protección radiológica en las instalaciones del Departamento de Radioterapia, de modo que se cumplan los principios de la protección radiológica.
- b. Organizar los criterios básicos en lo referente a la protección contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes.
- c. Programar las líneas de responsabilidad en protección radiológica de los trabajadores de las instalaciones.
- d. Planear las actuaciones básicas a llevar a cabo por los trabajadores en situaciones de exposiciones anormales.

IV. BASE LEGAL

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

- Ley de Regulación del Uso de Fuentes de Radiación Ionizante. Ley 28028 del 26 de junio de 2003, (20-06-2003).
- Ley del trabajo del profesional de la salud Tecnólogo Médico. Ley 28456, (2004).
- Ley que crea como Organismo Público Descentralizado al Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas - INEN. Ley N° 28748, (29-05-2006).
- Reglamento de la Ley 28028: Ley de Regulación del uso de fuentes de radiación ionizante. Diario Oficial el Peruano, (19-06-2008).
- Reglamento de Seguridad Radiológica. D.S. N° 009-97-EM, (1997).
- Reglamento de la ley 28456: Ley del trabajo del profesional Tecnólogo Médico. D.S. N° 012 - 2008 S.A. (2008).
- Reglamento de la Ley de Trabajo Médico. D.S. N° 024-2001-SA. (23/07/2001).
- Requisitos de seguridad radiológica para la práctica de Teleterapia. Norma Técnica IR.001.01. IPEN, (2001).
- Requisitos de Seguridad Física de Fuentes Radiactivas. Norma Técnica SF.001.2011. IPEN, (09-06-2011).
- Requisitos técnicos y administrativos para los servicios de dosimetría personal de radiación externa. Norma de Seguridad Radiológica. PR.002.2011. IPEN, (09-06-2011).

V. ÁMBITO DE APLICACIÓN DEL MANUAL

Las disposiciones del manual se aplican a todos trabajadores y procedimientos para los diferentes equipos en sus respectivas instalaciones de la Unidad de Radioterapia del Instituto Regional de Enfermedades Neoplásicas de la Macro región del Centro del Perú (IREN).

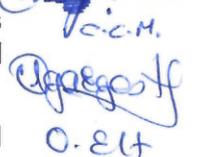
VI. CONTENIDO

6.1. DISPOSICIONES GENERALES

6.1.1. DEFINICIONES OPERATIVAS

Para un adecuado cumplimiento de la normativa nacional e interpretaciones se tendrán en cuenta las definiciones relevantes en el campo de las aplicaciones de las radiaciones ionizantes, las cuales son:

- a. **ACCIDENTE.** Todo suceso involuntario, incluido un error de operación, falla de equipo u otro contratiempo, cuyas consecuencias reales y/o potenciales no puedan desconocerse desde el punto de vista de la protección y seguridad.
- b. **AUTORIDAD NACIONAL.** Autoridad designada por el Gobierno para regular y fiscalizar en materia de protección y seguridad.
- c. **AUTORIZACIÓN.** Permiso concedido por la Autoridad Nacional, en forma de registro o licencia, a una persona jurídica o natural para realizar una práctica con radiaciones ionizantes.
- d. **CALIBRACIÓN FORMAL.** Medición del haz de radiación, luego de las verificaciones mecánicas, incluidas las mediciones de dosis absorbidas a varias profundidades de agua en el rango de campos usados y para cada energía, uniformidad del campo y dependencia direccional del haz, verificación de la validez o actualización de cartas de isodosis y datos dosis profundidad, verificación de factores de *buildup* electrónico y de transmisión de las cuñas, bandejas de sombra y compensadores.
- e. **CULTURA DE SEGURIDAD.** Conjunto de características y actitudes en las organizaciones y en los individuos que establece como primera prioridad la atención a las cuestiones de protección y seguridad, y desalienta la complacencia y/o el conformismo.
- f. **DEFENSA EN PROFUNDIDAD.** Aplicación de más de una medida protectora para conseguir un objetivo de seguridad determinado, de modo que este se alcance aunque falle una de las medidas protectoras.
- g. **DESECHOS RADIATIVOS.** Son materias resultantes de prácticas o intervenciones, para los que no se prevé uso posterior, que contiene o está contaminado con radionucleidos en cantidades mayores a los niveles de exención y cuya exposición no puede excluirse del reglamento.
- h. **DOSIS COLECTIVA.** Exposición de una población a la radiación total determinada como el producto del número de individuos expuestos a una fuente por su dosis promedio de radiación.



- i. DOSIS EFECTIVA. Suma de las dosis equivalentes en tejido, multiplicada cada una por el factor de ponderación apropiado para el

$$E = \sum_T W_T \cdot H_T$$
tejido correspondiente; donde H_T es la dosis equivalente en el tejido T y W_T es el factor de ponderación para el tejido T . La unidad de dosis efectiva es J/kg, denominada sievert (Sv).

- j. DOSIS EQUIVALENTE. Dosis absorbida en un órgano o tejido multiplicada por el correspondiente factor de ponderación de la radiación WR : $H_{T,R} = W_R \cdot D_{T,R}$; donde $D_{T,R}$ es la dosis absorbida media en el órgano o tejido T y W_R es el factor de ponderación de la radiación R . La unidad de dosis equivalente es J/kg, denominada sievert (Sv).

- k. DOSIS EQUIVALENTE AMBIENTAL $H^*(d)$. Es la dosis equivalente en un punto de un campo de radiación que sería producida por el correspondiente campo alineado y expandido en la Esfera de la Comisión Internacional de Unidades y Medidas de Radiación a una profundidad d sobre el radio orientado en dirección opuesta a la del campo alineado. Para radiación muy penetrante se recomienda una profundidad $d = 10$ mm.

- l. DOSIS EQUIVALENTE PERSONAL $H_p(d)$. Dosis equivalente en tejido blando, a una profundidad adecuada d , a partir de un punto especificado sobre el cuerpo humano. Para radiación muy penetrante la profundidad es 10 mm y para la radiación poco penetrante es 0,07 mm.

- m. EXPOSICIÓN. Exposición de personas a la radiación o a sustancias radiactivas, que puede ser externa, debida a fuentes situadas fuera del cuerpo humano, o interna, causada por fuentes existentes dentro del cuerpo humano.

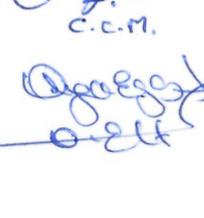
- n. EXPOSICIÓN DE EMERGENCIA. Exposición causada como resultado de un accidente que exige acciones protectoras inmediatas.

- o. EXPOSICIÓN OCUPACIONAL. Toda exposición de los trabajadores sufrida durante el trabajo, con excepción de las exposiciones excluidas del ámbito de las Normas y de las exposiciones causadas por las prácticas o fuentes exentas con arreglo a las Normas.

- p. EXPOSICIÓN MÉDICA. Exposición sufrida por los pacientes en el curso de su propio diagnóstico o tratamiento médico o dental; exposición sufrida de forma consciente por personas que no estén expuestas profesionalmente mientras ayudan voluntariamente a procurar alivio y bienestar a pacientes; asimismo, la sufrida por voluntarios en el curso de un programa de investigación biomédica que implique su exposición.

- q. EXPOSICIÓN DEL PÚBLICO. Exposición sufrida por miembros del público a causa de fuentes de radiación, excluidas cualquier exposición ocupacional o médica y la exposición a la radiación natural de fondo normal en la zona, pero incluida la exposición debida a las fuentes y prácticas autorizadas y a las situaciones de intervención.

- r. EXPOSICIÓN POTENCIAL. Exposición que no se prevé que ocurra con seguridad, pero que puede ser el resultado de un accidente ocurrido en una fuente o deberse a un suceso o una serie de sucesos de carácter probabilista.



- s. OFICIAL DE PROTECCION RADIOLOGICA (OPR). Profesional técnicamente competente en protección radiológica en la práctica específica.
- t. PLAN DE EMERGENCIA. Conjunto de procedimientos que deben ponerse en práctica inmediatamente en caso de accidente.
- u. RADIONCÓLOGO. Médico Colegiado y registrado como especialista en el Colegio Médico del Perú para prescribir y tratar pacientes mediante la radioterapia.
- v. TELETERAPIA. Tratamiento de enfermedades con una fuente de radiaciones ionizantes que es externa al paciente y que es operada a distancia (por ejemplo: un acelerador lineal, equipo generador de rayos X o unidad de cobaltoterapia).

6.1.2. PRINCIPIOS DE LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

La protección radiológica se base en tres principios fundamentales las cuales son: Justificación de las prácticas, limitación de las dosis, y optimización.

6.1.2.1 JUSTIFICACIÓN

Se refiere a que si no habrá beneficio; no se justifica, en lo absoluto, el empleo de las radiaciones ionizantes y todas las aplicaciones han de estar justificadas. Esto implica que: Todas, incluso las exposiciones más pequeñas son potencialmente dañinas y el riesgo ha de ser compensado por los beneficios. La evaluación de los riesgos requiere el conocimiento de las dosis recibidas por las personas.

6.1.2.2 LIMITACIÓN

Se refiere al cumplimiento de los límites establecidos en las Normas Básicas Internacionales de Seguridad para la Protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación (NBS) y por el Reglamento de Seguridad Radiológica. La limitación de dosis no aplica a las exposiciones médicas, sin embargo, tanto la justificación como la optimización, resultan esenciales.

Los límites de dosis para los trabajadores expuestos son los siguientes:

- a. El límite de dosis efectiva será de 20 mSv por año oficial o 100 mSv durante un período de cinco años oficiales consecutivos, sujeto a una dosis efectiva máxima de 50 mSv en cualquier año oficial.
- b. En forma adicional se indican los límites: El límite de dosis equivalente para el cristalino es de 150 mSv por año oficial; el límite de dosis equivalente para la piel es de 500 mSv por año oficial; el límite de dosis equivalente para las manos y pies es de 500 mSv por año oficial.
- c. Este límite de dosis se aplica exclusivamente al feto y no es directamente comparable con la dosis registrada en el dosímetro personal de la trabajadora embarazada. Por ello, a efectos prácticos y para exposición a radiación externa, se puede



considerar que 1 mSv al feto es comparable a una dosis de 2 mSv en la superficie del abdomen.

- d. Los límites de dosis para personas en formación y estudiantes que deben manejar fuentes de radiación por razón de sus estudios serán los siguientes: Para estudiantes mayores de dieciocho años, los límites son los mismos que para los trabajadores expuestos; para estudiantes entre dieciséis y dieciocho años, el límite de dosis efectiva es de 6mSv por año oficial y el límite de dosis equivalente para cristalino, piel, y extremidades son tres décimos de los límites establecidos para trabajadores expuestos; para estudiantes menores de dieciséis años, los límites son los mismos que para los miembros del público.
- e. Los límites de dosis para miembros del público serán de 1 mSv por año oficial.

6.1.2.3. OPTIMIZACIÓN

Si se van a emplear las radiaciones, entonces la exposición se debe minimizar cualquier posibilidad de detrimento. Optimización es “hacer lo mejor posible bajo las condiciones imperantes”, es necesario dominar técnicas y opciones para optimizar la aplicación de las radiaciones ionizantes.

Optimización en el contexto de la radioterapia; está enmarcado en dos aspectos:

- a. Reducción de la dosis absorbida al blanco = MAXIMIZACIÓN de la dosis; se refiere a optimizar la distribución de dosis al blanco, reducir la posibilidad de efectos secundarios severos minimizando la dosis a otras estructuras y a la prevención de accidentes.
- b. Reducción de la dosis recibida por el TOE, el paciente y el público.

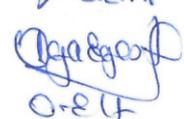
6.1.3. CLASIFICACIÓN DE ÁREAS

El OPR realizará la clasificación de los lugares de trabajo de acuerdo con los requisitos establecidos en el Reglamento de Seguridad Radiológica. Estas áreas están definidas como controladas y supervisadas.

6.1.3.1. ÁREA CONTROLADA

Toda instalación o lugar donde se utilicen fuentes de radiaciones debe establecer áreas controladas, cuya delimitación considere la magnitud de las exposiciones normales previstas, la probabilidad y magnitud de las exposiciones potenciales, y la naturaleza y alcance de los procedimientos de protección y seguridad requeridos. El área controlada debe cumplir con los siguientes requisitos genéricos, tanto como sean aplicables:

- a. Debe estar delimitada por medios físicos o por otros medios adecuados, debe disponer de un sistema de control y alarma, y estará señalizada con un símbolo de advertencia reglamentario,



según se indica en el Anexo III en el Reglamento de Seguridad Radiológica, u otro que sea aceptable por la Autoridad Nacional.

