



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Evaluación de riesgos de un servicio de radiología de las Clínicas Reina Sofía y Clínica Universitaria Colombia en la Organización Sanitas Internacional

Axel Danny Simbaqueba Ariza

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencia, Departamento de Física
Bogotá DC, Colombia
2015



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Risk assessment of a radiology service at the Reina Sofía hospital and Universitaria Colombia hospital in the International Organization Sanitas

Axel Danny Simbaqueba Ariza

National University of Colombia
Science School, Department of Physics
Bogotá DC, Colombia
2015

Evaluación de riesgos de un servicio de radiología de las Clínicas Reina Sofía y Clínica Universitaria Colombia en la Organización Sanitas Internacional

Axel Danny Simbaqueba Ariza

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:
Magister en Física Médica

Directora:

PhD., María Cristina Plazas de Pinzón

Línea de Investigación:

Radiología

Grupo de Investigación:

Física Médica

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias, Departamento de Física
Bogotá D.C. Colombia

2015

Dedicatoria

Como defensor de la igualdad dedico este trabajo de grado a todas aquellas mujeres que han aportado al crecimiento de la física médica en el mundo y en Colombia desde mi amada María Sklodowska hasta mi ejemplo de profesional María Cristina Plazas, incluyendo a mi madre que abnegadamente se preocupaba para que estuviera pleno y me dedicara a escribir.



Así es -suspiró el coronel-. La vida es la cosa mejor que se ha inventado. El señor García Márquez.

Agradecimientos

A la Organización Sanitas Internacional por prestar su nombre, sus instalaciones y la documentación necesaria para llevar a cabo esta labor de evaluación de riesgos.

Al grupo de Física Médica de la Universidad Nacional por incluirme en este proyecto y permitirme realizar esta labor, además de contar con el apoyo académico y la información requerida.

A la Doctora María Cristina Plazas de Pinzón, al Doctor Héctor Fabio Castro y al Doctor Luis Agulles Pedros por ser mis orientadores y creer todo el tiempo que este tipo de procesos deben de establecerse y socializarse para el bien del gremio de Físicos Médicos y del personal que trabaja con radiaciones ionizantes.

A mis compañeros Agustín Daza y Laura María Giraldo por darle profundidad académica y generar discusión del proceso de este trabajo de evaluación de riesgos.

A mis jurados de trabajo final de maestría Dr. Diego Torres, Dr. Gonzalo Cabal y Ms. Mauricio Arciniegas por el tiempo, la dedicación y por sus valiosos aportes y correcciones en forma y profundidad.

Resumen

Evaluación de riesgos de un servicio de radiología de las Clínicas Reina Sofía y Clínica Universitaria Colombia en la Organización Sanitas Internacional

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

Palabras clave: Radiología, rayos X, riesgo.

Abstract

Risk assessment of a radiology service at the Reina Sofía hospital and Universitaria Colombia hospital in the International Organization Sanitas

This paper presents a methodology for risk assessment which identifies deficiencies that may have an institution that provides radiology diagnosed, human resources and procedures, this methodology is developed qualitatively and quantitatively through check surveys based on national and international legislation and the practical experience with Sanitas International Organization using X-ray diagnostics.

Also this paper has a risk matrix for the presentation of a final report and a methodology for classification of personnel exposed occupationally involved in medical intervention using X-rays. It shows the importance of physical and occupational medical staff to guide these processes in institutions that provide this service.

Keywords: Radiology, X ray, risk

Contenido

	Pág.
Abstract	VIII
Lista de figuras	XII
Lista de tablas	XIII
Lista de Abreviaturas.....	XIV
Introducción.....	1
Justificación	4
Objetivos	10
1 Estado del Arte.....	11
1.1 Teorías de riesgo	11
1.2 Parámetros del referente Normativo Internacional	13
1.3 Referente normativo nacional	25
1.3.1 Referente a las Radiaciones Ionizantes	26
1.3.2 Referente a los Riesgos profesionales	32
2 Marco teórico	39
2.1 Generalidades de los rayos X	39
2.1.1 Generación de rayos X.....	39
2.1.2 El tubo de rayos X.....	39
2.2 Interacción radiación materia	41
2.2.1 Efecto fotoeléctrico	41
2.2.2 Efecto Compton.....	42
2.2.3 Atenuación de rayos X.....	43
2.3 Magnitudes dosimétricas básicas.....	44
2.3.1 Cantidades básicas radiológicas	44
2.4 Efectos biológicos de la radiación ionizante	48
2.4.1 Modelo lineal sin umbral.....	49
2.4.2 Efectos estocásticos.....	50

2.4.3	Efectos deterministas.....	52
2.5	Efecto de la exposición a las radiaciones en imágenes diagnosticas del POE.....	55
2.5.1	Exposición a los ojos.....	55
2.5.2	Exposición a los pies.....	56
2.5.3	Exposición en intervencionismo.....	57
2.5.4	El urólogo.....	58
2.5.5	El cardiólogo.....	59
2.5.6	Protección radiológica en intervencionismo.....	59
2.6	Algunos accidentes en radiología.....	60
2.6.1	Definición de accidente.....	60
2.6.2	Algunos accidentes en radiología reportados.....	62
2.7	Recomendaciones sobre acciones a seguir en caso de un accidente.....	64
3	Propuesta de evaluación de riesgos en un servicio de radiología.....	66
3.1	Descripción general de la metodología de evaluación de riesgos.....	66
3.1.1	Metodología usada en la práctica de la Organización Sanitas Internacional.....	67
3.1.2	Definición de riesgo en forma general.....	68
3.1.3	Clasificación e identificación de Riesgos, situaciones de riesgo y factores de riesgo.....	69
3.1.4	Factor de riesgo.....	70
3.1.5	Situación de riesgo.....	70
3.1.6	Generalidades de la norma.....	71
3.2	Propuesta de la metodología de evaluación de riesgos en radiología.....	78
3.3	Requerimientos de recursos humanos en radiología de profesionales en física médica	87
3.4	POE que participa en situaciones de intervencionismo.....	90
3.4.1	Recomendaciones de protección radiológica en el uso del tubo de rayos X.....	91
3.4.2	Recomendaciones para el operador del tubo de rayos X.....	95
3.4.3	Recomendaciones para el personal que asiste a la sala en procedimientos de intervención.....	98
3.4.4	Recomendaciones que deben hacer los FM para procedimientos de intervención en sala	98
3.5	Pautas para la clasificación del POE.....	100
3.5.1	Evaluación de los riesgos al POE.....	101
3.5.2	Descripción del procedimiento en sala en la OSI.....	104
3.5.3	Presentación de informe de la clasificación de POE.....	105
3.5.4	Recomendaciones finales para las instituciones.....	109
4	Matriz de riesgo: presentación de informe.....	111
4.1	Medidas de intervención.....	112
4.2	Presentación de informe.....	113
4.3	Formato de la matriz.....	114
4.3.1	Formato general.....	114

4.3.2	Recomendaciones para diligenciar la MATRIZ de riesgo	115
5	Conclusiones y recomendaciones	119
5.1	Conclusiones	119
5.2	Recomendaciones.....	122
6	Apéndice: Encuestas de chequeo.....	123
6.1.1	Del personal.....	126
6.1.2	Del material	137
7	Bibliografía.....	171

Lista de figuras

	Pág.
<i>Figura 2-1: Esquema anterior de una ampolla de tubo de rayos X [85].</i>	40
<i>Figura 2-2: Generación del fotoelectrón [85].</i>	42
<i>Figura 2-3: Efecto Compton [85].</i>	43
<i>Figura 2-4: Daños producidos por la interacción de la radiación con la cadena de ADN [82].</i>	51
<i>Figura 2-5: Progresión maligna celular [82].</i>	52
<i>Figura 2-6: Algunos casos de lesiones en la piel inducida radiológicamente [33].</i>	64
<i>Figura 3-1: Diagrama de actividades basados en la GTC 45.</i>	67
<i>Figura 3-2: Esquema de factores que intervienen en la clasificación y evaluación de riesgos.</i>	72
<i>Figura 3-3: (a) Perfil de distribución de dosis horizontal; (b) perfil de dosis vertical [77].</i> ..	95
<i>Figura 3-4: La tasa de dosis dispersa disminuye con el aumento de la distancia [78].</i>	96
<i>Figura 3-5: Recomendación de ubicación del personal que asiste a la sala cuando se necesita una proyección lateral [77].</i>	96
<i>Figura 3-6: (a) tubo de rayos X en AP; (b) tubo de rayos X en PA [78].</i>	97
<i>Figura 3-7: Uso de escudo plomado en intervencionismo [77]</i>	97
<i>Figura 3-8: Uso adecuado del tubo de rayos X y del intensificador de imagen [77].</i>	99
<i>Figura 3-9: Uso de biombo plomado para intervencionismo con tubo de rayos X cerca al pecho [80].</i>	110

Lista de tablas

	Pág.
<i>Tabla 2-1: Cronograma de eventos que conducen los efectos de las radiaciones ionizantes.</i>	53
<i>Tabla 2-2: Efectos potenciales de la piel en tratamientos de fluoroscopia [33].</i>	63
<i>Tabla 3-1: Documentos solicitados antes de evaluar los riesgos en la institución</i>	73
<i>Tabla 3-2: Listado de información que se necesita antes de la visita</i>	75
<i>Tabla 3-3: Escala numérica y conceptual del nivel de deficiencia asociado a cada riesgo.</i>	79
<i>Tabla 3-4: Valores del nivel de exposición de acuerdo con la concentración observada.</i>	81
<i>Tabla 3-5: Modificación de la norma de la GTC 45 y el NTP 30.</i>	82
<i>Tabla 3-6: Valores cualitativos y cuantitativos del nivel de exposición NE.</i>	83
<i>Tabla 3-7: Nivel de probabilidad, producto entre ND y NE y escalas de muy alto, alto, medio y bajo.</i>	84
<i>Tabla 3-8: Significado cualitativo de los valores numéricos de las escalas de probabilidad y los niveles de probabilidad.</i>	84
<i>Tabla 3-9: Nivel de consecuencias para daños personales y los daños materiales.</i>	85
<i>Tabla 3-10: Valores numéricos del nivel de riesgo.</i>	85
<i>Tabla 3-11: Significados de los niveles de intervención (NI) de acuerdo con los valores del NR.</i>	86
<i>Tabla 3-12: Niveles de riesgo aceptables y no aceptables.</i>	86
<i>Tabla 3-13: Estimación de recursos humanos para un servicio de radiología.</i>	89
<i>Tabla 3-14: Clasificación de acuerdo con el nivel de exposición para POE.</i>	103
<i>Tabla 3-15: Clasificación de acuerdo con el nivel de exposición para el público.</i>	104
<i>Tabla 3-16: presentación del personal de la que labora en la institución en radiología.</i>	106
<i>Tabla 3-17: Clasificación de acuerdo con el nivel de exposición para el POE.</i>	107
<i>Tabla 3-18: Finalmente, se presenta una tabla de acuerdo con la metodología y su clasificación de personal que trabaja con radiaciones ionizantes.</i>	108
<i>Tabla 6-1: Información general de la instalación.</i>	123

Lista de Abreviaturas

Abreviaturas

Abreviatura	Término
<i>ACGIH</i>	American Conference of Governmental Industrial Hygienists (Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales)
<i>ALARA</i>	As Low As Reasonably Achievable (Tan bajo como sea razonablemente posible)
<i>CRS</i>	Clínica Reina Sofía
<i>CSR</i>	Código de Seguridad Radiológica
<i>CUC</i>	Clínica Universitaria Colombia
<i>DAFP</i>	Departamento Administrativo de Función Pública.
<i>DAP</i>	Dose Area Product. (Producto Dosis Area)
<i>EC</i>	Encuesta de Chequeo
<i>EPR</i>	Elementos de Protección Radiológica
<i>GSG</i>	General Safety Requirements (Requisitos generales de seguridad)
<i>GSR</i>	Guía de Seguridad Radiológica
<i>GTC</i>	Guía Técnica Colombiana
<i>Gy</i>	Gray
<i>ICONTEC</i>	Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación
<i>ICRP</i>	International Commission on Radiological Protection (Comisión Internacional de Protección Radiológica)
<i>INSHT</i>	Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo
<i>IOMP</i>	international organization of medical physicists (Organización Internacional de Físicos Médicos)
<i>ISR</i>	International Society of Radiologists (Sociedad Internacional de

Abreviatura	Término
	Radiólogos)
<i>kV</i>	kilo Voltaje
<i>kVp</i>	kilo Voltaje pico
<i>mA</i>	mili Amperios
<i>mGy</i>	mili Gray
<i>LNT</i>	Linear no-threshold (modelo lineal sin umbral)
<i>NBS</i>	Normas Básicas de Seguridad
<i>NC</i>	Nivel de Consecuencia
<i>NCRP</i>	National Council on Radiation Protection and measurements (Concejo Nacional de Protección y Medidas de Radiación)
<i>ND</i>	Nivel de Deficiencia
<i>NE</i>	Nivel de Exposición
<i>NP</i>	Nivel de Probabilidad
<i>NR</i>	Nivel de Riesgo
<i>NTC</i>	Norma Técnica Colombiana
<i>NTP</i>	Notas Técnicas de Prevención
<i>NVC</i>	Norma Venezolana Convenio
<i>OIEA</i>	Organismo Internacional de Energía Atómica
<i>OIT</i>	Organización Internacional del Trabajo
<i>ONU</i>	Organización de las Naciones Unidas
<i>OPR</i>	Oficial de Protección Radiológica
<i>OSI</i>	Organización Sanitas Internacional
<i>POE</i>	Personal Ocupacionalmente Expuesto
<i>PR</i>	Protección Radiológica
<i>RE</i>	Repercusión
<i>RI</i>	Radiaciones Ionizantes
<i>RSNA</i>	Radiological Society of North America (Sociedad Radiológica de America del Norte)
<i>SIR</i>	Sociedad Internacional de Radiología
<i>TC</i>	Tomógrafo Computarizado
<i>TRS</i>	Technical Reports Series (Colección de Informes Técnicos)
<i>UNCEAR</i>	Unión de Centros de Acción Rural

Introducción

A través de la historia se ha visto los beneficios del uso de radiaciones ionizantes en medicina como las posibles complicaciones que pueden traer, estas radiaciones ionizantes a su vez pueden ser un enemigo indetectable por los sentidos del ser humano lo cual representa un riesgo en la salud de los trabajadores y de los pacientes; por ello a continuación se presentara en este trabajo, una metodología de evaluación de riesgos por exposición a rayos X y a los equipos que los generan con fines de diagnóstico medico.

Según el concejo nacional de protección radiológica y medidas (NCRP por sus siglas en inglés) se calcula que el número anual de exposiciones con fines de diagnóstico en todo el mundo es de 2,500 millones y que alrededor del 78 % de las exposiciones para diagnóstico se deben al uso de los rayos X en medicina [1]. El uso de los rayos X viene siendo la herramienta más útil desde hace más de un siglo para visualizar el interior de cuerpo humano, para prácticas que requieran intervención medica, para diagnosticar enfermedades o lesiones, y dado a que en estos procedimientos se imparte energía capaz de ionizar los átomos de los tejidos, se pueden presentar efectos adversos de la exposición a la radiación por la energía absorbida (dosis) en un tejido como por ejemplo; la carcinogénesis (habilidad de producir cáncer), mutagénesis (habilidad de inducir mutaciones genéticas), y teratogénesis (probabilidad de incrementar malformaciones al nacer) [2]; pero, esto estará mejor descrito en el capítulo 2 el cual también describirá los riesgos a la exposición, los accidentes y los incidentes que se han reportado en radiología, las medidas que se deben tomar para reducir al mínimo los riesgos al personal, y así evitar cualquier exposición a la radiación que no sea imprescindible sin dejar de obtener imágenes optimas para realizar un diagnóstico [3].

La metodología de evaluación de riesgos en un servicio de radiología diagnostica parte de la verificación y control de las posibles deficiencias en los lugares de trabajo mediante la implementación de encuestas de chequeo (EC), que es idealmente considerado un

método sencillo, práctico y rápido para dicha evaluación, y que se presenta formalmente en el capítulo 3. En general, los riesgos se identifican aludiendo a un daño posible o a la exposición que se considera causante del daño. Evaluar el riesgo será, por tanto, estimar el daño que producirán los factores de riesgo considerados en un cierto periodo. Matemáticamente el método de evaluación de riesgos en radiología diagnóstica se desarrolla como lo presenta la Guía Técnica Colombiana 45 GTC 45 [4].

$$NR = NP \times NC \quad (1)$$

Donde:

$$NP = ND \times NE \quad (2)$$

Conceptualmente definidas como:

Nivel de Deficiencia: (ND) Se define como la magnitud numérica (0 a 10) y cualitativa (aceptable, mejorable, deficiente y muy deficiente) de la importancia de un factor de riesgo y su relación causal directa con un posible accidente.

Nivel de Exposición: (NE) El nivel de exposición está relacionada con la frecuencia con que el personal está expuesto al riesgo y para ello están establecidos en cuatro niveles (esporádica, ocasional, frecuente y continuada).

Nivel de probabilidad: (NP) Como se mencionó en la ecuación 2 el NP es el producto del ND por NE. Es una función del nivel de deficiencias de las medidas preventivas y del nivel de exposición al riesgo; expresadas en baja, media, alta y muy alta.

Nivel de Consecuencias: (NC) Es la materialización del riesgo, numéricamente expresada de 0 a 100 y clasificadas como leve, grave, muy grave o catastrófico.

Nivel de Riesgo: (NR) El nivel de riesgo se obtiene como muestra la ecuación 1. Siendo este un dato que suministra la aplicación de la encuesta de chequeo para cada situación de riesgo, y que supone una aproximación a la magnitud del daño esperable del accidente o enfermedad asociado a ella en cuatro niveles.

Estas variables corresponden a una evaluación de riesgos genérica que se encuentra en la literatura. La propuesta de este trabajo es que a través de las deficiencias, factores de riesgo y niveles de riesgo, se establezcan y clasifiquen los niveles de riesgo de acuerdo con las necesidades de la Clínica Universitaria Colombia y la Clínica Reina Sofía, usando diez factores distribuidos en la probabilidad de ocasionar exposición al personal o daños a los materiales y equipos como lo son:

1. El personal ocupacionalmente expuesto
2. Los pacientes
3. La capacitación del personal
4. Los protocolos institucionales
5. La dosimetría
6. La documentación
7. Las hojas de vida de los equipos
8. Los elementos de protección radiológica
9. Las instalaciones
10. El control de calidad de los equipos.

Es importante mencionar que para poder obtener las preguntas de las EC en los niveles de deficiencia (NDp) se hace una revisión de las teorías de riesgo asociadas al trabajador como la GTC 45 [4] y el NTC 330, la revisión de la norma internacional para cada uno de estos factores recomendadas principalmente por la OIEA y las nacionales como el servicio geológico colombiano, el ministerio de salud y protección social en el capítulo 1. La metodología también presenta una estrategia para la presentación de los informes a través de una matriz de riesgo en el capítulo 4, la cual organiza la información obtenida durante todo el proceso con el fin de priorizar cuales de los riesgos tienen mayor repercusión y cuales de ellos requieren intervención inmediata.

Durante el proceso de evaluación de riesgos se fueron evidenciando falencias en los procedimientos y protocolos como lo son: la verificación de los elementos de protección radiológica y la clasificación del personal ocupacionalmente expuesto (POE) en el capítulo 3.5; por ello este trabajo brinda, además, una metodología de clasificación del POE a través del análisis de dosis recibidas en un número de procedimientos de intervención en salas.

Justificación

Uno de los objetivos que persigue el Organismo Internacional de Energía Atómica es que las instituciones creen sistemas apropiados para auditar las prácticas clínicas en el uso de rayos X diagnósticos. En un servicio de radiología diagnóstica se requiere la evaluación de los posibles riesgos radiológicos a los que están sometidos los pacientes y el personal ocupacionalmente expuesto; para ello se requiere una revisión de los procedimientos, de los elementos de protección radiológica, del personal, del equipo de rayos X, de la protección y seguridad de los pacientes y del rendimiento en general del servicio de radiología diagnóstica.

En Colombia actualmente existen 1732 centros de radiología e imágenes diagnósticas habilitados de alta y mediana complejidad reportados por el Registro Especial de Prestadores de Servicios de Salud (REPS)¹. Y otros centros prestan el servicio de rayos X sin licencia o simplemente no tienen un protocolo de garantía de calidad frente al uso de rayos X.

Por ello el uso indiscriminado de los rayos X para fines de diagnóstico médico requiere un control y una reglamentación más amplia que abarque no solo los límites permisibles de dosis del personal ocupacionalmente expuesto (POE) y del público si no del paciente y del personal que asiste a intervenciones con uso de rayos X. En Colombia no existe actualmente una norma que controle, verifique o haga un seguimiento después de la aceptación del servicio a aquellas instituciones que prestan uso de rayos X para radiología diagnóstica, son pocas las instituciones que tienen un protocolo de garantía de calidad de los equipos que usan de rayos X y que informan al paciente los efectos de la radiación en el organismo o de las dosis que recibieron durante un determinado

¹Enero de 2015. <http://prestadores.minsalud.gov.co/habilitacion/>

procedimiento. Se podría evaluar a nivel de auditoría externa a una institución y preguntar cosas básicas como por ejemplo: ¿recibe usted capacitación periódica frente al manejo de radiaciones ionizantes?, ¿conoce usted cuales son los factores de riesgo asociados al paciente en una toma de imagen de mama? o simplemente desde la parte administrativa evaluar cuales con los riesgos que puede traer un equipo a un paciente cuando no se le hace control de calidad al haz de radiación en equipos dentales intraorales, estos resultados mostrarían la desinformación y la falta de control frente al uso de rayos X; por ello este trabajo plantea una metodología que sirve como herramienta apoyada en el marco legal nacional e internacional del uso de rayos X de radiología diagnóstica.

La norma en cuanto a protección del trabajador esta escrita solo en forma general y permite diversas interpretaciones y por ello serán tomadas las que se consideren pertinentes para los objetivos de esta metodología frente al uso de los rayos X, en ese orden de ideas el ministerio de trabajo y seguridad social y el concejo nacional de riesgos profesionales en el acuerdo 002 de 2001 [5] establecen un plan de acción en cuanto a riesgos profesionales nacionales donde establecen políticas y estrategias como lo son la cultura de la seguridad social y prevención de los riesgos profesionales, recomienda que entidades como el SENA y las universidades deben incluir en sus funciones profesionales conocimientos prácticos y actitudes de prevención en salud ocupacional y riesgos profesionales. La Universidad Nacional de Colombia desde la maestría en física medica orienta a través de su asignatura Protección Radiológica a que el físico medico se desenvuelva en un marco legal, se actualice frente a la normatividad vigente y establezca estrategias de seguridad y protección radiológica en su quehacer diario.

Internacionalmente el convenio 161 de la organización internacional del trabajo (OIT) de 1985 [6], declara que la protección de los trabajadores, a las enfermedades y a los accidentes de trabajo es una de las tareas asignadas por el empleador y que debe participar en materia de salud y seguridad de trabajo; para esto debe además:

- a) Identificar y evaluar de los riesgos que puedan afectar a la salud en el lugar de trabajo.
- b) Vigilar los factores del medioambiente de trabajo y de las prácticas de trabajo que puedan afectar la salud de los trabajadores.
- c) Asesorarse sobre la planificación y la organización del trabajo, incluido el diseño

de los lugares de trabajo, mantenimiento de la maquinaria y de los equipos.

- d) Participar en el desarrollo de programas para el mejoramiento de las prácticas de trabajo, así como en las pruebas y la evaluación de nuevos equipos, en relación con la salud.
- e) Vigilar la salud de los trabajadores en relación con el trabajo.
- f) Colaborar en la difusión de informaciones pertinentes a las actividades realizadas, en la formación y educación en materia de salud, en higiene en el trabajo y en ergonomía de los lugares de trabajo.
- g) Participar en el análisis de los incidentes y accidentes del trabajo y de las enfermedades profesionales.

En el ítem (a) se identifica el riesgo con relación de las RI y es el físico médico el encargado de vigilar y asegurar los controles necesarios para una garantía de calidad institucional.

Bajo estos criterios y de acuerdo con lo observado en la práctica realizada en la OSI se plantean las encuestas de chequeo que brindan un mecanismo cualitativo y cuantitativo para determinar las deficiencias, la exposición de los trabajadores y las consecuencias de un riesgo.

Volviendo al acuerdo 002 del 2001 el ítem D, E y F [5] recomienda a las instituciones académicas incorporar en el plan curricular de pregrado y posgrado un componente de seguridad social y prevención de riesgos profesionales; se establece que se debe tener formación continuada en materia de salud ocupacional y riesgos profesionales. Menciona textualmente; incorporar por parte de las universidades en los programas de formación de los docentes técnicas de salud ocupacional para su práctica pedagógica. Es por ello por lo que los físicos médicos deben crear herramientas y modelos de chequeo en evaluación de riesgos a los servicios que estén vinculados, a la vigilancia del personal en PR o a los equipos que emitan radiaciones ionizantes que posea el servicio de radiología, de radioterapia o de medicina nuclear.

Un modelo que facilita crear esta herramienta es la GTC 45 [4] la cual plantea como objetivo la valoración de los riesgos en:

- Situaciones en que los peligros puedan afectar la seguridad o la salud y no haya

certeza de que los controles existentes o que los planificados sean adecuados.

- Organizaciones que buscan la mejora continua del sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional y el cumplimiento de los requisitos legales.

Por ello un servicio de radiología como organización que requiere evaluar los peligros existentes en sus práctica y cumplir con los requisitos mínimos legales para su funcionamiento, se necesita entonces que se ajuste a las Normas Básicas de Seguridad NBS y a las recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección Radiológica CIPR, con el fin de establecer aquellos factores de riesgo que afectarían en primera medida al paciente y en segundo lugar al POE y de paso brindar a la institución una evaluación de los posibles daños a los equipos con fines de prevención y optimización de los mismos.

La colección de normas de seguridad 1117 establecida por la OIEA [7] recomienda que una práctica médica con uso de rayos X para imágenes diagnóstica debe evaluar los riesgos por la autoridad reguladora y que estas a su vez cumplan con los requisitos nacionales de capacitación y experiencia necesaria para prescribir procedimientos que impliquen exposición médica, además la evaluación de riesgos debe considerar:

- La eficacia de los procesos y sus ventajas
- Los riesgos de otras tecnologías
- Situaciones de riesgo elevado (p. ej. en radiología pediátrica y exámenes durante el embarazo).

Los cuales deben de tenerse en cuenta para las diferentes técnicas en toma de imágenes, el detrimento radiológico, la exposición ocupacional y la exposición al público. En la colección de actas del OIEA realizado en septiembre del 2009 en Bruselas llamado “la justificación de la exposición medica en imágenes diagnósticas” [8] se trazaron directrices que se deben considerar para auditorías clínicas en evaluación de riesgos como por ejemplo:

- La evaluación de prácticas radiológicas guiadas por el OIEA, que en Colombia lo realiza el Servicio Geológico Colombiano y el Ministerio de salud, aunque la evaluación de riesgos en radiología no se instrumenta pues no existe una directriz para esto.
- Empezar en Colombia con una auditoría clínica para evaluar riesgos exige una

periodicidad, establecer criterios y una financiación.

- Manejar adecuadamente los conceptos de evaluación de riesgos, auditoría clínica y garantía de calidad.

La necesidad de una auditoría clínica en radiodiagnóstico a través de una metodología de evaluación de riesgos permite una revisión de procedimientos radiológicos médicos que tiene por objetivo mejorar la calidad y el resultado de la atención al paciente, el buen uso de los materiales en los que están implicados los equipos, las instalaciones y los controles de calidad entre otros. Una evaluación de riesgos debe arrojar información del conjunto de deficiencias que posee la institución, es por ello por lo que debe evaluarse integralmente:

- Personal
- Pacientes
- Capacitación
- Protocolos
- Dosimetría
- Documentación
- Equipos
- Elementos
- Instalación
- Control de calidad

Finalmente, este tipo de prácticas de evaluación de riesgos proporcionará una mejora a la institución en la calidad de atención al paciente, el uso eficaz de los recursos, la prestación y organización de los servicios clínicos, la educación superior y formación profesional, reconociendo las buenas prácticas y las prácticas obsoletas, motivación del personal para mejorar la calidad, mejora de la comunicación dentro de las instituciones, revelación de los puntos débiles y además promueve el desarrollo de sistemas de calidad.

La evaluación de riesgos se debe realizar con personal cualificado en el conocimiento de rayos X incluyendo el personal administrativo, con el fin de que posea una sólida estructura y haya un seguimiento del proceso y una presentación de resultados asertivos; se debe contar con la documentación necesaria previamente, con la observación de las

prácticas, con la comunicación de un grupo interdisciplinar que tenga experiencia en los procesos de la institución. Por tal razón la metodología que se menciona a continuación en este trabajo fue orientado bajo la observación, la práctica y la consulta bibliográfica de las normas que están actualmente vigentes en cuanto a protección radiológica y evaluación de riesgos, además de contar con un grupo de personal capacitado en el área de física medica y de médicos con experiencia en radiología diagnostica. Los tecnólogos que son los que determinan ventajas, desventajas, limitaciones, riesgos y beneficios de sus equipos y los que interactúan más con los pacientes en la toma de imágenes, la suma de toda esta experiencia nos permite finalmente, presentar a la institución una matriz de riesgo a manera de informe en la cual la institución podrá analizar el peligro, los efectos posibles, la repercusión, los controles existentes y las medidas de intervención de acuerdo con el nivel de riesgo presentado.

Un factor pertinente que apoya la elaboración de este trabajo es que en Colombia no existen actualmente protocolos para evaluar riesgos en el uso de radiaciones ionizantes y mucho menos en uso de rayos X con fines diagnósticos, por ello desde física medica se deben regular este uso y los procesos con los equipos emisores de rayos X, brindando finalmente, beneficios y seguridad al POE, los pacientes, las instituciones y dando un correcto uso de los equipos.

Por último la Organización Sanitas Internacional otorgó el permiso de usar su nombre y la metodología planteada para la evaluación de riesgos y clasificación del POE en las Clínicas Reina Sofía y Clínica Universitaria Colombia; pero, no los resultados presentados en dicha evaluación pues esto se considera material privado y de uso exclusivo de los estamentos encargados del proyecto como salud ocupacional. Sin embargo, este trabajo es una guía para aquellas instituciones que deseen evaluar los riesgos existentes en uso de rayos X para diagnóstico medico.

Objetivos

Los objetivos corresponden al seguimiento, documentación y observación del proceso que se llevó a cabo en el proyecto de evaluación de riesgos y clasificación del personal ocupacionalmente expuesto de la Organización Sanitas Internacional y el grupo de Física Médica de la Universidad Nacional en el 2013 y primer semestre del 2014 en las clínicas Reina Sofía y Clínica Universitaria Colombia ubicadas en Bogotá, Colombia.

Objetivo General

Establecer una metodología para evaluar los riesgos radiológicos presentes en el personal y en los equipos de un servicio de radiología medica de acuerdo con la experiencia adquirida en la Clínica Reina Sofía (CRS) y Clínica Universitaria Colombia (CUC) de la Organización Sanitas Internacional (OSI).

Objetivos Específicos

1. Revisión de la documentación e información necesaria que debe poseer un servicio de radiología.
2. Establecer los riesgos, situaciones de riesgo y factores de riesgo por deficiencia, exposición y consecuencia en un servicio de radiología.
3. Crear las encuestas de chequeo para la toma de datos y para la cuantificación de los factores de riesgo de la información recolectada en la CRS y la CUC.
4. Establecer una escala cuantitativa y cualitativa de los niveles de riesgo para daños al personal y daños a los materiales de la institución.
5. Establecer una metodología para la clasificación y estratificación del Personal Ocupacionalmente Expuesto.
6. Establecer un modelo de presentación de informe o matriz de riesgo de la determinación de riesgo y del nivel de intervención.

1 Estado del Arte

A continuación se prestara atención a una amplia búsqueda literaria que aporta al desarrollo histórico de la evaluación de riesgos en profesionales y a la evaluación de riesgos en un servicio de radiología. Se tendrá en cuenta las teorías de riesgo que existen en el uso de Radiaciones Ionizantes, la normatividad existente nacional e internacional y las instituciones que regulan el uso de rayos X; con el fin de dar unas bases solidas al primer objetivo de este trabajo, que obedece a la revisión de documentación e información que debe poseer un servicio de radiología con fines de diagnóstico médico.

1.1 Teorías de riesgo

Uno de los entes encargados en las políticas de gestión de riesgo en Colombia es el ICONTEC, organismo nacional de normalización que a través de sus guías técnicas como lo son la NTC 5254 [75] y la GTC 45 [4] prestan atención a la gestión de riesgo.

La NTC 5254 describe los requisitos generales para el establecimiento del proceso de gestión del riesgo usando un programa sistemático que involucra la determinación del contexto en el cual se va a analizar el riesgo, la identificación de los recursos que debe tener una institución; la distribución de responsabilidades administrativas en un programa de implementación y una evaluación de los riesgos. Se debe establecer primero unos criterios que pueden ser operacionales, técnicos, financieros, legales, sociales y humanitarios entre otros; segundo un tratamiento de los riesgos de acuerdo con los controles existentes y tercero un monitoreo regular de los riesgos.

Por otro lado, la GTC 45 [4] ofrece directrices para identificar los peligros y para la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional; es de ella donde se parte para la evaluación de riesgos en un servicio de radiología; es la que proporciona información que describe en sí que el nivel de riesgo está relacionado proporcionalmente al producto del nivel de deficiencia, nivel de exposición y el nivel de consecuencia.