- b. Debe disponer de medidas de protección y seguridad ocupacional incluidos procedimientos y reglas apropiados.
- c. Tendrá acceso restringido mediante procedimientos administrativos.
- d. Debe poseer y proveer de equipos y medios de protección individual a la entrada y salida.
- e. Será revisada periódicamente con fines de mejorar las medidas de protección y las disposiciones de seguridad.

6.1.3.2. ÁREA SUPERVISADA

Toda instalación o lugar donde se utilicen fuentes de radiaciones debe establecer áreas supervisadas, siempre que no hayan sido definidas como áreas controladas y sea aplicable, que cumplan las siguientes condiciones:

- a. Deben estar delimitadas por medios apropiados y señalizadas en los puntos de acceso, de acuerdo a lo indicado en el Anexo III en el Reglamento de Seguridad Radiológica.
- b. Serán examinadas periódicamente para determinar la necesidad de implementar medidas protectoras y de seguridad, así como de la modificación de sus límites.

6.1.4. VIGILANCIA Y CONTROL DE LA RADIACIÓN

6.1.4.1. VIGILANCIA RADIOLÓGICA AMBIENTAL

En los lugares y puestos de trabajo se establecerá, conservará y mantendrá en examen un programa de vigilancia radiológica concordante con la magnitud de las exposiciones normales y potenciales.

La vigilancia radiológica debe satisfacer los siguientes requisitos:

- a. Permitirá evaluar las condiciones radiológicas existentes,
- b. Evaluará la exposición de las áreas controladas y supervisadas,
- c. Examinará la clasificación de las áreas controladas y supervisadas.

La vigilancia radiológica operativa será efectuada mediante equipamiento adecuado al tipo de exposición o contaminación a medir, el mismo que deberá ser calibrado a frecuencias que se determinen específicamente y a través de un Laboratorio de Calibración Dosimétrica autorizada por la Autoridad Nacional.



6.1.4.2. VIGILANCIA RADIOLÓGICA INDIVIDUAL

Los trabajadores que realicen su trabajo normal u ocasional en áreas controladas y puedan recibir exposición ocupacional significativa, deben estar sometidos a vigilancia radiológica individual obligatoria, mediante sistemas acreditados y en conformidad con las disposiciones específicas de la Autoridad Nacional.

La evaluación radiológica individual del TOE es por medio de los dosímetros, el cual reportara la dosis a cuerpo entero, exclusivo para ser utilizado en el servicio, durante las horas de trabajo. En el caso de extravío de un dosímetro personal, se deberá evaluar la dosis que pudo haber recibido el TOE durante ese periodo, registrarlo y reportar al laboratorio de dosimetría que corresponda.

Recomendaciones para el uso de los dosímetros:

- a. El dosímetro es personal e intransferible.
- b. El TOE debe colocarse el dosímetro en un lugar representativo de la parte más expuesta de su cuerpo, generalmente a la altura del tórax.
- c. Debe usarse durante la jornada laboral y luego debe colocarlo en un lugar seguro y protegido de posibles irradiaciones y/o pérdidas.
- d. Al terminar el tiempo laboral diario, el dosímetro debe guardarse en un gabinete designado, lejos de fuentes de radiación.
- e. Un dosímetro personal nunca debe ser deliberadamente expuesto cuando no lo lleva puesto el TOE.
- f. En el caso de que un dosímetro sea expuesto accidentalmente, inmediatamente debe informar al OPR quien gestionara su reemplazo y análisis respectivo.
- g. Los dosímetros no deben utilizarse durante exposiciones no-ocupacionales, tales como las radiografías tomadas al mismo usuario.
- h. Si se supera el límite mensual de control dosimétrico, el OPR investigará las causas que provocaron el valor anormal de la dosis, y tomará medidas para evitar en lo posible que la situación vuelva a repetirse.

Cuando el trabajador realice sus actividades habituales en áreas supervisadas, o ingrese solo ocasionalmente a un área 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 a la vigilancia individual. Todas las dosis recibidas por un TOE quedarán registradas en su historial dosimétrico. Este historial es individual para cada trabajador, se mantendrá debidamente actualizado y estará en todo momento a su disposición. Se registrarán, conservarán y mantendrán a disposición del Instituto, de la Autoridad Reguladora y del propio TOE.

En el caso de las exposiciones accidentales y de emergencia, así como en caso de superación de límites, el OPR evaluará la posible

causa de la exposición y elaborará informes relativos a las circunstancias y a las medidas adoptadas.

Los trabajadores sometidos a exposición ocupacional deberán ser sometidos a un programa de vigilancia médica basado en los principios de la salud ocupacional, para evaluar su aptitud inicial y permanente para las tareas asignadas. La vigilancia médica es una condición previa a la ocupación de tareas con radiaciones ionizantes.

6.1.4.3. VIGILANCIA RADIOLÓGICA DEL PÚBLICO

La exposición externa de los miembros del público como consecuencia de la utilización de las radiaciones ionizantes en el medio sanitario va a depender del tipo y calidad de las fuentes utilizadas. En general, los principales riesgos que pudiesen afectar a un miembro del público serían los derivados del uso de equipos de Rayos X móviles. Las dosis implicadas en estas situaciones son en general muy bajas y difícilmente alcanzarán los límites para este grupo de población.

Se considerarán miembros del público.

- a. Los trabajadores no expuestos.
- b. Los usuarios de las instituciones hospitalarias, mientras no estén siendo atendidos como pacientes con fines diagnósticos o terapéuticos.
- c. Los TOE fuera de su horario laboral.
- d. Cualquier otro individuo de la población.
- e. La protección de los miembros del público frente a la exposición externa se realizará mediante:
 - ✓ Un adecuado diseño de blindajes estructurales y no estructurales.
 - ✓ La protección radiológica operacional.
 - ✓ La señalización de áreas.
 - ✓ Los dispositivos luminosos o acústicos de aviso.

6.1.5. PROTECCIÓN RADIOLÓGICA DEL PACIENTE

El Jefe Institucional como titular de la licencia será responsable de asegurar que las exposiciones terapéuticas de pacientes sean efectuadas solamente por prescripción de un Médico Radioncólogo y que la administración de dosis adsorbida se realice conforme a los protocolos y procedimientos apropiados.

La Protección Radiológica de los Pacientes no queda habitualmente bajo el control de los organismos reguladores; ello es una función exclusiva de las aplicaciones médicas de las radiaciones ionizantes, las cuales deberán proporcionar un beneficio neto suficiente, teniendo en cuenta las ventajas diagnósticas o terapéuticas que producen frente al detrimento individual que puedan causar.



Para conseguir el objetivo de protección real del paciente en radioterapia debemos tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- a. La exposición de pacientes para tratamiento debe efectuarse solo en el modo clínico.
- b. El médico responsable del tratamiento debe efectuar el seguimiento de los pacientes sometidos a radioterapia, en lo relativo a sus efectos secundarios, para observar que la tasa de complicación no exceda el nivel normal esperado.
- c. Debe revisarse la instalación, equipos y accesorios en forma rutinaria, para prevenir que por fallas mecánicas o eléctricas se produzca daños a un paciente.
- d. Se debe utilizar todos los medios y medidas para que las dosis en los tejidos normales se mantengan tan bajas como sea razonable alcanzar, consistentes con la administración de dosis requerida en volumen blanco prescrito.
- e. No se debe someter a tratamientos radioterapéuticos que ocasionen exposición al abdomen o pelvis a mujeres embarazadas o posiblemente embarazadas, a menos que existan poderosas indicaciones clínicas para ello y así lo considere necesario un Médico Colegiado.
- f. La exposición terapéutica de mujeres embarazadas debe planificarse de modo que cause una dosis mínima al embrión o feto.
- g. Antes de iniciarse la irradiación de un paciente se debe chequear, en forma independiente, todos los cálculos de planificación por una segunda persona autorizada.
- h. Los procedimientos escritos deben incluir instrucciones claras e inequívocas sobre el modo de identificar al paciente y de la región o zona a irradiar, así como de su posicionamiento correcto.
- i. Las comunicaciones entre el personal, relacionadas con tareas o procesos críticos, deben efectuarse conforme con procedimientos claros y formales para prevenir errores de interpretación o acción.

Por ello se planteará como principal objetivo la implantación de Programas de Garantía de Calidad que establezcan los criterios de calidad en Radioterapia, así como la optimización en el uso de las radiaciones ionizantes para la protección radiológica de las personas con ocasión de exposiciones médicas.

6.1.6. EXPOSICIÓN POTENCIAL

El Jefe Institucional debe asegurarse que se realice evaluaciones de la seguridad que se presentará a la Autoridad Nacional para el diseño, construcción, operación y cierre de la instalación de radioterapia. La evaluación de seguridad debe incluir, según corresponda, la identificación de eventos que conducen o pueden conducir a situaciones accidentales como:

- a. Errores en la calibración de haz
- b. Errores en la elaboración de tablas y curvas que se usan para calcular el tiempo de irradiación
- c. Errores de mantenimiento.

- d. Errores en las pruebas de aceptación o puesta en servicio.
- e. Errores en la transmisión de información.
- f. Defectos de diseño, pruebas de fábrica, o en el software.
- g. Errores en la identificación del paciente.
- h. Utilización de procedimientos ya reemplazados.
- i. Accidentes durante la recarga de fuentes.
- j. Incendio que pueda afectar blindaje del recinto o de la fuente radiactiva.
- k. Robo, pérdida o extravío de la fuente radiactiva durante la clausura y cierre de la instalación.
- l. Pérdida de hermeticidad de la fuente radiactiva.

6.1.7. RESPONSABILIDADES

Según lo establecido por la normativa nacional vigente y por las NBS, se establece una responsabilidad administrativa y una responsabilidad funcional, según:

6.1.7.1. RESPONSABILIDAD ADMINISTRATIVA

El Jefe Institucional es el responsable administrativo de la gestión del presente manual y todo lo referente a su implementación, seguido por el Director de la Unidad de Radioterapia, como responsable directo del cumplimiento de los procedimientos indicados en el manual; quienes tienen como asesor al OPR.

6.1.7.2. RESPONSABILIDAD FUNCIONAL

Se basa en la estructura organizativa de la Institución, la responsabilidad de poner en práctica cada uno de los procedimientos indicados en el manual recae en el personal de Física Médica (debido a que físico médico es el responsable global del equipo y/o fuentes radiactivas y su funcionamiento) y del personal Tecnólogo Médico (durante la operación de los equipos); quienes tienen como asesor y/o supervisor al OPR.

6.1.7.3. DISPONIBILIDAD DEL MANUAL

La Jefatura Institucional del IREN, el Director de la Unidad de Radioterapia, dispondrán de ejemplares del manual en cada área de trabajo, según corresponda, y tendrán conocimiento y acceso todos los Trabajadores Ocupacionalmente Expuestos (TOEs).

6.1.7.4. REVISIÓN DEL MANUAL

Este Manual estará sometido a revisión con el fin de perfeccionar los métodos procedimientos que conduzcan a un mejor logro de los objetivos de la Protección Radiológica y se someterá a revisión:

- a. Siempre que se modifique la normativa nacional en esta materia.
- b. Cuando las circunstancias lo aconsejen debido a una modificación en las recomendaciones o protocolos de organismos internacionales o nacionales vinculados con la Protección Radiológica.
- c. Si se estima oportuno a la vista de la experiencia adquirida en la puesta en práctica de los procedimientos de este Manual, o porque la mejor evidencia científica así lo recomiende.

- d. Cualquier modificación del Manual deberá ser propuesta por el Oficial de Protección Radiológica (OPR) o por el Director de la Unidad de Radioterapia debiendo tener el visto bueno del Comité de Protección Radiológica (CPR) y ser aprobada por la Jefatura Institucional del IREN.

6.1.8. DISEÑO DE INSTALACIONES

El diseño y construcción de una instalación de radioterapia, ha de ir orientado a proteger a las personas, de modo que la dosis equivalente de radiación que pudiera recibir el TOE, los pacientes y los miembros del público sean tan pequeñas como sea razonablemente posible, y a evitar la interferencia con otros equipos cuyo correcto funcionamiento sea susceptible de ser perturbado por la radiación.