Las teorías de riesgo están definidas a nivel general con la probabilidad de experimentar un conjunto definido de consecuencias, implica tanto la probabilidad de ocurrencia de un evento y la magnitud de las consecuencias del suceso:

$$\text{Riesgo} = \text{Probabilidad} \times \text{Consecuencias} \quad (1.1)$$

En la iniciativa internacional para la reducción de amenazas de convenio con el OIEA y Colombia donde intervienen empresas de seguridad como Pacific Northwest y National Nuclear Security Administration [11] aplican este concepto básico para el riesgo que representaría robarse o atacar una instalación que posea una fuente radioactiva de la siguiente forma:

- Si el evento de interés es un ataque exitoso contra una instalación

$$\text{Riesgo} = [\text{Pa} \times \text{Ps/a}] \times \text{C} \quad (1.2)$$

Donde:

Pa = Probabilidad de ataque del adversario

Ps/a = Probabilidad de éxito adversario, dado que el ataque se realice

C = Las consecuencias de un ataque con éxito

Ellos plantean su desarrollo matemático aplicado a las protección de fuentes radioactivas, pero denotan el uso de la probabilidad y la consecuencia en un riesgo.

En otro documento nacional como lo es la Guía para la Administración del Riesgo del Departamento administrativo de la Función Pública (DAFP). Ofrece información como guía en cuanto a la identificación de un riesgo o de un factor de riesgo, explicando la importancia de identificar, analizar, valorar y tratar los riesgos en una institución basados en los referentes normativos existentes, que serán analizados a continuación.

1.2 Parámetros del referente Normativo Internacional

En primera medida se hará referencia a la normatividad internacional que se debe tener en cuenta frente al uso de radiaciones ionizantes, protección radiológica y salud ocupacional para el personal y los pacientes. Debido a que existe una diversidad de políticas se establecerá en este capítulo la documentación obtenida por la OIEA la cual recomienda diligenciar y cuidar la seguridad nacional e internacional en el uso de rayos X. Ellos actualmente cuentan con 162 países miembros [13] entre ellos Colombia los cuales han construido a través de sus experiencias, estudios y publicaciones las recomendaciones en el marco legal del uso adecuado de las radiaciones ionizantes. Se cita:

“Con el fin de garantizar la protección de las personas y el medioambiente de los efectos nocivos de las radiaciones ionizantes, las normas de seguridad del OIEA establecen principios fundamentales de seguridad, requisitos y medidas para controlar la exposición a la radiación de las personas (...)” [14].

La OIEA presenta tres niveles de normas:

1. Nociones fundamentales de seguridad
2. Requisitos de seguridad
3. Guías de seguridad

El OIEA utiliza cinco medios de difusión de normas, de investigación, de la promoción de la educación y la formación; Las cuales prestan asistencia académica, fomentando el intercambio de información y prestan servicios a sus estados miembros [20].

De estos cinco medios de difusión se revisara sucintamente lo que se puede considerar como norma o publicaciones que aporten a la reglamentación del uso de radiaciones ionizantes en el diagnóstico medico con uso de tubos de rayos X que aportan al desarrollo de la metodología como lo son:

- GSG: General Safety Requirements
- Proceedings Series
- Safety Reports Series

- Human Health Series
- TecDoc
- Technical Reports Series

1. OIEA. Safety Standards. Evaluación de la seguridad de las instalaciones y actividades del 2009 [14].

- El alcance del documento está referido para cualquier actividad humana que puede causar que las personas se expongan a los riesgos de radiación, derivados de las instalaciones que usan rayos X con fines médicos.
- Los principios para garantizar la protección de los trabajadores, el público y el medioambiente.
- Las evaluaciones de seguridad que deben ser realizadas para todas las instalaciones y las actividades que determinen las medidas que deben adoptarse para garantizar la seguridad.

2. OIEA. SF-1. Principios Fundamentales de Seguridad. Pub 1273 del 2007 [15].

Establece los riesgos asociados a las radiaciones en circunstancias normales o en consecuencia de incidentes y aunque esta más explícita para fuentes radioactivas es claro que se deben tener en cuenta en radiología por el uso de radiaciones ionizantes los siguientes principios.

Principio 1: Responsabilidad de la seguridad.

Principio 2: Función del gobierno.

Principio 3: Liderazgo y gestión en pro de la seguridad.

Principio 4: Justificación de las instalaciones y actividades.

Principio 5: Optimización de la protección.

Principio 6: Limitación de los riesgos para las personas.

Principio 7: Protección de las generaciones presentes y futuras.

Principio 8: Prevención de accidentes.

Principio 9: Preparación y respuesta en casos de emergencia.

Principio 10: Medidas protectoras para reducir los riesgos asociados a las radiaciones existentes o a las no reglamentadas.

3. OIEA. Marco gubernamental, jurídico y regulador para la seguridad. GSR parte 1 del 2010 [16].

Consta de 36 requerimientos recomendables en las instalaciones que usen rayos X desde el gubernamental y jurídico donde se debe regular la seguridad y se debe establecer:

1. Requisitos, responsabilidades y funciones del órgano regulador.
2. Requisitos del régimen mundial de seguridad

4. OIEA. Preparación y respuesta a situaciones de emergencia nuclear o radiológica del 2004 [17].

Presenta los requisitos para un nivel adecuado de preparación y respuesta a casos de emergencia nuclear o radiológica, minimizando las consecuencias para las personas, los bienes y el medioambiente. Se basa en la PR, la seguridad técnica, la justificación y optimización de la práctica radiológica sustentado en requisitos generales, funcionales y elementos infraestructurales.

5. OIEA. Pub 1117. RS-G-1.5. Protección radiológica relacionada con la exposición a la radiación medica ionizante [18].

La guía recomienda la orientación y la práctica de las NBS en lo que respecta a las exposiciones médicas. Referencia las exposiciones para: los empleados, asesores especializados y profesionales de la atención médica. En el capítulo 3 se mencionan los aspectos específicos de la PR relativos a la exposición medica en radiología con fines de diagnóstico y de intervención y la optimización de la protección relativa a la exposición médica teniendo en cuenta el equipo, los aspectos operacionales, la dosimetría clínica y la garantía de calidad.

Además, establece los niveles orientativos, las restricciones de dosis aplicables a las personas que ayuden a los pacientes en el curso de los procedimientos, capacitación e investigación de las exposiciones medicas accidentales

**6. OIEA. GS. RS-G-1.1. Protección radiológica ocupacional.
del 2004 [19].**

Brinda orientación sobre el control de las exposiciones normales y potenciales ocupacionales; las recomendaciones dadas en el proceso legal que debemos tener en un manual de protección radiológica. Está distribuido por recomendaciones en 6 capítulos que demarcan una estructura completa de la protección y seguridad radiológica.

Capítulo 2: Sistema para la protección radiológica ocupacional.

Capítulo 3: Limitación de dosis.

Capítulo 4: Optimización de la protección radiológica para las practicas.

Capítulo 5: Programas de protección radiológica.

Capítulo 6: Intervención en emergencias.

Capítulo 7: Vigilancia de la salud.

***OIEA. Actas de Serie. Protección radiológica de los pacientes en radiología
diagnóstica e intervencionista, medicina nuclear y radioterapia del 2001 [20].***

Esta referencia presenta alrededor de 18 artículos relacionados con la protección radiológica desde diferentes ámbitos; aquí se mencionaran los que competen con radiología diagnóstica y que son más representativos para este trabajo.

7. Función de la OIEA en la protección radiológica de los pacientes [20].

- La protección del paciente es parte del programa de seguridad radiológica de la OIEA.
- Existe el programa de salud humana y contiene una serie de actividades relacionadas con la garantía de calidad.
- Estatutos donde se establece y adopta colaboración con los órganos competentes de las Naciones Unidas.

8. El papel del comité científico de las naciones unidas sobre los efectos de la radiación atómica en exposiciones médicas a la radiación UNCEAR [20].

Actualmente el UNCEAR cuenta con 21 estados miembros, evalúa e informa sobre los niveles y efectos de la exposición a la radiación ionizante. Estos se publican en informes autorizados a la asamblea general de la ONU y colaboran internacionalmente en salud.

9. Internacional Commission on radiological Protection ICRP [20].

Se enfocan en la protección de las personas y de los niños por nacer, en la protección a la radiación ionizante para el diagnóstico médico, a la terapia de la investigación biomédica, y a la evaluación de las consecuencias médicas de exposiciones accidentales, de los riesgos en el embarazo, de la prevención de lesiones por radiación, de los procedimientos médicos intervencionistas y de la gestión de la dosis del paciente en la tomografía computarizada, entre otros.

10. Funciones y responsabilidades de los físicos médicos en la protección radiológica de los pacientes [20].

La Organización Internacional de Física Médica (OIFM), realiza unas observaciones generales sobre la protección radiológica de los pacientes donde discute la responsabilidad de los físicos médicos calificados en la protección de los pacientes en medicina nuclear, radioterapia y en radiología de diagnóstico e intervención.

11. Protección de los pacientes en radiología diagnóstica e intervencionista. Físico medico en radiología [20].

Los físicos médicos están involucrados en el proceso de optimización de la radiación que se utiliza para la obtención de imágenes, la calidad de las mismas, la evaluación en el rendimiento de los equipos, la educación del personal médico y técnico; además deben:

- Asegurar que los niveles de exposición y que las practicas del personal estén controladas a los niveles de radiación.
- Reducir los riesgos asociados a la calidad de imagen inadecuada y diagnósticos incorrectos.
- La responsabilidad de la vigilancia de las exposiciones de los pacientes, el cálculo de

dosis en órganos específicos para los procedimientos de diagnóstico, la dosis de la piel de entrada y la relación de producto área de dosis.

12. Sociedad Internacional de Radiología y protección radiológica (SIR) [20].

Promueve y ayuda a coordinar el avance de la radiología en todo el mundo y tiene una responsabilidad específica en la protección radiológica de los pacientes en el mundo. Presentan aun inconvenientes con la protección del radiólogo quirúrgico; caso que se plantea resolver en este trabajo.

13. Sociedad internacional de radiólogos y tecnólogos radiológicos y protección radiológica [20].

- ISRRRT promueven la protección de la radiación para los pacientes y los trabajadores.
- Mejoran la formación de los técnicos en radiología
- Apoyan el desarrollo de la tecnología de la radiación médica en todo el mundo.

Participan en la redacción de normas internacionales en áreas vitales como; el control de calidad, legislación para la protección radiológica y las buenas prácticas en los procedimientos radiológicos.

14. Experiencia adquirida en radiología [20].

El artículo revisa los aspectos de la historia de la radiología con el objetivo de identificar las lecciones aprendidas en la experiencia de rayos X, y comprende:

- La protección radiológica de los pacientes en radiología diagnóstica e intervencionista.
- La necesidad de controlar y cuantificar la cantidad de radiación que llega al paciente.
- El optimizar el proceso de formación de imágenes para ofrecer el mayor beneficio de diagnóstico dentro de los niveles permisibles de la dosis del paciente.
- El desarrollo de mejores películas, tubos de rayos X, redes, pantallas y técnicas de procesamiento.

15. El clima de la reglamentación internacional [20].

En el Tratado Euratom, firmado en 1957. Artículo 2b establece que "*la comunidad debe establecer normas de seguridad para la protección sanitaria de los trabajadores y de la población contra los riesgos que resultan de las radiaciones ionizantes*"

16. OIEA. Proceedings Series. Justificación de la exposición medica en diagnóstico por imagen del 2009 [21].

Workshop realizado en el 2009 donde los representantes de varias instituciones en el 2001 en Málaga discuten temas de diagnóstico por imagen usando RI enfocados en:

- Directrices de referencia
- Comunicación y riesgo
- Auditoría y justificación
- Problemas especiales

Se tienen consideraciones éticas que implican la autonomía y el consentimiento del paciente, la cuestión de la utilización excesiva de las imágenes médicas, plantea el examen debido a exposición a la radiación y de las implicaciones económicas. Nuevamente el workshop presenta directrices y amplios textos alrededor de veinticinco escritos en seis sesiones de trabajo donde se abordan temas como; justificación de la práctica y sus consideraciones filosóficas, protección en pacientes, inconvenientes presentados en otros países (ejemplo Brasil y Canadá), dosis y sus riesgos, justificación de un programa de auditoría, justificación de ciertos tipos de exámenes, justificación legal de la práctica, radiología dental, justificación de la práctica en mujeres en edad fértil, la no justificación del uso del TC para pacientes jóvenes.

17. OIEA. Safety Report. Series No. 2. Diagnóstico y tratamiento de lesiones de radiación del 1998 [22].

Dirigida a los profesionales médicos que puedan estar involucrados en el manejo de lesiones por radiación en las primeras horas o a los días después de una sobreexposición. La publicación proporciona directrices que permitan a los profesionales médicos para llevar a cabo las medidas de diagnóstico rápidas y de ofrecer un tratamiento de emergencia.

18. OIEA. Safety Report No. 4. Planificación de la respuesta medica para accidentes radiológicos del 1998 [23].

El informe abarca a los trabajadores, al público y a los niños que han sufrido lesiones por radiación como resultado de accidentes radiológicos en los últimos años. Recalca la seguridad y describe las funciones de las autoridades de salud y de los administradores de los hospitales en situaciones de emergencia como lo son el uso y abuso de maquinas que generan rayos X. Finalmente, el objetivo de este reporte es proporcionar información práctica a las autoridades nacionales y regionales de salud que tienen la responsabilidad de la planificación y respuesta médica a un accidente radiológico.

19. OIEA. Safety Report No 16. Calibración de instrumentos de radiación de monitoreo de protección del 2000 [24].

Informe diseñado para asegurar la estabilidad del equipo de rayos X; a través de la verificación, la vigilancia y la calibración.

20. OIEA. Colección de informes de seguridad No 21. Optimización de la protección radiológica en el control de la exposición ocupacional del 2004 [25].

El informe de seguridad presenta más información práctica de cómo tener una buena optimización de las prácticas en el lugar de trabajo, en la distribución de responsabilidades en la institución, en la protección de los trabajadores, es decir; va dirigido al personal directivo y al OPR.

21. OIEA. Colección de informes de seguridad No 39. Aplicación de las normas de seguridad de radiación en radiodiagnóstico y procedimientos de intervención que utilice rayos X del 2006 [26].

Es una guía del cumplimiento de las normas frente a las autoridades reguladoras que supervisan en la nación la radiología diagnóstica y los procedimientos de intervencionismo usando rayos X, fijados en:

- Cap. 2: Requerimientos administrativos, de personal, de protección, de gestión, de aseguramiento de la calidad y de factores humanos.

- Cap. 3: Seguridad de los equipos de rayos X; diseño, instalaciones, blindaje, mantenimiento, seguridad eléctrica y mecánica.
- Cap. 4: Exposición ocupacional
- Cap. 5: Exposición médica
- Cap. 6: Exposición al público

22. OIEA. Colección de informes de seguridad No 60 y 61. Protección contra la radiación en modernas técnicas de imagen médica: CT cardiaco [27] y CT de Colonografía [28].

Hace frente a los requisitos de los principios fundamentales de seguridad y las normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante, de la justificación y la optimización del paciente al usar CT en diagnóstico médico.

23. OIEA. Colección de informes de seguridad No 71. Protección radiológica en radiología pediátrica del 2012 [29].

Esta publicación orienta al radiólogo y a los físicos médicos en los procedimientos de diagnóstico con niños y adolescentes, dispone de:

- Protección contra los efectos nocivos de la radiación de acuerdo con las normas básicas de seguridad internacionales.
- Menciona el diseño de las instalaciones, el equipo de física, el sistema de información de radiología (archivo e imágenes).

24. OIEA. Colección de salud humana No 4. Auditorías clínicas completas de prácticas de radiología diagnóstica: un instrumento para mejorar la calidad [30].

Esta auditoría está mejor descrita en el capítulo 3 de este trabajo pues es una herramienta base para la evaluación de riesgos partiendo de las necesidades y los parámetros que se deben tener en un servicio de radiología. El texto se define así mismo como “el análisis sistemático y crítico de la calidad de la atención clínica; comprende los procedimientos utilizados para el diagnóstico y el tratamiento, el uso asociado de recursos y el efecto del tratamiento en los resultados y la calidad de vida del paciente”. El texto presenta herramientas en cuanto a documentación, recursos, normas, equipos y capacitación. Además, cuenta con los formularios para el informe de la auditoría, revisión

de lista de artículos que se deben tener en el servicio de radiología, formularios de control de garantía de calidad y formularios de medidas del físico medico entre otros.

25. OIEA. Colección de salud humana No 25. Roles y responsabilidades, educación y requisitos de capacitación para físicos médicos calificados clínicamente. Viena 2013 [31].

En el capítulo 4.2.2 menciona al físico medico en diagnóstico y radiología intervencionista, en producir imágenes morfológicas o funcionales del cuerpo humano, los medios de contraste, los procedimientos de intervención, la colocación de catéteres, bobinas, stents, etc. Proyección 2D, proyección 3D y procedimientos quirúrgicos y angiográficos.

El físico medico se debe encargar de:

- Estimar la dosis recibida en los pacientes.
- Optimizar la calidad de imagen de las nuevas técnicas.
- Establecer la modalidad de imagen.
- Realizar procedimientos de control de calidad.
- Revisar los componentes de hardware y software.
- Revisar la seguridad radiológica.
- Establecer la protección de los pacientes, el personal y el público.
- La adopción, desarrollo, implementación, uso seguro y optimización de técnicas avanzadas.
- La comprensión integral de la anatomía y la fisiología.
- El procesamiento de imágenes y los métodos matemáticos utilizados para la reconstrucción de la imagen.
- Del diseño y montaje de construcciones nuevas o modificadas.
- De liderar el desarrollo de especificaciones de los equipos.
- De la aceptación y puesta en servicio de los equipos.
- De proporcionar asesoramiento sobre equipos de desmantelamiento.
- De desarrollar el programa de seguridad radiológica clínica para la protección radiológica de los pacientes, el personal y el público.
- De participar en la investigación de incidentes y accidentes de radiación.

- En la verificación de equipos de radiología de diagnóstico e intervención y de accesorios.
- En estimar la dosis absorbida en los pacientes durante los procedimientos clínicos.
- En establecer los niveles de referencia para diagnóstico.
- En participar en políticas y procedimientos institucionales para la continua optimización de uso de la radiación.
- En la calibración de equipos de rayos X de acuerdo con un código bien establecido de comportamiento.
- En velar por las regulaciones y las recomendaciones del gobierno y de agencias de acreditación.

26. IAEA. TECDOC-1447 Optimización de la protección radiológica de los pacientes: La calidad de imagen y la dosis en mamografía del 2005 [32].

El documento técnico permite establecer los criterios de justificación de la práctica asociado con la protección del paciente sin desmejorar la calidad de la imagen y a su vez el cumplimiento del principio ALARA. Establece como disminuir la dosis en la obtención de imágenes sin disminuir el diagnóstico en mamografía. Plantea el uso de niveles de referencia y guía para la optimización de la protección en exposiciones médicas, en niveles orientativos, en pacientes con obesidad con técnicas normales y actuales.

27. IAEA. TECDOC-1641 Optimización de la dosis en procedimientos intervencionistas guiados por fluoroscopia [33].

El informe presenta un estudio entre 2002 y 2006 con la participación de seis países en un proyecto de investigación iniciado por el OIEA para estudiar la dosis absorbida de radiación a la piel de los pacientes en los procedimientos con fluoroscopia. El propósito de la norma técnica es proporcionar datos que ayuden a los médicos a identificar los factores que aumentan el riesgo de sufrir lesiones en la piel esto está complementado en el Capítulo 3.4.1.

28. IAEA. TECDOC-1710. Programa nacional de Protección radiológica en las exposiciones médicas del 2013 [34].

La guía presenta información de las exposiciones médicas que tiene por finalidad proporcionar al organismo competente un método para evaluar su programa en dicha área, facilitar la elaboración de programas reguladores más eficientes que propicien el cumplimiento de los requisitos de protección radiológica en la exposición médica establecidos en las nuevas normas básicas de seguridad.

29. OIEA. Technical Reports Series No 457. Dosimetría en radiodiagnóstico: un código internacional de prácticas del 2007 [35].

En este reporte podemos encontrar los valores establecidos como dosis bajas para los pacientes, la importancia del control dosimétrico, la evaluación del desempeño de los equipos como parte del proceso de aseguramiento de la calidad y además describe:

- Cantidades y unidades dosimétricas.
- Selección de la instrumentación.
- Establecimiento de un centro de calibración de diagnóstico.
- Un código de práctica para calibración de diagnóstico.
- Un código de práctica para medidas clínicas.

En el apéndice 6 de este TRS se establece un modelo de medida de dosis a pacientes usando coeficientes de conversión hallados con tabulaciones de dosis en superficies de entrada, el producto de kerma en aire en un área. Plantea tablas de conversión usando modelos informáticos como Monte Carlo y usando maniqués antropomórficos para simular diferentes tipos de pacientes de diferentes edades (niños y adultos). El modelo también simula un campo de radiación que incluía los parámetros que aportan a la dosis de los diferentes órganos como tamaño de campo, energía, tipo de examen, ubicación del tubo entre otros. Esto con el fin de simular la dosis que recibían los diferentes órganos en una toma de imágenes.

30. ICRP. Publicación 105. Protección Radiológica en Medicina del 2008 [36].

Nuevamente el tema principal es la optimización de la práctica y la justificación de la exposición médica, exposición y PR de los pacientes. Menciona en sus capítulos la base radiobiológica, magnitudes dosimétricas, PR en pacientes, justificación de la práctica, optimización en protección, niveles de referencia, límites de dosis, prevención, accidentes, incidentes y capacitación.

En los anexos se muestra una reseña de evaluaciones focalizadas de la protección radiológica en medicina de las cuales son útiles en nuestro caso:

A-1. Embarazo e irradiación médica (Publicación 84).

A-2. Procedimientos intervencionistas guiados fluoroscópicamente (Publicación 85).

A-4. Tomografía computada (Publicación 87).

A-5. Guía para médicos generales (Guía de Apoyo 2).

A-6. Radiología digital (Publicación 93).

A-10. Tomografía computarizada con detectores múltiples (Publicación 102).

1.3 Referente normativo nacional

En Colombia la regulación de la protección radiológica y la seguridad radiológica se basa en las normas internacionales como menciona el decreto 205 del 2003 numeral 32 [48]; es función del ministerio de la protección social vigilar el cumplimiento de los compromisos internacionales en material de empleo, trabajo, seguridad social, protección social e inspección y vigilancia del trabajo. Se revisaran los requisitos relacionados con la exposición a radiaciones ionizantes para poder determinar los factores de riesgo en entes nacionales encargados como lo son:

- Ministerio de Protección Social: Protección al trabajador ocupacionalmente expuesto
- Ministerio de Minas y energía: Seguridad y salud a los trabajadores que están expuestos a radiaciones ionizantes.
- Presidencia de la Republica de Colombia.
- Congreso de la Republica
- Ministerio de trabajo y seguridad social

Del código sustantivo del trabajo, decreto 2663 del 5 de agosto de 1950 [37] se establece:

ARTICULO 56: El empleador tiene obligaciones de protección y de seguridad para con los trabajadores.

ARTICULO 57: Poner a disposición los instrumentos adecuados, elementos de protección contra accidentes, como los EPR en radiodiagnóstico.

ARTICULO 201. En este se cita la tabla de enfermedades profesionales por radiaciones ionizantes por trabajos relacionados con; empleo de sustancias radioactivas y trabajos en las consultas de radiodiagnóstico, de radioterapia en clínicas, sanatorios, residencias y hospitales [37].

A continuación se citan las normas actuales y vigentes que cobijan al manejo de equipos emisores de rayos X y la protección que el empleador debe implementar para disminuir riesgos a sus empleados.

En la facultad de enfermería de la Universidad Nacional se hizo un estudio de la normatividad que regula la protección contra radiaciones ionizantes desde 1950 hasta el 2011 [38] en Colombia. A continuación se anexara los artículos que corresponden a la evaluación de riesgos en radiología que apoya nuestro ejercicio de las encuestas de chequeo teniendo en cuenta:

- Referente a las radiaciones ionizantes
- Referente a los riesgos profesionales

1.3.1 Referente a las Radiaciones Ionizantes

31. Decreto Ley No. 2663 de 1950. Artículo 201 ítem 24. Código Sustantivo del Trabajo [37].

Artículo 201; se contempla las enfermedades producidas por radiaciones ionizantes en el manejo de fuentes radioactivas y uso de rayos X en diagnóstico.

32. Ley 16 de 1960. Republica de Colombia [39].

Establece la vinculación de la Republica de Colombia al Organismo Internacional de Energía Atómica cuyo objetivo es tomar medidas para fortalecer la cooperación internacional en materia de seguridad nuclear, radiológica y del transporte y de gestión de desechos.

33. Ley 9 de 1979. El congreso de Colombia. Por la cual se dictan Medidas Sanitarias. En el Título III Artículo 80, 90, 93, 150, 151, 152 y 154 [40].

En el inciso (d) del Artículo 80 menciona el proteger la salud de los trabajadores y de la población contra los riesgos causados por las radiaciones.

Artículo 90; las edificaciones cumplirán con las normas de las autoridades competentes. Artículo 93; adecuada señalización de zonas. Artículo 150; asegurar medidas de protección para el POE y el público. Artículo 151; licencia para manejar radiaciones ionizantes. Artículo 152; la institución deberá optar por normas y medidas **para los riesgos** que representa las radiaciones ionizantes. Artículo 154; para los equipos emisores de rayos X se requiere licencia del Ministerio de Salud.

34. Resolución 2400 de 1979, Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. Disposiciones sobre vivienda, higiene y seguridad de los establecimientos de trabajo. Capítulo V. De las radiaciones ionizantes. Artículos del 97 al 109 [41].

Artículo 97; definición de radiaciones ionizantes. Artículo 98; controlar los niveles de exposición de las radiaciones ionizantes para que no afecten la salud, funciones biológicas o efectividad en el trabajo. Artículo 99; hombres menores de 18, mujeres menores de 21, casadas en edad de procrear y solteras con 3 meses antes de contraer matrimonio no exponerse a un nivel de 1,5 Rems/año. Artículo 100; exámenes médicos epidemiológicos para POE. Artículo 101; portar dosímetro. Artículo 102; dosis máxima para cuerpo entero, gónadas y cristalino. Artículo 103 - 105; describe matemáticamente las dosis máximas de exposición. Artículo 106; blindajes para proteger áreas vecinas. Artículo 107; método para el cálculo de radiación y los escudos adecuados. Artículo 108; contaminación del ambiente a causa de las RI. Artículo 109; elementos de protección individual que disminuyan la exposición a las RI.

35. Resolución 9031 de 1990. Ministerio de Salud. Artículos 2 al 5, 10 al 16 y del 21 al 23 [42].

Normas y procedimientos relacionados con el funcionamiento y operación de equipos de rayos X. Artículo 2; licencia de funcionamiento para equipos de rayos X. Artículo 3 y 4; requisitos de licencia para equipos odontológicos de rayos X. Artículo 5; requisitos de licencia para equipos de rayos X para diagnóstico. Artículos 11 al 14; lo referente al carné de PR. Artículos 15 y 16; ordenes escritas medicas para uso de RX en diagnóstico. Artículos 21 al 23; requisitos para prestar servicios de PR.

36. Resolución 4445 de 1996, Ministerio de la Salud. Por el cual se dictan normas para el cumplimiento del contenido del Título IV de la Ley 09 de 1979. La ministra de salud. Artículo 33 [43].

Referente a las condiciones sanitarias que deben cumplir los establecimientos hospitalarios y similares. Artículo 33; de los servicios de apoyo a las actividades de diagnóstico y tratamiento. Demarca las características que debe poseer un servicio de imaginología para Rayos X, tales como control de disparo, sala de exámenes, contraste, revelado, lectura, oficinas para los profesionales, deposito de placas, blindajes y áreas mínimas para equipos.

37. Decreto 1530 de 1996. Por el cual se reglamenta parcialmente la Ley 100 de 1993 y el Decreto Ley 1295 de 1994. Por la presidencia de la republica [44].

Artículo 1; Se clasifican las unidades de radiodiagnóstico y de radioterapia de los centros asistenciales e IPS como independientes cuando incumplan con las normas radio físicas y de bioseguridad, además de la vigilancia que debe prestar las empresas de riesgos profesionales y de salud ocupacional.

38. Ley 657 de 2001. Se establecen la especialidad médica de la radiología e imágenes diagnósticas. Por el Congreso de Colombia. Artículos 10 y 14 [45].

Artículo 10; se debe disponer de los elementos de radioprotección y de instalaciones debidamente adecuadas para proteger la vida y la salud de los especialistas, los operadores de equipos, pacientes y personas potencialmente expuestas. Contar con los

recursos técnicos y controles necesarios para medir periódicamente las dosis de radiación recibidas. Artículo 14; como sociedad vigilar que los servicios de radiología lo manejen personal idóneo. Proporcionar un ámbito académico y vigilar que cumplan con los parámetros del Ministerio de Salud.

39. Decreto 70 de 2001. Por el cual se modifica la estructura del Ministerio de Minas y Energía. El presidente de la Republica de Colombia. Capítulo II, Artículo 3 [46].

Artículo 3; se establece como función del Ministerio de minas y energía: adoptar la política nacional en materia de energía nuclear y gestión de materiales radiactivos, con excepción de los equipos emisores de rayos X.

40. Resolución 18 1434 de 2002, Ministerio de Minas y Energía. Por el cual se adopta el reglamento de Protección y Seguridad Radiológica [47].

Artículo 8; Obligaciones generales para garantizar la seguridad y la PR. Artículo 19; aplica para exposición ocupacional, medica y del público que use RI. Artículo 33; se debe fomentar la cultura de la seguridad en las instituciones para disminuir riesgos y evitar accidentes. Artículo 34; Programa de garantía de calidad, requisitos de seguridad y PR. Artículo 35; se debe contar con capacitación, cualificación y principios ergonómicos de los equipos. Artículo 48; describe la verificación y evaluación de la seguridad (esto es lo que describe la evaluación de riesgos en PR). Artículos 49 y 50; vigilancia radiológica y verificación de procedimientos y equipos. Artículo 52 al 57; se detalla los requisitos relativos a las intervenciones con situaciones de exposición de emergencia y exposición crónica nombrando sus respectivas acciones protectoras y acciones reparadoras. Artículos 67 al 75; exposición ocupacional, responsabilidades, garantías de seguridad para el POE como el tener un historial de exposición. Artículo 77; obligaciones de los responsables de PR, documentación, capacitación, cumplimiento de la norma, pruebas de equipos y elementos, supervisar protocolos y operaciones de equipos. Artículos 78 a 82; casos especiales mujeres embarazadas y menores.

Artículos 83 a 87; clasificación de zonas.

Artículos 90 y 91; medios de protección personal.

Artículos 94 a 98; vigilancia de la exposición individual.

Artículos 99 a 102; vigilancia del puesto de trabajo.

Artículos 113 al 121; responsabilidades a la exposición médica.

Artículo 125; Requisitos relativos a los generadores de radiación para radiología diagnóstica.

Artículo 126; requisitos para equipos de fluoroscopia.

Artículo 128; obligaciones de exposición con fines diagnósticos.

Artículos 148 al 152; responsabilidades de exposición al público y visitantes.

Artículos 188 a 208; responsabilidades en situaciones de exposiciones de emergencia.

Artículos 209 a 214; responsabilidades de situación a exposición crónica.

41. Decreto 205 de 2003. Por el cual se determinan los objetivos, la estructura orgánica y las funciones del Ministerio de la Protección Social y se dictan otras disposiciones. El presidente de la Republica de Colombia. Artículo 2 [48].

Numeral 12; Definir políticas, planes y programas en las áreas de salud ocupacional, medicina laboral, higiene y seguridad industrial y riesgos profesionales, que tienden a la prevención de accidentes de trabajo y de enfermedades profesionales. Numeral 17, el cumplimiento de las normas técnicas y las disposiciones legales relativas al control de los factores de riesgo producidos por el trabajo. Numeral 18, inspección de profesionales y formación en recursos humanos. Numeral 32, Vigilar el cumplimiento de los compromisos internacionales en materia de empleo, trabajo, seguridad social, protección social e inspección y vigilancia en el trabajo.

42. Decreto 2090 de 2003. Ministerio de la protección social. El presidente de la republica de Colombia. Artículo 2 [49].

Artículo 2; Se considera como actividad de alto riesgo para la salud el trabajador que labore con radiaciones ionizantes y se establece una pensión especial de vejez para los trabajadores con exposición a radiaciones ionizantes.

43. Resolución 18 1289 de 2004, Ministerio de Minas y Energía. Se establecen los requisitos para la obtención de licencia para la prestación del servicio de dosimetría personal. Artículo 4 [54].

Artículo 4; requisitos (documentos) para la obtención de la licencia para prestación del servicio de dosimetría.

44. Resolución 181757 de diciembre 2005. El ministerio de minas y energía [51].

Se encuentra el adoptar una adecuada reglamentación nacional y establecer una autoridad competente encargada. Además, en su Artículo 2 establece el cumplimiento de PR de convenios internacionales.

45. Decreto 4725 de 2005. Régimen de registros sanitarios, permiso de comercialización y vigilancia sanitaria de los dispositivos médicos para uso humano. Ministerio de la protección social. Presidencia de la republica. Capítulo II. Artículos 7, 9 y 23 [52].

Artículo 7 y 9; clasificación de los dispositivos médicos como invasivos, los dispositivos que suministran energía en forma de radiaciones ionizantes y que se destinen a la radiología con fines diagnósticos y terapéuticos, incluidos los productos para controlar o vigilar dichos productos, o que influyan directamente en el funcionamiento de los mismos, se incluirán en la clase IIb.

46. Resolución 1043 de 2006, Ministerio de la Protección Social. Condiciones que deben cumplir los Prestadores de Servicios de Salud para habilitar sus servicios e implementar el componente de auditoría para el mejoramiento de la calidad de la atención [53].