Para ello se tendrán las siguientes consideraciones:

- a. La sala de irradiación debe estar ubicada en un área donde se aplique sin problemas el control del acceso y así como de la exposición ocupacional y pública.
- b. El blindaje de la sala de irradiación debe ser calculado para las condiciones máximas de carga de trabajo, considerando adecuadamente los factores de ocupación de las áreas adyacentes.
- c. La conformidad del diseño de la sala de irradiación construida debe basarse en mediciones de los niveles de radiación en puntos seleccionados. Estas mediciones y su certificación deben ser efectuados por el OPR del IREN.
- d. Las salas de irradiación donde se efectúa terapia con haces de radiación de energía mayor a: 10 MV para fotones y 10 MeV para electrones deben contar con un sistema de renovación de aire apropiado para la remoción del ozono que se produzca. En este caso los conductos de aire no deben reducir la capacidad de blindaje de la sala.
- e. Las salas de irradiación para aceleradores lineales con haces de fotones de alta energía (igual o mayor a 10 MV) deben diseñarse considerando la posible producción de neutrones.
- f. La sala de irradiación de teleterapia debe poseer una puerta de acceso con interseguro que impida la emisión del haz, si no está cerrada, o que interrumpa la irradiación cuando esta se abra. El mecanismo debe diseñarse de modo que la irradiación se restablezca solo desde la consola.
- g. El acceso a la sala de irradiación debe poseer señales luminosas que identifiquen claramente la condición del "equipo sin irradiar" y "equipo irradiando". Adicionalmente debe contar con señales de advertencia reglamentarias.
- h. La ubicación de la consola debe permitir que el operador tenga una visión adecuada del acceso a la sala de tratamiento en todo momento.
- i. La sala de irradiación debe poseer un apropiado sistema de visión y comunicación con el paciente. Los sistemas de visión deben estar siempre operativos.
- j. La sala de irradiación, en el caso de aceleradores lineales, debe disponer de al menos tres interruptores manuales que interrumpan la irradiación, y los cuales estén ubicados, dos dentro de la sala y uno afuera de la misma.
- k. Para el caso de braquiterapia: la instalación deberá contar con un contenedor para guardar fuentes en caso de emergencia, un mecanismo que transporta la fuente desde su posición de guarda hasta el aplicador y lo devuelve cuando

termina el tiempo de tratamiento o se programa desde la consola de control un monitor de radiación portátil, un mecanismo que pueda hacer que las fuentes vuelvan a su posición de guarda en caso de exposiciones anormales.

6.1.9. EQUIPAMIENTO

En todos los aspectos relativos a solicitud de ofertas, evaluación y adjudicación de los equipos e instalaciones con riesgo radiológico, se seguirán los procedimientos administrativos establecidos para el resto de equipos e instalaciones hospitalarias, dando especial atención a las especificaciones de carácter técnico y de protección radiológica.

La elaboración de las especificaciones técnicas de los equipos o componentes a adquirir o a modificar será responsabilidad del usuario el cual debe contar con el apoyo de especialistas correspondientes.

En cualquier caso, el Comité de Protección Radiológica (CPR) del IREN, asesorará a la Jefatura Institucional en todos los aspectos relativos a materias de su competencia.

La recepción de un equipo, así como la de dispositivos y accesorios precisos para realizar el tratamiento, la de sistemas dosimétricos o elementos para el control y reducción de dosis a paciente o trabajadores expuestos, se efectuará por el procedimiento establecido por el IREN.

Se deberán realizar las pruebas de aceptación que incluirán, como mínimo, los parámetros detallados en las especificaciones de compra, y harán referencia a protocolos nacionales o a protocolos internacionales cuando se estime oportuno. Así mismo se prestará especial atención a las especificaciones de carácter radiológico y de seguridad física.

Para el caso de braquiterapia de alta tasa de dosis (BATD) se deberá considerar los siguientes componentes: Un contenedor para guardar fuentes cuando no están en uso, un mecanismo que transporta la fuente desde su posición de guarda hasta el aplicador y lo devuelve cuando termina el tiempo de tratamiento o se programa desde la consola de control, un sistema que mantenga las fuentes en una posición determinada durante un tiempo establecido, y un mecanismo que pueda hacer que la fuente vuelva a su posición de guarda cuando se produce una interrupción de luz o una emergencia.

6.1.10. REGISTROS

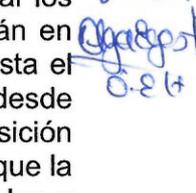
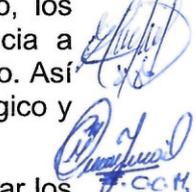
Tanto las NBS y la Reglamentación Nacional vigente contemplan la obligatoriedad de registrar la información concerniente a la Protección Radiológica de las personas y áreas relacionadas con la actividad donde exista riesgo potencial de exposición a fuentes de radiación.

Los titulares del Registro o Licencia deberán mantener registros de la exposición de trabajadores evaluados dosimétricamente, así como de los datos resultantes de la vigilancia radiológica operativa y ambiental, conforme al modo y forma que lo establezca específicamente la Autoridad Nacional.

El sistema de archivo puede ser tanto "en papel" como "informático o electrónico". El archivo informático presenta ventajas indudables como la rapidez en el acceso a los datos o el posible tratamiento estadístico de la misma ventaja importante en cualquier estudio como prevención de riesgos.

En cualquier caso, se han de tomar las medidas necesarias para asegurar la confidencialidad de los datos relativos a los TOE.

Se deberán mantener y hacer accesibles los registros relativos a los datos, parámetros



y factores que permitan determinar retrospectivamente las dosis en pacientes. Estos registros deberán incluir las constancias de las calibraciones y comprobaciones periódicas de parámetros físicos y clínicos relevantes.

El Jefe Institucional, está obligado a remitir información relativa a la protección radiológica de la práctica, concordante con la magnitud de las exposiciones normales y potenciales, y conforme lo requiera la Autoridad Nacional.

6.1.11. SISTEMA DE CALIDAD

En toda instalación de radioterapia debe implantarse un programa de Garantía de Calidad de los aspectos físicos en las exposiciones médicas.

Los equipos de radioterapia que se instalen o re-instalen en otra ubicación deben someterse a pruebas de aceptación para asegurar que continúan cumpliendo las especificaciones del fabricante y los requisitos de seguridad.

Estas pruebas serán previas al re-inicio del uso del equipo en los tratamientos a pacientes.

El programa de Garantía de Calidad de los aspectos físicos debe incluir como mínimo:

- a. Las verificaciones de los parámetros físicos de los equipos de radioterapia en el momento de su puesta en servicio y periódicamente en lo sucesivo.
- b. La verificación de los factores físicos y clínicos utilizados para el tratamiento de los pacientes.
- c. Registro por escrito de los procedimientos significativos, los datos adquiridos y los resultados.
- d. La verificación de la correcta calibración y condiciones de funcionamiento del sistema de dosimetría y equipo de protección radiológica.
- e. La organización estructural, funciones y responsabilidades del personal, y la calificación y entrenamiento requeridos por el personal.
- f. La ejecución de auditorías regulares al programa de Garantía de Calidad.
- g. Las herramientas e instrumentos para la calidad son mostradas en el protocolo de Garantía de Calidad.
- h. Se recomienda que la Unidad de Radioterapia cuente con su Comité de Garantía de Calidad.

6.1.12. FORMACIÓN Y ENTRENAMIENTO

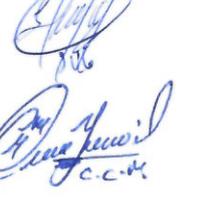
La formación y entrenamiento en Protección Radiológica constituye uno de factores más importantes para la seguridad de los TOE, estudiantes, personas en formación, pacientes y público en general, por lo que resulta necesario que el Jefe Institucional, en su condición de titular, impulse la organización de programas de formación y actualización profesional en Protección Radiológica y facilite a las personas implicadas la asistencia a las actividades formativas que se programen.

El Jefe Institucional encargara al OPR la responsabilidad de elaborar un Plan de Capacitación en Protección Radiológica.

6.2. DISPOSICIONES ESPECÍFICAS

6.2.1 CONSIDERACIONES ESPECÍFICAS PARA EL FUNCIONAMIENTO

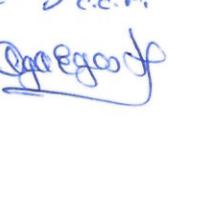
El funcionamiento de la instalación y de los equipamientos debe llevarse a cabo conforme a los planes y procedimientos escritos y aprobados por el Jefe Institucional, según las siguientes consideraciones:

- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- El equipo debe ser operado dentro de los límites y condiciones establecidos en la autorización, conforme con el Manual de Operación y con los procedimientos adicionales aprobados.
 - Los equipos de teleterapia debe ser verificado rutinariamente a frecuencias indicadas en el Programa de Garantía de Calidad del IREN y/o a lo indicado en el Anexo IV de la Norma Técnica IR.001.01, debiendo registrarse los resultados.
 - Los sistemas de planificación de dosis deben ser validados y probados antes de su utilización y luego en forma periódica.
 - El equipo y la instalación deben ser verificados antes de cada operación diaria en sus sistemas de seguridad.
 - El equipo de teleterapia no debe ser utilizado para tratar pacientes si no tiene operativos todos sus sistemas de seguridad.
 - Se debe contar con un programa de mantenimiento preventivo, revisiones periódicas y reparaciones en correspondencia con las recomendaciones del fabricante.

6.2.2. PROCEDIMIENTO OPERACIONAL DEL PACIENTE EN TELETERAPIA

En todas estas etapas en las cuales el paciente intervendrá, se detallan los procedimientos para evitar cualquier incidente, otros aspectos serán tratados en el plan de emergencia.

- Evaluación Clínica; incluye la valoración que realiza el médico Radioterapeuta del estado del paciente, tipo y extensión de la enfermedad y posibilidad terapéutica aplicables, la comprobación de los datos identificables del paciente, la valoración clínica, mediante: Anamnesis, Información de los exámenes complementarios realizados, Exploración física, Solicitud y evaluación de pruebas complementarias, Diagnóstico nasopatológico, Diagnóstico de extensión de la enfermedad, Clasificación en grupos pronósticos, y la valoración pronóstica: en función de los datos obtenidos en la etapa anterior. Se expresará mediante la probabilidad de: control local, supervivencia y efectos secundarios tardíos a 5 años.
- Decisión Terapéutica; etapa clínica en la que el médico especialista en Radioterapia elige entre las modalidades de tratamiento posibles, aquella cuyos objetivos metodología y desarrollo se adaptan mejor a las necesidades y deseos del paciente, se siguen los siguientes pasos: integración de los datos obtenidos en la etapa anterior, aplicación del protocolo correspondiente de acuerdo al diagnóstico, información al paciente de su situación, pronóstico, opciones, ventajas e inconvenientes, y posibilidades de conseguir el objetivo, selección del objetivo del tratamiento (curativo, paliativo), elección de la modalidad de tratamiento, definición del volumen tumoral y vías de diseminación, definición de tejidos a irradiar con fines preventivos, identificación de los tejidos u órganos sensibles o críticos, programación de la etapa siguiente, presentación y discusión en la sesión clínica correspondiente, y cumplimentación de la documentación clínica del paciente.



- c. Localización; etapa en la que el Médico Radioncólogo delimita los volúmenes blanco y los órganos críticos con sus márgenes correspondientes para la planificación del tratamiento con las siguientes consideraciones: elección de las imágenes anatómicas adecuadas, delimitación gráfica del volumen tumoral, delimitación gráfica de los órganos críticos, delimitación gráfica de los volúmenes a considerar en la irradiación, presentación en la sesión clínica correspondiente, transmisión de los datos al área de Física Médica, y la cumplimentación de la documentación clínica del paciente.
- d. Plan de irradiación; propuesta terapéutica en base a la enfermedad, el estado del paciente, medios disponibles y experiencia. Consta de: Prescripción provisional, cálculo, optimización y prescripción definitiva, realizada mediante: el establecimiento de la característica del tratamiento, la ejecución de la dosimetría clínica, la optimización, la comprobación de la hoja de tratamiento, la información al paciente del procedimiento a seguir, la obtención del consentimiento informado, y la cumplimentación de la documentación clínica del paciente,
- e. Simulación y/o verificación del tratamiento; reproducción fidedigna y documentada de las condiciones del tratamiento prescrito que se lleva a cabo antes de iniciarlo para ello se sigue los siguientes pasos: identificación del paciente, colocación del paciente, colocación de sistemas de contención e inmovilización si procede, alineación con los ejes de la unidad en relación a las referencias cutáneas, verificación de las variables de la unidad recogidas en la hoja de tratamiento, verificación de las puertas de entrada cutáneas con la luz del colimador, colocación y verificación de las protecciones y conformaciones previstas, toma de imágenes radiológicas, comparación con las imágenes previstas en la planificación aceptada, y obtención de documentación gráfica controlable.
- f. Aplicación del tratamiento: proceso mediante el cual se lleva a cabo la irradiación terapéutica, reproduciendo en la unidad de tratamiento los parámetros de irradiación y posición del paciente contenido en el informe dosimétrico y ficha de tratamiento, se realizan los siguientes pasos: identificación del paciente, colocación y alineación del paciente y del eventual sistema de inmovilización, colocación de las protecciones y modificadores del haz correctamente identificados, verificación del tamaño de campo, distancia de tratamiento, verificación de las características del tratamiento en cuanto a calidad de la radiación, energía, tasa de dosis y dosis a administrar (tiempo, unidades de monitor), puesta en marcha de la unidad de tratamiento, anotación en la hoja de tratamiento de la sesión administrada y de las posibles incidencias en la documentación clínica. Identificación y firma del tecnólogo médico que administre el tratamiento, y verificación de los campos de irradiación mediante sistemas de imagen.
- g. Control del tratamiento; proceso en el que se controla la aplicación del tratamiento, sus características, así como la respuesta de la enfermedad y evolución del enfermo se siguen los siguientes pasos: valoración semanal de la respuesta de la enfermedad, su clasificación, como: progresión, estabilización, remisión parcial y o remisión completa. Siempre que sea posible se llevará a cabo con medidas objetivas y reproducibles, decisión, en su caso, de las modificaciones del tratamiento, valoración de la respuesta al tratamiento de los tejidos sanos, prescripción del tratamiento adecuado en base a los protocolos de la institución, verificación de los datos anatómicos del paciente con los que se había planteado el tratamiento para adecuar la

técnica utilizada a las nuevas características anatómicas del paciente, y complementación de la documentación clínica del paciente.

- h. Evaluación final; etapa en la que se revisan las características de tratamiento administrado y sus efectos sobre la enfermedad, los tejidos sanos y el estado del paciente: revisión de la documentación clínica y técnica del paciente, anamnesis y examen físico del paciente, hacer constar en la historia clínica los resultados de la evaluación final, presentación del caso en la sesión clínica correspondiente, valorar la necesidad de emitir un informe al responsable del servicio en caso de detectar variaciones relevantes en el proceso, establecer las pautas de tratamiento complementario o de la toxicidad detectada, establecer el protocolo de seguimiento, si se considera pertinente, y redactar un informe del tratamiento administrado.
- i. Seguimiento del paciente después del tratamiento; etapa en la que se valora la evolución de la enfermedad, y los posibles efectos tóxicos agudos, y la eventual aparición de efectos tóxicos tardíos: anamnesis y examen físico del paciente, programa de formación continuada, historia clínica y documentación del proceso radioterápico, protocolo de seguimiento y de evaluación de la enfermedad si se considera pertinente, y medios para el diagnóstico de la evolución de la enfermedad de base.

6.2.3. PROCEDIMIENTO EN LA RECEPCIÓN, ALMACENAMIENTO, CARGA Y GESTIÓN DE FUENTES RADIATIVAS

- a. El material radiactivo será entregado en la instalación, donde la persona designada en el procedimiento para su recepción deberá comprobar que el material recibido es el solicitado.
- b. Se comprobará visualmente las condiciones del bulto, realizándose una medida de comprobación de los niveles de exposición en la superficie y a un metro, los valores deben estar en los límites establecidos. En caso de no ser así, se avisará al OPR para que tome las medidas oportunas.
- c. Se comprobará la concordancia en los datos referentes a la actividad, tipo y número de fuentes en los documentos de acompañamiento del pedido: certificado de las fuentes, albarán de entrega y etiqueta del bulto.
- d. El certificado de las fuentes incluirá: Tipo de isótopos (modelo y número de serie), características de construcción de la misma (tamaño, materiales y densidades de los mismos), Tasa de Kerma en aire a un metro de la fuente, actividad y fecha de calibración, así como el certificado de hermeticidad de la fuente (en el caso de fuentes de cobalto).
- e. El personal de la instalación llevará un registro específico sobre el material recibido, donde quedará reflejado el número de fuente y el número de compartimento donde queda almacenada.
- f. Verificación dosimétrica y geométrica: El Físico Medico realizará la verificación de los parámetros dosimétricos (para determinar la tasa de kerma normal en aire ($mGy \cdot h^{-1} \cdot m^2$), con una cámara de ionización tipo pozo, comprobando la concordancia de los datos obtenidos con los especificados en el certificado por la casa suministradora) y geométricos de las fuentes (por medio de radiografías, para comprobar el posicionamiento y dimensiones de la fuente).
- g. Integridad mecánica de los aplicadores y de los elementos auxiliares asociados a su utilización. Coincidencia de la posición de la fuente en el aplicador y de su simulador (dummy empleada para la planificación).

pueda causar dosis mayores a 50 mSv, la notificación debe ser inmediata.

El Plan de Emergencia debe incluir lo siguiente:

- a. Organización y responsabilidades.
- b. Procedimiento de inicio y notificación de la emergencia.
- c. Medidas inmediatas a adoptar para prevenir dosis excesivas en pacientes y personal.
- d. Procedimientos de acción para asistencia y control de personal posiblemente afectado.
- e. Notificación de sobre exposiciones.
- f. Identificación y transmisión de datos a recolectarse en la emergencia.
- g. Finalización de la emergencia.
- h. Preparación del informe a la Autoridad Nacional.
- i. Ejercicios y revisión de los planes. Los planes deben ser revisados periódicamente y cada vez que haya una variación en los procedimientos, regulaciones, técnicas, o diseño de equipos utilizados en la instalación.

En el Anexo C se muestra el Plan de Emergencia en Radioterapia de los principales eventos posibles que se tienen identificados.

6.2.6. SIMULACROS

La realización de ejercicios y simulacros de situaciones de emergencia que se pueden presentar, anteriormente citadas, con relativa frecuencia supone el entrenamiento del personal que trabaja en las instalaciones cuyo fin último es ensayar la respuesta en estas situaciones para evitar fallos y reducir en lo posible las exposiciones potenciales que se recibirían en estos casos.

El Jefe Institucional dispondrá la realización de simulacros ante las situaciones de emergencia una vez cada dos años.

Tales ejercicios periódicos deben ser dirigidos por el OPR, debiendo quedar registrado.

6.2.7. EVALUACIÓN DE SEGURIDAD DE LA INSTALACIÓN

La construcción de los búnkeres se resume que una evaluación de seguridad de la instalación está enmarcada en un adecuado diseño y cálculo de blindaje. El cual deberá garantizar que las dosis que reciban los TOEs y los miembros del público, sean tan bajas como sea razonablemente posible obtener y que en ningún caso se superen las restricciones dadas por la Normativa Nacional, para ello se requerirá lo siguiente.

6.2.7.1. MEMORIA DESCRIPTIVA

Incluirá los aspectos relacionados con las características técnicas del equipo a instalar, carga de trabajo, requisitos del fabricante para su instalación, datos de las áreas a proteger, factor de uso, factor de ocupación y los criterios radiológicos utilizados para cada barrera, métodos de cálculo empleado, valores de los parámetros físicos, resultados y conclusiones.



[Handwritten signature]

[Handwritten signature]
C.C.H.

6.2.7.2. VERIFICACIÓN

Se realiza un levantamiento radiométrico de la instalación para verificar que los cálculos realizados son correctos. Consideraciones generales:

- a. Carga de trabajo: Se deberá estimar realísticamente el número de pacientes que serán tratados con cada equipo de radioterapia existente en el Departamento, tomando en cuenta el tiempo necesario para la correcta colocación del paciente con los dispositivos de inmovilización y bloqueo de haz adecuados de manera tal que se pueda garantizar la calidad de tratamiento impartido, además se deberá de tener en cuenta la carga de trabajo física derivada de los controles de calidad al equipamiento de radioterapia, así como los procedimientos especiales que se realizarán en la institución.
- b. Preferentemente los equipos se ubicarán de manera tal que el haz primario no esté en dirección al laberinto.
- c. Se considerará como de miembro del público la exposición de los trabajadores debido a búnker colindante.
- d. No se utilizará en una misma sala de tratamiento más de un equipo de radioterapia, a menos que existan controles de ingeniería que aseguren que nunca podrán operarse ambos al mismo tiempo.
- e. Los recintos blindados para aceleradores lineales de alta energía (superiores a 10 MV) deberán diseñarse teniendo en cuenta la posible producción de neutrones; para terapia con haces de electrones deberán contar con sistemas de ventilación que permitan remover el ozono formado por irradiación del aire.

VII. FUNCIONES

El Jefe Institucional tiene la función principal de asegurar el cumplimiento de todo lo indicado en el manual y de su implementación, quien delegara las funciones específicas a cada profesional involucrado en la práctica con radiaciones ionizantes.

A continuación, se detalla en forma explícita las funciones en protección radiológica de cada profesional.

a. FUNCIONES DEL JEFE INSTITUCIONAL

Son funciones específicas del Jefe Institucional como Titular de la autorización:

- a. Asegurar el cumplimiento de las NBS y de la normativa nacional vigente.
- b. Designar al experto cualificado en protección radiológica: el Oficial de Protección Radiológica (OPR) con la responsabilidad del cumplimiento de las NBS y de la normativa nacional vigente.
- c. Garantizar que las exposiciones médicas sean prescritas y realizadas adecuadamente.
- d. Asignar responsabilidad primordial de la protección del paciente al Médico Radioncólogo, al Físico Medico y al OPR.
- e. Disponer del personal Médico especialista acorde a las necesidades y a las recomendaciones internacionales.
- f. Contar con personal Tecnólogo Medico en número suficiente para operar las unidades de tratamiento.
- g. Contar con expertos cualificados en física de las aplicaciones terapéuticas y/o diagnósticas: el Físico Medico.

- 
- 
- h. Autorizar y/o restringir la exposición médica.
 - i. Establecer y aprobar los criterios de competencias para la contratación de personal en consulta con los órganos profesionales competentes.
Velar porque se adopten acciones que garanticen la optimización de protección radiológica relativa a las exposiciones médicas.
 - k. Garantizar la investigación de exposiciones médicas accidentales.
 - l. Garantizar la aplicación de los niveles orientativos de dosis.
 - m. Implementación de un sistema de registro en: la evaluación de la dosis en exposiciones rutinarias y anormales en las aplicaciones de radioterapia, y en la exposición de voluntarios.

b. FUNCIONES DEL MÉDICO RADIONCÓLOGO

Los Médicos especialistas en oncología terapéutica, tienen como funciones:

- 
- 
- 
- a. Asegurar la completa protección radiológica del paciente.
 - b. Asegurarse que la exposición en tejido sano sea la mínima posible y alcanzar el objetivo en el volumen tumoral.
 - c. Establecer protocolos optimizados para los procedimientos y tratamientos, tomando en consideración las recomendaciones dadas por el físico médico.
 - d. Informar al paciente sobre las medidas de protección que debe tomar antes y después del procedimiento o tratamiento.
 - e. Proporcionar los criterios para manejar el tratamiento de pacientes embarazadas y pacientes pediátricos.
 - f. Asegurar que las madres lactantes reciban la correspondiente información acerca de su interrupción de la lactancia en caso que fuese necesario.
 - g. Evaluar los planes de tratamientos en conjunto con el físico médico.
 - h. Prescribir la dosis de radiación a administrar a los pacientes.
 - i. Evaluar y registrar cualquier accidente o incidente radiológico desde el punto de vista médico.
 - j. Colaborar y participar en temas de protección radiológica.