Artículo 1; condiciones que deben cumplir los prestadores de servicios de salud; dotación, mantenimiento y seguimiento a riesgos en la prestación de servicios de salud. En el anexo técnico 1 se menciona las condiciones de los servicios de radiología e imágenes diagnósticas:

- Ítem 1.64: Recurso humano (técnico en radiología)
- Ítem 2.32: Instalaciones físicas.
- Ítem 3.37: Dotación y mantenimiento
- Ítem 5.45: Procesos prioritarios asistenciales.
- Ítem 6.12: Historia clínica y registros asistenciales.

47. Resolución 2434 de 2006, Ministerio de la Protección Social. Se reglamenta la importación de equipo biomédico repotenciado clases IIb y III [54].

Regula los requisitos para la importación de los equipos capaces de emitir radiaciones ionizantes para su uso con humanos. De equipos nuevos y repotenciados así como los parámetros de importación, instalación, operación, mantenimiento, vigilancia, reporte y revisión.

48. Resolución 002646 de 2008. Se establecen responsabilidades para la identificación, evaluación, prevención, intervención y monitoreo permanente de la exposición a factores de riesgo psicosocial en el trabajo. Ministerio de la protección social.

Artículo 12: Análisis y seguimiento de la información sobre factores de riesgo psicosocial en el trabajo. Se establece carga física, mental y psíquica asociada a estos factores, con el fin de identificar si se deben intervenir en el corto, mediano o largo plazo y se deben llevar a cabo programas para su prevención.

49. Decreto 614 de 1984

Artículo 2: Es objeto de la salud ocupacional proteger a la persona contra los riesgos relacionados con agentes físicos, químicos, biológicos, psicosociales, mecánicos, eléctricos y otros que puedan afectar al individuo o al colectivo en el lugar de trabajo.

1.3.2 Referente a los Riesgos profesionales

Ya se mencionó la normativa que rige las radiaciones ionizantes y el uso de rayos X en diagnóstico médico; ahora se procede a revisar cual es la normativa referente a la protección del trabajador desde la salud ocupacional y el código sustantivo del trabajo, nuevamente se mencionara lo referente a la norma que aporte a la evaluación de riesgos que es finalmente, el objetivo de esta metodología de evaluación de riesgos.

Se define salud ocupacional ante la ley 1562 del 2012 [84] como aquella disciplina que trata de la prevención de las lesiones y enfermedades causadas por las condiciones de trabajo, y de la protección y promoción de la salud de los trabajadores; tiene por objeto

mejorar las condiciones del ambiente laboral, así como la salud en el trabajo, que conlleva a la promoción y el mantenimiento del bienestar físico, mental y social de los trabajadores en todas las ocupaciones.

En el código sustantivo del trabajo, artículo 199 se define accidente de trabajo a todo suceso imprevisto y repentino que sobrevenga por causa o con ocasión del trabajo y que produzca al trabajador una lesión orgánica o perturbación funcional permanente o pasajera, y que no haya sido provocado deliberadamente o por culpa grave de la víctima.

En el Artículo 200; se define por enfermedad profesional a todo estado patológico que sobrevenga como consecuencia obligada de la clase de trabajo que desempeña el trabajador o del medio en que se ha visto obligado a trabajar, bien sea determinado por agentes físicos, químicos o biológicos.

- La ley 1562 del 2012 [84], establece el conjunto de entidades públicas y privadas, de las normas y procedimientos destinados a prevenir, proteger y atender a los trabajadores de los efectos de las enfermedades y los accidentes que puedan ocurrirles con ocasión o como consecuencia del trabajo que desarrollan. Nombra las disposiciones vigentes de salud ocupacional relacionadas con la prevención de los accidentes de trabajo y enfermedades laborales y nombra que el mejoramiento de las condiciones de trabajo, hacen parte integrante del Sistema General de Riesgos Laborales. En el Artículo 11; se menciona las actividades mínimas de promoción y prevención que deben ser administradas por las entidades de riesgos laborales como:
 - Programas, campañas y acciones de educación y prevención dirigidas a garantizar que sus empresas afiliadas conozcan, cumplan las normas y reglamentos técnicos en salud ocupacional, expedidos por el Ministerio de Trabajo.
 - Asesoría técnica básica para el diseño del Programa de Salud Ocupacional y el plan de trabajo anual de todas las empresas.
 - Capacitación básica para el montaje de la brigada de emergencias, primeros auxilios y sistema de calidad en salud ocupacional.
 - Fomento de estilos de trabajo y de vida saludables, de acuerdo con los perfiles epidemiológicos de las empresas.
 - Investigación de los accidentes de trabajo y enfermedades laborales que presenten los trabajadores de sus empresas afiliadas.

Nuevamente de la ley 1562 del 2012 en el **Artículo 14 se debe presentar la garantía de la calidad en salud ocupacional y riesgos laborales**; los cuales serán auditados con estándares mínimos por ser sistema obligatorio, que se realizarán en forma directa o a través de terceros idóneos seleccionados por el Ministerio del Trabajo de acuerdo con la reglamentación que expida al respecto, priorizando las empresas con mayores tasas de accidentalidad y muertes.

Las entidades gubernamentales, las institucionales como lo son salud ocupacional y riesgos profesionales deben de prever normas y evaluar los factores de riesgo a los cuales están expuestos sus empleados desde las diferentes áreas y profesiones, es un deber y un derecho reglamentar y evitar al máximo las posibles causas de ocurrencia de un accidente, por ello haremos una revisión de la normatividad colombiana referente al tema.

50. Decreto 2663 de 1950. Artículo 56, 57. Código Sustantivo del Trabajo [38].

Se establece la obligación de brindar protección y seguridad al trabajador, dotar al trabajador de lugares y herramientas apropiadas para el desempeño de la labor, así como la obligación de entregarles elementos de protección personal adecuados.

51. Decreto 1295 de 1994. Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. Por el cual se determina la organización y administración del Sistema General de Riesgos.

Artículo 1; El Sistema General de Riesgos Profesionales destinados a prevenir, proteger y atender a los trabajadores de los efectos de las enfermedades y los accidentes que puedan ocurrirles con ocasión o como consecuencias del trabajo que desarrollan.

Artículo 2; tiene objetivos como; establecer las actividades de promoción y prevención con tendencia a mejorar las condiciones de trabajo y salud de la población trabajadora, protegiéndola contra los riesgos derivados de la organización del trabajo que puedan afectar la salud individual o colectiva en los lugares de trabajo tales como los físicos, químicos, biológicos, ergonómicos, psicosociales, de saneamiento y de seguridad.

Artículo 9; Es accidente de trabajo todo suceso repentino que sobrevenga por causa o con ocasión del trabajo, y que produzca en el trabajador una lesión orgánica, una perturbación funcional, una invalidez o la muerte.

Artículo 21; El empleador es responsable de procurar el cuidado integral de la salud de los trabajadores, de los ambientes de trabajo, programa de salud ocupacional, notificar los accidentes de trabajo y las enfermedades profesionales y financiar capacitación.

Artículo 56; que los responsables de la prevención de riesgos profesionales, las entidades administradoras de los riesgos profesionales tengan un programa de salud ocupacional.

Artículo 57; Supervisión y control de los sitios de trabajo.

Artículo 59; Actividades de prevención de las administradoras de riesgos profesionales.

Artículo 60 y 61; Informe de actividades de riesgo y estadísticas de riesgos profesionales.

Artículo 62; los empleadores están obligados a informar a sus trabajadores los riesgos a que pueden verse expuestos en la ejecución de la labor recomendada o contratada.

Artículo 64 al 67; las empresas de alto riesgo deben contar con prevención de riesgos profesionales, con supervisión en forma prioritaria, informar riesgos propios de estas empresas de alto riesgo como lo son un programa de salud ocupacional, seguimiento de sistemas y mecanismos de control y vigilancia epidemiológica.

Artículo 70; Son funciones del Concejo Nacional de Riesgos Profesionales:

- Recomendar la formulación de estrategias y programas para el Sistema General de Riesgos Profesionales, de acuerdo con los planes y programas de desarrollo económico, social y ambiental que apruebe el Congreso de la República.
- Recomendar las normas técnicas de salud ocupacional que regulan el control de los factores de riesgo.
- Recomendar la reglamentación sobre la recolección, transferencia y difusión de la información sobre riesgos profesionales.

Recomendar las normas y procedimientos que le permitan vigilar y controlar las condiciones de trabajo en las empresas.

52. Decreto 1832 de 1994. Por el cual se adopta la Tabla de Enfermedades Profesionales. Ministerio de trabajo y seguridad social.

Artículo 1; Tabla de enfermedades profesionales. Ítem 24. Enfermedades producidas por radiaciones ionizantes: En trabajos en las consultas de radiodiagnóstico, de radioterapia en clínicas; hospitales y demás instituciones. En el ítem 41 se considera el cáncer como de origen ocupacional.

53. Ley 1562 de 2012. Por la cual se modifica el sistema de riesgos laborales y se dictan otras disposiciones en materia de salud ocupacional. El congreso de Colombia

Artículo 3; Es accidente de trabajo todo suceso repentino que sobrevenga por causa o con ocasión del trabajo, y que produzca en el trabajador una lesión orgánica, una perturbación funcional o psiquiátrica, una invalidez o la muerte.

Artículo 4; Enfermedad laboral. Es enfermedad laboral la contraída como resultado de la exposición a factores de riesgo inherentes a la actividad laboral o del medio en el que el trabajador se ha visto obligado a trabajar.

Artículo 66; Las Entidades Administradoras de Riesgos Laborales y el Ministerio de Trabajo, supervisarán en forma prioritaria y directamente o a través de terceros idóneos, a las empresas de alto riesgo, especialmente en la aplicación del Programa de Salud Ocupacional según el Sistema de Garantía de Calidad, los Sistemas de Control de Riesgos Laborales y las Medidas Especiales de Promoción y Prevención.

Artículo 14; Para efectos de operar el Sistema Obligatorio de Garantía de Calidad del Sistema General de Riesgos Laborales, que deberán cumplir los integrantes del Sistema General de Riesgos Laborales, se realizarán visitas de verificación del cumplimiento de los estándares mínimos establecidos en el mencionado sistema de garantía de calidad, que se realizarán en forma directa o a través de terceros idóneos seleccionados por el Ministerio del Trabajo de acuerdo con la reglamentación que expida al respecto, priorizando las empresas con mayores tasas de accidentalidad y muertes.

Artículo 29; El Instituto Nacional de Salud como autoridad científico-técnica en salud ejercerá la dirección, coordinación y ejecución de las políticas de investigación científica en salud, fomentará la investigación en salud laboral, establecerá las líneas prioritarias de investigación en salud laboral con la sociedad científica en medicina del trabajo de los problemas de mayor incidencia y prevalencia en la salud de los trabajadores.

54. Ley 1610 del 2013. Por la cual se regulan algunos aspectos sobre las inspecciones del trabajo y los acuerdos de formalización laboral. El congreso de Colombia.

Artículo 1; Los inspectores de trabajo y seguridad social ejercerán sus funciones de inspección, vigilancia y control en todo el territorio nacional y conocerán los asuntos individuales y colectivos en el sector privado y de derecho colectivo del trabajo del sector público.

Artículo 2; Las Inspecciones del desempeño de sus funciones y competencias se regirán por los principios contenidos en la Constitución Política de Colombia, los Convenios Internacionales, en especial los de la Organización Internacional del Trabajo ratificados por Colombia.

2 Marco teórico

En este capítulo se presentan los conceptos y planteamientos teóricos que soportan el tema de evaluación de riesgos en un servicio de radiología. Se definirán los principios físicos de los rayos X, magnitudes y unidades dosimétricas, la interacción de la radiación con la materia, los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes, los efectos de la exposición a radiaciones en imágenes diagnósticas y como complemento algunos incidentes y casos adversos presentados en radiología.

2.1 Generalidades de los rayos X

2.1.1 Generación de rayos X

Los rayos X son radiación electromagnética que en el espectro electromagnético poseen una longitud de onda desde los 10 nm (nanómetros) hasta los 0,01nm, por tanto entre menor sea la longitud de onda mayor va a ser su energía y mayor su poder de penetración. Estos rayos X pueden ser generados en el átomo cuando los electrones pasan de una órbita a otra o también es por radiación de frenado o "bremsstrahlung" que es el fenómeno en el cual el electrón presenta deflexión o es frenado al atravesar un intenso campo eléctrico. Con el descubrimiento de los rayos X en 1895 por Wilhelm Roentgen pronto se implementó su uso en medicina para ver estructuras internas del cuerpo humano, por ello se disparó la producción de tubos de rayos X.

2.1.2 El tubo de rayos X

Es un componente del equipo de rayos X compuesta por una ampolla de cristal que se ha dispuesto al vacío para que la emisión sea más efectiva y se prolongue la vida del tubo, además, esta recubierta por una coraza de plomo que restringe la emisión de rayos X en otras direcciones evitando así la fuga de radiación y colimando el haz en la dirección deseada. Estas corazas sirven también para aislar y evitar un posible riesgo

eléctrico debido a que se usan altas tensiones para la generación de rayos X. La ampolla se usa hoy día con recubrimiento metálico y en su interior poseen un ánodo y un cátodo ver Figura 2-1.

El cátodo es el negativo del tubo, un filamento generalmente de tungsteno toriado que al poseer un alto punto de fusión (más de 3000°C) y ser calentado por una corriente intensa libera electrones de la capa externa; estos electrones liberados por repulsión eléctrica son confinados en una copa de enfoque también cargada negativamente para ser dirigidos al ánodo.

El ánodo es la parte positiva del sistema y el blanco en el cual chocaran los electrones colimados, este ánodo podrá ser rotatorio si se requiere mayor intensidad en menor tiempo, el ánodo generalmente es de cobre debido a que es buen conductor eléctrico y da soporte mecánico. Se necesita un buen conductor eléctrico ya que el solo el 5 % de los electrones generados son usados para el diagnóstico y el otro 95 % se disipan en calor.

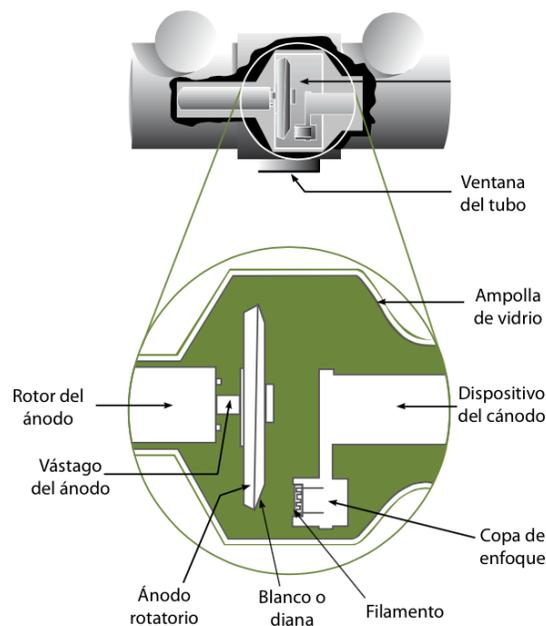


Figura 2-1: Esquema anterior de una ampolla de tubo de rayos X [85].

2.2 Interacción radiación materia

Cuando el haz es generado por el tubo de rayos X se proyecta de forma perpendicular y directa sobre el paciente, estos rayos interactúan con el paciente y los diferentes tejidos atravesándolo y llegando al otro lado con una diferencia de energía, lo cual al interactuar con una placa radiográfica o un sistema electrónico de medida arroja información sobre las estructuras atravesadas formando una imagen.

La atenuación del haz de fotones es absorbida por los diferentes medios con los que interactúa y existen diferentes efectos de interacción de la radiación con la materia, la energía utilizada en los tubos de rayos X para formación de imágenes es del orden de los KeV (kiloelectronvoltios) por ello se tomaran en cuenta los efectos producidos a estas energías.

Las interacciones corresponden a un efecto al azar entre la radiación y una sección transversal del material con el cual interactúa, se describe la interacción de los fotones en un área A del material que contiene n blancos de subárea σ , el número de interacciones ($\Delta\Phi$) esta dado por:

$$\Delta\Phi = \Phi n(nA) \quad (2.1)$$

Si llevamos esto al mundo atómico, A no seria una sección transversal del átomo, pero si seria un área eficaz de probabilidad de interactuar el fotón con el átomo llamado sección eficaz σ ; esta sección eficaz de interacción de rayos X es considerada para el efecto fotoeléctrico y efecto Compton que son los principales fenómenos en energía en radiología diagnostica y es del orden de los 150 KeV [84].

2.2.1 Efecto fotoeléctrico

Es el fenómeno en el cual un fotón es absorbido por un átomo transfiriendo su energía a los electrones y liberándolos de sus orbitales. Este electrón liberado llamado fotoelectrón poseerá la energía inicial del fotón ($h\nu$) menos la energía que utilizo para desligarse (E_S), este tipo de fenómeno puede presentarse en las capas K, L, M o N del átomo y a mayor

energía sobre un material los fotones alcanzaran mayores distancias. La energía cinética T con la que el fotoelectrón abandona el átomo es:

$$T = h\nu - E_G \quad (2.2)$$

El efecto fotoeléctrico solo se presentara si la energía del fotón incidente ($h\nu$) es mayor que la energía de ligadura del electrón al átomo, se requiere de mecánica cuántica para determinar esta probabilidad de interacción. En radiología diagnostica la absorción de los fotoelectrones dependerán del tipo de tejido, ya sea hueso, músculo o grasa; sin embargo por el número atómico del material (Z) de estos tejidos el efecto fotoeléctrico es el predominante. Cuando la energía inicial del fotón es superior a la del enlace, la probabilidad de que se presente un efecto fotoeléctrico es $Z^4/h\nu^3$; es por ello por lo que en radiografía diagnostica se usan bajas energías.²

En el proceso de obtener un fotoelectrón se genera una vacante en las capas del átomo que es llenado por un electrón de las capas superiores y generando rayos X característicos o una cascada de eventos dejando el átomo ionizado.

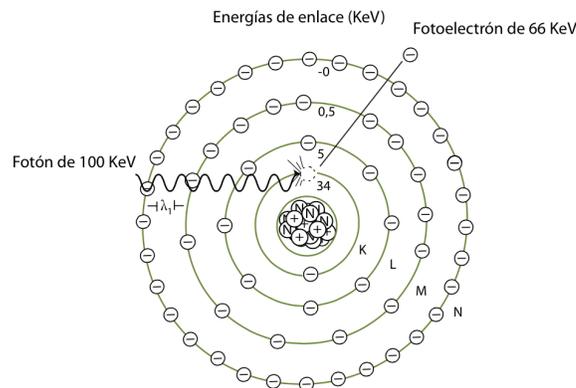


Figura 2-2: Generación del fotoelectrón [85].

2.2.2 Efecto Compton

Cuando la energía del fotón incidente es muy grande con respecto a la energía de enlace del electrón el choque del fotón es elástico, se libera un electrón y el fotón continua con menor energía y en diferente dirección como se representa en la Figura 2-3. En el efecto

² Fundamentos de Física Médica. Volumen 2. Radiodiagnóstico: bases físicas, equipos y control de calidad. SEFM.

Compton la probabilidad de interacción esta relacionada con la densidad electrónica del material, lo que en radiología diagnostica seria aproximadamente la misma para los tejidos biológicos, por ello, no distingue casi las estructuras y da lugar a la radiación dispersa, esta radiación llega a la placa radiográfica sin ninguna información de estructuras; por ello a mayor energía en el tubo de rayos X aumenta la probabilidad del efecto Compton y disminuye el efecto fotoeléctrico.

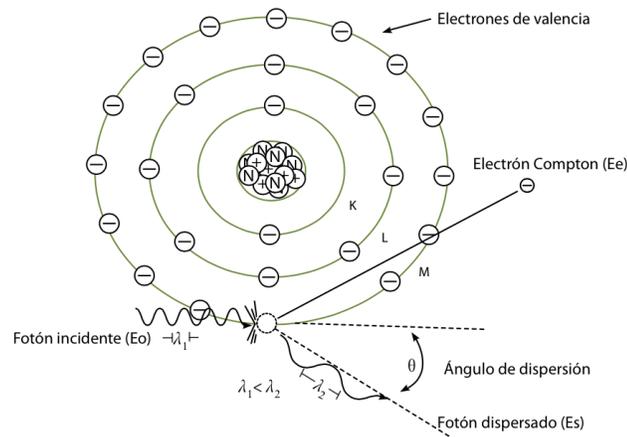


Figura 2-3: Efecto Compton [85].

Ya liberados estos electrones en cualquiera de los dos efectos mencionados anteriormente van a detenerse en el material; ya sea el tejido vivo, placas, camilla o el material que los contenga, este fenómeno es conocido como absorción o entrega de la dosis debido a una atenuación a lo largo de la trayectoria que realizan dichos electrones.

2.2.3 Atenuación de rayos X

Cuando se interpone perpendicularmente un material sobre el haz de fotones incidentes, estos fotones pueden atravesar sin ningún inconveniente, pueden interactuar con el material siendo absorbidos o pueden dispersarse, esta probabilidad de interacción esta relacionada con el número de centros de interacción (átomos) por unidad de volumen y la sección transversal por átomo, la relación que existe entre los fotones incidentes y los que atravesaron la placa se conoce como la atenuación de rayos X.

Esta atenuación corresponde a una ley exponencial que relaciona la atenuación lineal dada por espesor del material (por ejemplo una placa delgada y uniforme) y una atenuación másica que depende del tipo de material de la placa. Estos coeficientes de

atenuación lineal y másica difieren de un material a otro según sean buenos o malos absorbedores de rayos X. Matemáticamente esta relación exponencial se relaciona como se representa en las ecuaciones (2.3) y (2.4) [84]:

$$I = I_0 e^{-\mu x} \quad (2.3)$$

$$I = I_0 e^{-m\rho x} \quad (2.4)$$

Donde e es la base de los logaritmos naturales, μ es el coeficiente de atenuación lineal, m es el coeficiente másico de atenuación, ρ es la densidad del material, I es la intensidad inicial (número de fotones) e I_0 es la intensidad que atraviesa el material de espesor x .

2.3 Magnitudes dosimétricas básicas

2.3.1 Cantidades básicas radiológicas

En este apartado se nombraran las cantidades básicas dosimétricas que aplican a radiología diagnostica basados en el código de práctica para dosimetría en radiología diagnostica TRS 457 [35] y el material de entrenamiento sobre protección radiológica en radiodiagnóstico y radiología intervencionista del OIEA³. Algunas de estas cantidades pueden medirse y otras estimarse con instrumentos de medida; a continuación se presentan las características físicas y matemáticas de estas variables.

Nombre	Fluencia
Definición	Es el cociente entre el número de partículas incidente sobre una esfera de corte transversal a .
Variabes	N: Número de partículas. a: área
Ecuación	$\Phi = \frac{dN}{da} \quad (2.5)$
Unidades	m^{-2}

³ OIEA. Material de entrenamiento sobre protección radiologica en radiodiagnóstico y radiologia intervencionista. L2: Magnitudes y unidades dosimetricas.

Nombre	Fluencia de energía	
Definición	Es el cociente entre la energía radiante incidente en una sección transversal a de una esfera.	
Variables	R: energía radiante. A: área	
Ecuación	$\Psi = \frac{dR}{da}$	(2.6)
Unidades	J / m ²	

Nombre	KERMA	
Definición	Kinetic Energy Released in a Material. Es la suma de las energías cinéticas iniciales de todas las partículas cargadas ionizantes liberadas por partículas ionizantes sin carga en un material de masa m .	
Variables	E_{trans} : Energía m: masa	
Ecuación	$K = \frac{dE_{trans}}{dm}$	(2.7)
Unidades	En el SI J/kg es el Gray. Gy	

Nombre	Energía impartida	
Definición	La energía media impartida a la materia en un volumen dado es igual a la energía radiante, de todas esas partículas cargadas y no cargadas ionizantes que entran en el volumen (R_{entra}) menos la energía radiante de todas esas partículas cargadas y no cargadas ionizantes que dejan el volumen (R_{sale}), más la suma de todos los cambios de la energía en reposo de los núcleos y partículas elementales que se producen en el volumen $\sum R_Q$.	
Variables	(R_{entra}) : energía radiante que entra al volumen (R_{sale}) : energía radiante que sale del volumen $\sum R_Q$: energía de las partículas que se generan dentro del volumen	
Ecuación	$\bar{\varepsilon} = R_{entra} - R_{sale} + \sum R_Q$	(2.8)
Unidades	Joule	

Nombre	Dosis absorbida
Definición	Magnitud para dosimetría al paciente. Es la energía absorbida por unidad de masa para cualquier tipo de radiación ionizante.
Variables	D: dosis E: energía m: masa
Ecuación	$D = \frac{dE}{dm} \quad (2.9)$
Unidades	En el SI J/kg es el Gray. Gy

Nombre	Exposición
Definición	Es la medida de la radiación electromagnética ionizante en su interacción solo con el aire y el valor absoluto de la carga total de los iones de un solo signo producidos en aire cuando todos los electrones liberados por los fotones por unidad de masa de aire son completamente parados en aire.
Variables	Q: carga m: masa
Ecuación	$X = \frac{dQ}{dm} \quad (2.10)$
Unidades	En el sistema Internacional de unidades es C/Kg. La unidad especial es el Roentgenio (R) 1R= 2.58 x10 ⁻⁴ C/Kg

Nombre	Tasa de exposición
Definición	Es la exposición producida por unidad de tiempo.
Variables	X: Exposición t: tiempo
Ecuación	$\dot{X} = \frac{X}{t} \quad (2.11)$
Unidades	R/s en el SI R/h en PR 1R= 2.58 x10 ⁻⁴ C/Kg

Nombre	Dosis equivalente (H)	
Definición	Es la dosis absorbida multiplicada por un factor de ponderación de la radiación w_R , para determinar la eficacia biológica de un cierto tipo de radiación. Para los rayos X en radiología el $w_R=1$	
Variables	H_R : Dosis equivalente w_R : Factor de ponderación. D: Dosis Absorbida	
Ecuación	$H_R = w_R * D$	(2.12)
Unidades	Sievert (Sv)	

Nombre	Dosis efectiva	
Definición	La exposición a la radiación de los diferentes órganos y tejidos corporales causa daños con distintas probabilidades y diferente gravedad. La combinación de probabilidad y gravedad recibe el nombre de detrimento; es por tanto la dosis efectiva el producto de la dosis equivalente por un factor de ponderación del tejido w_T .	
Variables	E: dosis efectiva. H_T : Dosis equivalente al tejido. w_T : factor de ponderación al tejido	
Ecuación	$E = \sum_T w_T * H_T$	(2.13)
Unidades	Sievert (Sv)	

Nombre	Producto dosis área (DAP)	
Definición	Se define como la dosis en aire en un plano integrada en el área de interés	
Ecuación	Se mide bajo parámetros de una sección transversal del haz y teniendo en cuenta el inverso al cuadrado de la distancia de la dosis.	
Unidades	cGy/cm^2	

Nombre	Dosis superficial (ESD)
Definición	Es una propiedad del medio absorbente y del campo de radiación. Esta dosis medida en la superficie del paciente incluye los fotones dispersados. Corresponde a una tabla de valores de acuerdo con el tamaño de campo y los coeficientes másicos en aire y en agua.
Variabes	μ : coeficiente de atenuación ρ : densidad
Ecuación	$F = \left(\left(\frac{\mu}{\rho} \right)_{agua} / \left(\frac{\mu}{\rho\rho} \right)_{aire} \right) \quad (2.14)$
Unidades	Para rayos X diagnósticos el valor de la dosis superficial es aproximadamente 1.06 del valor de la dosis. Sievert (Sv)

2.4 Efectos biológicos de la radiación ionizante

El efecto físico de este tipo de radiación por cualquiera de los dos efectos mencionados anteriormente es liberar electrones de los átomos de los tejidos, para interactuar con otros átomos de los tejidos, esta interacción se da por mecanismos de ionización y excitación y tarda aproximadamente 10^{-18} segundos en atravesar una cadena de ADN, la energía entregada a los tejidos es la dosis absorbida o dosis.

Después del efecto físico existe un efecto químico, los átomos y moléculas afectados por la radiación por rompimiento de sus enlaces químicos producen radicales libres que son altamente reactivos; esta interacción es del orden de los milisegundos después de la radiación.

Finalmente, producir un efecto biológico de reacciones enzimáticas del daño químico residual, estos efectos se pueden presenciar en las primeras semanas o meses y depende de la cantidad de tiempo que se estuvo expuesto a la radiación. Pero existe una relación inversamente proporcional entre la protección del paciente a los rayos X y una optima imagen para diagnóstico; por un lado esta el principio ALARA el cual declara que se debe tener una exposición a la radiación tan baja como es posible y por el otro la dosis debe de ser "tan alta" para obtener una buena imagen en diagnóstico, es por ello por lo que existe en la balanza entre el riesgo y el beneficio. Se precisa entonces evaluar los riesgos y los beneficios al ser sometidos a rayos X sean como primer implicado

(paciente) o como trabajador (POE) los cuales participan dentro de la sala en procedimientos de intervención quirúrgica con uso de fluoroscopios, arcos en C, entre otros. Teniendo en cuenta los siguientes efectos causados por exposición a la radiación ionizante se puede dar complemento teórico a los factores de riesgo y contribuir con la identificación de riesgo planteados en el objetivo dos de este trabajo para la creación de las EC.

2.4.1 Modelo lineal sin umbral

Una de las posibles complicaciones que se pueden presentar en el personal de un servicio de radiología lo establece la publicación ICRP 99 en ella se presenta un informe del riesgo de cáncer asociado con la exposición por dosis bajas de radiación con transferencia de energía lineal baja, es conocido como el modelo **LNT**⁴ (linear no-threshold) por sus siglas en inglés.

Estas dosis bajas están en un rango inferior a los límites recomendados del público y del POE por la normatividad nacional y por la regulación internacional como se explicó detalladamente en el capítulo 1. Se analizó bajo evidencia que existía una relación lineal dosis-respuesta en un grupo de cánceres y se planteó el modelo LNT como hipótesis de estudios epidemiológicos en grupos de personas humanas expuestas. En este modelo se plantea que el daño en el ADN producido por la radiación como mutaciones de células somáticas y aberraciones cromosómicas, deben ser estudiados por el riesgo que representa las bajas dosis de radiación y las exposiciones a baja tasa de dosis.

Las células tienen una amplia gama de mecanismos de respuesta a daños por radiación pero no todos son infalibles por ello se hicieron estudios de datos cuantitativos de relación dosis tiempo que apoyan el modelo LNT y aun así existe incertidumbre por los resultados de estudios como: la inestabilidad genómica inducida, el efecto espectador (en radiobiología corresponde al efecto de la radiación de las células vecinas a las directamente expuestas) y en algunos casos, las respuestas de las radiaciones adaptativas. En el modelo en si se realizan estudios de la génesis tumoral del daño citogenética en animales de laboratorio con dosis bajas y relación dosis tiempo, el cual presenta un comportamiento lineal en la región de dosis bajas, mostraron un factor de

⁴ ICRP Publicación 99. Low-dose, Extrapolation of radiation – related cancer risk. ICRP 35 (4) 2005.

dosis y de tasa de dosis efectiva llamado DDREF en un intervalo de aproximadamente dos que extrapolados a dosis bajas de efectos inducidos aproximadamente de 2 a 3 Gy, pero que no es un valor de umbral universal pues corresponde a la característica de los tejidos. En el modelo LNT de dosis bajas o a dosis altas se pueden presentar efectos en la célula que pueden ser estocásticos o deterministas.

2.4.2 Efectos estocásticos

Un efecto estocástico es producido por la transformación celular y se clasifica como somático ó hereditario. En el somático se puede generar una neoplasia por acción de la radiación, por ejemplo; la radiación en los niños aumenta la probabilidad de leucemia como puede que no se presente tal efecto. En un efecto hereditario se trasmite información genética de células mutadas de una generación a otra a través de la cadena de ADN por causa de la radiación.

Comúnmente se da el daño en la cadena de ADN la cual puede ser reparada completamente o reparada de forma anómala, la probabilidad de daño es directamente proporcional a la cantidad de dosis recibida. *Los estudios epidemiológicos han demostrado que el período de latencia media, el tiempo desde la exposición a la aparición clínica, es de 7-10 años para la leucemia y unos veinte años para los tumores sólidos [9].* Cuando se supera un umbral de dosis el efecto puede llegar a ser perceptible a simple vista; pero, si no alcanza este umbral el efecto estocástico generalmente aparecerá en una célula.

La radiación al golpear el núcleo de la célula puede romper una sola cadena del ADN, hacer una alteración en la base, dejar un sitio abásico o efectos mas graves como una doble ruptura de la cadena de ADN o crear una lesión aun más compleja como se muestra en la Figura 2-4.

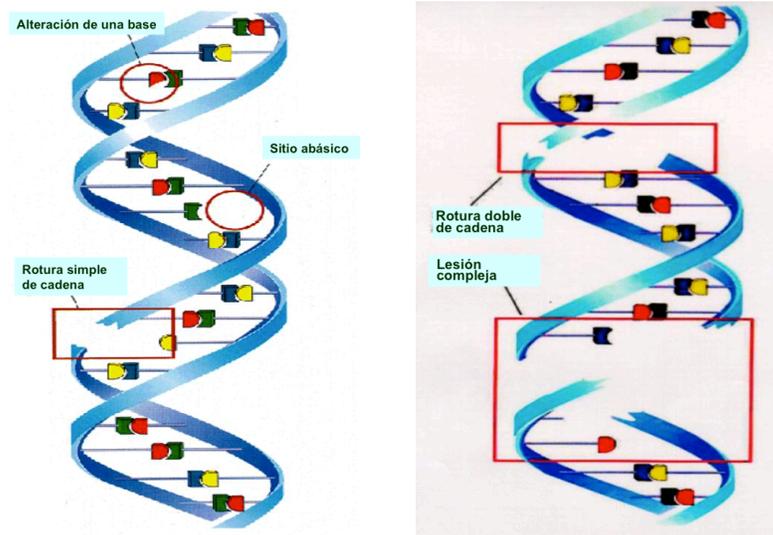


Figura 2-4: Daños producidos por la interacción de la radiación con la cadena de ADN [82]

Cuando se presenta un daño en el ADN, la célula puede repararse, programar su muerte (apoptosis) o generar una célula trasformada la cual va a llevar una información diferente, esta célula con información nueva crea una neoplasia por división celular y así conllevar a una progresión maligna como se muestra en la Figura 2-5. El esquema generalizado simple de la oncogénesis multietapa recorre los siguientes pasos en la progresión maligna [82]:

1. Daño al ADN cromosómico de una célula blanco normal.
2. Fallo a la correcta reparación del ADN.
3. Aparición de una mutación especifica de inicio de neoplasia.
4. Crecimiento promocional de pre-neoplasia.
5. Conversión a fenotipo declaradamente maligno.
6. Progresión maligna y difusión del tumor.

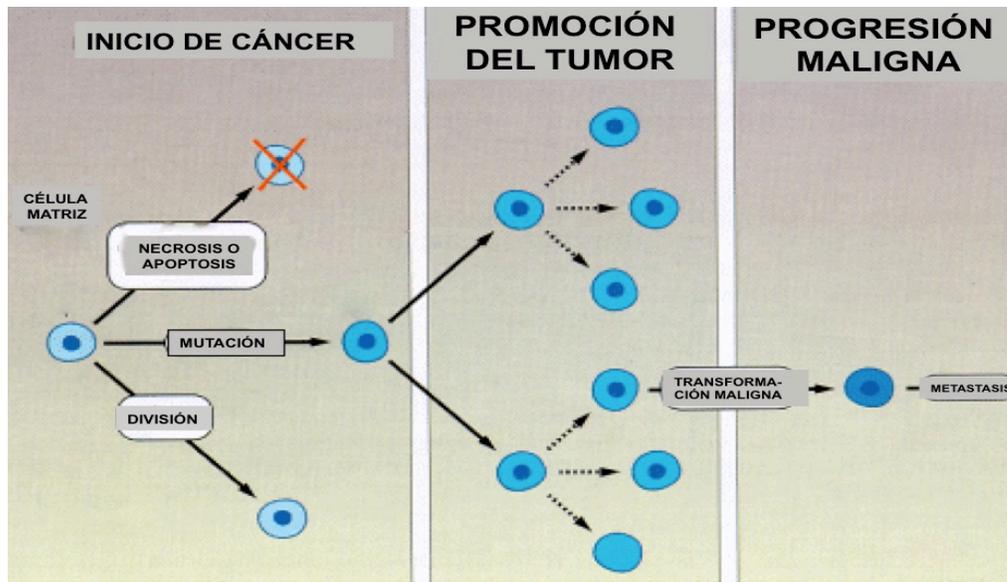


Figura 2-5: Progresión maligna celular [82]

2.4.3 Efectos deterministas

En el efecto determinista es la cantidad de dosis la que determina cual es el efecto en el ser humano, por ejemplo; en tratamientos con fluoroscopia por encima de los 2 Gy se genera un eritema transitorio temprano en aproximadamente 24 horas y esto se debe a una buena cantidad de muerte celular por radiación, como el efecto estocástico existe un umbral para el cual se puede presentar un daño grave, el efecto determinista es cuando se supera ese umbral de dosis, los efectos son a acorto plazo y depende de la cantidad de dosis recibida que puede ser observado en poco tiempo e incluye a un gran número de células. Las dosis umbrales en efectos deterministas producen por ejemplo:

- Cataratas en el cristalino de (2 a 10) Gy.
- Esterilidad permanente de (3.5 a 6) Gy en hombres y de (2.5 a 6) Gy en la mujer
- Esterilidad temporal en hombres aproximadamente a los 0.15 Gy y en mujeres a 0.6 Gy.

Estos efectos son solo una porción de los muchos que se pueden presentar y son un proceso de un efecto físico, químico, biológico y medico como lo describe la siguiente tabla.

Tabla 2-1: Cronograma de eventos que conducen los efectos de las radiaciones ionizantes.

Tiempo	Eventos	Efectos
De 10^{-15} s a 10^{-12} s	<ul style="list-style-type: none"> • Deposito de energía • Excitación / ionización • Trazas iniciales de partículas 	Iteraciones físicas
De 10^{-9} s a 10^{-6} s	<ul style="list-style-type: none"> • Formación de radicales • Difusión • Reacciones químicas • Daño inicial al ADN 	Iteraciones físico químicas
1 mS	<ul style="list-style-type: none"> • Roturas en ADN • Daño base 	
1 s	<ul style="list-style-type: none"> • Procesos de reparación • Fijación del daño 	Respuesta biológica
1 hora	<ul style="list-style-type: none"> • Asesinato de células 	
1 día	<ul style="list-style-type: none"> • Mutaciones y trasformaciones • Aberraciones 	
De 1 día a 1 año	<ul style="list-style-type: none"> • Proliferación de células dañadas • Promoción / compleción 	
De 1 año a 100 años	<ul style="list-style-type: none"> • Teratogénesis • Cáncer • Defectos hereditarios 	Efectos médicos

Estos riesgos pueden ocurrir en cualquier exposición a la radiación y nuestro enfoque que es radiología diagnóstica incluye valores de dosis a órganos en el rango de 1 mGy a 20 mGy en mamografía, de 10 mGy a 100 mGy en tomografía computarizada [9] y en fluoroscopia se pueden entregar 200 mGy en un minuto y en procedimientos de intervencionismo se puede trabajar con tiempo de tubo encendido de hasta 100 minutos lo que puede ocasionar lesiones deterministas en la piel.

Otro de los factores que conlleva riesgo en radiología es la zona anatómica a la cual se le va a realizar la imagen; aquellos tejidos que son más radiosensibles como los cristalinos, o aquellos órganos que están en serie como la médula presentan diferente reacción a los

rayos X. Es por ello por lo que debe llevarse registro de cualquier actividad anómala en la toma de imagen, por ejemplo si ha de repetirse una imagen en un paciente (que es un caso muy frecuente) se debe evaluar el riesgo y el beneficio. En el NCRP No 13 [10] se menciona la justificación del uso de radiación para exposiciones medicas, establece equilibrar los riesgos y los beneficios desde la eficacia de los factores técnicos y la calidad de imagen, la eficacia de la sensibilidad, especificidad y exactitud de un examen o procedimiento y si se justifica el procedimiento ya que estas dosis pueden dar un cambio a la historia natural de la enfermedad.

Entonces ya sea por tiempos altos de exposición o por adquisición de numerosas imágenes se pueden presentar efectos estocásticos y de ellos se puede decir hoy día que:

1. Existe suficiente evidencia en la biología celular y molecular del daño al ADN por radiación, múltiples estudios de radiobiología de daños a la doble hélice del ADN con pequeñas dosis como las usadas en radiología diagnóstica [55].
2. Una sola célula trastornada puede reproducirse, a pesar de las defensas del cuerpo y puede llevar a un efecto somático en el paciente.
3. Si el daño inicial es a células germinales (gónadas), pueden ocurrir efectos hereditarios [56].
4. En los pacientes el riesgo es acumulativo por la cantidad de exámenes que le sean tomados durante la vida; sea por fluoroscopias, mamografías o tomografías computarizadas. En la publicación de (NAS/ NRC, 2006) [57] se estima que se puede obtener una fracción de muertes por cáncer asociadas a exposición de procedimientos radiológicos.

Otra complicación presentada en los pacientes sometidos a exposición de radiación esta informada en la publicación 90 del ICRP [58] donde se evalúa los efectos de irradiación prenatales ya que los efectos producidos dependen del estadio del embarazo y la dosis absorbida y que pueden ocasionar:

Efectos letales: A una dosis por debajo de 100 mGy, tales efectos letales serán muy infrecuentes y no existe razón alguna para creer que después del nacimiento se expresarán riesgos significativos para la salud.

Malformaciones: Durante el período de organogénesis (de la 3ra a 8va semana), pueden producirse malformaciones, en especial, en los órganos en desarrollo en el momento de la exposición. Estos efectos tienen un umbral de alrededor de 100 mGy.

Sistema nervioso central: A partir de la semana 8 a la 25 después de la concepción, el sistema nervioso central es particularmente sensible a la radiación. A dosis fetales por debajo de 100 mGy, clínicamente, no puede ser identificada una reducción del cociente intelectual. Durante el mismo período, dosis fetales aproximadamente de 1 Gy resulta en una alta probabilidad de retraso mental severo.

Leucemia infantil: Se ha mostrado que la radiación aumenta la probabilidad de leucemia y de numerosos tipos de cáncer tanto en adultos como en niños. Durante la mayor parte del embarazo, se supone que el embrión/feto tiene aproximadamente el mismo riesgo de efectos carcinogénicos potenciales que los niños.

En el TecDoc 1641 [33] se habla de la optimización de dosis al paciente en los procedimientos intervencionistas guiados por fluoroscopia y menciona en su estudio que el riesgo para un paciente mayor de 60 años es del 0.1 % y que para los pacientes más jóvenes el riesgo es 4 veces mayor. En los últimos 25 años se han reportado miles de casos de lesiones en piel a causa de la radiación, por ello para reducir la probabilidad de efectos adversos de la radiación, los médicos deben estar bien entrenados en la toma de imágenes de los métodos para conservar el uso de la radiación y el equipo (fluoroscopio) debe ser diseñado y mantenido para imágenes de alta calidad.

2.5 Efecto de la exposición a las radiaciones en imágenes diagnósticas del POE

A continuación se mencionaran algunos de los artículos de estudios realizados que determinan el cálculo de dosis en algunas partes del cuerpo para el POE.

2.5.1 Exposición a los ojos

En el estudio de *Eye Lens Exposure to Radiation in Interventional Suites* realizado por Eliseo Vano y Luciano González [59]. Mostraron en la reunión anual 2004 de la

RSNA que de una muestra de 59 radiólogos intervencionistas 5 de ellos (8 %) presentaban cataratas subscapulares. Por ello realizaron un estudio para demostrar la dosis a la que estaba expuesto el ojo teniendo en cuenta:

- El tipo de equipo.
- El control de calidad o pruebas de calidad del haz.
- Maniquís con espesores asociados al paciente en una técnica de fluoroscopia.
- Variación en la toma de imágenes con diferentes mA y kV.
- Variación de ángulos y posicionamientos del paciente.
- Variación de las distancias del tubo de rayos X y del intensificador de imagen al isocentro del paciente.

Además, simulando una buena y una mala práctica es decir; con y sin elementos de protección radiológica. Finalmente, el estudio muestra una relación de los valores de radiación registrados en función de los diferentes equipos utilizados y los materiales de atenuación usados frente a todos los parámetros anteriormente mencionados.

Concluyen textualmente que *“con cargas de trabajo típicas reportadas, las dosis de radiación recibidas por el lente del ojo pueden exceder el umbral para los efectos deterministas (es decir, la opacidad del cristalino o cataratas) después de varios años de trabajo si no se utilizan las herramientas de protección radiológica adecuadas”*.

2.5.2 Exposición a los pies

En el estudio de *Radiation doses to the legs of radiologists performing interventional procedures: are they a cause for concern?*; realizado por Whitby y Martin [60], realizaron un estudio para determinar la dosis que recibían los radiólogos y enfermeras en sus extremidades inferiores que participan en procedimientos de intervención en sala con tubos de rayos X. Usando dosímetros TLD 100 en cada pierna y a diferentes distancias midieron de forma simultánea manos y pies en 100 procedimientos de intervención en 6 hospitales diferentes, teniendo en cuenta la técnica del tubo de rayos X, el número de tomas, el tiempo de detención, la técnica de dosimetría utilizada para calibración, un equipo de arco en C, un maniquí RANDO, distancias paciente-tubo-intensificador, tamaño de campo, cantidad de mediciones y disparos realizados del tubo de rayos X, concluyeron:

- La dosis depende del tipo y de la complejidad del procedimiento y puede aumentar de 2 a 3 veces más en piernas que en manos
- La dosis media para las piernas varió de 0.19 a 2.61 mSv por procedimiento
- La dosis para las manos varió de 0.04 a 1.25 mSv por procedimiento.
- Cuando se utilizó la protección de plomo, la dosis a las piernas se redujo significativamente a 0.02 mSv a 0.5 mSv por procedimiento.
- Este estudio demuestra que la dosis a los pies de los radiólogos puede ser más alta que la de las manos cuando no se utiliza la protección de plomo. La inclusión de una pantalla de plomo para proteger las piernas es un método eficaz de reducción de la dosis cuando se realizan los procedimientos de intervención.
- La pierna más cercana al campo de rayos X recibió la dosis más alta. Por lo general, esta era la pierna izquierda, pero dependía de la distribución de la habitación y el tipo de procedimiento que se lleva a cabo.

2.5.3 Exposición en intervencionismo

En el artículo de *Ionising radiation and orthopaedics* presentado por Dewey, Stame y Gray [61], se realizó un estudio dosimétrico a los procedimientos de intervención en ortopedia, ellos justificaron su estudio al aumento desmedido de uso de rayos X para detención de imágenes en fracturas o de intervención en sala. Al igual que la dosis recibida en los cristalinos; este artículo surge del hallazgo de ortopedistas de Australia que trabajan en intervención y que presentaron cáncer de tiroides, son muchos los efectos estocásticos y no estocásticos producidos por la radiación. Expresan que no solo estamos expuestos a dosis en prácticas con radiaciones ionizantes, que la radiación de fondo en conjunto de dosis equivalente corporal a partir de fuentes naturales es de aproximadamente 2.1 mSv por año y en algunas zonas se pueden subir a niveles de 8-20 mSv por año.

Se presenta evidencia epidemiológica donde existe mayor riesgo de cáncer con la exposición de todo el cuerpo en rangos de 10 a 50 mSv para las exposiciones agudas y 50-100 mSv para las exposiciones prolongadas. Finalmente, el artículo describe de forma gráfica como deben prevenirse las sobreexposiciones a la radiación, presenta esquemas de cómo se verían las curvas de isodosis en un procedimiento de intervención en sala.

En el estudio *occupational and patient exposure in coronary angiography procedures* [62] realizado por Sulieman, Alzimami y Gafar presentan un análisis dosimétrico en procedimientos de cateterismo cardíaco para el diagnóstico y tratamiento de enfermedades de las arterias coronarias; se evaluó el personal usando dosímetros TLD en 86 procedimientos encontrándose que la dosis de radiación media para los cardiólogos fue:

- 0.9 mGy en la frente
- 0.92 mGy para la tiroides
- 1.38 mGy para el pecho
- 1.28 mGy para la cintura
- 1.41 mGy para la mano

Las dosis de radiación media de los asistentes eran 0.72 mGy para el pecho y 82 mGy para la mano.

Otro estudio a ortopedistas *radiation risk in orthopedic surgery: ways to protect yourself and the patient* realizado por Animesh Agarwal [63] se menciona que no solo el cirujano ortopédico recibe aumento de la exposición; sino, para el equipo que lo asiste como anestesiólogo, enfermera y estudiantes. Este estudio muestra que las tasas de exposición en procedimientos de radiología eran de 39 %, seguida de la ortopedia 33 % y luego urología 30 %. Para ortopedia y urología, las tasas fueron 0.4265 mSv y 0.2177 mSv. Los cirujanos de columna mostraron tener la mayor exposición de dosis acumulada al mes. Varios de estos estudios, muestran que la exposición ocupacional de los cirujanos ortopédicos está en las manos, las cuales son el órgano limitante de la dosis, mientras que en otras especialidades, como radiología y cardiología es la lente del ojo.

2.5.4 El urólogo

El uso de la fluoroscopia para orientación visual en un procedimiento de endourológica es rara vez necesaria la exposición directa, pero si a la radiación secundaria por dispersión del haz, en el artículo de *Radiation exposure and the urologist: what are the risk?* [64]. Realizado por Hellawell, Mutch, y Thevendran; estudian dosimétricamente una serie de procedimientos endourológicas uretrales con dosímetros termoluminiscentes, y con un tiempo de fluoroscopia promedio de 78 segundos un kV de 71 V y un mA de 2.4 en el

cual se estableció que el cirujano recibió:

- $11.6 \pm 2.7 \mu\text{Gy}$ en la pierna inferior
- $6.4 \pm 1.8 \mu\text{Gy}$ en el pie
- $1.9 \pm 0.5 \mu\text{Gy}$ en los ojos
- $2.7 \pm 0.7 \mu\text{Gy}$ en las manos

Lo cual para una cantidad de 50 procedimientos anuales no supera el 2 % de los límites anuales establecidos por ley.

2.5.5 El cardiólogo

En la página de OIEA, en protección radiológica a pacientes en el link cardiología intervencionista existe una pregunta frecuente planteada que menciona ¿Son los niveles de exposición a un cardiólogo intervencionista muy superior a los de los cardiólogos no intervencionistas? [65]. Definen que la exposición de los cardiólogos es bastante considerable y que puede traer riesgos de cataratas o lesiones en la piel si no se manejan adecuadamente los principios y elementos de protección radiológica; la alta exposición se debe a:

1. La ubicación: tienen que trabajar dentro de la sala, cerca del tubo de rayos X y no pueden permanecer lejos del paciente.
2. El tiempo: en una sala de cateterismo con un volumen de trabajo normal el tiempo de emisión de rayos X es típicamente entre 60 y 200 minutos al día, lo que contrasta con una sala de radiología convencional, con un volumen de trabajo de entre 100 y 200 radiografías, en la que el tiempo de exposición es de entre dos y cuatro minutos.

2.5.6 Protección radiológica en intervencionismo

Como primera medida las dosis a los trabajadores que participan en intervención en sala deberían mantenerse por debajo del límite de dosis y solo se podría superar cuando el objetivo sea salvar vidas, prevenir lesiones graves, evitar una gran dosis colectiva o para impedir la evolución de situaciones catastróficas. En cualquiera de los casos los empleados deben de ser informados clara y detalladamente, por anticipado, del riesgo

para la salud que ello supone y estar entrenados en el uso de los elementos de PR [66].

Quienes informan estos riesgos o los encargados de la cultura de la seguridad radiológica y de la PR del personal y de los pacientes en una institución son el OPR y el físico médico; por ello en radiología diagnóstica e intervencionista los físicos médicos deben estar involucrados en los siguientes procesos [67]:

- Optimización de la radiación que se utiliza para la obtención de imágenes
- Consulta sobre la selección de los equipos adecuados en formación de imágenes
- Evaluación del rendimiento de los equipos.
- Programas de control de calidad.
- Educación del personal médico y técnico sobre los procedimientos y protocolos de imagen apropiadas.
- Asegurar que el personal médico y técnicos están utilizando prácticas adecuadas para controlar los niveles de radiación a que están expuestos.
- La dosis de la piel de entrada (ESD).

El físico médico es una importante fuente de información y un recurso de consulta para el personal clínico en la reducción de los riesgos asociados a la calidad de imagen.

2.6 Algunos accidentes en radiología

2.6.1 Definición de accidente

La resolución 181434 del 2002 [47] define a un accidente como todo suceso involuntario, incluido un error de operación, fallo de equipo u otros contratiempos, cuyas consecuencias reales o potenciales no puedan desconocerse desde el punto de vista de la protección o la seguridad.

El OIEA lo define como un acontecimiento que ha dado lugar a importantes consecuencias para las personas, el medioambiente o las instalaciones y que puede estar relacionado con prácticas como; uso de fuentes industriales, fuentes de uso médico, fuentes de instalaciones nucleares y de transporte de material radiactivo e incluso de ataque terrorista.

Para nuestro caso en el servicio de radiología con el uso de tubos de rayos X la normatividad esta más orientada a otro tipo de protección y seguridad que aplica tanto para fuentes como para uso de rayos X en diagnóstico. Las Normas básicas internacionales de seguridad conocidas por Basic Safety Standards [22]; definen al accidente como:

- **Accidente:** *es cualquier evento no deseado, incluidos los errores de operación, fallos de equipo u otros contratiempos, cuyas consecuencias reales o potenciales no son insignificantes desde el punto de vista de la protección o la seguridad.*
- **Accidente radiológico:** *acontecimiento imprevisto que implica sobreexposición o contaminación de personas y/o el medioambiente por el material radioactivo. La exposición pudo haber ocurrido realmente o solo se sospecha.*

Aunque se ha escrito mucho sobre los accidentes del último decenio se tienen en el mundo experiencias no agradables con accidentes radiológicos, los cuales sirvieron para crear políticas de seguridad radiológica y de protección radiológica, citando ejemplos conocidos esta Chernóbil en 1986 con 28 muertos por exposición a vapores de dióxido de uranio, carburo de boro, óxido de europio y erbio liberados por una explosión, además, de presentar 237 pacientes sobreexpuestos y 134 que desarrollaron el síndrome de radiación aguda. Goiânia, Brasil en 1987 contaminación con una fuente de ^{137}Cs que fue retirada de la carcasa de protección de una máquina de teleterapia abandonada, con 4 muertos y 28 lesiones por radiación, 249 casos de contaminación radiactiva, contaminación de viviendas y edificios. Estos accidentes han proporcionado información importante para el diagnóstico, seguimiento y tratamiento de las lesiones por radiación ya que iniciaron con problemas en los equipos, por su mal uso o por la falta de seguimiento y control de los mismos. En el artículo 144 de la resolución 181434 del 2002 del ministerio de minas y energía [47] declara que se deben investigar rápidamente los incidentes por tratamiento terapéutico dado por equivocación, sobrepasar los límites en exposiciones con fines diagnósticos y fallos en los equipos que produzcan sobreexposición al paciente.

2.6.2 Algunos accidentes en radiología reportados

Aquí se presentan algunos de los casos de incidentes o accidentes relacionados con tubos de rayos X para uso medico en radiología reportados en la literatura.

Año	País	Descripción
1979	Argentina Paraná	En radiología diagnóstica existía un cableado defectuoso que condujo a la emisión de rayos X sin detenerse [70].
1982	Argentina La Plata	Un operador miró por la ventana del tubo de rayos X de uso medico para cambiar una pieza y el sistema de reconocimiento fue encendido [70].
1991	Uruguay	Debido a la falla del obturador en un equipo de difracción de rayos X, una de las ventanas quedó abierta durante el funcionamiento. El operador del equipo estuvo trabajando frente a este durante un tiempo de 2 minutos hasta que advirtió la presencia de radiación. El dosímetro que portaba el operador fue procesado inmediatamente, comprobándose una dosis mayor a unas decenas de cGy. Luego se hizo la reconstrucción del accidente para estimar la dosis recibida por el operador y las posibles consecuencias [70].
1993	Argentina	Mala calibración de un dosímetro en un acelerador que produjo sobreexposición de dosis a 32 pacientes durante 5 semanas [70].
		<p>El OIEA presenta un curso llamado ¿Son frecuentes las radiolesiones en la piel de los pacientes sometidos a intervenciones guiadas por rayos X? [71]. En esta página se presentan casos de lesiones producidas en cardiología intervencionista, como por ejemplo:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Eritema producido en brazo y espalda por más de 100 minutos de fluoroscopia para un procedimiento de ablación electrofisiológico. 2. Lesión en piel dada por más de 63 minutos de fluoroscopia y

		con mas de 5000 fotogramas. 3. Lesión a hombre con más de 141 Kg por 51 minutos de alta fluoroscopia.
2005	Estados Unidos	Sobreexposición de un radiografo al superar el límite anual establecido para los trabajadores expuestos a la radiación [68]

Debido a que las publicaciones de accidentes o incidentes en radiología son escasas, no significa que no existan, muchas de ellas no son reportadas como por ejemplo en 1990 se conoció el primer caso de necrosis cutánea inducida por la radiación de una intervención transcatéter, pero solo apareció en la literatura hasta el año 1996.

Otra herramienta es el TecDoc 1641 [33] que describe específicamente los inconvenientes que se han presentado con lesiones en piel, presenta casos específicos y los procedimientos a seguir en estos casos. Hasta 1994, fue publicado el primer informe medico sobre la posibilidad de lesiones a los pacientes. Ese artículo identificado como umbrales sospechosos para una amplia gama de lesiones en la piel se han venido actualizando y hoy día se reportan dosis umbrales como se muestran en la Tabla 2-2:

Tabla 2-2: Efectos potenciales de la piel en tratamientos de fluoroscopia [33].

Efecto	Umbral de dosis única (Gy)	Manifestada en aproximadamente
Eritema transitoria temprana	2	24 horas
Eritema principal	6	10 días
Depilación temporal	3	3 semanas
Depilación permanente	7	3 semanas
Descamación seca	14	4 semanas
Descamación húmeda	18	4 semanas
Ulceración secundaria	24	>6 semanas
Eritema tardío	15	8-10 semanas
Necrosis dérmica isquémica	18	>10 semanas
Atrofia dérmica (1ra fase)	10	>12 semanas
Atrofia dérmica (2 da fase)	10	> 1 año
Endurecimiento (fibrosis invasiva)	10	> 1 año
Telangiectasia	10	> 1 año
Necrosis dérmica (fase tardía)	>12?	> 1 año
Cáncer de piel	No conocido	> 5 años

A partir de este reporte se empezaron a mostrar casos alrededor del mundo que iban desde depilación hasta necrosis. Europa y América en el 2001; Japón presentó 30 informes del lapso de 1995 al 2004. Se reporta además, un caso de un paciente que recibió 3 angiografías cardíacas y angioplastia coronaria transluminal percutánea en un período de 2 meses y un cuarto procedimiento después de 7 meses, para una dosis total de 58.5 Gy.

Generalmente estas lesiones aparecen en el lado derecho de la espalda y producen ulcera; la Figura 2-6 muestra un compilado fotográfico de estas lesiones.



Figura 2-6: Algunos casos de lesiones en la piel inducida radiológicamente [33].

2.7 Recomendaciones sobre acciones a seguir en caso de un accidente

De estos reportes se ha establecido además, que enfermedades se generan, como por ejemplo; la diabetes o el hipertiroidismo. De un caso reportado con complicación de lesión en un paciente de 154 Kg en EE.UU se estableció:

1. Que este tipo de lesiones no es como una lesión térmica y su progresión es muy diferente.
2. Que el paciente no tiene la sensación de daño hasta que es grave, se desarrolla un eritema días o semanas después, esta progresión depende de la dosis y fraccionamiento acumulado.
3. Que la lesión puede sanar o puede progresar a ulceración y necrosis lo cual puede tardar meses o años.

4. Que estos casos se asocian a procedimientos difíciles, largos con el haz orientado por períodos prolongados, que depende de la masa del paciente, la tasa de dosis, la predisposición del paciente y de médicos inexpertos.

Por ello en el congreso latinoamericano de seguridad radiológica y nuclear [69]; se planteó una propuesta conjunta para el manejo de incidentes en radioterapia externa; donde aconsejan llevar un protocolo de:

1. Acción inmediata para reducir la exposición.
2. Acción para prevenir el acceso innecesario.
3. Informar al OPR.

Esto en caso de que se presente un incidente, pero; además, existen unas recomendaciones de prevención, como por ejemplo revisar:

- La organización estructural de la institución.
- La educación y entrenamiento del personal.
- Las pruebas de aceptación y comisionamiento de los equipos.
- Los programas de aseguramiento de la calidad y chequeo independiente.
- El seguimiento de fallas de equipo, reparación y programas de mantenimiento.
- La sensibilización y atención a los procedimientos y sus protocolos.
- La identificación de paciente y lugar de tratamiento.
- La exposición del público y contaminación del medioambiente.
- Tener documentados los procedimientos y pasos de verificación.
- Personal calificado y bien entrenado.
- Que todo el personal tenga claras sus funciones y responsabilidades.

3 Propuesta de evaluación de riesgos en un servicio de radiología

3.1 Descripción general de la metodología de evaluación de riesgos

La metodología que se presenta a continuación pretende facilitar la tarea de evaluación de riesgos en un servicio de radiología a partir de la verificación y control de las posibles deficiencias en los lugares de trabajo mediante el uso de encuestas de chequeo (EC), con el fin de dar cumplimiento al segundo objetivo de este trabajo en establecer los riesgos, situaciones de riesgo y factores de riesgo por deficiencia, exposición y consecuencia en un servicio de radiología; con la idea de que sea un proceso sencillo, práctico y rápido de evaluar. Los conceptos claves que se plantean para este trabajo están establecidos desde:

La probabilidad de que determinados factores de riesgo se materialicen en daños, y la magnitud de los daños (consecuencias).

Probabilidad y consecuencia son los dos factores cuyo producto determina el riesgo, pero todo inicia con determinar los factores de riesgo, entonces de acuerdo con el riesgo a evaluar y con el soporte legal de protección radiológica que rige al POE en un servicio de radiología se generan las preguntas adecuadas y se plasman en una encuesta de chequeo, identificando así los parámetros apropiados para cada riesgo, sus deficiencias, las condiciones personales y ambientales pertinentes, las relaciones entre los riesgos, entre otros, para así; finalmente, crear certeza de los posibles accidentes. Definiremos a continuación los conceptos que conllevan a formar las Ecuaciones (1) y (2).

3.1.1 Metodología usada en la práctica de la Organización Sanitas Internacional

Con el apoyo del grupo de salud ocupacional de la OSI y con los parámetros de la GTC 45 [4] se creó la herramienta para identificar los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional.

Es la institución la que genera los lineamientos de acuerdo con sus necesidades y a sus recursos; por ello a continuación se presenta un esquema (Figura 3-1) de cómo se sugiere se realice el proceso de evaluación de riesgos desde la recopilación de la información hasta la presentación del informe final. Este esquema no representa el procedimiento del alcance de los objetivos de este trabajo pues no incluye la metodología administrativa de los entes encargados del proceso global, por ello se aclara que es una recomendación global que plantea la GTC 45 [4] para iniciar un proceso de evaluación de riesgos. En la colección de salud humana del OIEA No. 4 [30] en sus dos primeros capítulos se describe minuciosamente el proceso global para una auditoría clínica en radiología diagnóstica donde se plantean desde los objetivos del proyecto hasta los procesos de investigación que ellos generen.

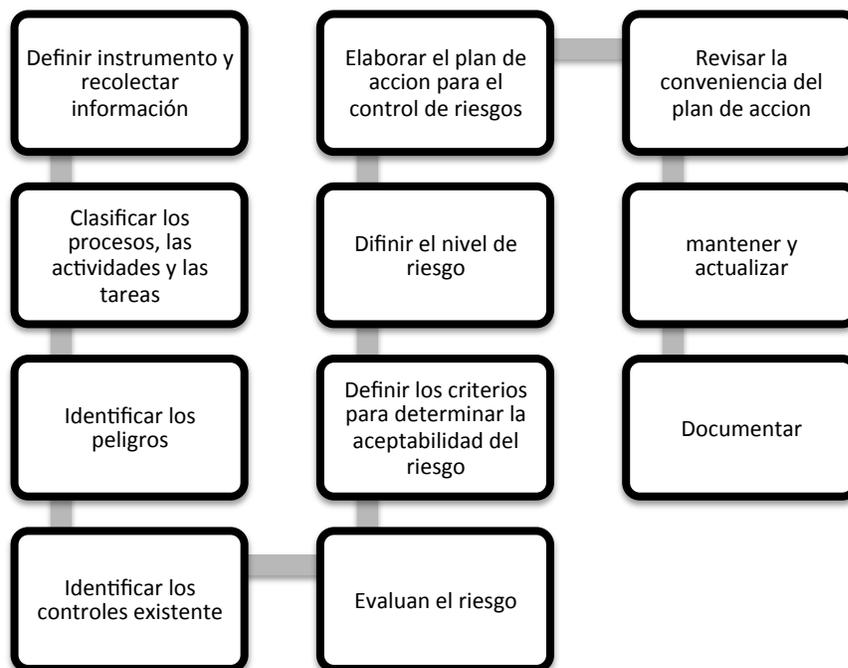


Figura 3-1: Diagrama de actividades basados en la GTC 45.

3.1.2 Definición de riesgo en forma general

La resolución 181434 del 2002 [47] define riesgo como una magnitud multiatributiva con la que se expresa un peligro o probabilidad de consecuencias nocivas o perjudiciales vinculadas a exposiciones reales o potenciales; guarda relación con magnitudes tales como la probabilidad de determinadas consecuencias dañinas y la amplitud y el carácter de tales consecuencias, por ello connota siempre la existencia de un daño presente, futuro e hipotético, es decir; cuya producción no está completamente determinada por los acontecimientos o condiciones causales que somos capaces de identificar y caracterizar. En los capítulos anteriores se ha mostrado que los daños generalmente se tienen en cuenta si son a personas, pero en este trabajo se incluye daños a los materiales que tienen las instalaciones o a sus equipos de rayos X. En general, los riesgos se identifican aludiendo al daño al que se refieren o a la exposición que se considera causante del daño. A continuación se hará una descripción matemática de cómo evaluar el riesgo estimando los daños que producirían los factores de riesgo en un determinado tiempo [73]:

$$R_s = f_s \times D_s \quad (3.1)$$

Siendo:

R_s: El riesgo, es decir, la magnitud del daño que producirá el conjunto de factores de riesgo **S** en el periodo considerado.

f_s: El número esperado de casos en ese periodo, ocasionado por el conjunto de factores de riesgo **S**: Se trata de una frecuencia esperada absoluta.

D_s: El daño esperable por caso debido al conjunto de factores de riesgo **S**. El daño esperable es el promedio de los daños de un gran número de casos asociados al mismo conjunto de factores de riesgo.

La forma general de la ecuación (3.1) no contiene unidades, pero; sí escalas y niveles para **R_s**, **f_s** y **D_s**, que deben establecerse de acuerdo al contexto que se aplique dicha evaluación de riesgos. Diferentes métodos consideran la estimación de **f_s** en función de **p_s** como una frecuencia esperada relativa o probabilidad (número de accidentes esperados por exposición), y **E** (con el número de exposiciones por año). Donde **p_s**

depende de **S** y **E** se puede descomponer en una frecuencia a la exposición **FE** por trabajador y **TE** que sería el número de trabajadores expuestos al riesgo⁵.