7.3. FUNCIONES DEL FÍSICO MÉDICO

El Físico Médico para cumplir sus funciones deberá contar con su respectiva Licencia Individual otorgada por la OTAN/IPEN, sus principales funciones son:

- 
- 
- 
- 
- a. Desarrollar y establecer los requerimientos y especificaciones para la compra de equipos y diseño de instalaciones.
 - b. Verificar y participar en el cumplimiento de las pruebas de aceptación, puesta en servicio y protocolos de calibración de los equipos.
 - c. Supervisión técnica del mantenimiento.
 - d. Establecer e implantar los procedimientos de Garantía de Calidad.
 - e. Medir y analizar los datos del haz; tabular los datos del haz para el uso clínico.
 - f. Establecer los procedimientos de dosimetría clínica y cálculo de dosis absorbida.
 - g. Establecer los aspectos técnicos de la planificación del tratamiento.
 - h. Asegurar que se realice una verificación independiente de todos los cálculos de la planificación por una segunda persona.
 - i. Recomendar no efectuar tratamientos ante cambios o fallas en la unidad de radioterapia hasta no comprobar que esté funcionando apropiadamente.
 - j. Llevar los registros establecidos en los protocolos de garantía de calidad de los aspectos físicos de la radioterapia.

- k. Realizar la docencia e investigación.
- l. Protección radiológica en la exposición médica, ocupacional y exposición del público.

7.4. FUNCIONES DEL OFICIAL DE PROTECCION RADIOLOGICA

Como función principal del OPR es la de asegurar el cumplimiento de las NBS y la reglamentación nacional vigente en protección radiológica quien deberá contar con su respectiva Licencia Individual otorgada por la OTAN/IPEN, para ello cumplirá lo siguiente:

- a. Supervisar la seguridad radiológica de la práctica, a través de: la validación de los procedimientos; la supervisión directa de la planificación, ejecución y evaluación de las medidas de protección radiológica necesarias para las operaciones rutinarias o especiales; la vigilancia radiológica en el puesto de trabajo y vigilancia individual, incluyendo el registro de dosis, el control de las descargas y gestión de los residuos radiactivos hasta su transferencia a un gestor autorizado; el mantenimiento actualizado de las fuentes, y de su adquisición y transferencia; la supervisión de la adquisición, verificación, aceptación, operación y mantenimiento de los equipos y sistemas de seguridad radiológica.
- b. Establecer y evaluar los resultados del Programa de Protección Radiológica (PPR) e informar al titular sobre: los indicadores y objetivos; la evaluación de los resultados según los objetivos.
- c. Asegurar la protección y seguridad física de las fuentes de radiación.
- d. Identificar las condiciones que pueden dar lugar a exposiciones potenciales.
- e. Asegurar que se efectúe una auditoría anual del programa de protección.
- f. Estar presente durante las inspecciones y auditoría de la Autoridad Nacional.
- g. Verificar que se efectúen las calibraciones y los controles de calidad.
- h. Preparar los planes de respuesta ante los incidentes previsibles en la práctica.
- i. En caso de evento radiológica anormal, participar activamente en la: coordinación, dirigiendo y estableciendo las acciones para contener, disminuir y evitar las consecuencias; evaluación de sus consecuencias; puesta en marcha de las actuaciones previstas en el plan de respuesta; investigación de las causas, extracción de lecciones y adopción de las medidas correctivas que se deriven de ellas.
- j. Capacitar y/o gestionar la capacitación del personal de su práctica en materia de protección radiológica, de acuerdo con la función y el riesgo de cada puesto de trabajo para asegurar que realicen su trabajo en forma segura.
- k. Elaboración del expediente técnico para el licenciamiento de las instalaciones y equipos.
- l. Mantener en forma apropiada los registros requeridos por la Autoridad Nacional.

7.5. FUNCIONES DEL TECNÓLOGO MÉDICO

El Tecnólogo Médico para poder operar los equipos y fuentes de radiación ionizante deberá contar con su respectiva licencia individual, otorgada por la OTAN/IPEN y su función principal es aplicar lo estipulado en los reglamentos y normas de protección radiológica correspondiente a sus actividades propias del desempeño en radioterapia quien tiene como actividades principales:



A vertical column of official stamps and signatures is located on the left margin of the page. From top to bottom, it includes: a circular stamp of the Instituto Costarricense de Radiación y Protección (ICRP) with a signature; a circular stamp of the Dirección de Radioterapia, IREN-CENTRO, with a signature; a circular stamp of the Instituto Costarricense de Radiación y Protección (ICRP) with a signature; a circular stamp of the Instituto Costarricense de Radiación y Protección (ICRP) with a signature; a circular stamp of the Oficina de Planeación y Presupuesto, IREN-CENTRO, with a signature; a circular stamp of the Instituto Costarricense de Radiación y Protección (ICRP) with a signature; a circular stamp of the Instituto Costarricense de Radiación y Protección (ICRP) with a signature; and several handwritten signatures at the bottom, including one that appears to be 'C.C.M.' and another that appears to be 'O.S.L.'.



a. Programar la cantidad y fechas de verificación de imágenes portales, planares y Cone Beam Computed Tomography (CBTC) para cada paciente según sea el caso en la calendarización y agendamiento en un sistema de gerenciamiento.

b. Definir y asegurar la correcta inmovilización del paciente

c. Asegurar la identificación del paciente y sus respectivas marcas.

d. Reportar al médico responsable de alguna situación particular.

e. Verificar el valor de la dosis absorbida por sesión a administrar.

f. Informar al médico radioncólogo y al OPR cualquier situación de exposición anormal a pacientes.

g. Revisar el plan de tratamiento y/o la correcta presentación de los bloques de protección de tratamiento elaborados para cada paciente e informar al físico médico sobre algún posible error o falla para su respectiva corrección.

h. Ejecutar los procedimientos de operación y atender los requerimientos de protección operacional durante la simulación convencional, tomográfica, tratamiento según lo prescrito previa revisión de estos registrándolos en las fichas de tratamiento y/o historias clínicas de los pacientes, con su respectiva firma.

i. Registrar el tratamiento administrado a los pacientes.

j. Registrar y/o documentar los eventos ocurridos en el equipo de tratamiento.

k. Estar atento a cualquier señal de falla o problema en el equipo e instalación, informando al físico médico y/o al OPR.

l. Detener el funcionamiento del equipo ante fallas anticipadas o imprevistas.

m. Portar el dosímetro personal durante su permanencia en el departamento.

n. Colaborar y participar en temas de protección radiológica.

o. Realizar docencia e investigación.

7.6. FUNCIONES DEL PERSONAL DE MANTENIMIENTO

El personal de mantenimiento para poder manipular los equipos y fuentes de radiación ionizante deberá contar con su respectiva Licencia Individual otorgada por la OTAN/IPEN y cumplirán las siguientes funciones:

a. Comunicar por escrito al OPR y/o al Físico Médico de la Unidad las acciones realizadas sobre los equipos y los sistemas que sean importantes para la seguridad.

b. Registrar las acciones de mantenimiento que se realicen en cada equipo o sistema.

c. Cumplir con el calendario de mantenimientos y reparaciones de los equipos.

d. Aplicar estrictamente los procedimientos brindados por los suministradores de los equipos.

e. Velar porque sólo se realicen las tareas de mantenimiento o reparación con el alcance autorizado por los fabricantes de los equipos.



[Handwritten signature]
C.C. 17

8. ANEXOS

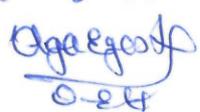
ANEXO A:

PLAN DE INSPECCIONES

El Jefe Institucional en base a las recomendaciones de la NBS encargará al OPR la función de inspeccionar toda práctica y/o fuente de radiación.

Tabla 1: Plan de actividades para las inspecciones en materia de protección radiológica.

Nº	Actividad	Fecha/período	Responsable
1	Verificación de procedimientos de trabajo en Teleterapia	A coordinar con la jefatura	OPR
2	Verificación de procedimientos de trabajo en Braquiterapia de alta tasa de dosis	A coordinar con la jefatura	OPR
3	Verificación de procedimientos de trabajo en el simulador	A coordinar con la jefatura	OPR
4	Verificación de la vigilancia radiológica individual de todo el personal (uso y uso correcto)	Permanente	OPR
5	Verificación del cumplimiento de los requisitos de trabajo con radiaciones ionizantes. (licencia, otros)	Permanente	OPR
6	Verificación del cumplimiento del programa de mantenimiento Preventivo y correctivo de los equipos de tratamiento.	Según el programa de Garantía de Calidad	OPR
7	Verificación del cumplimiento del programa de control de calidad diario, mensual y anual de los equipos de tratamiento en teleterapia, braquiterapia y la planificación de los tratamientos.	Cada mes	Director Ejecutivo de Radioterapia, OPR
8	Verificación del cumplimiento del programa de mantenimiento y control de calidad de los equipos e instrumentos de dosimetría.	Según el programa de Garantía de Calidad	OPR



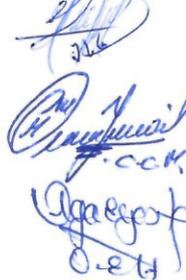
ANEXO B: PLAN DE CAPACITACION

Se muestra el Plan de Capacitación en protección radiológica al personal TOE y no TOE de la Unidad o Servicio o Departamento de Radioterapia, según las recomendaciones de la NBS y de la reglamentación nacional vigente.

Tabla 2. Plan de actividades para el Capacitación y Entrenamiento.

Nº	Actividad	Fecha/período	Recurso	Responsable
1	Curso de Protección Radiológica y Física Medica a los Médicos Residentes	1 vez por año con fecha de inicio agosto del presente año a marzo de año siguiente	RSR, NBS 115, Ley 28028, Reglamento Ley 28028, Handbook of Medical Physics	Medico jefe /OPR
2	Curso de actualización en Protección Radiológica para Tecnólogos Médicos	1 vez por año y cada vez que ingrese nuevo personal	RSR, NBS 115, Ley 28028, Reglamento Ley 28028	Medico jefe / OPR
3	Capacitación en Protección Radiológica al personal de enfermería	1 vez por año y cada vez que ingrese nuevo personal	RSR, NBS 115, Ley 28028, Reglamento Ley 28028	Físico / OPR
4	Taller/Seminario/simulacro sobre protección radiológica y planes de emergencias en la práctica de Radioterapia	1 vez por año	RSR, NBS 115, Ley 28028, Reglamento Ley 28028	Medico jefe / OPR/Físico Medico
5	Taller/Seminario sobre Aplicaciones, protección radiológica y nuevas tecnologías en la práctica de Radioterapia	2 veces por año (uno en junio y el otro en noviembre de año en curso)	RSR, NBS 115, Ley 28028, Reglamento Ley 28028	Medico jefe / Físico Medico/OPR
6	Charlas mensuales referidos a la optimización de tratamientos especiales y/o a la implementación de nuevas técnicas de tratamiento	Mensuales	RSR, NBS 115, Ley 28028, Reglamento Ley 28028	Medico jefe / Físico Medico

RSR: Reglamento de Seguridad Radiológica



ANEXO C: PLAN DE EMERGENCIA

Los planes de emergencias elaborados en este documento se encuentran basados según las exigencias establecidos por la Oficina de la Autoridad Nacional OTAN- IPEN.

Se muestran las responsabilidades y los procedimientos a seguir para cada uno de los posibles eventos mostrados en el acápite 5.1.

C.1. Responsabilidades

C.1.1. Oficial de Protección Radiológica

- a. Dirigir el plan de contingencia para el resguardo de la fuente radiactiva y de los niveles de exposición de las personas involucradas.
- b. Coordinar la delimitación, desalojo, acordonamiento, señalización del área afectada.
- c. Investigar y elaborar los informes.

C.1.2. Medico Radioncólogo

- a. Asegurar el bienestar global del paciente.

C.1.3. Físico Medico

- a. Asegurarse que la fuente radiactiva se encuentre en su posición de guarda y/o en su contenedor de emergencia.
- b. Asegurar que los datos dosimétricos sean registrados adecuadamente para su posterior análisis o compensación, si lo requiera.

C.1.4. Tecnólogo Medico

- a. Asegurar que los datos dosimétricos sean registrados adecuadamente para su posterior análisis o compensación, si lo requiera.
- b. Informar inmediatamente identificado el evento anormal.
- c. Retirar al paciente del bunker y del área afectada.

C.1.5. Jefatura Institucional

- a. Disponer que se realicen investigaciones que corresponda y se realicen los informes técnicos.
- b. Comunicación oficial del evento.
- c. Aprobación del informe técnico

C.2. Procedimiento

El procedimiento a seguir en este supuesto sería el siguiente:

C.2.1. Falla en el funcionamiento de Interlock de puerta de ingreso al bunker donde se encuentra el acelerador lineal.

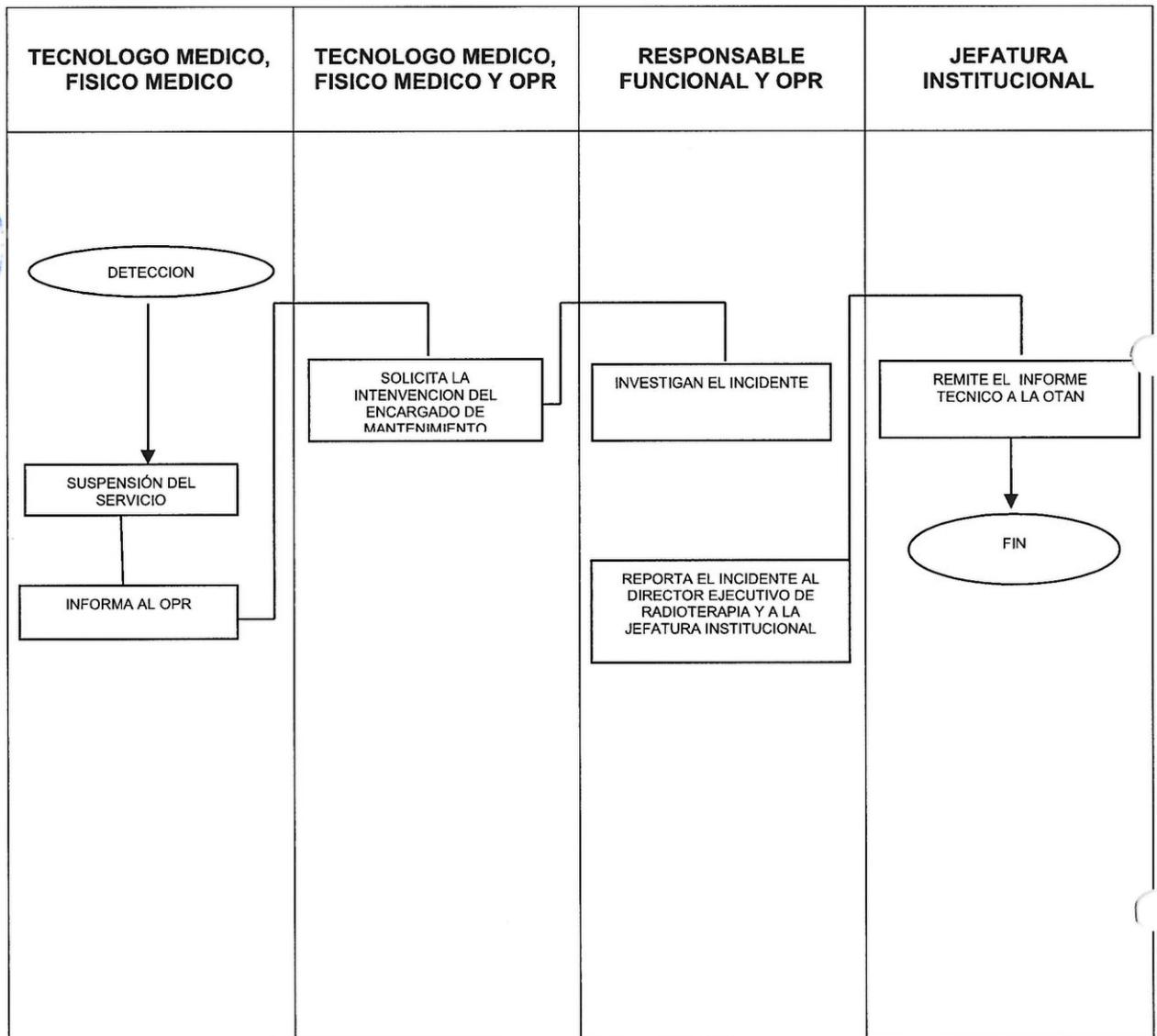
Se trata de un incidente con probable impacto radiológico en el interior y que por lo tanto, afectaría únicamente a personas en el interior.

El procedimiento a seguir en este supuesto sería el siguiente:

- a. Detección: El personal de turno identifica el incidente.
- b. Suspensión del proceso: El personal que detecte el incidente deberá, por iniciativa propia, ordenar la suspensión del proceso en dicha instalación de Cobaltoterapia.
- c. Retiro del Paciente: Si el evento se inicia cuando existe paciente en tratamiento, entonces se procede inmediatamente a retirar al paciente.
- d. Cerrado de Puerta: una vez retirado el paciente, se procede a cerrar la puerta.
- e. Reporte 1: Inmediatamente se deberá dar aviso al Físico Medico de turno o al OPR (Ubicable en: teléfono celular 988145319).
- f. Reporte 2: Avisar a la empresa encargada del mantenimiento para que solucione este problema tan importante para la seguridad de la Instalación
- g. Reporte 2: Se reporta el incidente al Director Ejecutivo de Radioterapia y a la Jefatura Institucional.
- h. Evaluación 1: Se evalúa los niveles de radiación del área involucrada.
- i. Evaluación 2: En caso halla, como consecuencia de la falla en el interlock de la puerta de ingreso, alguna persona irradiada involuntariamente. El OPR y el responsable Funcional deben investigar como fue el incidente, cuánto tiempo estuvo, etc para saber aproximadamente cuanto fue la dosis efectiva que recibió y contrastarlo con el dosímetro en caso tuviese la persona irradiada.
- j. La Jefatura Institucional notifica y/o delega se notifique en forma adecuada a las instancias correspondientes.
- k. El OPR prepara el informe técnico sobre las acciones tomadas, sobre las razones que han conducido al incidente para poder tratar de evitarlos en el futuro.
- l. La Jefatura Institucional remite un informe técnico del evento a la OTAN.



Figura 1. Diagrama de flujo para la Falla en el funcionamiento de Interlock de puerta de ingreso a la Instalación





C.2.2. Sobre o sub exposición del paciente durante Procedimiento de tratamiento

Se trata de accidentes sin impacto radiológico en el exterior y que por lo tanto, afectaría únicamente al paciente por falla en el equipo o por no seguir el procedimiento adecuado.

El procedimiento a seguir en este supuesto sería el siguiente:

- a. Detección: El personal de turno identifica el incidente.
- b. Suspensión del proceso: El personal que detecte el incidente deberá, por iniciativa propia, ordenar la suspensión del proceso en dicha instalación.
- c. Retiro del Paciente: Si el evento se inicia cuando existe paciente en tratamiento, entonces se procede inmediatamente a retirar al paciente.
- d. Reporte 1: Inmediatamente se deberá dar aviso al Físico Medico y al médico de turno o al OPR (Ubicable en: teléfono celular 988145319).
- e. Evaluación 1: si es falla de equipo o de procedimiento.
- f. Reporte 2: Si es por falla del equipo comunicar a la empresa encargada del mantenimiento para que solucione este problema.
- g. Reporte 3: si es falla de procedimiento se hace la evaluación de la magnitud del incidente.
- h. Reporte 4: Se reporta el incidente al Director de Radioterapia y de acuerdo a la magnitud, a la Jefatura Institucional.
- i. Evaluación 2: Se evalúa los niveles de radiación del área involucrada.
- j. Evaluación 3: En caso halla, como consecuencia del incidente, una sobre exposición del paciente o de un TOE o de alguna persona irradiada involuntariamente. El OPR y el responsable Funcional deben investigar como fue el incidente, cuánto tiempo estuvo, etc para saber aproximadamente cuanto fue la dosis efectiva que recibió y contrastarlo con el dosímetro en caso lo tuviese.
- k. La Jefatura Institucional notifica y/o delega se notifique en forma adecuada a las instancias correspondientes.
- l. El OPR prepara el informe técnico sobre las acciones tomadas, sobre las razones que han conducido al incidente para poder tratar de evitarlos en el futuro.
- m. La Jefatura Institucional remite un informe técnico del evento a la OTAN.



[Handwritten signature]
Firma

[Handwritten signature]
O.E.T.

C.2.3. Catástrofes graves como incendios generalizados, hundimiento del edificio, etc

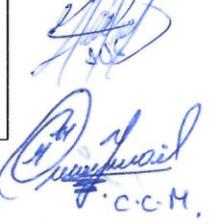
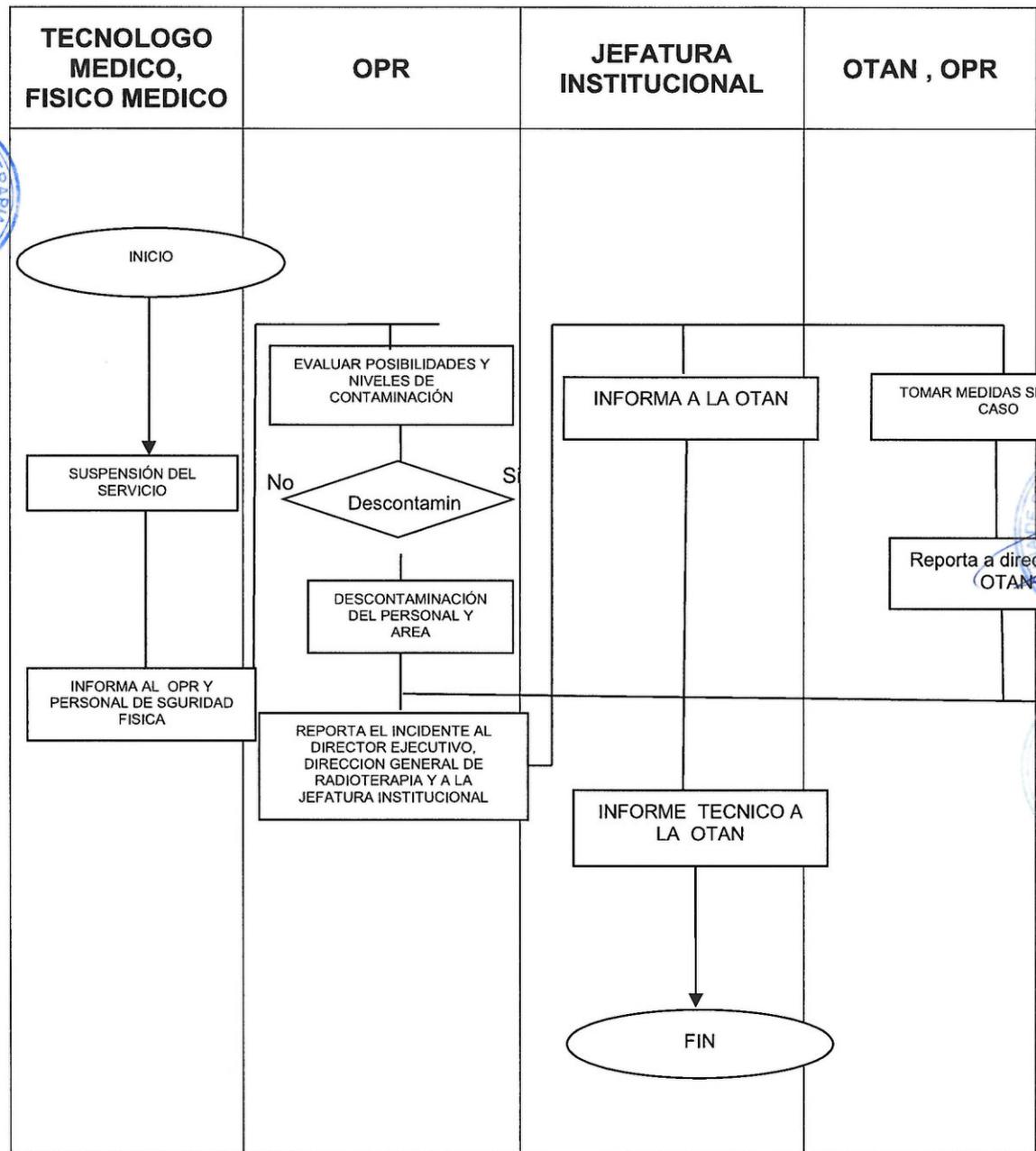
Se trata de supuesto incidente con probable impacto radiológico en el exterior y que por lo tanto, afectaría a personas tanto dentro como en el exterior del IREN. Durante todo el proceso, se permitirá el acceso al área afectada al personal que tenga alguna misión encomendada en el control de la emergencia.