Donde: $R_s = p_s \times FE \times TE \times D_s$ (3.2)

Dividiendo por **TE**: $R'_s = R_s / TE = p_s \times FE \times D_s$ (3.3)

Finalmente **R's** es el riesgo unitario o magnitud del daño esperado, dependerá del número de trabajadores, una probabilidad relacionada con la exposición y los factores de riesgo que representen riesgo, estos valores cualitativos y cuantitativos se determinarán en el capítulo 3.2.

3.1.3 Clasificación e identificación de Riesgos, situaciones de riesgo y factores de riesgo

A una institución que preste el servicio de radiología y que desee identificar los riesgos se le recomienda.

- Revisar primero la legislación nacional e internacional vigente.
- Actualizar protocolos en los diferentes equipos rayos X.
- Clasificar los procesos, las actividades y las tareas que incluyan instalaciones, personal y tipos de procedimientos.
- Identificar los peligros, incluir todos aquellos relacionados con cada actividad laboral, considerar quién, cuándo y cómo puede resultar afectado.
- Identificar los controles existentes, relacionar todos los controles que la organización ha puesto en funcionamiento para reducir el riesgo asociado a cada peligro.

Pero para ello debe tener claro los siguientes conceptos:

⁵ Manual de evaluación de riesgos laborales. Jose Joaquin Moreno Hurtado. Sevilla. 2004

3.1.4 Factor de riesgo

El factor de riesgo es una posible condición de trabajo que puede ocasionar algún daño o la probabilidad de aparición del mismo, es la ausencia de una medida de control y en otras connotaciones se usa el término deficiencia, que viene representando por ausencia, falta de control o medida no existente.

3.1.5 Situación de riesgo

La situación de riesgo es la suma de los posibles factores de riesgo que están categorizados en una misma clase o que ocasionaran el mismo tipo de daño. En el objetivo dos de esta metodología de evaluación de riesgos se plantean como objeto de estudio la consideración a la cual se le puede establecer un solo valor de exposición y un solo valor de consecuencia. La situación de riesgo solo se asume cuando el riesgo no puede considerarse controlado.

La encuesta de chequeo (**EC**) es el instrumento cuantificable para la recolección de información, están anexas en este trabajo en el Apéndice: Encuestas de chequeo y corresponde al objetivo número tres de esta metodología desarrollada. Este tipo de encuestas de chequeo deben de hacerse de forma personal y con personal cualificado de las dos partes tanto para no sesgar el resultado como para realizar realmente una evaluación correcta, se recomienda además que las encuestas de chequeo sean preguntas que se puedan comprobar con documentación, visualmente o revisando las practicas del personal ocupacionalmente expuesto que labora en los diferentes equipos de rayos X. por ejemplo en la EC 9-1 (Ver capítulo 6 apéndice) establece:

Riesgo: Materiales

Situación de riesgo: Equipos

Factor de riesgo: ¿El equipo **A** posee licencia de funcionamiento?

El riesgo se establece para el:

1. Personal: Riesgo por exposición a las radiaciones ionizantes.
2. Material: Riesgo sobre instalación y utilización de aparatos de rayos X con fines de diagnóstico medico.

Los niveles de riesgo dividen el riesgo en:

1. Personal: incluye cinco encuestas de chequeo distribuidas en el personal, los pacientes, la capacitación, los protocolos y la dosimetría.
2. Material: incluye veinte encuestas de chequeo distribuidas en la documentación, los equipos, los elementos en cada equipo, la instalación y el control de calidad.

Retomando los factores de riesgo consisten en establecer que para cada uno de los niveles de riesgo existirán factores que determinen las deficiencias y las fortalezas. Son preguntas cerradas de SI, NO o No Aplica en la EC. Este factor tiene una escala cuantitativa de 0 a 10; siendo 0 el de menor importancia (declara que este ítem es necesario pero no imprescindible) que no aportara al riesgo significativamente y 10 nos declara que este ítem es de suma importancia y su ausencia aumentaría el riesgo a exposición a las radiaciones ionizantes del personal o a daños de los equipos.

Para identificar el proceso de los tres factores antes mencionados se recomienda plantear una serie de preguntas como las siguientes:

- ¿existe una situación que pueda generar daño?
- ¿quién (o qué) puede sufrir daño?
- ¿cómo puede ocurrir el daño?
- ¿cuándo puede ocurrir el daño?

Después de establecer el Nivel de Factor de Riesgo que es el principal objetivo de las encuestas de chequeo se debe establecer el Nivel de Exposición asociado al riesgo: este valor cuantitativo se plantea de acuerdo con la frecuencia con que el personal está expuesto al riesgo y para ello están establecidos en cuatro niveles; menor a 2 horas, entre 2 y 4 horas, entre 4 y 6 horas y más de 6 horas.

3.1.6 Generalidades de la norma

Se propone la evaluación de riesgos de un incidente para un servicio o institución de radiología que carezca de un método específico o de una actividad de estudio para dicha evaluación.

Para esta metodología de evaluación de riesgos me baso en la estructura propuesta por la Nota Técnica de Prevención **330** (NTC 330) del INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo) del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de

España [72]. Es de reconocer que la metodología propuesta se desarrolla de una forma clara, sencilla y específica en cuanto al riesgo, los factores de riesgo a través del Nivel de Deficiencia (ND), el Nivel de Exposición (NE) y el Nivel de Consecuencia (NC) que se explicaran más detalladamente durante el texto, pero que están resumidos en la Figura 3-1. Esto facilitará que a través de una escala numérica se determine el Nivel de Riesgo (NR) y el nivel de intervención de una situación crítica hasta una situación que este bajo control.

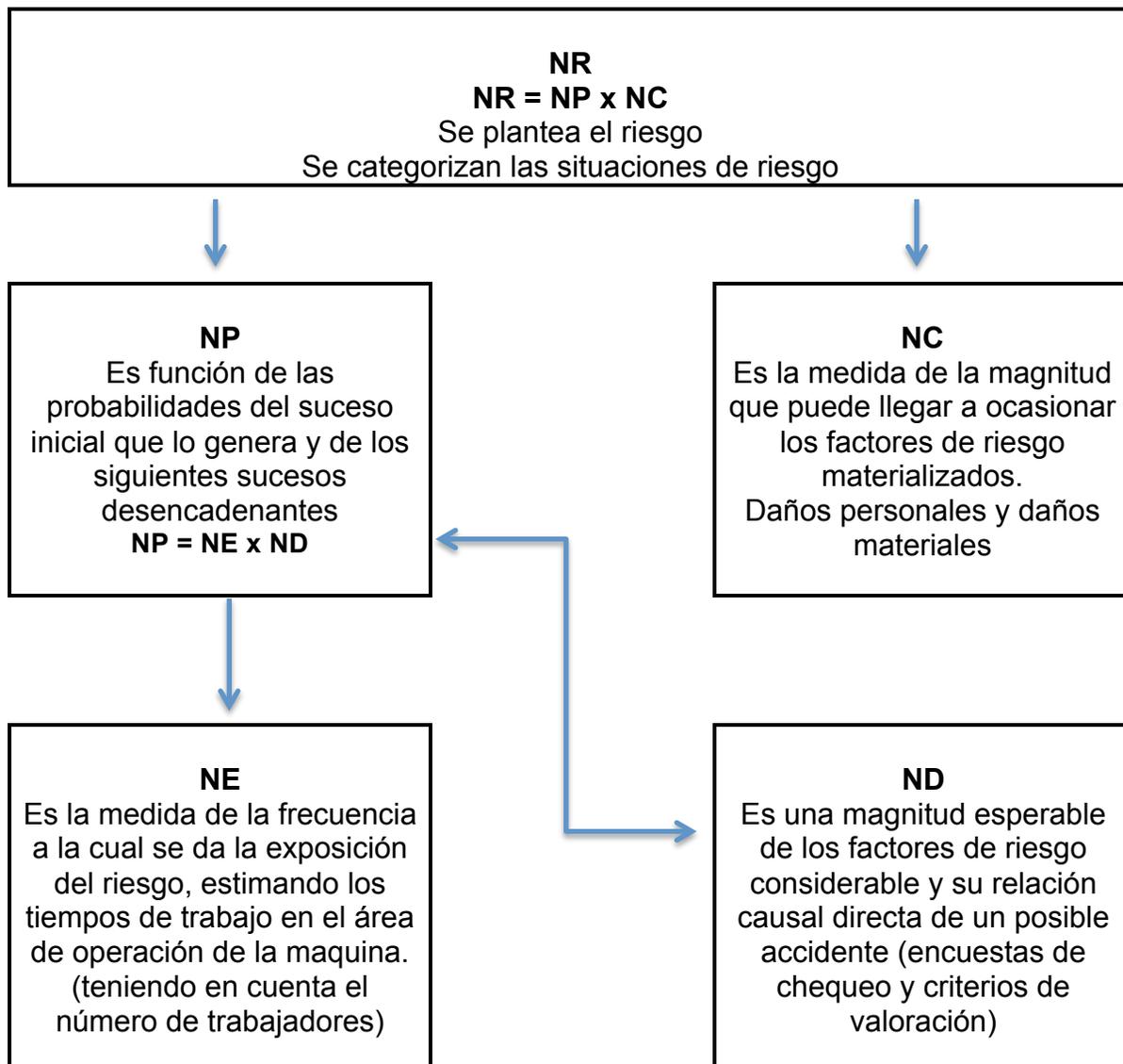


Figura 3-2: Esquema de factores que intervienen en la clasificación y evaluación de riesgos.

La elaboración de encuestas de chequeo es tomado de la tesis de José Joaquín Moreno Hurtado de la Junta de Andalucía [73] donde aplican el NTP 330 para evaluar riesgos higiénicos, riesgos físicos y riesgos a la exposición en un área de trabajo común, esto se complementó con el texto de las Auditorías Clínicas Completas de Prácticas de Radiología Diagnostica: Un instrumento para mejorar la calidad No. 4 de la OIEA [30] y los requerimientos de la normatividad establecidos en el capítulo 1. Además, recomienda en el proceso de auditoría seguir los siguientes pasos para una correcta evaluación:

Paso I: Visita preliminar al centro de trabajo.

Así como a revisión de la norma en el capítulo 1 se requiere además se realice una visita inicial al centro pues tiene por objeto inventariar los puestos de trabajo existentes, describirlos en términos de las tareas que tienen encomendadas y del ámbito en que se desarrollan, decidir qué encuestas de chequeo resultan necesarias y planificar su aplicación. Recolectar y solicitar la previamente la información necesaria para apropiarse del servicio. De la práctica en la OSI se estableció necesaria la siguiente documentación que complementa junto con el capítulo 1 el objetivo número uno de este trabajo que es la revisión de la documentación e información del centro.

Tabla 3-1: Documentos solicitados antes de evaluar los riesgos en la institución⁶

Documento relativo al personal
1. Documentación de las funciones y responsabilidades de los radiólogos, tecnólogos, coordinador del servicio, auxiliares y demás personal que potencialmente puede ser expuesto a radiaciones ionizantes. Perfil académico y capacitaciones recibidas (hoja de vida)
2. Programas de capacitación en seguridad radiológica para el personal.
3. Horarios de trabajo y procedimientos establecidos para disminuir la dosis del POE.
4. Descripción de los servicios dosimétricos utilizados en las instalaciones y por el personal (tipos de dosímetro, número de dosímetros por profesional, periodicidad,

⁶ Tomado como base el Anexo II de la Colección de salud humana No 4. Auditorías clínicas completas de prácticas de radiología diagnostica: un instrumento para mejorar la calidad y complementado de acuerdo con las necesidades de la encuesta de chequeo.

dosímetros ambientales).
5. Reportes dosimétricos del último año de los profesionales que laboran en la instalación.
6. Documentación de las políticas relativas al embarazo del POE y riesgos asociados.
7. Protocolos existentes en la toma de imágenes.
Relativo a las instalaciones
8. Manual de protección radiológica.
9. Reportes de emergencias radiológicas.
10. Estudios radiofísicos de las instalaciones, el cual debe contener el reporte de la visita, mediciones, planos del servicio y formato de cálculo de blindajes.
Relativo a los equipos
11. Lista de equipos con los que cuenta la institución y los tipos de procedimientos que se realizan en cada uno.
12. Número de pacientes por equipo (carga de trabajo).
13. Programa de aseguramiento y garantía de la calidad de equipos.
14. Hoja de vida de los equipos (debe contener información básica de identificación del equipo como: seriales, marca, modelo...)
15. Listado de elementos de protección radiológica asociados a los equipos (chalecos, protectores gonadales, etc.)
16. Especificaciones técnicas de los equipos (manuales).
17. Pruebas de aceptación realizadas a los equipos.
18. Listado de elementos de control de calidad (simuladores físicos, detectores, etc.)
19. Bitácora de los equipos en el que se incluyan los reportes de control de calidad, mantenimientos y pruebas mecánicas del último año.
Dosimetría
20. Metodología de obtención de la dosis al paciente, mujeres embarazadas y estudios pediátricos.

Además, se debe establecer una buena conexión administrativa con el personal calificado el cual conozca la institución, posea antigüedad y tenga claro los diferentes procesos, tener contacto con el representante de la licencia de la institución, el OPR y el físico medico. Como ejemplo la Tabla 3-2 recomienda consignar estos datos y los respectivos inventarios.

Tabla 3-2: Listado de información que se necesita antes de la visita⁷

Institución que solicita la evaluación de riesgos

Nombre	
Dirección	
Teléfonos	

Persona de contacto en la institución

Nombre	
Teléfono	
Celular	
Correo electrónico	

Persona de contacto en radiología

Nombre	
Teléfono	
Celular	
Correo electrónico	

Persona de contacto en física medica

Nombre	
Teléfono	
Celular	
Correo electrónico	

Persona de contacto en la institución para radiología en cuestiones administrativas

Nombre	
---------------	--

⁷ Tomando como base el Anexo I de la Colección de salud humana No 4. Auditorías clínicas completas de prácticas de radiología diagnóstica: un instrumento para mejorar la calidad y complementado de acuerdo con las necesidades de la encuesta de chequeo.

Teléfono	
Celular	
Correo electrónico	

Datos demográficos de los pacientes: estimación de la población atendida

Número total de procedimientos	
Horas de funcionamiento del equipo	
Prestación de servicios de emergencia	

Número anual de procedimientos por modalidad y tipo de pacientes

Modalidad	Procedimientos para adultos	Procedimientos pediátricos
RX simple		
Fluoroscopia		
Mamografía		
TC		
RX dental		
Procedimientos guiados RX		
Radiografía		
Angiografía		
Densitometría ósea		
Otros		

Inventario de equipos

En la evaluación de riesgos existen encuestas particulares o específicas como lo son las de los equipos de rayos X, por ello también se debe recabar esta información con una lista de todos los equipos y que a su vez contenga la siguiente información.

Equipo de RX	
Nombre	
Fabricante	
Número de serie	
Fecha de fabricación	
Fecha de adquisición	
Fecha de instalación	
Manual de instrucciones	
Documentos de aceptación	
Contrato y documentos de mantenimiento	
Pruebas de seguridad	
Registros de CC	
Calibración y medidas correctivas	
Los registros del servicio	

Especificación del fabricante	
Anexos de modificación	

Inventario de accesorios

Se debe contar con una lista de todos los accesorios que contemplan el equipo de rayos X que contenga la siguiente información:

Nombre del equipo de RX	
Características de la obtención de imágenes	
El software y red	
Computadores	
Elementos de PR	
Equipo auxiliar de obtención de imágenes	
Dispositivos de visionado	
Elementos de contraste	
Equipo de dosimetría	

Esta visita preliminar nos arrojará información del estado de los equipos, la realización de los controles de calidad, la calidad de imagen, las dosis entregadas a los pacientes o si el equipo representa un peligro como riesgo eléctrico o mecánico.

Paso II: implementación de las encuestas de chequeo en el equipo.

Las encuestas de chequeo van a estar divididas en dos tipos.

- a) Personal: donde se evaluarán los riesgos por exposición a las radiaciones ionizantes del personal y de los pacientes; además de permitir revisar la capacitación, los protocolos y la dosimetría.
- b) Material: donde se evaluarán los riesgos sobre la instalación, los aparatos de rayos X, la documentación y los elementos de protección radiológica.

En los factores de riesgo una respuesta **NO** detectara un posible peligro y proporcionará criterios de las situaciones de riesgo existentes, las encuestas de chequeo se aplicara por equipo pues son ellos finalmente, el objeto de estudio para la evaluación de riesgos. A cada factor de riesgo posible se le ha asignado un valor de nivel de deficiencia (**ND**), que representa una aproximación al peso o importancia que tiene en la producción del daño con el que está relacionado.

Finalmente, los pasos I y II nos dan información necesaria para la creación de las encuestas de chequeo. El proceso como tal lo presenta el NTP 330 en los siguientes pasos:

1. Consideración del riesgo a analizar.
2. Consideración de la situación de riesgo.
3. Consideración del factor de riesgo.
4. Elaboración de la encuesta de chequeo sobre los factores de riesgo que posibiliten su materialización.
5. Asignación del nivel de importancia a cada uno de los factores de riesgo.
6. Complementación del cuestionario de chequeo en el lugar de trabajo y estimación de la exposición y consecuencias normalmente esperables.
7. Estimación del nivel de deficiencia del cuestionario aplicado.
8. Estimación del nivel de probabilidad a partir del nivel de deficiencia y del nivel de exposición.
9. Contraste del nivel de probabilidad a partir de datos históricos disponibles.
10. Estimación del nivel de riesgo a partir del nivel de probabilidad y del nivel de consecuencias.
11. Establecimiento de los niveles de intervención considerando los resultados obtenidos.
12. Contraste de los resultados obtenidos con los estimados a partir de fuentes de información precisas y de la experiencia.

Que finalmente, es un orden sugerido para la metodología planteada en este trabajo y que se llevara al contexto de radiología.

3.2 Propuesta de la metodología de evaluación de riesgos en radiología

En el siguiente subcapítulo se desarrollará la metodología, se establecerán los valores cualitativos y cuantitativos de las variables y su correlación, con el fin de poder estimar la probabilidad de que ocurra un accidente, la magnitud esperada y las consecuencias del riesgo a través de las EC. Esto para dar respuesta al objetivo número cuatro de este trabajo y es establecer escalas cuantitativas y cualitativas de los niveles de riesgo para el personal y los equipos de las OSI.

Se emplean entonces cuatro niveles en la evaluación de un riesgo mostrados en la Tabla 3-10 con valores cuantitativos y cualitativos; ya que menos de cuatro niveles no especificaría con claridad las deficiencias y muchos niveles harían difícil la tarea. Para llegar a esto se hablara entonces de los siguientes niveles:

- Nivel de riesgo (NR).
- Nivel de probabilidad (NP).
- Nivel de consecuencias (NC).

De la ecuación (1) se establece que el NR está relacionado con el NP y que el NP está relacionado con el nivel de deficiencia (ND) del factor de riesgo y el nivel de exposición (NE) a dicho factor. Para mayor claridad contextualizaremos estas variables a continuación y se definirán estos factores ND, NE, NC y NR.

Un ND de un riesgo no lo puedo definir solo con un factor observable, por ejemplo el riesgo a los pacientes no lo puedo clasificar solo con la ausencia del protector tiroideo, para ello debo relacionar todos los posibles factores de riesgo (ND_P) que intervengan en la deficiencia o presencia de riesgo.

ND_P: Nivel de Deficiencia asociado a cada factor de riesgo

Se define como la magnitud numérica y cualitativa de la importancia de un factor de riesgo (una pregunta de la encuesta de chequeo) y su relación causal directa con el posible incidente, como aparece en la Tabla 3-3 [73].

Tabla 3-3: Escala numérica y conceptual del nivel de deficiencia asociado a cada riesgo.

DENOMINACIÓN DEL FACTOR DE RIESGO	Valor cuantitativo ND _P	DESCRIPCIÓN DEL NIVEL
Fundamental	10	Se trata de un factor de riesgo fundamental, ya que se refiere a una medida de control imprescindible y pronta. El conjunto de las restantes medidas preventivas resulta ineficaz en ausencia de esta.
Importante	6 – 8	Se trata de un factor de riesgo importante, que reduce notablemente la eficacia de las medidas preventivas restantes.
Significativo	2 - 4	Se trata de un factor de riesgo de menor importancia que, no obstante, reduce de modo sensible la eficacia de las medidas preventivas restantes.
Compensable	1	El factor de riesgo denota la ausencia de una medida de control conveniente, pero compensable por otras o redundante.

Las encuestas de chequeo permiten esta valoración numérica para cada pregunta. Al final de cada encuesta de chequeo se ha incluido un ítem para que el evaluador pueda especificar otros factores de riesgo detectados por él y no incluidos en la encuesta preestablecida y el valor numérico de ese nuevo **ND_p** de esos factores deben ser asignados por el comité evaluador del proyecto.

ND_T: Nivel de Deficiencia total asociada al riesgo

La GTC 45 [4] menciona que los riesgos pueden ocasionar que ser evaluados cualitativamente y otros por ser más específicos se deben valorar de forma cuantitativa permitiendo la intercomparación entre resultados. Se asignan valores cuantitativos basados en criterios de importancia reglamentados por la legislación nacional e internacional, o en valores conocidos de resultados de la práctica en la OSI, incluso estos valores pueden ser más restrictivo que la normatividad.

La determinación del nivel de deficiencia en forma cuantitativa esta en la Tabla 3-4 y de forma cualitativa se expresa como:

- MUY ALTO: Exposición frecuente una o más veces por jornada o turno.
- ALTO: Exposición regular, una o más veces en la semana.
- MEDIO: Ocasionalmente y/o vecindad.
- BAJO: Rara vez, casi nunca sucede la exposición.

O en forma cuantitativa como en la Tabla 3-4.

La ACGIH⁸ (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) plantea valores de límites permisibles (VLP) a la exposición o una concentración de exposición física, química o biológica con valores de referencia para una jornada de 8 horas diarias durante 5 días, sin embargo, en Colombia la jornada laboral de un tecnólogo o de personal ocupacionalmente expuesto está comprendido entre las 48 horas semanales.

Hay que aclarar que los valores del nivel de deficiencia no van a determinar unos

⁸ www.acgih.org. Guide to Occupational Exposure Values. March 2015.

resultados físicos entre salud y enfermedad; estos valores plantean un límite de acción para el personal ocupacional y no solo se usan para la valoración de riesgos también son usados para el control, la vigilancia, el monitoreo o la dosimetría. Para todos ellos se aplica el principio ALARA de concentraciones de dosis química, biológica o de dosis de radiación tan bajas como sea razonablemente posible o por debajo del nivel establecido en la norma.

En la GTC 45 [4] presentan un modelo dado por Rock J. Beverly S que es adaptado a Colombia; donde se establece cinco rangos de exposición con escalas semicuantitativas y teniendo en cuenta las mediciones ambientales y la frecuencia a la exposición representados en la Tabla 3-4.

Tabla 3-4: Valores del nivel de exposición de acuerdo con la concentración observada.

Nivel de Deficiencia	Valor del Nivel de Deficiencia	Concentración Observada
Exposición muy alta	10	> Límite de exposición ocupacional
Exposición alta	6	50 % - 100 % del límite de exposición ocupacional
Exposición media	2	10 % - 50 % del límite de exposición ocupacional
Exposición baja	No se asigna	< 10 % del límite de exposición ocupacional

Sin embargo, los niveles de exposición planteados están solo relacionados para exposición ocupacional del trabajador y no considera otros riesgos que pueda tener la institución.

El valor del ND_T (valor cuantitativo del nivel de deficiencia asociada al riesgo) es de 0 a 10, siendo 0 que no existe ningún factor de riesgo lo que lo hace inexistente. Y si la suma obtenida es mayor a 10, se tomará $ND=10$ para el cálculo posterior del nivel de riesgo (NR).

Tabla 3-5: Modificación de la norma de la GTC 45 y el NTP 30.

DENOMINACIÓN DEL FACTOR DE RIESGO	Valor cuantitativo ND_T	DESCRIPCIÓN DEL NIVEL
Muy Deficiente	10	Se ha(n) detectado peligro(s) que determina(n) como posible la generación de incidentes o consecuencias muy significativas, o la eficacia del conjunto de medidas preventivas existentes respecto al riesgo es nula o no existe, o ambos. El control del riesgo se considera ineficaz, sea por la presencia de un factor de riesgo fundamental o de varios de menor peso.
Deficiente	6	Se ha(n) detectado algún(os) peligro(s) que pueden dar lugar a consecuencias significativa(s), o la eficacia del conjunto de medidas preventivas existentes es baja, o ambos. El control del riesgo puede mejorarse notablemente, ya que hay algún factor de riesgo importante o varios de menor valor.
Mejorable	2	Se han detectado peligros que pueden dar lugar a consecuencias poco significativas o de menor importancia, o la eficacia del conjunto de medidas preventivas existentes es moderada, o ambos. El control del riesgo puede mejorarse, ya que existen factores de riesgo significativos o compensables.
Aceptable	-	No se han detectado factores de riesgo. La probabilidad de daño no se considera significativa, aunque no necesariamente ha de ser nula. El riesgo se considera controlado, y, por tanto, no se valora.

NE: Nivel de Exposición asociada al riesgo

El nivel de exposición esta relacionada con la frecuencia con que el personal está expuesto al riesgo, son cuatro niveles y solo se necesita un valor por riesgo ya que cubriría la macro del ND_T en cada encuesta de chequeo. Estos valores serán asignados de acuerdo con la duración del personal en el equipo. Si a una situación de riesgo general están expuestos varios grupos de personas con distintas frecuencias, el valor de **NE** será el que corresponda al promedio ponderado de las exposiciones redondeado al valor entero más próximo. Al final de cada cuestionario, se hará constar el número de personas afectadas por cada situación de riesgo. Se clasifica el NE como se muestra en la Tabla 3-6.

Tabla 3-6: Valores cualitativos y cuantitativos del nivel de exposición NE.

Valor cualitativo del NE	Valor cuantitativo del NE	DESCRIPCIÓN DEL NIVEL
CONTINUADA	4	Duración mayor o igual a 6 horas al día (h/día) o la situación de exposición se presenta sin interrupción o varias veces con tiempo prolongado durante la jornada laboral.
FRECUENTE	3	Duración mayor de 4 (h/día) y menor a 6 (h/día) o la situación de exposición se presenta varias veces durante la jornada laboral por tiempos cortos.
OCASIONAL	2	Duración mayor de 2 (h/día) y menor a 4 (h/día) o la situación de exposición se presenta alguna vez durante la jornada laboral y por un periodo de tiempo corto.
ESPORÁDICA	1	Duración menor de 2 (h/día) o la situación de exposición se presenta de manera eventual.

NP: Nivel de probabilidad asociada al ND y NE

La probabilidad de un incidente puede ser determinada en función de las probabilidades del suceso inicial que lo genera y de los siguientes sucesos desencadenantes. En tal sentido, la probabilidad del accidente será más compleja de determinar cuanto más larga sea la cadena causal, ya que habrá que conocer todos los sucesos que intervinieron, así como las probabilidades de los mismos. Como se estableció en la Ecuación (2) el nivel de probabilidad es el producto del Nivel de Deficiencia (ND) por el Nivel de Exposición (NE). Es una función del nivel de deficiencias de las medidas preventivas y del nivel de exposición al riesgo. A continuación se presenta en la Tabla 3-7 el producto del ND por el NE, con valores de Muy Alta de 24 a 40 puntos, Alta de 12 a 20 puntos, Media de 6 a 8 puntos y Baja de 2 a 4 puntos.

Tabla 3-7: Nivel de probabilidad, producto entre ND y NE y escalas de muy alto, alto, medio y bajo.

		Nivel de exposición (NE)			
		4	3	2	1
Nivel de deficiencia (ND)	10	MA-40	MA-30	A-20	A-10
	6	MA-24	A-16	A-12	M-6
	2	M-8	M-6	B-4	B-2

Tabla 3-8: Significado cualitativo de los valores numéricos de las escalas de probabilidad y los niveles de probabilidad.

NIVEL DE PROBABILIDAD	Valor cuantitativo del NP	DESCRIPCIÓN DEL NIVEL
MUY ALTA (MA)	Entre 40 y 24	Situación deficiente con exposición continuada, o muy deficiente con exposición frecuente. Normalmente, la materialización del riesgo ocurre con frecuencia.
ALTA (A)	Entre 20 y 10	Situación deficiente con exposición frecuente u ocasional, o bien situación muy deficiente con exposición ocasional o esporádica. La materialización del riesgo es posible que suceda varias veces en el ciclo de vida laboral.
MEDIA (M)	Entre 8 y 6	Situación deficiente con exposición esporádica, o bien situación mejorable con exposición continuada o frecuente. Es posible que suceda el daño alguna vez.
BAJA (B)	Entre 4 y 2	Situación mejorable con exposición ocasional o esporádica. No es esperable que se materialice el riesgo, aunque puede ser concebible.

NC: Nivel de Consecuencias asociadas al nivel de riesgo

El nivel de consecuencias también está clasificado en cuatro niveles y a diferencia de los parámetros anteriores, éste presenta un significado para los posibles daños al personal o a los daños materiales. La escala numérica de consecuencias es muy superior a la de probabilidad de 0 a 100 debido a que el factor de las consecuencias debe tener siempre un mayor peso en la valoración. En conclusión nos referimos a las consecuencias de los accidentes o incidentes cuando podría materializarse el riesgo para clasificarla como en la Tabla 3-9.

Tabla 3-9: Nivel de consecuencias para daños personales y los daños materiales

NIVEL DE CONSECUENCIAS	Valor cuantitativo del NC	DESCRIPCIÓN DEL NIVEL	
		Daños Personales	Daños Materiales
Mortal o Catastrófico (M)	100	1 muerto o más.	Destrucción total del sistema (difícil renovarlo).
Muy Grave (MG)	60	Lesiones o enfermedades graves que pueden ser irreparables.	Destrucción parcial del sistema (compleja y costosa la reparación).
Grave (G)	25	Lesiones con incapacidad laboral transitoria.	Se requiere paro de proceso para efectuar la reparación.
Leve (L)	10	Pequeñas lesiones que no requieren hospitalización.	Reparable sin necesidad de paro del proceso.

NR: Cálculo del nivel de riesgo que supone una suma de factores de Riesgo.

Finalmente, el nivel de riesgo se obtendrá multiplicando **ND x NE x NC**, siendo este último valor un dato que suministra la encuesta de chequeo de cada situación de riesgo, y que supone una aproximación a la magnitud del daño esperable del accidente o enfermedad asociado a ella. La siguiente tabla muestra la agrupación de bloques de jerarquización y establece los respectivos niveles.

Tabla 3-10: Valores numéricos del nivel de riesgo.

NIVEL DE RIESGO	Rangos del NR	SIGNIFICADO			
		Mín. ó Máx.	NC	ND	NE
I	>1000	Min.	60	6	3
	a	Máx.	100	10	4
II	>400	Min.	25	6	3
	a	Máx.	100	10	1
	≤1000	Ó	25	10	4
III	>120	Min.	25	6	1
	a	Ó	25	2	3
	≤400	Máx.	100	2	2
		Ó	10	10	4
IV	≤120	Min.	10	1	1
		Máx.	60	2	1
		Ó	10	6	2

En esta se decide la importancia de cada riesgo y la necesidad o no de adoptar medidas preventivas, además de plantear soluciones que se deducen de los factores de riesgo analizados. Una vez identificados los riesgos la empresa debe clasificar un nivel de intervención.

NI: Nivel de Intervención de los riesgos evaluados

De acuerdo con el NR se deben tomar medidas preventivas, por ello se plantea cuatro niveles de intervención de acuerdo con los criterios de urgencia que programe la institución.

Tabla 3-11: Significados de los niveles de intervención (NI) de acuerdo con los valores del NR.

NIVEL DE INTERVENCIÓN	Rangos del Nivel de Riesgo	DESCRIPCIÓN DEL NIVEL
I	1000 - 4000	Situación crítica. Corrección urgente. Medidas preventivas que hay que adoptar para tratar una situación de riesgo de nivel I, comenzando por eliminar los factores de riesgo con mayor NDp.
II	400 - 1000	Corregir y adoptar medidas preventivas para tratar una situación de riesgo de nivel de riesgo II, comenzando por las que eliminen factores de riesgo con mayor NDp.
III	120 - 400	Medidas preventivas que hay que adoptar para tratar una situación de riesgo de nivel de riesgo III, comenzando por las que eliminen factores de riesgo con mayor NDp.
IV	120	Medidas preventivas que hay que adoptar para dejar en aceptable el nivel de riesgo de una situación de riesgo de nivel de riesgo IV.

Al establecer el significado del nivel de riesgo la institución deberá establecer cuales riesgos son aceptables y cuales no (se establece para esta metodología la Tabla 3-12). Por ello la institución es autónoma de establecer cuales son sus criterios de aceptabilidad de acuerdo con el proyecto que planteo desde el principio. La participación de este proceso debe ser conjunta con los entes encargados como riesgos profesionales y salud ocupacional.

Tabla 3-12: Niveles de riesgo aceptables y no aceptables.

Nivel de Riesgo	Aceptabilidad
I	NO Aceptable
II	NO Aceptable
III	Aceptable
IV	Aceptable

Aceptar un riesgo o no está condicionado al número de personas expuestas o a la gravedad del daño en el equipo se deben establecer controles que priorice las principales

necesidades y tener presente:

- Número de trabajadores expuestos.
- Cual sería la peor consecuencia de estar expuesto al riesgo.
- Normatividad legal asociada para la implementación de la intervención.