El procedimiento a seguir en este supuesto sería el siguiente:

- a. Detección: El personal de turno identifica el incidente.
- b. Suspensión del proceso: El personal que detecte el incidente deberá, por iniciativa propia, ordenar la suspensión del proceso en dicha instalación de los aceleradores lineales y la unidad de braquiterapia de alta tasa de dosis.
- c. Retiro del Paciente: Si el evento se inicia cuando existe paciente en tratamiento, entonces se procede inmediatamente a retirar al paciente.
- d. Reporte 1: Inmediatamente se deberá dar aviso al OPR (Ubicable en: teléfono: celular 988145319) y al personal de Seguridad.
- e. Evaluación 1: El OPR y/o el Físico Medico de turno evaluará las posibilidades y niveles de contaminación y/o exposición potencial del personal y de las instalaciones.
- f. Reporte 2: Se reporta el incidente al Director Ejecutivo de Radioterapia y a la Jefatura Institucional.
- g. Evaluación 2: el OPR y/o el personal de Seguridad dispondrán el desalojo del área afectada y restringir el acceso a dicha área mediante el acordonamiento y la señalización.
- h. Evaluación 3: Se evalúa las posibilidades de contaminación de las áreas involucradas.
- i. Reporte 3: La Jefatura Institucional dispone, en base a la evaluación 3 y 4, informar del suceso a la Oficina Técnica de la Autoridad Nacional (OTAN, a los teléfonos: 463-1170 y 463-1171 de lunes a viernes de 8:00 a 16:00 horas ó a los teléfonos del Servicio Nacional de Emergencias Radiológicas 448-5050, 448-5040, 226-0030 y 226-0038) para establecer un plan conjuntamente con el OPR y el personal de Seguridad.
- j. Evaluación 5: si existe contaminación, se el OPR en coordinación personal del área afectada y el personal de la OTAN realiza el proceso de descontaminación del área afectada.
- k. Retiro de la Fuente: En coordinación con el personal de mantenimiento del equipo de Ir-192 y con el personal de la OTAN se procede a retirar la fuente.
- l. Evaluación 6: Se evalúa los niveles de radiación del área involucrada.
- m. La Jefatura Institucional notifica y/o delega se notifique en forma adecuada a las instancias correspondientes.
- n. El OPR prepara el informe técnico sobre las acciones tomadas, sobre las razones que han conducido al incidente para poder tratar de evitarlos en el futuro.
- o. La Jefatura Institucional remite un informe técnico del evento a la OTAN.



Figura 2. Diagrama de flujo para Catástrofes graves como incendios generalizados, hundimiento del edificio, etc



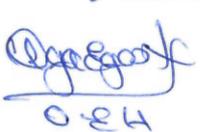
Handwritten signatures and initials:
 C.C.M.
 O.E.T.

C.2.7. NO RETORNO DE LA FUENTE A LA POSICIÓN DE GUARDA EN BRAQUITERAPIA DE ALTA TASA DE DOSIS (BATD)

Se trata de supuestos accidentes sin impacto radiológico en el exterior y que por lo tanto, afectaría únicamente al paciente o al personal que manipula la fuente que por falla en el equipo o por no seguir el procedimiento adecuadamente.

El procedimiento a seguir en este supuesto sería el siguiente:

- a. Detección: El personal de turno identifica el incidente.
- b. Suspensión del proceso: El personal que detecte el incidente deberá, por iniciativa propia, ordenar la suspensión del proceso en dicha instalación.
- c. Evaluación 1: Si el evento se inicia cuando existe paciente en tratamiento, entonces el Físico Medico y/o el OPR proceden a levantar el PANEL DE ACCESO que se encuentra encima de la Unidad de tratamiento para acceder a la MANIVELA DORADA, gire en dirección de las flechas hasta que se bloquee.
- d. Evaluación 2: Compruebe la presencia de no radiación en el paciente usando el detector.
- e. Evaluación 3: El Médico procede a retirar el aplicador del paciente asegurándose de que la fuente quede aislada en el aplicador.
- f. Evaluación 4: Si se detecta radiación en el paciente, el Médico procede a retirar el aplicador del paciente e introduce todo el sistema en el contenedor y cierre la tapa. No olvide de dejar la etiqueta de advertencia de radiación colgada fuera del contenedor.
- g. Evaluación 5: Sacar el paciente de la sala de tratamiento.
- h. Cerrado de Puerta: una vez retirado el paciente, se procede a cerrar la puerta.
- i. Reporte 1: Inmediatamente se deberá dar aviso al OPR (Ubicable en: teléfono celular 988145319).
- j. Evaluación 6: Solicitar al personal de mantenimiento del equipo de braquiterapia que proceda a destrabar la fuente.
- k. Reporte 2: Se reporta el incidente al Director Ejecutivo de Radioterapia y a la Jefatura Institucional.
- l. Evaluación 3: En caso de no se pueda destrabar se notificara a la Oficina Técnica de la Autoridad Nacional (OTAN, a los teléfonos: 463-1170 y 463-1171 de lunes a viernes de 8:00 a 16:00 horas ó a los teléfonos del Servicio Nacional de Emergencias Radiológicas 448-5050, 448-5040, 226-0030 y 226-0038) para establecer un plan conjuntamente con el OPR y el personal de mantenimiento y lograr destrabar la fuente.
- m. Evaluación 4: Se evalúa los niveles de radiación del área involucrada.
- n. La Jefatura Institucional notifica y/o delega se notifique en forma adecuada a las instancias correspondientes.
- o. El OPR prepara el informe técnico sobre las acciones tomadas, sobre las razones que han conducido al incidente para poder tratar de evitarlos en el futuro.
- p. La Jefatura Institucional remite un informe técnico del evento a la OTAN.



ANEXO D

DESCRIPCION DE LA INSTALACION

D.1. LOS EQUIPOS DE TELETERAPIA

Los Aceleradores Lineales (Linac) se encuentran ubicados en el sótano de la Unidad de Radioterapia del IREN en el cual cada instalación cuenta con áreas específicas como: Bunker de tratamiento, área de operación (consola), área de recepción y vestidor de pacientes, área de simulación, área de planificación de tratamientos.

La relación de equipos de teleterapia de la Unidad de Radioterapia es:

Tabla 3. Relación de aceleradores Lineales de la Unidad de Radioterapia del IREN.

Nº	Ubicación del recinto	Marca	Modelo	Serie	Radiación	Energía (MeV)
1	Sótano	Elekta	Synergy	154287	Fotones/electrones	F: 6, 10 y 15 MV E: 6 Y 10 MeV
2	Sótano	Elekta	Synergy Platform	154286	Fotones/electrones	F: 6 MV E: 6 Y 10 MeV

D.2. EQUIPO DE BRAQUITERAPIA DE ALTA TASA DE DOSIS

El equipo de Braquiterapia de Alta Tasa de Dosis se encuentra ubicado en el sótano de la Unidad de Radioterapia del IREN en el cual la instalación cuenta con áreas específicas como: Bunker de tratamiento, área de planificación de tratamientos y operación.

La relación del equipo de Braquiterapia de Alta Tasa de Dosis (BATD) del Departamento de Radioterapia es:

Tabla 4. Relación de equipo de BATD de la Unidad de Radioterapia del IREN.

Nº	Marca	Modelo	Serie	Fuente	Fecha de Instalación	Tipo de Área*	
1	Elekta Nucletron	-	Microselectron	20233	Ir-192	-----	Controlada

*Las áreas de comando de cada equipo son consideradas Áreas Controladas.

D.4. LOS EQUIPOS SIMULADORES

Los equipos de rayos X usados como simuladores se encuentran ubicados en el sótano de la Unidad de Radioterapia del IREN en el cual cada instalación cuenta con áreas específicas como: sala de irradiación, área de operación, área de recepción y vestidor de pacientes.

Tabla 5. Relación de equipos de rayos X simuladores de la Unidad de Radioterapia

del IREN.

Nº	Ubicación	Marca	Modelo	Serie	KV	mA	Función
1	TAC - Simulador	Siemens	SOMATOM Scope	115551	150	630	GENERAL
2	Braquiterapia	GE	Brivo Essential	B3SS1600 336	110	4	GENERAL FLUOROSCOPIA

ANEXO E

DESCRIPCION DE LOS EQUIPOS DE DOSIMETRIA CLINICA

La Unidad de Radioterapia cuenta con la siguiente relación de equipos e instrumentos dosimétricos:

E.1. DOSÍMETROS

a. Cámara de ionización; las cámaras de ionización (CI) poseen certificado de calibración vigente. En la Tabla 6 se presentan sus características.

Tabla 6. Datos técnicos de las CI empleadas.

Características / C.I.	1	2	3	4	5	6
Fabricante	PTW	PTW	PTW	PTW	PTW	PTW
Modelo	TN31010	TN31014	TN31010	TN30013	TN30011- 1	TN33005
Serie	006948	001452	006949	009612	000114	121635
Voltaje de trabajo (V)	+400	+400	+400	+400	+400	+400
Eficiencia de colección (%)	100	100	100	100	100	100
Calibración N _{dw} (Gy/C)	2.935 10 ⁸ ⁶⁰ Co, 10x10 cm ² ,	2.289 10 ⁹ ⁶⁰ Co, 10x10 cm ² ,	2.948 10 ⁸ ⁶⁰ Co, 10x10 cm ² ,	5.353 10 ⁷ ⁶⁰ Co, 10x10 cm ² ,	5.179 10 ⁷ ⁶⁰ Co, 10x10 cm ² ,	9.156 10 ⁵ ¹⁹² Ir, Nsk (Gy.m ² .h ⁻¹ .A ⁻¹)
Ubicación	FÍSICA MÉDICA	FÍSICA MÉDICA	FÍSICA MÉDICA	FÍSICA MÉDICA	FÍSICA MÉDICA	FÍSICA MÉDICA

E.2. ELECTROMETROS

La CI indicada en la Tabla 6 son conectadas, cada una, a sus respectivos

electrómetros cuyas características son mostradas en la Tabla 7.

Tabla 7. Datos de los electrómetros utilizados.

Características/Electrómetro	1	2
Fabricante	PTW-Freiburg	PTW-Freiburg
Modelo	UNIDOS E, T10010	UNIDOS E, T10010
Serie	2275	2252
Voltaje de trabajo (V)	±100 - ±400	±100 - ±400
Fuente de alimentación (V)	100 – 230	100 – 230
Frecuencia de alimentación (Hz)	50 – 60	50 – 60
Tiempo de colección (s)	0 – 999	0 – 999

E.3. SIMULADORES Y SISTEMAS AUTOMATIZADOS

- Cuba automatizada 3D; La cuba automatizada está compuesta por: MP3-M perspex Tank, MP3-M Positioning Device, SCANLIFT Lifting carriage and water Reservoir.
- Fantoma Octavius; es un fantoma de forma octagonal Octavius, con dos bases intercambiables (Fantoma para el LINAC con cavidad de aire, Fantoma CT) de 32 cm de diámetro y longitud de 32 cm.
- Fantoma de control de calidad de número de CT, para el tomógrafo simulador que permita correlacionar como mínimo 8 números con densidades electrónicas de tejidos.
- Fantoma de tórax con holder para cámaras de ionización farmer y dosímetros termoluminiscentes.
- Fantoma de cabeza con holder para cámaras de ionización de volúmenes (0,015 cc), (0,003 cc), películas radiocrómicas, TLDS, OSLs. El fantoma presenta un material de plástico transparente, que permita la posición del holder en cualquier punto y diseñado para ser llenado con agua.
- Fantoma cúbico para control de calidad diario de alineación del isocentro y posicionamiento con marcas fiducias en MVCT.
- Precision attachment System TRUFIX; es un sistema de fijación de precisión es usado para la instalación sencilla de varias cámaras de ionización y detectores. Fabricante: PTW- Freiburg.
- Matriz de cámaras Seven-29; Detector con 729 cámaras de ionización para verificación de tratamientos de IMRT, las cámaras de ionización son de 5mmx5mmx5mm, con espaciado entre centros de las cámaras de 10mm.
- QuickCheck; equipo de dosimetría de chequeo diario para aceleradores lineales, mide dosis CAX, tasa de dosis, planicidad, simetría, calidad de radiación.