3.3 Requerimientos de recursos humanos en radiología de profesionales en física médica

En la evaluación se evidencia la necesidad de tener un físico medico en un servicio de radiología diagnostica para que desarrolle los diferentes procesos como lo menciona el OIEA y la OPS en su informe sobre salud humana No. 1 [76] menciona los requerimientos de recursos humanos en radiología de profesionales en física médica. El físico medico no solo se desenvuelve en la parte técnica operativa sino además las de Oficial de Protección Radiológica del servicio o de la institución, la capacitación en el manejo de radiaciones ionizantes al personal, la protección radiológica del paciente y controles de calidad entre otros. La federación europea de la organización de física medica recomienda que para el uso de equipos y procedimientos complejos se estima exista al menos un físico medico en radiodiagnóstico. El número total de físicos médicos varia de acuerdo a el personal que tiene la institución como, técnicos e ingenieros y ofrece una garantía de calidad la cual dependerá de:

- El número y la complejidad de los equipos y los procedimientos utilizados.
- El número de pacientes atendidos y la complejidad de la asistencia brindada.
- La carga de trabajo de formación y entrenamiento.
- El nivel de participación en investigación y desarrollo.
- El número de trabajadores POE.

En la Tabla 3-13 se presentan los valores estimados para determinar la cantidad de personal que se necesita en física medica para una institución, el técnico corresponde a los operadores de los equipos con fines de ayudar en las tareas de física medica para controles de calidad, calibraciones y estimaciones de dosis. En la siguiente tabla se especifica las posibles funciones que debe desarrollar un físico medico en radiología, teniendo en cuenta:

Componente: Está relacionado con los equipos emisores de rayos X mas comunes, los cálculos de dosis a los diferentes órganos de los pacientes, la gestión administrativa de la protección radiológica del centro, de los informes y de la capacitación.

Cantidad: De los componentes anteriores se da un estimado equivalente para la presencia de un equipo en la institución, numero de pacientes o de funciones administrativas.

Tec: Estimado de la cantidad de tecnólogos que se necesitan para los diferentes componentes.

FM: Estimado de la cantidad de físicos médicos que se necesitan para los diferentes componentes.

No en Clínica: Corresponde a la cantidad de equipos que tiene la institución que presta el servicio de radiología diagnostica y los componentes de pacientes, protección radiológica y otros.

Total Tec: Es el producto entre la columna de cantidad y el valor estimado de tecnólogos aplicados a la institución.

FM: Es el producto entre la columna de cantidad y el valor estimado de físicos médicos aplicados a la institución.

Tabla 3-13: Estimación de recursos humanos para un servicio de radiología⁹.

Componente		Cantidad	Tec.	FM	No en Clínica	Total Tec	Total FM
Equipos Control de calidad	Equipo de radiografía convencional	1	0.015	0.015			
	Equipo para radiografía intervencionista	1	0.04	0.02			
	Mamografía	1	0.015	0.015			
	CT	1	0.04	0.08			
	Equipo de radiografía digital	1	0.015	0.015			
	Sistema de visualización	1	0.01	0.01			
	Procesadora	1	0.05	0.02			
Pacientes	Terapias metabólicas con estimación de dosis a órganos	100	0.1	0.4			
Protección Radiológica	Vigilancia dosimétrica del POE	100	0.0025	0.0015			
	Gestión de instalaciones	1	0.02	0.05			
	Verificación de instalaciones (blindaje, seguridades, control de accesos)	1	0	0.02			
	Elaboración y actualización de procedimientos, normas y licencias de PR (por instalación)	1	0	0.025			
	Vigilancia radiológica (por zonas y locales)	10	0.005	0.005			
Otros	Informes internos	1	0	0.2			
	Comisiones y reuniones	1	0	0.09			
	Administración y gestión	1	0	0.2			
Total							

⁹ Tomado del apéndice C-2 del informes sobre salud humana No 1 de la OIEA.

3.4 POE que participa en situaciones de intervencionismo

Como complemento al proceso durante la evaluación de riesgos en la OSI a continuación se presentara la metodología empleada para clasificación de personal ocupacionalmente expuesto que asiste a sala en situaciones de intervencionismo usando los conceptos de la GTC 45 [4]; con el fin de dar respuesta a la pregunta número siete **EC1** (Ver apéndice).

El físico medico desempeña un papel muy importante en los procedimientos de intervención dentro de una sala de radiodiagnóstico, no como personal de intervención, sino garantizando que los procedimientos cumplan con las recomendaciones de seguridad en el uso de la radiación.

Cuando el interés radica en la evaluación de la exposición del POE se deben considerar las fugas de fotones del tubo de rayos X, la dispersión que produce el paciente y los objetos expuestos al haz primario. Aunque la radiación de fuga es insignificante en comparación con la radiación dispersa, en cuanto a la norma la resolución 1441 del 2013 [74] define los procedimientos y condiciones que deben cumplir los prestadores de servicios de salud para habilitar los servicios y en los cuales se dictan otras disposiciones de los servicios para diagnóstico que usan rayos X como:

- Radiología e imágenes diagnosticas de baja, media y alta complejidad.
- Odontología.
- Hemodinamia.
- Cuidado neonatal.
- Cuidado pediátrico.
- Cuidado intensivo.
- Cirugía mediana y alta complejidad.
- Diagnóstico cardiovascular.
- Cuidado intermedio de adultos.

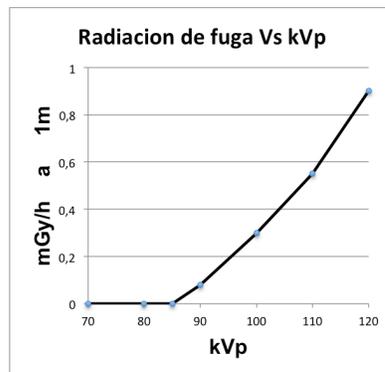
Estos servicios de diagnóstico usan radiaciones ionizantes y técnicas invasivas de catéteres o de cirugía guiada por fluoroscopia, los cuales en ocasiones requiere de la presencia del profesional dentro de la sala. Antes de clasificar el POE se mencionan unas recomendaciones del buen uso del tubo de rayos X.

3.4.1 Recomendaciones de protección radiológica en el uso del tubo de rayos X

A continuación se presentan las recomendaciones del uso de tubos de rayos X de acuerdo con la relación entre las variables y sus principios físicos orientados al personal que trabaja en intervención en sala.

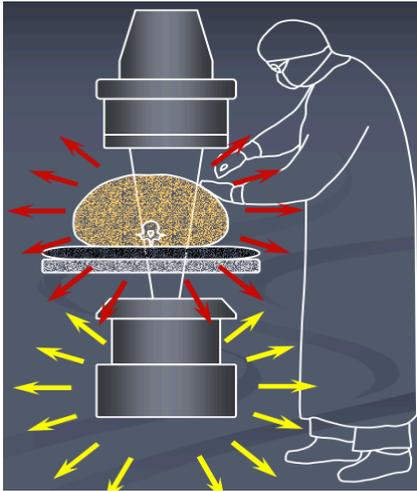
- No exceder de 100 mR/hr (0.88 mGy/h) a 1 m de distancia.
- Máximo voltaje del tubo de 125 kVp a 150 kVp.
- Máxima corriente de 3 mA a 5 mA.

En la Gráfica 3.1 se muestra la relación de tasa de dosis equivalente individual en mGy/h en función del kVp a 1 metro de distancia [77].



Gráfica 3-1: Cantidad típica de radiación de fuga en una fluoroscopia promedio de abdomen en un adulto (5uGy/h) [77].

Recomendaciones con la radiación dispersada



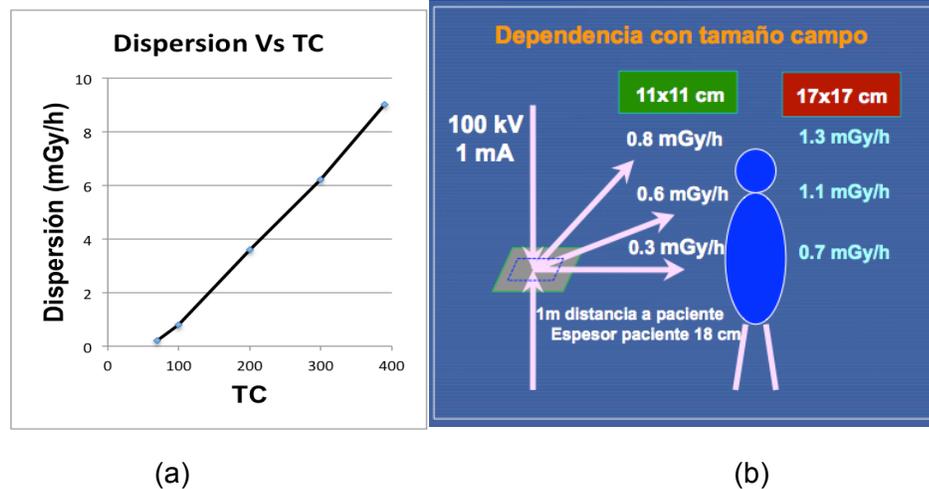
De cada 1000 fotones que alcanzan al paciente, unos 100-200 se dispersan, unos 20 alcanzan el detector de imagen, y el resto son absorbidos, la fuente principal de radiación al POE en una sala de fluoroscopia es el paciente y esta radiación no es uniforme y a su vez esta dosis dispersa es más alta cerca del área en la que el haz de rayos X entra en el paciente; entonces el número de rayos X dispersados depende de [78]:

- Tamaño de campo (TC).
- La tasa de exposición de entrada a la piel del paciente; que esta relacionada con la dosis de entrada en superficie o dosis absorbida en el centro del haz expresada en aire y con retrodispersión.
- El área de piel de entrada del paciente.
- Estatura del staff.
- Posición relativa al paciente.
- Posición del tubo de rayos X.
- kV.
- mA.
- Número y características de los pulsos.

A continuación se presentaran una serie de gráficas que relaciona como varia la dispersión del haz en función de las variables anteriormente mencionadas haciendo los otros valores constantes.

1. Dispersión Vs Tamaño del campo

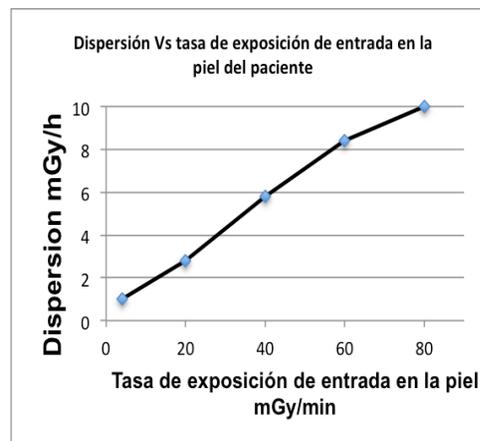
En la **Gráfica 3-2** se muestran la relación proporcional generada por la dispersión de un tubo de rayos X en función del tamaño de campo. Se recomienda usar un TC de acuerdo con la necesidad del procedimiento evitando TC grandes.



Gráfica 3-2: (a) Variación de la dispersión en función del tamaño de campo para una tasa de exposición y un kVp constantes [77]. (b) medidas de la tasa de exposición a un metro del paciente para un campo de 11 x 11 cm y uno de 17 x 17 cm con kV, mA y espesor del paciente constantes [78].

2. Dispersión Vs tasa de exposición de entrada en piel

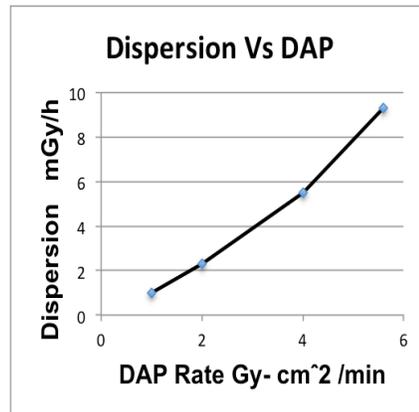
En la **Gráfica 3-3** se muestran que para un tamaño de campo constante y un kilovoltaje constante la dispersión es proporcional a la tasa de exposición de entrada en la piel del paciente.



Gráfica 3-3: Dispersión Vs tasa de exposición de entrada en la piel del paciente [77].

3. Dispersión Vs tasa de dosis por área

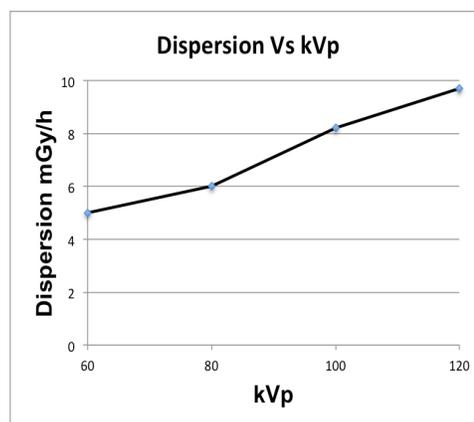
La **Gráfica 3-4** nos muestra que para un kVp constante la dispersión es proporcional a la tasa de dosis por área en el paciente.



Gráfica 3-4: Dispersión Vs. DAP (Dose Area Product Rate) tasa de dosis por área, por sus siglas en inglés [77].

4. Dispersión Vs. kVp

En la **Gráfica 3-5** se muestran la relación que para un tamaño de campo y una tasa de exposición de entrada constante la dispersión aumenta con el aumento del kilovoltaje.



Gráfica 3-5: Dispersión Vs kVp [77]

5. Distribución de la dispersión

Algo importante que se debe tener en cuenta para la exposición ocupacional es la dispersión que se produce cuando se dispara el haz; pues, es mayor en el lado de entrada del volumen expuesto y se va atenuando con la distancia, por ello la distribución de dispersión también se ve afectada por factores como el tejido no expuesto, la mesa, el blindaje, el intensificador de imagen, equipos de soporte y dispositivos de protección de plomo. La Figura 3-3 muestran el perfil de distribución de exposición.

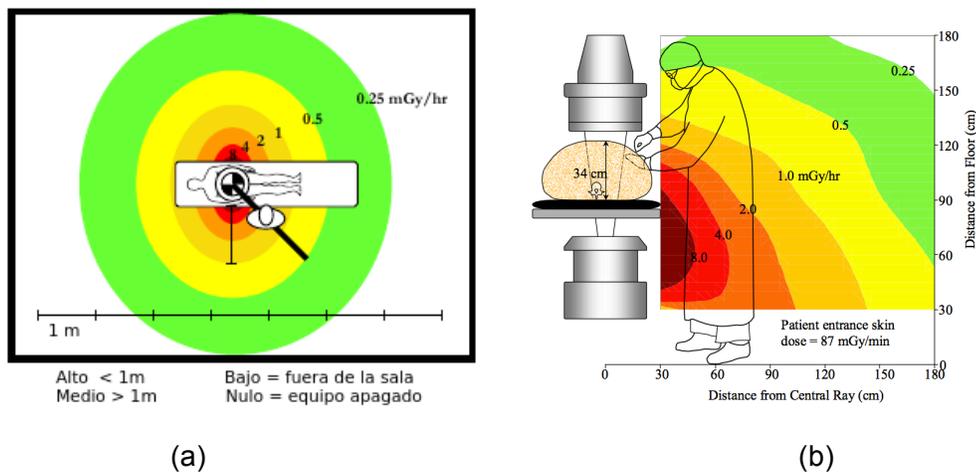


Figura 3-3: (a) Perfil de distribución de dosis horizontal; (b) perfil de dosis vertical [77].

3.4.2 Recomendaciones para el operador del tubo de rayos X

El operador desempeña un papel importante en la protección radiológica del POE y del paciente pues es el quien se encarga de los parámetros técnicos del tubo de rayos X cuando este está encendido; por ello de acuerdo con la relación que tiene la radiación dispersa con los parámetros antes mencionados se recomienda:

- Minimizar el tiempo de haz en la fluoroscopia
- Utilizar tomas cortas de fluoroscopia en lugar de exposición continua
- Utilizar una alerta de tiempo de encendido del fluoroscopio (ejemplo; que de una señal a los 2 minutos)
- Optimizar el uso de las imágenes tomadas (ejemplo; utilizar la última imagen retenida para estudio, para discusión o docencia).
- Mantenerse lo más alejado del paciente. Figura 3-4.

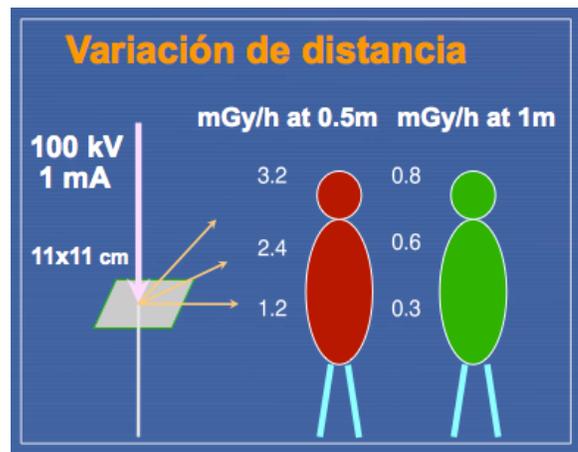


Figura 3-4: La tasa de dosis dispersa disminuye con el aumento de la distancia [78].

- Retirar la rejilla cuando sea posible porque reduce la exposición en la piel del paciente y la dispersión en un factor de 2.
- Reducir el contraste en la imagen para pacientes pequeños y para partes pequeñas del cuerpo.
- Para proyecciones laterales ubíquese en el lado de salida del haz de rayos X del paciente en medio de lo que sea posible, debido a que la intensidad de la dispersión es inferior en el lado del intensificador de imagen en comparación con el lado del tubo de rayos X. Figura 3-5.

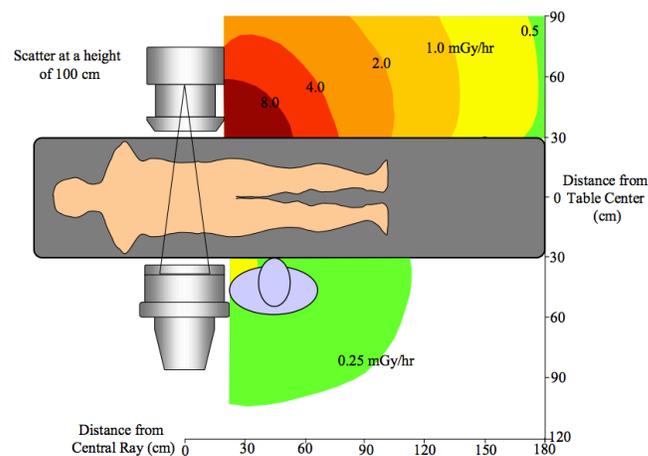
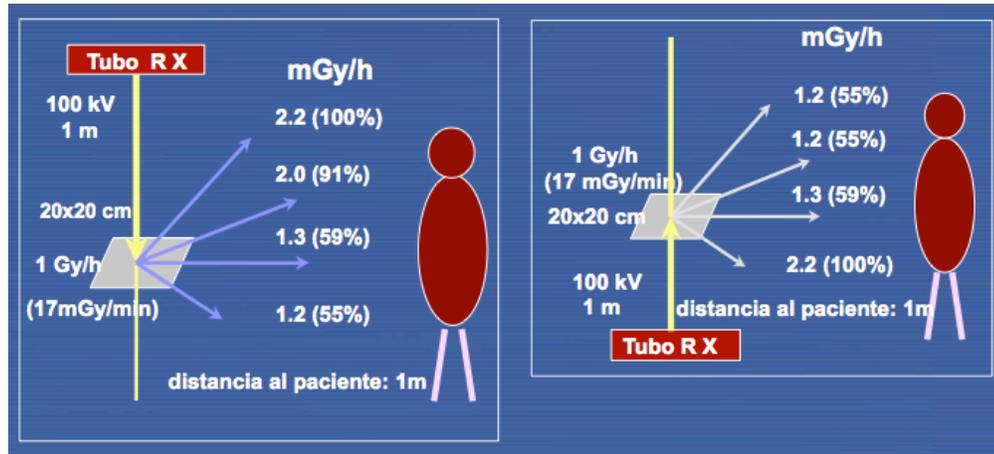


Figura 3-5: Recomendación de ubicación del personal que asiste a la sala cuando se necesita una proyección lateral [77].

Para fluoroscopia de arco en C coloque el tubo de rayos X: debajo de la mesa para proyecciones frontales, esto reduce altas tasas de dosis en el cristalino del especialista; o en el lado opuesto del paciente para proyecciones laterales u oblicuas Figura 3-6.



(a)

(b)

Figura 3-6: (a) tubo de rayos X en AP; (b) tubo de rayos X en PA [78].

- Colocar el tubo de rayos X y el intensificador de imagen cerca del paciente.
- Utilice dispositivos de protección radiológica móviles como por ejemplo escudos Figura 3-7.

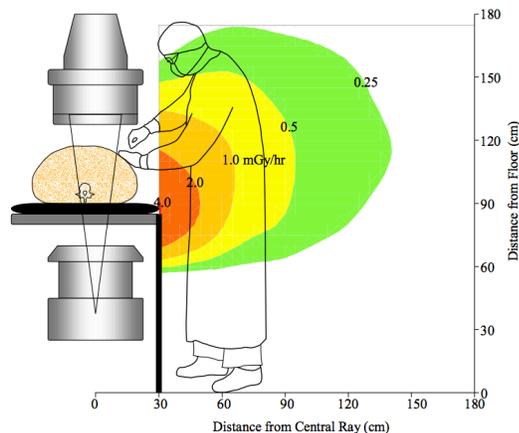


Figura 3-7: Uso de escudo plomado en intervencionismo [77]

3.4.3 Recomendaciones para el personal que asiste a la sala en procedimientos de intervención

A continuación se presentan las recomendaciones que se deben tener en cuenta para el personal que entra a sala para un procedimiento con uso de tubos de rayos X.

- Ubicar y tener presente los avisos luminosos y los avisos de audio.
- Tener en cuenta que la dispersión es significativamente más alta para pacientes de gran tamaño en comparación con los pacientes pequeños.
- Portar delantal plomado con un espesor equivalente de 0.5 mm mínimo y que sea ergonómico.
- Portar el protector de tiroides plomado.
- Portar gafas plomadas.
- Portar guantes con plomo mínimo de 0.5 mm.

3.4.4 Recomendaciones que deben hacer los FM para procedimientos de intervención en sala

El físico médico es el encargado de la seguridad radiológica y de los dispositivos de protección móviles, debe garantizar las características de diseño de las habitaciones y de las salas de procedimientos que usan rayos X móviles o Arcos en C, de la protección blindada de las puertas, ventanas y paredes, del cuarto de control y además se debe verificar y poseer:

- Sistemas de intercomunicación entre el paciente y la sala de control.
- Una correcta ubicación de los equipos para evitar la dispersión línea recta.
- Poner en marcha y mantener un programa de control de calidad.
- Trabajar con los representantes de los proveedores y operadores para encontrar los valores óptimos de procesamiento de imágenes y la dosis para así satisfacer las necesidades de formación de imágenes diagnosticas.
- Revisar el rendimiento del equipo de fluoroscopia y evaluar periódicamente la seguridad radiológica.
- Realizar la evaluación del dispositivo de protección personal periódica.

- Llevar control de las dosis máximas admisibles, de la dosis efectiva y la dosis equivalente.

Simultáneamente garantizar la posición correcta del:

- Tubo de Rayos X debajo de la camilla.
- Del intensificador de imagen cerca del paciente.
- Bajar las dosis producidas por fluoroscopia de acuerdo con los ajustes disponibles como el pulsado, uso de filtros de rayos espectrales, zoom digital y luces de advertencia a la exposición.

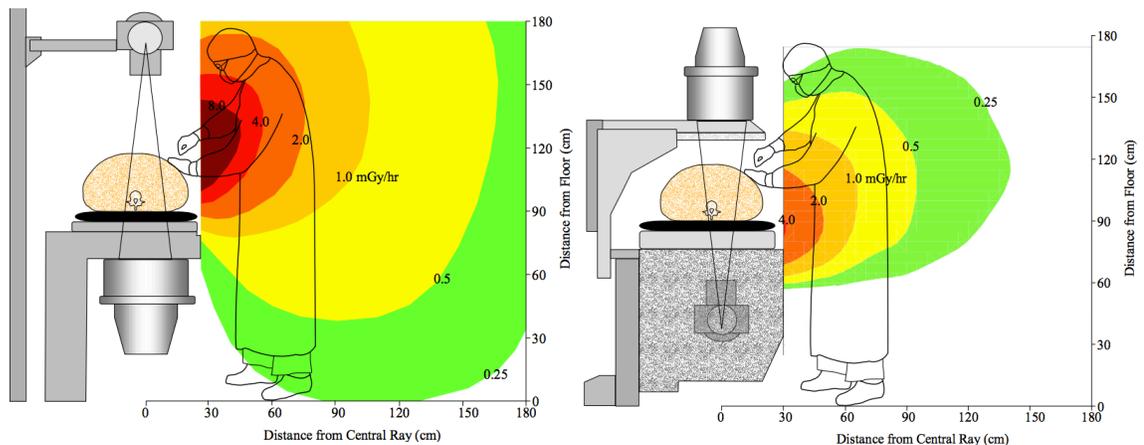


Figura 3-8: Uso adecuado del tubo de rayos X y del intensificador de imagen [77]

Finalmente, una evaluación de riesgos para la clasificación del POE que trabaja con procedimientos dentro de una sala usando rayos X se puede dirigir al chequeo de la revista electrónica de radiobiología [12], la cual plantea unas pautas para la evaluación del riesgo radiológico en:

1. Determinar si la exposición es a cuerpo entero o localizada.
2. Determinar si la persona es categorizado como público o como POE.
3. Medir el tiempo de exposición en horas.
4. Estimar la dosis según la vía de exposición.
5. Si la exposición es a cuerpo entero, comparar la dosis estimada con el promedio de dosis anual de la población mundial.
6. Si la exposición es uniforme, compararla con los límites anuales para cuerpo entero establecidos en la NVC 3496:1999.

7. Si el trabajador es POE, comparar la dosis recibida con los valores de referencia a cuerpo entero en dosis efectiva.
8. Si la exposición es localizada compararla con los límites de dosis establecidos en la NVC 3496:1999 para proteger los órganos.
9. Si la dosis recibida superó un valor límite, determinar si esta alcanza el valor umbral para efectos determinísticos.

Claro que en este caso solo se está hablando de “evaluación de riesgo” por exposición o contaminación interna y cabe resaltar que evaluar riesgos implica un proceso físico, técnico y administrativo.

3.5 Pautas para la clasificación del POE

En el apartado anterior se establecieron los posibles factores que intervienen en la exposición ocupacional del personal que trabaja en radiología y las recomendaciones para disminuir dicha exposición, sin embargo cuando el personal está expuesto en procedimientos con equipos emisores de radiaciones ionizantes se requiere establecer:

1. Cuales de ellos son declarados como POE por legislación colombiana.
2. Cuales de ellos deben ser declarados como trabajadores de alto riesgo de acuerdo a las dosis recibidas en cada intervención.

En ocasiones resulta complicado hacer esta clasificación cualitativamente, por ello a continuación se usara la misma metodología de evaluación de riesgos pero con modificaciones específicas para procedimientos en la sala usando tubo de rayos X y así dar cumplimiento al objetivo número cinco de este trabajo de crear una metodología para clasificación de POE en intervencionismo. Entonces se recomienda:

- a) Identificar cuales son los trabajadores expuestos a riesgo radiológico y cuales están clasificados por la institución en la que laboran.
- b) Identificar las pautas de exposición de las personas en situación de riesgo.
- c) Evaluar los riesgos (la probabilidad y la gravedad del daño en situaciones reales).
- d) Cuantificación del personal por profesión.
- e) Estratificación del riesgo.

3.5.1 Evaluación de los riesgos al POE

En el anexo 1, ítem 2-4 de la resolución 181434 del 2002 [47] se establecen los límites de dosis que se aplican a las prácticas médicas que requieren el uso de equipos emisores de radiaciones ionizantes que están sujetos a una dosis efectiva de 20 mSv/año o 1.66 mSv/mes para POE y una dosis efectiva de 1 mSv/año o 0.084 mSv/mes para el público. Con el fin de no exceder los 100 mSv/año para el POE y los 5 mSv/año para el público.

Ahora tomando como referencia la Figura 3-3 existen diferentes zonas para la exposición corporal a la cual el personal clasificado como POE o como público estarán expuestas por la distancia, por ejemplo un ortopedista estará en la zona roja donde aproximadamente estará expuesto a una dosis equivalente en piel de aproximadamente 8 mSv/h a una distancia menor de 50 cm.

Un estudio que se hizo en la misma institución Clínica Reina Sofía estudiantes de la Universidad Distrital [81] en cooperación con la Universidad Nacional determinaron que un procedimiento de columna en intervencionismo, en promedio dura siete minutos, podríamos establecer cuanta exposición aproximada se recibiría en los siete minutos para diferentes distancias.

Distancia	Exposición
0 cm < d1 < 50 cm	8 mSv/h
50 cm < d2 < 100 cm	4 mSv/h
100 cm < d3 < 200 cm	1 mSv/h
d4 > 200 cm	0.25 mSv/h

$$8 \frac{mSv}{h} * \frac{1h}{60 \text{ min}} * \frac{7 \text{ min}}{\text{procedimiento}} = 0.933 \frac{mSv}{\text{proc}}$$

$$4 \frac{mSv}{h} * \frac{1h}{60 \text{ min}} * \frac{7 \text{ min}}{\text{procedimiento}} = 0.466 \frac{mSv}{\text{proc}}$$

$$1 \frac{mSv}{h} * \frac{1h}{60 \text{ min}} * \frac{7 \text{ min}}{\text{procedimiento}} = 0.116 \frac{mSv}{\text{proc}}$$

$$0,25 \frac{mSv}{h} * \frac{1h}{60 \text{ min}} * \frac{7 \text{ min}}{\text{procedimiento}} = 0.029 \frac{mSv}{\text{proc}}$$

La atenuación de los elementos de protección radiológica como: chalecos, protectores tiroideos, protectores gonadales y gafas plomadas es aproximadamente del 95 % para la radiación dispersa y haz directo, entonces tendríamos que la exposición transmitida sería:

Distancia	Exposición (X)	X / proc	X tras (5%) / proc
0 cm < d1 < 50 cm	8 mSv/h (aprox.)	0.933 mSv/proc	0.046 mSv/proc
50 cm < d2 < 100 cm	4 mSv/h (aprox.)	0.446 mSv/proc	0.023 mSv/proc
100 cm < d3 < 200 cm	1 mSv/h (aprox.)	0.116 mSv/proc	0.0058 mSv/proc
d4 > 200 cm	0.25 mSv/h (aprox.)	0.29 mSv/proc	0.0015 mSv/proc

Teniendo en cuenta los Límites Máximos Permisibles de dosis efectiva son 1.66 mSv/mes para POE y 0.084 mSv/mes para el público ambos por mes. Determinaremos cuantos serian el número de procedimientos para dichas distancias con la atenuación teórica de los elementos de protección radiológica.

Para el POE

Distancia	LMP para POE / X trans (5%) / proc
0 cm < d1 < 50 cm	$\frac{1.66 \text{ mSv/mes}}{0.046 \text{ mSv/procedimiento}} = 36 \frac{\text{proc}}{\text{mes}}$
50 cm < d2 < 100 cm	$\frac{1.66 \text{ mSv/mes}}{0.023 \text{ mSv/procedimiento}} = 72 \frac{\text{proc}}{\text{mes}}$
100 cm < d3 < 200 cm	$\frac{1.66 \text{ mSv/mes}}{0.0058 \text{ mSv/procedimiento}} = 286 \frac{\text{proc}}{\text{mes}}$
d4 > 200 cm	$\frac{1.66 \text{ mSv/mes}}{0.0015 \text{ mSv/procedimiento}} = 1106 \frac{\text{proc}}{\text{mes}}$

Para el público

Distancia	LMP para público / X trans (5%) / proc
0 cm < d1 < 50 cm	$\frac{0.084 \text{ mSv/mes}}{0.046 \text{ mSv/procedimiento}} = 2 \frac{\text{proc}}{\text{mes}}$
50 cm < d2 < 100 cm	$\frac{0.084 \text{ mSv/mes}}{0.023 \text{ mSv/procedimiento}} = 4 \frac{\text{proc}}{\text{mes}}$

$$100 \text{ cm} < d3 < 200 \text{ cm} \quad \frac{0.084 \text{ mSv/mes}}{0.0058 \text{ mSv/procedimiento}} = 14 \frac{\text{proc}}{\text{mes}}$$

$$d4 > 200 \text{ cm} \quad \frac{0.084 \text{ mSv/mes}}{0.0015 \text{ mSv/procedimiento}} = 56 \frac{\text{proc}}{\text{mes}}$$

En el anexo D de la GTC 45 [4] se presenta una valoración cuantitativa de los riesgos higiénicos para Colombia que son tomadas de los valores emitidos por la ACGIH¹⁰ (*American Conference of Governmental Industrial Hygienists*) como los valores límites permisibles para cualquier riesgo higiénico, es decir, que pueda producir una enfermedad, estos valores son establecidos para un trabajador con una intensidad horaria semanal.

De estos estudios se tienen los valores límites permisibles VLP y bajo criterios ALARA el estudio propuesto en la GTC 45 AIHA, establecen cuatro rangos de exposición utilizando escalas semicuantitativas la cual se adopta como norma colombiana.

Tabla 3-14: Clasificación de acuerdo con el nivel de exposición para POE.

Exposición	Concentración Observada	Nivel de Exposición	# proc	NR	Clasificación
Exposición muy alta	Entre el 90 % y menor al 100 % del límite de exposición ocupacional	Mayor a 1.5 mSv/mes y menor a 1.65 mSv/mes	32 a 36	4	POE
Exposición alta	Entre 50 % y menor del 90 % del límite de exposición ocupacional	Mayor a 0.83 mSv/mes y menor a 1.5 mSv/mes	37 a 72	3	POE (se recomienda revisar practicas)
Exposición media	Entre 10 % y menor al 50 % del límite de exposición ocupacional	Mayor a 0.165 mSv/mes y menor a 0.83 mSv/mes	73 a 286	2	NO POE
Exposición baja	< 10 % del límite de exposición ocupacional	Menor a 0.165 mSv/mes	287 a 1006	1	NO POE

¹⁰ www.acgih.org. Guide to Occupational Exposure Values. March 2015.