- j. Escáner de películas con software de dosimetría que incluya cálculo de la función gamma para tratamientos de intensidad modulada.
- k. Otros instrumentos: Un sistema de calibración de láser computarizado, Barómetro de precisión (Barómetro digital de precisión con resolución de 0.1 hPa y precisión de 0.5 hPa), Termómetro de laboratorio (Termómetro digital de precisión con resolución de 0.01°C y precisión de 0.1°C), Caperuza de equilibrio (Caperuza de equilibrio para energías de 6-8 MV para cámaras de 0.125 cm³), Caperuza de equilibrio (Caperuza de equilibrio para energías de 10-20MV para cámaras de 0.125 cm³) un set de películas radiocrómicas (EBT2).

ANEXO F: EVALUACION DE SEGURIDAD RADIOLÓGICA DE LA INSTALACION

La construcción de búnkeres se resume que una evaluación de seguridad radiológica de la instalación está enmarcada en un adecuado diseño y cálculo de blindaje. El cual deberá garantizar que las dosis que reciban los TOEs y los miembros del público, sean tan bajas como sea razonablemente posible obtener y que en ningún caso se superen las restricciones dadas por la Normativa Nacional.

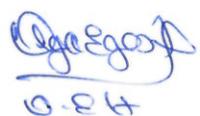
F.1. MEMORIA DESCRIPTIVA DEL CÁLCULO DE BLINDAJES

Se dispondrá de los informes de las memorias de cálculos de todas las instalaciones que alberguen una fuente o equipo emisor de radiación ionizante, dichos informes estarán a disposición inmediata, según se requiera.

F.1.1. CÁLCULO DE BLINDAJE DEL BUNKER DE EQUIPOS DE TELETERAPIA: ACELERADORES LINEALES Y UNIDADES DE COBALTOTERAPIA

Los cálculos se basan en las recomendaciones del documento: Radiation Protection in the Design of Radiotherapy Facilities, Safety Reports series N° 47, OIEA, Viena (2006), pag 99-109. El informe de memoria de cálculo deberá contar con:

- a. Descripción de la posición del isocentro mecánico del equipo de teleterapia
- b. Clasificación de los ambientes que limitan con la sala de tratamiento
- c. Límites de dosis (P) usados en el cálculo referenciando la normativa usada
- d. Tamaño de campo (F) usado para el calculo
- e. Carga de Trabajo (W)
- f. Factor de Uso (U)
- g. Factor de Ocupación (T)
- h. Descripción matemática del cálculo de barreras primarias.
- i. Descripción matemática del cálculo de barreras secundarias incluidas las puertas
- j. Descripción matemática del cálculo de barreras por radiación de fuga.



- k. Descripción matemática del cálculo de barreras radiación dispersa del paciente
- l. Descripción de la regla de las dos fuentes para el cálculo de la barrera secundaria
- m. Plano de la sala de tratamiento indicado sus áreas colindantes
- n. El informe deberá estar firmado por un físico médico y/o por un oficial de protección radiológica autorizado

F.1.2. CÁLCULO DE BLINDAJE DEL BUNKER DE EQUIPOS DE BRAQUITERAPIA

Los cálculos se basan en las recomendaciones del documento: Radiation Protection in the Design of Radiotherapy Facilities, Safety Reports series N° 47, OIEA, Viena (2006), pag 99-109. El informe de memoria de cálculo deberá contar con:

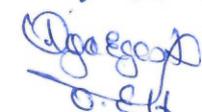
- a. Descripción de la posición del isocentro mecánico del equipo
- b. Clasificación de los ambientes que limitan con la sala de tratamiento
- c. Límites de dosis (P) usados en el cálculo referenciando la normativa usada
- d. Tamaño de campo (F) usado para el calculo
- e. Carga de Trabajo (W)
- f. Factor de Uso (U)
- g. Factor de Ocupación (T)
- h. Descripción matemática del cálculo de barreras primarias
- i. Descripción matemática del cálculo de barreras secundarias incluidas las puertas
- j. Descripción matemática del cálculo de barreras por radiación de fuga
- k. Descripción matemática del cálculo de barreras radiación dispersa del paciente
- l. Descripción de la regla de las dos fuentes para el cálculo de la barrera secundaria
- m. Plano de la sala de tratamiento indicado sus áreas colindantes
- n. El informe deberá estar firmado por un físico medico y/o por un oficial de protección radiológica autorizado.

F.2. PLANOS ARQUITECTÓNICOS DE LA INSTALACIÓN

Se dispondrá de los informes de los planos de las instalaciones indicando sus respectivas barreras, dichos planos estarán a disposición inmediata, según se requiera.

F.3. VERIFICACIÓN

Para la verificación de la seguridad radiológica de las instalaciones se dispondrán



de los informes de la evaluación radiológica de todas las instalaciones que ameriten. Dichas evaluaciones se realizarán con frecuencia: inicial, una vez por año y cada vez que se modifique las características de la instalación. Los informes estarán a disposición inmediata, según se requiera.

F.4. CLASIFICACIÓN DE ÁREAS

Todas las áreas que involucre la instalación donde se ubica el equipo o fuente emisor de radiación ionizante y las instalaciones contiguas estas señalizadas según como corresponda, es decir:

F.4.1. ÁREA CONTROLADA

Los bunker del acelerador lineal: Synergy Plattform y Synergy.

El Bunker de irradiación de los equipos de Braquiterapia de Alta Tasa de Dosis (BATD): de Fuente de Iridio 192.

La Sala de Simulación: donde está ubicada el TAC – Simulador.

F.4.2. ÁREA SUPERVISADA

Todas las áreas de operación de los equipos (consola).

Todas las otras áreas son consideradas como área libre.

F.5. PROTECCIÓN OCUPACIONAL

La instalación cuenta con un monitor de radiaciones (Marca: Berkeley Nucleonics Corp. (BNC), Modelo: DSM-502, Serie: D5022012) con calibración para calidades de alta energía (Cs 137), vigente hasta el 28/10/2020, el cual será solo usado para realizar las evaluaciones de los niveles de radiación en los ambientes de braquiterapia (áreas controladas, áreas no controladas), ya que este monitor no es el adecuado para la vigilancia radiológica de áreas como teleterapia.

F.6. EXPOSICIONES ANORMALES Y EVALUACIÓN DE RIESGO

Para las situaciones de exposiciones anormales (accidentales) de los TOEs y de los pacientes se sigue el siguiente proceso:

- Identificación de exposición anormal en pacientes; por las funciones que realizan los Médicos Radioncólogo y los Tecnólogos Médicos tienen la capacidad para identificar alguna situación anormal en los pacientes.
- Identificación de exposición anormal en TOE; cada TOE informara si ha experimentado y/o sospecha de haber sido expuesto bajo condiciones anormales, el OPR evalúa mensualmente los reportes de las dosimetrías individuales e identificara algún valor anormal en los valores de dosis reportadas.
- Comunicación; inmediatamente identificado el evento se le informa al: Medico responsable del paciente y para el caso de los TOEs se le informara al OPR.

- d. Evaluación, conjuntamente el Médico, el OPR y el Físico Médico responsable de la práctica evaluarán el nivel de la exposición anormal y los posibles riesgos al paciente y/o personal involucrado.
- e. La evaluación dosimétrica es conducida por el OPR y retrospectivamente se reconstruye y simula el evento con el objetivo de estimar la dosis absorbida que habría recibido la persona (paciente y/o TOE). El trabajo es realizado con equipo de Físicos Médicos.
- f. Informe; el OPR emitirá un informe de la evaluación realizada el cual será remitida al Comité de Protección Radiológica para un análisis y evaluación multidisciplinaria y aprobación del informe.

F.7. COMPLEMENTOS EN SEGURIDAD RADIOLÓGICA

- a. Todas las puertas de acceso a los bunker cuentan con sensores de contacto y con señal luminosa como indicar de exposición.
- b. Todas las unidades de tratamientos (teleterapia y braquiterapia) cuentan con botones de emergencia ubicados dentro de los bunker (en la pared y en la camilla) y en sus respectivas consolas.
- c. Los gantrys de las unidades de tratamiento cuentan con sistemas anti-choques.

ANEXO G

PROCEDIMIENTOS DE SEGURIDAD

G.1. CONSIDERACIONES GENERALES

El sistema de seguridad Física y Radiológica de los bunker de radiación cuentan con las siguientes consideraciones:

- a. Medidas de control de acceso al IREN, realizado por personal de seguridad del IREN.
- b. Cuenta con una cámara de video vigilancia en la sala de tratamiento del paciente y cuyo monitoreo se realiza desde la consola de mando.
- c. Contactos en la puerta de tratamiento.
- d. Indicadores de luz.
- e. Botones de emergencia ubicados en la sala de tratamiento (pared y camilla) y en la consola de mando.
- f. Sistema de anti choque ubicado en el gantry del equipo.
- g. Sistema de enclavamiento debido: parada de emergencia, apertura inesperada de la puerta, falla mecánica, variación fuera del límite de las unidades de monitor, otros.
- h. Restricción de acceso a las áreas controladas y supervisadas las cuales están debidamente señalizadas.
- i. Una vez terminado la jornada de trabajo se apagan los equipos y se cierran las puertas de acceso al área y las llaves son guardadas en un área de acceso únicamente al personal responsable de cada bunker.

G.2. INGRESO AL IREN

- Toda persona al momento de ingresar al IREN deberá presentar su DNI o la hoja de cita del paciente, el vigilante revisará las pertenencias del usuario.
- Una vez que ingresó al IREN debe indicar al vigilante interno, el área o servicio que desea visitar.
- Luego se presentará en recepción de la Unidad de Radioterapia o con el vigilante interno, ubicado en las puertas de acceso, y solicitar su ingreso indicando el motivo de su visita.
- Al momento de retirarse, el vigilante interno debe verificar que el visitante no lleve consigo algo visible que de indicio de algo anormal.
- El vigilante externo debe revisar todo bulto y detener a la persona si ve algo sospechoso.

G.2.1. INGRESO AL BUNKER DE TRATAMIENTO

El Tecnólogo Medico autorizara al paciente y a su familiar en la puerta de ingreso a la Unidad de Radioterapia, esta autorización es realizada en base a cada turno, específicamente en su hora de tratamiento, asignado.

Al ingresar a las instalaciones de la Unidad de Radioterapia, los pacientes serán ubicados en las áreas de espera de cada bunker y de ahí serán llamados uno por uno e ingresan al bunker en compañía del Tecnólogo Medico responsable de dicho bunker.

G.3. FILMACIÓN DE ÁREAS DE ACCESO A LAS INSTALACIONES

- Existen cámaras de seguridad en los pasillos exteriores al área de tratamiento.
- La información de las cámaras de video va a la Central de Monitoreo del IREN.
- Esta información es básica para identificar a las personas que pueden haber ingresado a las instalaciones y supervisar e identificar cualquier eventualidad.
- La persona que observa en la sala de control y ve que está sucediendo una eventualidad, debe informar inmediatamente al personal de seguridad del IREN para evitar su consolidación.
- El personal de seguridad debe apoyarse en la Policía Nacional.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Organismo Internacional de Energía Atómica. Colección de Seguridad N° 115 Normas Básicas Internacionales de Seguridad para la Protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación. Viena: OIEA; 1997.
2. International Commission on Radiation Protection. Publicación 103 The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Germany: Elsevier; 2007.
3. Ley de Regulación del Uso de Fuentes de Radiación Ionizante. Ley 28028 del 26 de junio de 2003. (26-06-2003).
4. Reglamento de la Ley 28028: Ley de Regulación del uso de fuentes de radiación ionizante de 18 de julio de 2008. Diario Oficial el Peruano. (19-07-2008).
5. Reglamento de Seguridad Radiológica. D.S. N° 009-97-EM. (1997).
6. Requisitos de seguridad radiológica para la práctica de Teleterapia. Norma Técnica IR.001.01. IPEN, (2001).
7. Requisitos de protección radiológica y seguridad en Medicina Nuclear. Norma Técnica IR.002.2012. IPEN, (23-02-2012).
8. Requisitos de protección radiológica en Diagnóstico Médico con Rayos X. Norma Técnica IR.003.2013. IPEN, (03-06-2013).