Tabla 3-15: Clasificación de acuerdo con el nivel de exposición para el público.

Exposición	Concentración Observada	Nivel de Exposición	# proc	NR
Exposición muy alta	Entre el 90 % y menor al 100 % del límite de exposición ocupacional	Mayor a 0.075 mSv/mes y menor a 0.084 mSv/mes	1 a 2	4
Exposición alta	Entre 50 % y menor del 90 % del límite de exposición ocupacional	Mayor a 0.042 mSv/mes y menor a 0.074 mSv/mes	3 a 4	3
Exposición media	Entre 10 % y menor al 50 % del límite de exposición ocupacional	Mayor a 0.0084 mSv/mes y menor a 0.041 mSv/mes	5 a 14	2
Exposición baja	< 10 % del límite de exposición ocupacional	Menor a 0.0083 mSv/mes	15 a 56	1

La cantidad de procedimientos no es una regla para la clasificación del POE debido a que los valores no determinan una frontera entre salud y enfermedad, cada individuo responde de manera diferente, a las mismas dosis las personas se ven afectadas de manera diferente. Se establece entonces que el nivel de consecuencia (NC) es la medida de la magnitud que podrá llegar a ocasionar los factores de riesgo materializados en daños personales que se podrían considerar alto, para el caso de intervencionismo se podría recomendar un nivel de 60, debido a lo ya referenciado en el capítulo 2.2 de accidentes e incidentes en radiología en los cuales es poco probable la presencia de muertos por procedimientos pero si lesiones graves.

3.5.2 Descripción del procedimiento en sala en la OSI

En la Clínica Reina Sofía se cuenta con tubos de rayos X en radiología, salas de cirugía y neonatos. Inicialmente se realizaron visitas de reconocimiento y solicitud de información detallada y propia de cada servicio. Posteriormente se efectuaron visitas de acompañamiento para registrar y establecer así los posibles riesgos radiológicos de cada actividad desarrollada por los trabajadores dentro de sus funciones se observa:

- Los procedimientos en la Clínica Reina Sofía, inician de 5:30 a 6:00 am de acuerdo con el cronograma establecido por la entidad.
- A excepción del anesthesiólogo, los médicos, enfermeros y auxiliares al ingresar a cirugía, siempre portaban chaleco plomado.

- Solo los ortopedistas utilizan protector tiroideo y guantes plomados.
- Las gafas plomadas solo las usa el ortopedista jefe.
- El personal que ingresa a la sala se lista en Ortopedista jefe, ortopedista ayudante, enfermera jefe, auxiliar de enfermería, anestesiólogo y medico residente.
- Durante la cirugía permanecen tiempo completo los ortopedistas, la instrumentadora y el médico residente. La auxiliar de enfermería permanece un tiempo variable y parcial, en ocasiones solo está al iniciar y en otras ocasiones permanece más tiempo; dependiendo de los requerimientos de los médicos.
- La enfermera jefe generalmente está pendiente de los siete quirófanos, y, por tanto, permanece de manera parcial en la cirugía.
- Los voltajes y amperajes utilizados en la técnica por lo general es del orden de 125 kVp y 5 mA.

En trabajo de campo en el Quirófano No 7 de la Clínica Reina Sofía, el día viernes 16 de mayo de 2014, se realizó en las instalaciones de la Clínica Reina Sofía una fluoroscopia en el procedimiento llamado Litotricia; en el cual se pudieron establecer las distancias del personal durante el procedimiento de acuerdo con su participación e interacción en la sala.

Distancia	Profesión
0 cm < d1 < 50 cm	Especialistas
50 cm < d2 < 100 cm	Instrumentadores, residentes, cirujanos generales, ayudante de cirugía
100 cm < d3 < 200 cm	Auxiliares de enfermería
d4 > 200 cm	Anestesiólogos y enfermeras jefes

3.5.3 Presentación de informe de la clasificación de POE

Finalmente, se presenta una tabla de acuerdo con el a la metodología y su clasificación de personal que trabaja con radiaciones ionizantes.

Tabla 3-16: presentación del personal de la que labora en la institución en radiología.

INFORMACIÓN	VALORES
Unidad de Negocio	
Unidad de Negocio	
Área	
Nombre	
Cedula	
Cargo	
No Procedimientos por mes	
Distancia de exposición a RI	
NE	
NR	
POE (si/no)	
Dosimetría Personal ¹¹	
Necesita vigilancia radiológica	

La Tabla 3-16 es el informe que se presenta por persona o profesional, la Tabla 3-17 es la clasificación del POE de acuerdo con la distancia que esta al tubo de rayos X y la Tabla 3-18 es la clasificación del POE de acuerdo con la profesión.

¹¹ Dosimetría personal promedio de los últimos seis meses

Tabla 3-17: Clasificación de acuerdo con el nivel de exposición para el POE.

Para cada una de las funciones de acuerdo con las distancias al tubo observadas en el acompañamiento a los diferentes procedimientos. Así mismo se relacionan la cantidad de procedimientos que puede hacer una persona para no superar los límites establecidos para el público y así mantener un mayor control.

Exposición	Concentración observada - Nivel de Exposición	Distancias menores de 50 cm		Distancias entre 50 cm y 100 cm		Distancias entre 101 cm y 200 cm		Distancias mayores de 201 cm	
		# Procedimientos	Clasificación	# Procedimientos	Clasificación	# Procedimientos	Clasificación	# Procedimientos	Clasificación
Exposición muy alta	91% - 100%								
	1.660	36 Max	POE	72 Max	POE	286 Max	POE	1106 Max	POE
	1.511	32 Min		65 Min		260 Min		1007 Min	
	0,083	1 Max	NO POE	3 Max	NO POE	14 Max	NO POE	55 Max	NO POE
Exposición alta	0,076	1 Min		3 Min		13 Min		50 Min	
	51% - 90%								
	1.494	31 Max	POE	64 Max	POE	259 Max	POE	1006 Max	POE
	0,847	18 Min		36 Min		146 Min		554 Min	
Exposición media	0,075	1 Max	NO POE	3 Max	NO POE	12 Max	NO POE	49 Max	NO POE
	0,042	0 Min		1 Min		7 min		28 Min	
	11% - 50%								
	0.830	17 Max		35 Max		143 Max		553 Max	
Exposición baja	0.183	4 Min	NO POE	7 Min	NO POE	31 Min	NO POE	121 Min	NO POE
	0.042	0 Max		0 Max		6 Max		27 Max	
	0.009	0 Min		0 Min		1 Min		6 Min	
	Máximo 10%								
Exposición baja	0.166	3 Max		6 Max		28 Max		120 Max	
	0.017	0 Min	NO POE	0 Min	NO POE	2 Min	NO POE	11 Min	NO POE
	0.008	0 Max		0 Max		0 Max		5 Max	
	0.001	0 Min		0 Min		0 Min		0 Min	

Tabla 3-18: Finalmente, se presenta una tabla de acuerdo con la metodología y su clasificación de personal que trabaja con radiaciones ionizantes.

Unidad de Negocio - Macro	Área	Cargo	Distancia a la fuente	Exposición mSv/proced.	N° Procedimientos	Nivel de Exposición mSv/mes	Nivel de riesgo	Clasificación POE
Cirugía - Radiología	Cirugía - Hemodinamia	Médicos(as) Especialistas	Menos de 50 cm	0.0460	Más de 18	Superior a 0.84	3-4	Si
					Hasta 17	Hasta 0.83	1-2	No
Cirugía - Radiología	Cirugía - Hemodinamia	Instrumentadores(as)	Entre 50 cm y 100 cm	0.0230	Más de 36	Superior a 0.84	3-4	Si
					Hasta 35	Hasta 0.83	1-2	No
Cirugía - Radiología	Cirugía - Hemodinamia	Residentes	Entre 50 cm y 100 cm	0.0230	Más de 36	Superior a 0.84	3-4	Si
					Hasta 35	Hasta 0.83	1-2	No
Cirugía - Radiología	Cirugía - Hemodinamia	Cirujanos(as) Generales	Entre 50 cm y 100 cm	0.0230	Más de 36	Superior a 0.84	3-4	Si
					Hasta 35	Hasta 0.83	1-2	No
Cirugía - Radiología	Cirugía - Hemodinamia	Ayudantes de Cirugía	Entre 50 cm y 100 cm	0.0230	Más de 36	Superior a 0.84	3-4	Si
					Hasta 35	Hasta 0.83	1-2	No
Cirugía - Radiología	Cirugía - Hemodinamia	Auxiliares de Enfermería	Entre 100 y 200 cm	0.0058	Más de 144	Superior a 0.84	3-4	Si
					Hasta 143	Hasta 0.83	1-2	No
Cirugía - Radiología	Cirugía - Hemodinamia	Anestesiólogos(as)	Mayor a 200 cm	0.0015	Más de 554	Superior a 0.84	3-4	Si
					Hasta 553	Hasta 0.83	1-2	No
Cirugía - Radiología	Cirugía - Hemodinamia	Enfermeros(as) Jefes	Mayor a 200 cm	0.0015	Más de 554	Superior a 0.84	3-4	Si
					Hasta 553	Hasta 0.83	1-2	No

3.5.4 Recomendaciones finales para las instituciones

- Realizar vigilancia epidemiológica para casos especiales.
- Personal que se dedica a solo lectura de imágenes no están expuestos a riesgos con radiaciones ionizantes.
- Se recomienda cambiar la periodicidad de la vigilancia de los radiólogos que se dedican a solo lectura; por ejemplo a dos meses.
- Los tecnólogos y los radiólogos están expuestos a riesgos potenciales por eso la ley los cubre como POE.
- Debe de existir un protocolo para el personal que asiste a un procedimiento en la sala en el cual se especifique que por PR se deben mantener a más de 2 metros cuando el tubo está encendido y para evitar riesgos a RI.
- El promedio de la lectura de los dosímetros sirven como soporte, para salud ocupacional dado el caso que se presenten inconvenientes de salud.
- Las secretarias, personal de servicios generales, recepcionistas no se tienen en cuenta para este estudio ya que no interactúan directamente con radiaciones ionizantes o como riesgo potencial.
- No se recomienda clasificar al responsable del servicio como POE si no cumple con los requerimientos establecidos en esta metodología.
- Medir la atenuación de los chalecos para dar soporte al grupo de salud ocupacional.
- Los tecnólogos que llevan el RX portátil para la toma de imágenes son clasificados como POE; pero el personal que lo acompaña no debido a que puede separarse una distancia mayor a 2 metros la cual no representa riesgo.
- Se recomienda que el personal se salga de la sala para la toma de placa.
- Es de vital importancia que las personas que estén dentro de la sala en intervencionismo porten adecuadamente los elementos de protección radiológica y el equipo necesario.
- Se recomienda para el médico especialista de intervencionismo biombos plomados como indica la Figura 3-9 para disminuir la exposición a la radiación.

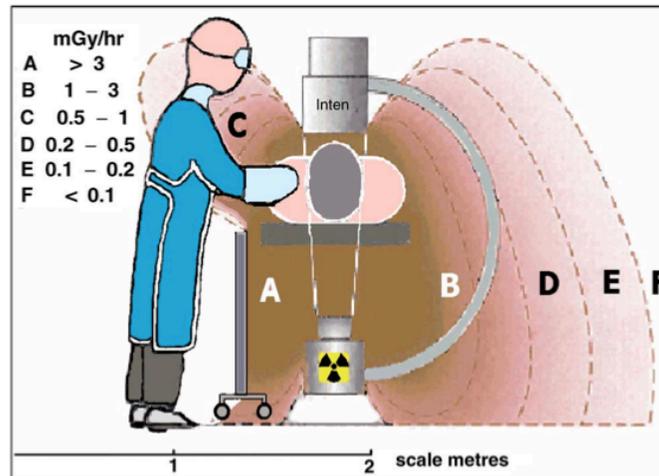


Figura 3-9: Uso de biombo plomado para intervencionismo con tubo de rayos X cerca al pecho [80].

- Frecuentemente se establece como alto riesgo el personal que no ha recibido la respectiva inducción, por ello personal que esta en etapa de formación o en periodo de capacitación debe prepararse en protección radiológica para asistir a la sala, pues la imprudencia puede ocasionar altos niveles de exposición.
- Portar el dosímetro para todos los profesionales que ingresen a la sala.

Frente a la clasificación y estratificación del POE, se ve la necesidad de revisar las buenas prácticas de trabajo en sus respectivas funciones con el manejo de radiaciones ionizantes, además la institución debe verificar los procedimientos y hacer cumplir lo establecido en el manual de protección radiológica.

4 Matriz de riesgo: presentación de informe

La finalidad de establecer un riesgo radiológico para el personal o un posible daño a los equipos es tomar medidas correctivas y priorizar la intervención, pero es finalmente, la institución la que debe reaccionar frente a estos riesgos. La matriz de riesgo es una herramienta que nos puede ayudar a determinar cuales de los riesgos existentes tienen prioridad en la intervención y cuales deben ser sus respectivos controles existentes. En este capítulo se mostrara la herramienta que se planteó como objetivo número seis de este trabajo en la presentación de informe para la OSI.

La GTC 45 [4] recomienda a las organizaciones e instituciones consignar de forma sistemática la información proveniente del proceso de los riesgos. Se recomienda llevar:

- Planes de acción frente a los riesgos evaluados.
- Disminuir los niveles de factor de riesgo o las deficiencias que se presenten en el servicio de radiología.
- Actualizar e identificar nuevos riesgos existentes.
- Documentar las acciones, controles e intervenciones que se programaron.

La herramienta que se presenta a continuación es una matriz de riesgos de carácter informativo que condensa la información obtenida en las visitas, revisión de procedimientos y aplicación de las encuestas de chequeo en la Organización Sanitas Internacional. Se presenta el esquema final que fue generado en la presentación de los diferentes informes, pero no se presenta con datos específicos pues corresponde a la confidencialidad y uso exclusivo de la información entre el grupo de física médica de la Universidad Nacional y las clínicas Reina Sofía y Clínica Universitaria Colombia de la Organización Sanitas Internacional, se planteó ingresando la siguiente información:

- a. Proceso.
- b. Zona / equipo.
- c. Actividades, funciones y documentos.
- d. Tareas que realiza el personal (si es rutinaria o no, dichas tareas).
- e. Peligro, su descripción y su clasificación.
- f. Efectos posibles.
- g. Controles existentes de la fuente, del medio y del individuo.
- h. Evaluación del riesgo: nivel de deficiencia, nivel de exposición, nivel de probabilidad, interpretación del nivel de probabilidad, nivel de consecuencia, nivel de riesgo, nivel de intervención e interpretación del nivel de riesgo.
- i. Valoración del riesgo y su aceptabilidad.
- j. Criterios para establecer controles, como el número de personas expuestos, cual podría ser la peor consecuencia y si existe un requisito legal específico asociado.
- k. Medidas de intervención que se deben tomar asociado a los correctivos como; eliminación, sustitución, controles de ingeniería, controles administrativos, señalización y elementos de protección personal.

4.1 Medidas de intervención

En las encuestas de chequeo (ver apéndice) en un nivel de deficiencia clasificado como NO en el factor de riesgo nos brinda la posibilidad de que tengamos una serie de información a la cual podemos dar pronta respuesta, esto disminuirá el riesgo calculado notablemente y a su vez se pueden establecer nuevos controles u optimizar los ya existentes. La Tabla 3-11 nos establece cuales son las prioridades de intervención y la Tabla 3-12 nos estima si los NR son aceptables o no. Estos informes son recomendaciones pero es la institución quien finalmente, establecerá los límites de aceptación y los recursos para la intervención; sin embargo las medidas de intervención que se tienen deben institucionalizarse frente a cada deficiencia y su posible acción o causa para ser solucionada. También se debe contar con las áreas y personal idóneo encargado para que realicen funciones administrativas, legales, de control de calidad, de revisión mecánica o de mantenimiento.

También se recomienda que en el plan de acción los niveles de intervención estén guiados por personal experto interno o externo como el físico medico, el oficial de protección radiológica o el comité de protección radiológica, con el fin de que la organización revise periódicamente estos riesgos y verificar si sus controles fueron útiles y eficaces.

Finalmente, un factor de riesgo que se anexa al trabajo mencionado en el capítulo 3 y que está relacionado con el riesgo que puede tener el personal o el correcto funcionamiento del equipo es la repercusión (RE) que representa el nivel de riesgo asociado al personal que labora en el equipo, matemáticamente descrito como:

$$RE= NR \times PA \qquad \text{Ecuación (4.1)}$$

Donde:

NR: Es el nivel de riesgo sea de los establecidos para el personal o para los materiales

PA: cantidad de personas afectadas por dicha deficiencia.

4.2 Presentación de informe

Se debe presentar un informe por cada encuesta de chequeo que se aplicó en la institución, y se recomienda presentar el nivel de riesgo y la repercusión del mismo, con el fin de hacer recomendaciones inmediatas o recomendaciones sugeridas para cada nivel de riesgo (NR).

La información debe de ser clara, jerarquizada y de fácil interpretación; así como plantear medidas de prevención y sugerir posibles controles. A continuación se presenta el formato general de la matriz de riesgo en blanco y posteriormente un desglose de cada fila para diligenciar de acuerdo con los parámetros establecidos en este trabajo.

4.3 Formato de la matriz

4.3.1 Formato general

Presentación de informe MATRIZ de riesgo
Información del centro

Encuesta de Chequeo: _____ Riesgo: _____ Nivel de Riesgo: _____
Equipo _____ Sala _____ Fecha _____ Encargado _____

Evaluación del riesgo

ND _T	NE	NP	INP	NC	NR	INR	PA	RE	AR

Peligro	Descripción	
	Clasificación	
Efectos posibles		
Controles existentes	Fuente	
	Medio	
	Individuo	
Criterios para establecer controles	RE	
	Peor consecuencia	
	Requisito legal	

No	Medidas de Intervención	
	Encargado	
	Proceso	
	Encargado	
	Proceso	
	Encargado	
	Proceso	

4.3.2 Recomendaciones para diligenciar la MATRIZ de riesgo

A continuación se hará una explicación detallada de cada uno de los ítems de la matriz de riesgo para presentación de informe.

Presentación de informe MATRIZ de riesgo
Información del centro: *Nombre, sede, dirección, teléfono*

Encuesta de Chequeo: _____ Riesgo: _____ Nivel de Riesgo: _____
 Equipo _____ Sala _____ Fecha _____ Encargado _____

Evaluación del riesgo: Documentar los resultados de la valoración para tener planes de acción

ND _T	NE	NP	SNP	NC	NR	SNR	PA	RE	AR
Nivel de Deficiencia total Ver Tabla 3-5	Nivel de Exposición Ver Tabla 3-6	Nivel de probabilidad Ver Tabla 3-7	Significado del nivel de probabilidad Ver Tabla 3-8	Nivel de Consecuencia Ver Tabla 3-9	Nivel de Riesgo Ver Tabla 3-10	Significado de Nivel de Riesgo Ver Tabla 3-11	Personas Afectadas	Repercusión Ver Ecuación (4.1)	Aceptabilidad del Riesgo Ver Tabla 3-12

Peligro	Descripción	<p>Se recomienda escribir la evaluación a través de los siguientes cuestionamientos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Existe una situación que pueda generar daño? • ¿Quién (o qué) puede sufrir daño? • ¿Cómo puede ocurrir el daño? • ¿Cuándo puede ocurrir el daño?
	Clasificación	<p>Ejemplos generales por área</p> <ul style="list-style-type: none"> • Biológicos: Virus, bacterias, hongos, rickettsias, parásitos, picaduras, mordeduras, fluidos o excrementos. • Físicos: Ruido, luz, vibración, temperatura, presión, radiaciones ionizantes y radiaciones no ionizantes. • Químicos: Polvos orgánicos o inorgánicos, fibras, líquidos, gases y vapores, humos metálicos o no metálicos, material articulado. • Psicosocial. • Biomecánicos: Postura, esfuerzo, movimiento repetitivo, manipulación manual de cargas. • Seguridad: Mecánico, eléctrico, locativo, tecnológico, accidente de tránsito, públicos, trabajo en alturas, espacios confinados. • Fenómenos naturales: Sismo, terremoto, vendaval, inundación, derrumbe, precipitaciones.

Efectos posibles	<p>Se debe establecer cuestionamientos como:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cómo puede ser afectado el trabajador o la parte interesada expuesta? • ¿Cuál es el daño que le(s) puede ocurrir? <p>Algunos ejemplos generales en radiología:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nefrotoxicidad en el paciente producida por exceso de medios de contraste. • Sobreexposición de radiación a los pacientes por mal uso del equipo. • Sobreexposición de radiación al POE en salas de cirugía. • Pérdida de la visión. • Esterilidad. • Malformaciones congénitas. • Cáncer de tiroides. • Daño del equipo por mal uso. • Mala lectura de las imágenes por errores en el contraste. • Exposición por fugas de radiación ocasionados por malos cálculos en los blindajes. • Pérdida de imágenes de los pacientes. • Exposición al público por falta de señalización. <p>Tanto el personal por exposición a la radiación en imágenes diagnósticas (Ver Cap. 2.1).</p>	
Controles existentes	Fuente	Indicar los controles para los peligros existentes mencionados anteriormente. En este caso implicar al personal afectado: Por ejemplo hacer una revisión radiométrica de las salas del equipo.
	Medio	Control que implica más de un operador: ejemplo revisar a través de la dosimetría ambiental.
	Individuo	Control existente personal: por ejemplo dar un dosímetro personal a un determinado trabajador.
Criterios para establecer controles	RE	La repercusión es la trascendencia del riesgo al personal que labora en el equipo con ello se le puede dar prioridad al alcance del riesgo y priorizar.
	Peor consecuencia	Aunque en la evaluación de riesgo se establezca que solo es una recomendación se debe pensar que el control existente supla o evite la peor consecuencia que pueda existir es mejor en estos casos sobreproteger.
	Requisito legal	Tener en cuenta la legislación vigente y otros requisitos. Revisar capítulos 1.2 Parámetros del referente Normativo Internacional y capítulo 1.3 del Referente normativo nacional.

No	Medidas de Intervención	
	Encargado	- CPR - OPR - FM - Tecnólogo
	Se deben citar los factores de riesgo que obtuvieron NO en la encuesta de chequeo y nombrar posibles:	

		<ul style="list-style-type: none"> - Radiólogo - Personal administrativo - Salud ocupacional 	<ul style="list-style-type: none"> • Observaciones. • Recomendaciones. • Mejoras.
	Proceso	Administrativo o de: Eliminación Reparación Compra Reemplazo Sustitución Control de Calidad	<p>El proceso a realizar tiene como finalidad disminuir los niveles de factor de riesgo o las deficiencias que se presenten en el equipo y corresponden a:</p> <ol style="list-style-type: none"> a. Eliminación: modificar un diseño para eliminar el peligro. b. Sustitución: reemplazar o reducir un material por uno menos peligroso. c. Controles de ingeniería: instalar sistemas necesarios (ventilación, enclavamiento, etc.) d. Controles administrativos, señalización, advertencias: Por ejemplo el control del acceso a zona controlada o capacitación del personal. e. Equipos o elementos de protección personal: actualización de los equipos, calibración o cambio de delantales plomados, gafas o guantes plomados. f. Adaptación del trabajo al individuo: tener en cuenta si el trabajador tiene las respectivas competencias físicas y mentales para desarrollar su cargo. g. Buenas prácticas establecidas en el control del peligro presente (tener un protocolo para la toma de imágenes pediátricos). h. Utilización y aplicación de nuevas tecnologías para mejorar los controles. i. Las fallas humanas: repetición con frecuencia de errores o violación de reglas por ejemplo no tener en cuenta las buenas prácticas del uso del dosímetro. j. Mantenimiento planificado de equipos. k. Disposiciones en caso de emergencias o contingencias en donde fallan los controles del riesgo.

Realizado: _____ Revisado: _____

5 Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

Objetivo 1: La revisión de la documentación que debe tener un servicio de radiología sirvió para recabar información de los entes participantes en un proyecto de evaluación de riesgos y seguridad del personal; así, como lo fue la legislación internacional (capítulo 1.2), la legislación nacional del uso de radiaciones ionizantes para diagnóstico médico (capítulo 1.3) y lo referente a los riesgos profesionales frente al uso de las radiaciones ionizantes (capítulo 1.3.2). Además, se plantearon estrategias de la recolección de la información en las visitas previas como lo describe el capítulo 3.1.6 en la cual se inventario los puestos de trabajo existentes, las tareas que realiza el personal, documentos necesarios, procedimientos, equipos, accesorios, planos entre otros para dar cumplimiento a los siguientes objetivos.

Objetivo 2: Al definir el concepto de riesgo (capítulo 3.1.2) se establecieron los parámetros y las situaciones que lo generaban (capítulo 3.1.3). En el marco teórico (capítulo 2) se da información orientativa de los efectos biológicos de la radiación ionizante en imágenes diagnósticas al POE en procedimientos de intervencionismo para diferentes zonas del cuerpo expuestas; así, como algunos accidentes e incidentes en radiología que junto con las visitas preliminares ayudaron a crear las encuestas de chequeo (EC) planteadas en el objetivo tres.

Objetivo 3: Dos de las herramientas fundamentales en la creación de las encuestas de chequeo fueron la colección de salud humana No 4 de auditorías clínicas completas de prácticas de radiología diagnóstica de la OIEA [30] para la creación de las 8 encuestas de chequeo relativo al personal, documentos e instalación. Y el protocolo español de

control de calidad en radiodiagnóstico [86] para la creación de las 17 encuestas relativo a los equipos y control de calidad, estos juntos con las visitas sirvieron para abarcar las necesidades del proyecto frente a los posibles factores de riesgo que puede presentar una institución de radiología médica. Finalmente, basado en el formato de encuesta de chequeo que presenta el manual de riesgos laborales de la dirección general de seguridad y salud laboral de la Junta de Andalucía [73] y la implementación descrita en el capítulo 3.1.6 se establecen las 25 encuestas de chequeo que aparecen en el apéndice de este trabajo.

Objetivo 4: Establecer los factores de riesgo y las situaciones que lo generaban permitieron llegar a cualificar y cuantificar el objetivo primordial de este trabajo que son los niveles de riesgo (NR); no sin antes tener que determinar los valores del nivel de probabilidad y el nivel de consecuencia de la metodología en si para radiología diagnóstica (capítulo 3.2). Los valores cualitativos y cuantitativos fueron establecidos a través del criterio como físico médico usando la GTC 45 [4] y el NTP 330 [72] para el factor de riesgo (ND_p), el nivel de deficiencia (ND_T), el nivel de exposición (NE), el nivel de probabilidad (NP), el nivel de consecuencia (NC), el nivel de riesgo (NR), y el nivel de intervención (NI) representados en sus respectivas tablas con escalas, valores y significados acordes al proceso y a la reglamentación del uso de radiaciones ionizantes.

Objetivo 5: En un análisis de resultados se estableció que gran parte de los factores de riesgo negativos disminuirían si existirá la figura de físico médico como empleado del grupo de trabajo de la OSI, por ejemplo; contar con un físico médico para controles de calidad de los diferentes equipos, por ello; en el capítulo 3.2 se plantea como sugerencia los Requerimientos de recursos humanos en radiología de profesionales en física médica necesaria de acuerdo con el número de equipos de radiología existentes como lo menciona el OIEA en el informe de salud humana número 1 [76].

Para la clasificación del POE que trabaja en intervencionismo se realizó una revisión de los parámetros de protección radiológica para el uso de tubos de rayos X, de cómo afecta la radiación directa y dispersa para el grupo interdisciplinar que asiste dentro de la sala y la función del físico médico en este proceso, ello con el fin de poder plantear los riesgos

que presentan el POE y el público de acuerdo con el número de procedimientos y de la distancia al tubo. Finalmente, con los valores límites permisibles de la GTC 45 [4] y la resolución 181434 se estableció los criterios de clasificación del POE que está descrito en la Tabla 3-14.

Una conclusión importante es que no se está lejos del análisis que muestran otros estudios, como el de M Whitby, Radiation doses to the legs of radiologist performing interventional procedures [60], ellos, concluyen experimentalmente que cuando se utilizó la protección de plomo, la dosis en las manos se redujo significativamente en promedio de 0,04 mSv a 1,25 mSv por procedimiento lo que para la normatividad nacional equivaldría a 41 procedimientos por mes, cinco procedimientos más de los que presenta este trabajo descrito en el capítulo 3.5.1 y muestra la Tabla 3-14.

Objetivo 6: Finalmente, después de llevar a cabo los objetivos propuestos para este trabajo se necesitaba condensar la información y presentarla de forma clara y ordenada por ello el objetivo seis que era establecer un modelo de presentación de informe de la determinación de riesgo y nivel de intervención se propuso en el capítulo 4 con una matriz de riesgo que presento los riesgos existentes y que dependía de la cantidad de personas afectadas. La presentación de la matriz de riesgo, es un formato importante en cuanto se presentan los peligros, los efectos posibles, los controles, los encargados de los procesos en los niveles de intervención, controles existentes y criterios para establecer dichos controles.

5.2 Recomendaciones

1. Debido a que la reglamentación para fuentes radioactivas es más amplia que las del uso de rayos X, se propone complementar la metodología de evaluación de riesgos en imágenes diagnosticas que usen incorporación interna de material radioactivo en técnicas como lo son la gammagrafía y la tomografía por emisión de positrones (PET).
2. Se propone realizar un trabajo similar aplicando la metodología presentada en este trabajo de evaluación de riesgos, pero a un servicio de radioterapia que maneja energías de rayos X del orden de megavoltaje y a su vez hacerlo extensivo a braquiterapia de alta y baja tasa de dosis con manejo de fuentes radioactivas para tratamiento de cáncer. Teniendo en cuenta los capítulos planteados en este trabajo desde la revisión de la norma, conceptos físicos y biológicos, justificación de la método, planteamiento de la metodología de evaluación de riesgos y presentación de informe.
3. Aunque no corresponde a un proceso del uso de radiaciones ionizantes se considera complementar este trabajo con evaluación de riesgos a la técnica de resonancia magnética nuclear (RMN) ya que esta técnica es de uso cotidiano para la detención del cáncer en tratamientos de radioterapia.

6 Apéndice: Encuestas de chequeo

A continuación se presentan las encuestas de chequeo y sus respectivas abreviaturas.



**UNIVERSIDAD NACIONAL
DE COLOMBIA**



GRUPO FÍSICA MEDICA
www.fismed.unal.edu.co

DEPARTAMENTO DE FÍSICA
EVALUACIÓN DE RIESGOS SOBRE PERSONAL Y MATERIALES QUE UTILIZAN
APARATOS DE RAYOS X CON FINES DE DIAGNÓSTICO MEDICO

Tabla 6-1: Información general de la instalación.

INFORMACIÓN GENERAL			
Nombre de la instalación:			
Dirección		Teléfono	
Persona de contacto			
Cargo		Celular	
Correo			
Profesión			
Complejidad del centro			
Evaluador:			
Tipo de control		Fecha	
Informe No:		versión	

Abreviaturas**S:** Si lo presenta**N:** No lo presenta**NA:** No aplica**MPR:** Manual de protección radiológica**OPR:** Oficial de protección radiológica**POE:** Personal ocupacionalmente expuesto**NPOE:** Personal no ocupacionalmente expuesto**ZC:** Zona controlada**ND_p:** Nivel de Deficiencia para un factor de riesgo.**ND_r:** Nivel de deficiencia para el riesgo**ZNC:** Zona no controlada**NDR:** Niveles de diagnóstico de referencia**CC:** Control de calidad**GC:** Garantía de calidad

Se plantean 25 encuestas de chequeo (EC) consideradas necesarias para el desarrollo de la metodología del capítulo 3 para dar cumplimiento al objetivo número tres de este trabajo. Estarán distribuidas en:

- **Personal:** Riesgo por exposición a las radiaciones ionizantes.
- **Material:** Riesgo sobre instalación y utilización de aparatos de rayos X con fines de diagnóstico médico.

Encuesta de chequeo 1: EC1 Personal en zona controlada.

Encuesta de chequeo 2: EC2 Pacientes.

Encuesta de chequeo 3: EC3 Capacitación.

Encuesta de chequeo 4: EC4 Protocolos.

Encuesta de chequeo 5: EC5 Dosimetría.

Encuesta de chequeo 6: EC6 Documentación.

Encuesta de chequeo 7: EC7 Elementos.

Encuesta de chequeo 8: EC8 Instalaciones.

En cuanto al control de calidad de los equipos, las pruebas que se le realizan son clasificadas (**Cla**) como esencial (**Ese**) o complementaria (**Com**) y con una periodicidad (**P**) diaria (**D**), semanal (**S**), mensual (**M**), trimestral (**T**), semestral (**6M**), anual (**An**) y con controles de calidad que pueden darse al inicio de la instalación de los equipos (**I**) o por

cambios realizados en el mismo **(C)**. Para ello nos basaremos en el protocolo español de calidad en radiodiagnóstico realizado por la sociedad española de física medica (SEFM), sociedad española de protección radiológica (SEPR) y la sociedad española de radiología medica (SERAM) [86]. Las EC llevaran dos columnas las cuales mencionaran la clasificación de las pruebas y su periodicidad; no obstante son recomendaciones para revisar las deficiencias no presentadas en las EC sin carácter obligatorio sino como complemento a la intervención en los niveles de riesgo. Además, este trabajo no pretende realizar las pruebas de control de calidad solo revisar si existen dichas pruebas en los equipos, y si existen verificar que estén dentro de los rangos de tolerancia. Las EC 9-1 a 9-17 son particulares de los equipos que existen para toma de imágenes diagnosticas usando tubos de rayos X.

Encuesta de chequeo 9 - 1: EC 9-1 Control de calidad general.

Encuesta de chequeo 9 - 2: EC 9-2 CC RX simple.

Encuesta de chequeo 9 - 3: EC 9-3 CC fluoroscopia.

Encuesta de chequeo 9 - 4: EC 9-4 CC mamografo análogo.

Encuesta de chequeo 9 - 5: EC 9-5 CC mamografo digital.

Encuesta de chequeo 9 - 6: EC 9-6 CC TC.

Encuesta de chequeo 9 - 7: EC 9-7 Densitometría Ósea.

Encuesta de chequeo 9 - 8: EC 9-8 CC RX dental intraoral.

Encuesta de chequeo 9 - 9: EC 9-9 CC RX dental panorámicos.

Encuesta de chequeo 9 - 10: EC 9-10 CC en CBCT.

Encuesta de chequeo 9 - 11: EC 9-11 CC grafía.

Encuesta de chequeo 9 - 12: EC 9-12 CC para digitalizadores de películas.

Encuesta de chequeo 9 - 13: EC 9-13 CC sistemas de radiografía computarizada.

Encuesta de chequeo 9 - 14: EC 9-14 CC impresoras.

Encuesta de chequeo 9 - 15: EC 9-15 CC negatoscopios.

Encuesta de chequeo 9 - 16: EC 9-16 CC monitores.

Encuesta de chequeo 9 - 17: EC 9-17 CC PACS.

6.1.1 Del personal

Encuesta de chequeo 1: EC1 Personal en zona controlada.

PERSONAL

CENTRO _____ FECHA _____

SALA _____ EQUIPO _____

ENCARGADO(A) _____ Horario de manejo _____

FACTORES DE RIESGO	NA	SI	NO	ND _P ¹²
1. ¿Tiene la institución un comité de PR?				4
2. ¿Existe en la institución un OPR?				3
3. ¿Existe en la institución un FM?				5
4. ¿El personal que opera el equipo posee la adecuada formación para el manejo de RI? (<i>revisar hojas de vida</i>)				4
5. ¿Esta por escrito en un formato las funciones para las cuales fue contratado el personal en ese equipo?				2
6. ¿El personal está capacitado para aplicar medios de contraste? (<i>pedir certificado</i>)				4
7. ¿Se ha procedido a la clasificación del POE y del no POE adecuadamente? (<i>ver el procedimiento</i>)				2
8. ¿Se lleva a cabo una vigilancia sanitaria apropiada de los trabajadores expuestos? (<i>revisar formato</i>)				4
9. ¿Existe una política para las mujeres embarazadas que forman parte del personal?				5
10. ¿El personal posee carné de Protección Radiológica de la secretaria distrital de salud?				4
11. ¿Siempre el personal permanece fuera de la sala para la toma de imágenes en casos especiales? (<i>casos especiales de inmovilización</i>)				5
12. ¿Existe personal suplente con la cualificación adecuada para el manejo del equipo?				3
13. ¿Salud ocupacional informa al personal las normas técnicas que regulan el control de los factores de riesgo?				2
14. ¿El personal tiene conocimiento de las posibles enfermedades que se pueden presentar por radiaciones ionizantes? Decreto 1832 de 1994				2
15. ¿Se efectúan simulacros de tiempo de respuesta en caso de alguna emergencia?				4

¹² En la Tabla 3-5 se establece una escala de 0 a 10 para el ND_T y si la suma de los valores de ND_P supera dicho numero en la encuesta de chequeo, el valor de ND_T se coloca el máximo, es decir 10.

OBSERVACIONES

NIVEL DE DEFICIENCIA	ND_T = ΣND_P	ND_T =
NIVEL DE EXPOSICIÓN	NE	NE=
NIVEL DE CONSECUENCIAS	NC	NC= 60
NIVEL DE RIESGO	NR= ND_T x NE x NC	NR=

NIVEL DE RIESGO	1000 a ≤4000	400 a ≤1000	120 a ≤400	≤120
	I	II	III	IV

PERSONAS AFECTADAS _____

Para personal que trabaja en intervención

16. ¿Existe una política de que personal entra a la sala (profesional y estudiantes) y bajo que condiciones?					4
17. ¿Existe una política de prevención que relacione los riesgos de la radiación ionizante en función de la distancia para el personal que asiste a procedimientos dentro de la sala? (ver Figura 3-3)					2
18. ¿Existe un método de prevención con el cual se puede asegurar que el personal médico y técnicos están utilizando prácticas adecuadas para controlar los niveles de radiación a que están expuestos?					4
19. ¿Posee el personal gafas plomadas para el que esta a menos de 50 cm?					5
20. ¿Cuenta el personal con biombos plomados para protección de piernas y pies para los que están a menos de 50 cm?					5
21. ¿Cuenta el personal en general con chalecos plomados y protector tiroideo dentro de la sala?					2
22. ¿Se lleva un registro de los procedimientos que realizan los profesionales médicos dentro de la sala?					1

OBSERVACIONES

NIVEL DE DEFICIENCIA	$ND_T = \sum ND_P$	$ND_T =$
NIVEL DE EXPOSICIÓN	NE	$NE =$
NIVEL DE CONSECUENCIAS	NC	$NC = 60$
NIVEL DE RIESGO	$NR = ND_T \times NE \times NC$	$NR =$

NIVEL DE RIESGO	1000 a \leq 4000	400 a \leq 1000	120 a \leq 400	\leq 120
	I	II	III	IV

PERSONAS AFECTADAS _____

Realizado: _____ Revisado: _____

Encuesta de chequeo 2: EC2 Pacientes

PACIENTES

CENTRO _____ FECHA _____

SALA _____ EQUIPO _____

ENCARGADO(A) _____ Horario de manejo _____

FACTORES DE RIESGO	NA	SI	NO	ND _P
1. ¿Se evalúan los efectos de irradiación prenatales, documentando y estimando la dosis fetal? (Revisar publicación 90 del ICRP del 2003 b)				5
2. ¿Se le notifica al paciente los beneficios del uso de la radiación? y ¿cómo se realiza?				3
3. ¿Se hace una evaluación del riesgo de las radiaciones ionizantes en relación con el estado médico específico del paciente a nivel individual? (relación riesgo beneficio) ¿cómo?				2
4. ¿Se firma formulario de consentimiento al paciente?				2
5. ¿Se hace una optimización de dosis al paciente en los procedimientos intervencionistas guiados por fluoroscopia? (revisar el TecDoc 1641)				5
6. ¿Para radiografía dental intraoral se dispone de sujeciones mecánicas?				4
7. ¿Se establecen niveles de referencia para diagnóstico?				2
8. ¿Existen protocolos para estimar la dosis apropiada del paciente para los procedimientos del examen solicitado?				4
9. ¿Se dispone de elementos de PR para el paciente? (por ejemplo protector tiroideo)				5
10. ¿Existe un programa de vigilancia de las exposiciones de los pacientes, cálculo de dosis en órganos específicos para los procedimientos de diagnóstico, la dosis de la piel de entrada, el producto área de dosis?				5
11. ¿Se estima la dosis absorbida durante los procedimientos clínicos?				2
12. ¿Se realizan practicas de estimaciones de dosis del paciente partir de mediciones con un maniquí?				2

OBSERVACIONES

NIVEL DE DEFICIENCIA	$ND_T = \sum ND_p$	$ND_T =$
NIVEL DE EXPOSICIÓN	NE	NE=
NIVEL DE CONSECUENCIAS	NC	NC= 25
NIVEL DE RIESGO	$NR = ND_T \times NE \times NC$	NR=

NIVEL DE RIESGO	1000 a \leq 4000	400 a \leq 1000	120 a \leq 400	\leq 120
	I	II	III	IV

PERSONAS AFECTADAS _____

Realizado: _____ Revisado: _____

Encuesta de chequeo 3: EC3 Capacitación

CAPACITACIÓN

CENTRO _____ FECHA _____

SALA _____ EQUIPO _____

ENCARGADO(A) _____ Horario de manejo _____

FACTORES DE RIESGO	NA	SI	NO	ND _P
1. ¿El personal recibió capacitación para el manejo de los equipos?				5
2. ¿Existe capacitación al personal cuando se actualizan los equipos?				5
3. ¿El personal recibió capacitación estatutaria y reglamentaria? (seguridad radiológica, brigada de emergencias, primeros auxilios y sistema de calidad en salud ocupacional) ley 1562 del 2012				2
4. ¿Recibe el personal un curso de formación y capacitación con un programa aprobado en PR? ¿Quién lo orienta?				4
5. ¿Se realiza formación clínica? (evaluación de la imagen, técnicas radiográficas, información sobre el equipo y reanimación). ¿Qué horarios tiene?				2
6. ¿Conoce el personal el MPR?				4
7. ¿Los estudiantes y personal en formación entran a la sala en intervencionismo con la debida inducción y preparación en PR?				4
8. ¿El personal está capacitado para reacción en caso de incidentes o situaciones de emergencia? OIEA. GS. RS-G-1.1				4
9. ¿El personal recibió capacitación de protección al paciente?				4
10. ¿El personal está capacitado para el uso de principios ergonómicos en el uso de los equipos? Resolución 18 1434				2
11. ¿Se establecen actividades de promoción y prevención para la protección individual o colectiva para riesgos derivados que afecten la salud tales como los físicos, químicos, biológicos, ergonómicos, psicosociales, de saneamiento y de seguridad? Decreto 1295 de 1994.				2
12. ¿Participa el personal en políticas y procedimientos institucionales para la continua optimización de uso de la radiación?				1

OBSERVACIONES

NIVEL DE DEFICIENCIA	$ND_T = \sum ND_p$	$ND_T =$
NIVEL DE EXPOSICIÓN	NE	NE=
NIVEL DE CONSECUENCIAS	NC	NC= 30
NIVEL DE RIESGO	$NR = ND_T \times NE \times NC$	NR=

NIVEL DE RIESGO	1000 a \leq 4000	400 a \leq 1000	120 a \leq 400	\leq 120
	I	II	III	IV

PERSONAS AFECTADAS _____

Realizado: _____ Revisado: _____

Encuesta de chequeo 4: EC4 Protocolos

PROTOCOLOS

CENTRO _____ FECHA _____

SALA _____ EQUIPO _____

ENCARGADO(A) _____ Horario de manejo _____

FACTORES DE RIESGO	NA	SI	NO	ND _P
1. ¿Existe un protocolo diario de inicio mecánico del equipo y esta disponible a la vista?				2
2. ¿Existe un protocolo diario dosimétrico de inicio del equipo y esta disponible?				2
3. ¿Existen un protocolo o recomendaciones en intervencionismo de la relación; estatura del staff, posición del tubo de rayos X, kV, mA, TC, tiempo del haz, área del paciente entre otros?				2
4. ¿Existe un protocolo para toma de imágenes pediátricas y esta disponible?				3
5. ¿Existe un protocolo para toma de imágenes para mujeres embarazadas (paciente) y esta disponible?				3
6. ¿Existe un protocolo para toma de imágenes adultos y esta disponible?				2
7. ¿Existe un protocolo para técnicas de pacientes obesos? ¿Y esta disponible a la vista? OIEA TecDoc-1447				2
8. ¿Existe un protocolo para el personal que asiste a un paciente en la toma de imágenes dentro de la sala?				4
9. ¿Existe un protocolo donde este consignado, evaluado y contrarrestado los accidentes e incidentes con los pacientes y esta disponible?				2
10. ¿Existe un protocolo de horarios de trabajo y procedimientos establecidos para disminuir la dosis de POE?				3
11. ¿Existe un protocolo de conformidad con la política y los procedimientos de control de infecciones: limpieza, desechos, objetos punzantes, técnicas asépticas y estériles, esterilización, etc.?				3
12. ¿Existe un acta o protocolo de reunión de comité de PR?				1
13. ¿Existe un método de monitoreo de la dosimetría personal para verificar el uso correcto de las prácticas en intervención de acuerdo con la normatividad vigente?				2
14. ¿Existe un código de conducta de seguridad radiológica? (ver capítulo 5)				1
15. ¿Existe una descripción de los servicios dosimétricos utilizados en las instalaciones y por el personal (tipos de dosímetro, número de dosímetros por profesional, periodicidad, de dosímetros ambientales)?				1

OBSERVACIONES

NIVEL DE DEFICIENCIA	ND_T = ΣND_P	ND_T =
NIVEL DE EXPOSICIÓN	NE	NE =
NIVEL DE CONSECUENCIAS	NC	NC = 25
NIVEL DE RIESGO	NR= ND_T x NE x NC	NR =

NIVEL DE RIESGO	1000 a ≤4000	400 a ≤1000	120 a ≤400	≤120
	I	II	III	IV

PERSONAS AFECTADAS _____

Realizado: _____ Revisado: _____

Encuesta de chequeo 5: EC5 Dosimetría

DOSIMETRÍA

CENTRO _____ FECHA _____

SALA _____ EQUIPO _____

ENCARGADO(A) _____ Horario de manejo _____

FACTORES DE RIESGO	NA	SI	NO	ND _p
1. ¿Disponen los trabajadores de dosímetros individuales?				4
2. ¿Se disponen de dosímetros de área y control para la sala para la vigilancia ambiental de las zonas clasificadas?				4
3. ¿Existen reportes de todas las dosimétricas por equipo y por servicio?				2
4. ¿Esta estimación dosimétrica se ajusta a los niveles permisibles en la resolución 181434 del 2002?				3
5. ¿La empresa que maneja la dosimetría esta avalada por un centro autorizado?				2
6. ¿Son adecuados la política y los registros de supervisión de la dosis ocupacional?				2
7. ¿El personal conoce la dosis mensual y la dosis acumulada?				2
8. ¿Se ha tenido alguna lectura dosimétrica de sobreexposición a la radiación el último año? (ND _p aplica para el SI) ¹³				4
9. ¿Se tiene un sistema de control para garantizar que el dosímetro se mantiene dentro de la institución?				1
10. ¿Se prestan los dosímetros entre el personal?				2
11. ¿Ejecuta el físico médico una vigilancia radiológica personalizada, de casos especiales del personal?				4
12. ¿Existen registros de calibración y registros de comprobaciones cruzadas?				2

Observaciones: Tomar el nombre de la empresa que lleva la dosimetría. Pedir informe si la pregunta 8 es SI.

¹³ La respuesta NO aplica por la deficiencia de un factor de riesgo sino por la presencia de un riesgo SI

NIVEL DE DEFICIENCIA	$ND_T = \sum ND_p$	$ND_T =$
NIVEL DE EXPOSICIÓN	NE	$NE =$
NIVEL DE CONSECUENCIAS	NC	$NC = 40$
NIVEL DE RIESGO	$NR = ND_T \times NE \times NC$	$NR =$

NIVEL DE RIESGO	1000 a \leq 4000	400 a \leq 1000	120 a \leq 400	\leq 120
	I	II	III	IV

PERSONAS AFECTADAS _____

Realizado: _____ Revisado: _____

6.1.2 Del material

Encuesta de chequeo 6: EC6 Documentación

DOCUMENTACIÓN

CENTRO _____ FECHA _____

SALA _____ EQUIPO _____

ENCARGADO(A) _____ Horario de manejo _____

FACTORES DE RIESGO	NA	SI	NO	ND _p
1. ¿Existe manual de PR que describe adecuadamente los aspectos pertinentes de la seguridad radiológica, se revisa periódicamente y se actualiza cuando es necesario? OIEA. GS. RS-G-1.1 [19].				6
2. ¿Cumple el MPR con los estándares para el uso de Rayos X en imágenes diagnósticas de acuerdo con la ley?				2
3. ¿Se desarrolla un programa de seguridad radiológica clínica para la protección radiológica de los pacientes, el personal y el público? (Ver documento)				3
4. ¿Existe un documento y está disponible del diario de operación del servicio?				1
5. ¿Existe un documento y está disponible de hoja de vida del equipo?				2
6. ¿Existe un documento y está disponible de los blindajes de la sala?				2
7. ¿Existe un documento diario y está disponible donde se consigna cualquier tipo de incidencia registrada en el equipo?				2
8. ¿Existe un documento y está disponible las fechas de las revisiones de los equipos y los valores de los niveles de radiación medidos con las pruebas del control de calidad?				2
9. ¿Se dispone de los documentos oportunos que acrediten la seguridad en el diseño y fabricación de los generadores de tubos de rayos X, tales como, certificados de homologación de los equipos, certificado de verificación emitido de conformidad con lo previsto en la disposición transitoria?				2
10. ¿Existe un documento de actualizaciones del equipo, desarrollo de mejores películas, del tubo de rayos X, de la red, de la pantalla y de técnicas de procesamiento?				2
11. ¿Existe un documento que certifique el manejo de los incidentes y accidentes con registro análisis y respuesta que ha tenido el equipo?				3
12. ¿Existe un documento que acredite la asistencia del personal a capacitación PR?				1
13. ¿Existe un formato de etiquetado del examen, detalles de la máquina, paciente, factores del examen, contraste, limitaciones, reacciones adversas, sedación, medicación, etc.?				2
14. ¿Se registran y se archivan en un formato los historiales dosimétricos de los trabajadores expuestos?				2

15. ¿Existen una política y procedimientos de conservación y grabaciones e imágenes? ¿Se documentan adecuadamente las pruebas del control de calidad?				2
---	--	--	--	----------

OBSERVACIONES

NIVEL DE DEFICIENCIA	ND_T = ΣND_P	ND_T =
NIVEL DE EXPOSICIÓN	NE	NE=
NIVEL DE CONSECUENCIAS	NC	NC= 20
NIVEL DE RIESGO	NR= ND_T x NE x NC	NR=

NIVEL DE RIESGO	1000 a ≤4000	400 a ≤1000	120 a ≤400	≤120
	I	II	III	IV

PERSONAS AFECTADAS _____

Realizado: _____ Revisado: _____

Encuesta de chequeo 7: EC7 Elementos

ELEMENTOS

CENTRO _____ FECHA _____

SALA _____ EQUIPO _____

ENCARGADO(A) _____ Horario de manejo _____

FACTORES DE RIESGO	NA	SI	NO	ND _P
1. ¿Se calibran, verifican y comprueban con periodicidad adecuada los instrumentos de medida y de dosimetría?				4
2. ¿Son los accesorios de PR suficientes y cubren la necesidad para los procedimientos que se realizan en la institución tanto al paciente como al POE? Ley 657 de 2001				4
3. ¿Los elementos cumplen con la prueba radiológica?				4
4. ¿Los elementos cubren las zonas anatómicas necesarias? (ergonomía)				4
5. ¿Está establecido un programa de control de calidad de estos elementos?				2
6. ¿Están disponibles dispositivos y accesorios protectores?				2
7. ¿Los elementos de protección tienen un sitio específico para su correcta colocación que permita la preservación de los elementos?				2
8. Siempre que por las características propias de una exploración se haga necesaria la inmovilización del paciente. ¿Esta se realizará mediante la utilización de sujeciones mecánicas apropiadas?				4

OBSERVACIONES

NIVEL DE DEFICIENCIA	$ND_T = \sum ND_P$	ND _T =
NIVEL DE EXPOSICIÓN	NE	NE =
NIVEL DE CONSECUENCIAS	NC	NC = 40
NIVEL DE RIESGO	$NR = ND_T \times NE \times NC$	NR =

NIVEL DE RIESGO	1000 a ≤4000	400 a ≤1000	120 a ≤400	≤120
	I	II	III	IV

PERSONAS AFECTADAS _____

Realizado: _____ Revisado: _____

Encuesta de chequeo 8: EC8 Instalaciones

INSTALACIONES

CENTRO _____ FECHA _____

SALA _____ EQUIPO _____

ENCARGADO(A) _____ Horario de manejo _____

FACTORES DE RIESGO	NA	SI	NO	ND _P
1. ¿Tiene la instalación autorización de funcionamiento para este equipo expedida por la secretaria de salud?				5
2. ¿La instalación donde esta el equipo cumple con los planos elaborados inicialmente?				5
3. ¿Los equipos están distribuidos de acuerdo con el mapa de ubicación de equipos radiológicos presentado en el manual de PR?				5
4. ¿Los blindajes del equipo cumplen con la carga de trabajo programada inicialmente y corresponden a las barreras primarias y secundarias?				5
5. ¿Se han clasificado correctamente las zonas controladas y las zonas no controladas?				4
6. ¿Existen políticas sobre clasificación e identificación y visitas de ZC y ZNC coherentes con los requisitos legales o las directrices correspondientes?				4
7. ¿Existen medidas de acceso controlado a la sala donde está ubicado el equipo de rayos X cuando esta en funcionamiento?				4
8. ¿Dispone el equipo de un acceso controlado de modo que no permanecerá ninguna persona ajena a las mencionadas salas cuando los equipos de rayos X estén en funcionamiento?				4
9. ¿Permanecen en condiciones de seguridad la sala y el equipo para que no se puedan poner en marcha ni manipulados por personal ajeno a la instalación?				4
10. ¿Existe un lugar donde se almacene las placas y cumple con los parámetros de blindaje, seguridad y accesibilidad? (Ver encuesta 10.7)				1
11. ¿Existen dispositivos indicadores de alarma audibles y visibles comprobados para la emisión de rayos X?				3
12. ¿Funcionan correctamente los engranajes de las puertas?				2
13. ¿Esta disponible el manual del operador del equipo?				2
14. ¿Existe un diario de incidentes en el equipo o en la institución?				2

OBSERVACIONES

NIVEL DE DEFICIENCIA	$ND_T = \sum ND_P$	$ND_T =$
NIVEL DE EXPOSICIÓN	NE	NE=
NIVEL DE CONSECUENCIAS	NC	NC= 50
NIVEL DE RIESGO	$NR = ND_T \times NE \times NC$	NR=

NIVEL DE RIESGO	1000 a \leq 4000	400 a \leq 1000	120 a \leq 400	\leq 120
	I	II	III	IV

PERSONAS AFECTADAS _____

Realizado: _____ Revisado: _____

Encuesta de chequeo 9 - 1: EC 9-1 Control de calidad general

9.1 CONTROL DE CALIDAD GENERAL DE EQUIPOS

CENTRO _____ FECHA _____

SALA _____ EQUIPO _____

ENCARGADO(A) _____ Horario de manejo _____

FACTORES DE RIESGO	NA	SI	NO	ND _P
1. ¿El equipo tiene un formato hoja de vida?				4
2. ¿Existen mediciones para las pruebas de aceptación y las mediciones iniciales?				4
3. ¿Existe un programa establecido para el mantenimiento de los equipos con una periodicidad anual?				2
4. ¿Existe un programa de CC para el equipo?				2
5. ¿Se tienen el equipo y la metodología necesaria para realizar pruebas CC al equipo?				2
6. ¿Se revisan periódicamente las técnicas radiográficas?				2
7. ¿El personal participa en los procedimientos de las comprobaciones del CC?				2
8. ¿Se adoptan medidas correctivas y se verifican en respuesta a los resultados obtenidos del CC?				2
9. ¿Se tiene establecido procedimientos de emergencia ante eventualidades de los equipos?				4
10. ¿Está claramente descrita y es operativa las funciones del FM en la orientación y supervisión de las actividades de CC, la protección radiológica y la dosimetría?				2
11. ¿Se tiene información y esta consignada la vida útil de los equipos?				2
12. ¿Existen especificaciones técnicas de los equipos (manuales) y están al alcance?				2
13. Si el equipo usa medios de contraste ¿está adaptado para aplicar medios de contraste?				2
14. ¿Existe un reporte de mínimo dos radiometrías en el último año?				2
15. ¿Existen medios visuales que muestren el correcto funcionamiento de los equipos y las salas?				2
16. ¿Existe un cronograma de mantenimiento y de control de calidad anual y es visible para el servicio?				2
17. ¿Se está usando la carga de trabajo del equipo para el cual fue diseñado?				2
18. Si se ha hecho sustitución del equipo ¿Existe y está documentada una política de sustitución?				2
19. ¿La retirada de los equipos de rayos X defectuosa se ha efectuado por las empresas o entidades autorizadas por el ente nacional encargado?				2
20. Si el equipo tuvo alguna modificación ¿se hizo una dosimetría de cambio?				2

OBSERVACIONES

NIVEL DE DEFICIENCIA	ND_T = SND_P	ND_T =
NIVEL DE EXPOSICIÓN	NE	NE =
NIVEL DE CONSECUENCIAS	NC	NC = 60
NIVEL; DE RIESGO	NR = ND_T x NE x NC	NR =

NIVEL DE RIESGO	1000 a ≤4000	400 a ≤1000	120 a ≤400	≤120
	I	II	III	IV

PERSONAS AFECTADAS _____

Realizado: _____ Revisado: _____

Encuesta de chequeo 9 - 2: EC 9-2 CC RX simple

9.2 Control de calidad para radiografía simple

FACTORES DE RIESGO	Cla	P	NA	SI	NO	ND _P
1. ¿Al equipo se le hizo CC en el último año?	Ese	An				4
Parámetros Geométricos						
2. ¿Esta incluida la prueba de tamaño mínimo de campo?	Com	I-C				1
3. ¿Esta incluida la prueba de indicador de la distancia foco-detector de imagen?	Com	I-C				1
4. ¿Esta incluida la prueba de definición del campo luminoso?	Com	An-I-C				1
5. ¿Esta incluida la prueba de alineación y centrado campo de luz-campo de radiación-campo de registro?	Ese	An-I-C				2
6. ¿Esta incluida la prueba de colimación?	Com	I-C				1
7. ¿Esta incluida la prueba de ortogonalidad del haz de rayos X y del receptor de imagen?	Ese	An-I-C				2
Calidad del haz						
8. ¿Esta incluida la prueba de exactitud en la tensión?	Ese	An-I-C				2
9. ¿Esta incluida la prueba de repetibilidad y reproducibilidad de la tensión?	Ese	I-C				2
10. ¿Esta incluida la prueba de filtración capa hemireductora?	Ese	An-I-C				2
11. ¿Esta incluida la prueba de visualización de la forma de onda?	Com	An-I-C				1
Tiempo de exposición						
12. ¿Esta incluida la prueba de exactitud en el tiempo de exposición?	Ese	I-C				2
13. ¿Esta incluida la prueba de repetibilidad y reproducibilidad en el tiempo de exposición?	Ese	I-C				2
Rendimiento						
14. ¿Esta incluida la prueba de valor del rendimiento?	Ese	An-I-C				2
15. ¿Esta incluida la prueba de repetibilidad del rendimiento?	Ese	I-C				2
16. ¿Esta incluida la prueba de variación del rendimiento con la corriente y con la carga?	Ese	An-I-C				2
Rejilla						
17. ¿Esta incluida la prueba de factor de exposición de la rejilla?	Com	I-C				1
18. ¿Esta incluida la prueba de estado y movimiento de la rejilla?	Com	An-I-C				1
19. ¿Esta incluida la prueba de posicionamiento correcto de la rejilla?	Com	An-I-C				1
Control automático de exposición (CAE) en sistemas de película pantalla						
20. ¿Esta incluida la prueba de ajuste del CAE para la posición central del selector de densidades, repetibilidad del CAE?	Ese	An-I-C				2
21. ¿Esta incluida la prueba de homogeneidad entre las cámaras?	Ese	An-I-C				2

22. ¿Esta incluida la prueba de incremento de densidad óptica por paso del selector de densidades?	Com	I-C				1
23. ¿Esta incluida la prueba de compensación del CAE para distintos espesores y diferentes tensiones?	Ese	An-I-C				2

Control automático de exposición (CAE) en sistemas digitales

24. ¿Esta incluida la prueba de ajuste del CAE para la posición central del selector de densidades y repetibilidad del CAE?	Ese	An-I-C				2
25. ¿Esta incluida la prueba de homogeneidad entre las cámaras?	Ese	An-I-C				2
26. ¿Esta incluida la prueba de incremento de señal por paso del selector?	Com	I-C				1
27. ¿Esta incluida la prueba de compensación del CAE para distintos espesores y diferentes tensiones?	Ese	An-I-C				2

Sistemas digitales de registro de panel plano

28. ¿Esta incluida la prueba de remanencia de la imagen previa?	Com	An-I-C				1
29. ¿Esta incluida la prueba de uniformidad de la imagen?	Ese	An-I-C				2
30. ¿Esta incluida la prueba de tamaño de campo y distorsión geométrica?	Com	I-C				1
31. ¿Esta incluida la prueba de función de respuesta del detector?	Ese	An-I-C				2
32. ¿Esta incluida la prueba de ruido de fondo de los detectores?	Com	An-I-C				1
33. ¿Esta incluida la prueba de resolución espacial?	Ese	An-I-C				2
34. ¿Esta incluida la prueba de uniformidad de la resolución?	Com	I-C				1
35. ¿Esta incluida la prueba de umbral de la sensibilidad contraste-tamaño del detalle?	Ese	An-I-C				2
36. ¿Esta incluida la prueba de ruido?	Ese	An-I-C				2
37. ¿Esta incluida la prueba de artefactos en la imagen?	Ese	An-I-C				2
38. ¿Esta incluida la prueba de calibración del indicador de dosis del detector?	Ese	An-I-C				2
39. ¿Esta incluida la prueba de verificación de los elementos defectuosos del detector sin corregir?	Com	An-I-C				1

Sistema de medida de datos

40. ¿Esta incluida la prueba de verificación del funcionamiento del sistema de medida de estimación del producto dosis-área?	Com	An-I-C				1
--	-----	--------	--	--	--	---

OBSERVACIONES

NIVEL DE DEFICIENCIA	$ND_T = \sum ND_p$	ND_T =
NIVEL DE EXPOSICIÓN	NE	NE=
NIVEL DE CONSECUENCIAS	NC	NC= 50
NIVEL; DE RIESGO	NR= ND_T x NE x NC	NR=

NIVEL DE RIESGO	1000 a ≤4000	400 a ≤1000	120 a ≤400	≤120
	I	II	III	IV

PERSONAS AFECTADAS _____

Realizado: _____ Revisado: _____

Encuesta de chequeo 9 - 3: EC 9-3 CC fluoroscopia

9.3 Control de calidad para fluoroscopia y fluoroscopia de intervención guiada por imagen

FACTORES DE RIESGO	Cla	P	NA	SI	NO	ND _P
1. ¿Al equipo se le hizo CC en el último año?	Ese	A				4
Parámetros Geométricos						
2. ¿Esta incluida la prueba mínima de distancia foco piel?	Ese	I-C				2
3. ¿Esta incluida la prueba de perpendicularidad y centrado del haz de rayos X?	Com	An-I-C				1
4. ¿Esta incluida la prueba de tamaño de campo de entrada del detector de imagen?	Ese	An-I-C				2
5. ¿Esta incluida la prueba de distorsión geométrica?	Ese	An-I-C				2
6. ¿Esta incluida la prueba de linealidad del monitor del TV del equipo?	Com	I-C				1
7. ¿Esta incluida la prueba de coincidencia del campo de radiación con el área de visualización del detector?	Ese	An-I-C				2
Fluoroscopia pulsada						
8. ¿Esta incluida la prueba de duración y frecuencia del pulso?	Com	I-C				1
Rendimiento						
9. ¿Esta incluida la prueba del valor del rendimiento?	Ese	An-I-C				2
10. ¿Esta incluida la prueba de repetibilidad del rendimiento?	Ese	I-C				2
Control automático de intensidad (CAI)						
11. ¿Esta incluida la prueba de tasa de dosis, dosis por imagen en el plano de entrada del sistema de imagen?	Ese	An-I-C				2
12. ¿Esta incluida la prueba de repetibilidad tasa de dosis, dosis por imagen en el sistema de imagen?	Ese	I-C				2
13. ¿Esta incluida la prueba de compensación del CAI para distintos espesores y tensiones?	Ese	An-I-C				2
Dosis paciente						
14. ¿Esta incluida la prueba de tasa de dosis al paciente?	Ese	An-I-C				2
15. ¿Esta incluida la prueba de dosis por imagen al paciente?	Ese	An-I-C				2
16. ¿Esta incluida la prueba de verificación del funcionamiento del sistema de medida o estimación del producto dosis-área?	Ese	An-I-C				2
17. ¿Esta incluida la prueba de valor de la dosis al punto de referencia?	Com	An-I-C				1
Calidad de imagen						
18. ¿Esta incluida la prueba de escala de grises?	Com	An-I-C				1
19. ¿Esta incluida la prueba de resolución espacial?	Ese	An-I-C				2

20. ¿Esta incluida la prueba de uniformidad de la resolución?	Com	An-I-C				1
21. ¿Esta incluida la prueba de umbral de sensibilidad abajo contraste?	Ese	An-I-C				2
22. ¿Esta incluida la prueba de umbral de sensibilidad contraste – tamaño del detalle?	Com	An-I-C				1

CAE en sistemas digitales

23. ¿Esta incluida la prueba de limite de resolución espacial para imagen sustraída?	Ese	An-I-C				2
24. ¿Esta incluida la prueba de umbral de sensibilidad abajo contraste para imagen sustraída?	Ese	An-I-C				2
25. ¿Esta incluida la prueba de uniformidad de contraste para imagen sustraída?	Com	An-I-C				1
26. ¿Esta incluida la prueba de uniformidad espacial para la imagen sustraída?	Com	An-I-C				1
27. ¿Esta incluida la prueba de linealidad del contraste para la imagen sustraída?	Com	An-I-C				1
28. ¿Esta incluida la prueba de artefactos de la imagen sustraída?	Ese	An-I-C				2

OBSERVACIONES

NIVEL DE DEFICIENCIA	ND_T = SND_p	ND_T =
NIVEL DE EXPOSICIÓN	NE	NE =
NIVEL DE CONSECUENCIAS	NC	NC = 50
NIVEL; DE RIESGO	NR = ND_T x NE x NC	NR =

NIVEL DE RIESGO	1000 a ≤4000	400 a ≤1000	120 a ≤400	≤120
	I	II	III	IV

PERSONAS AFECTADAS _____

Realizado: _____ Revisado: _____

Encuesta de chequeo 9 - 4: EC 9-4 CC mamografo análogo

9.4 Control de calidad para mamografo analógicos

FACTORES DE RIESGO	Cla	P	NA	SI	NO	ND _P
1. ¿Al equipo se le hizo CC en el último año?	Ese	A				4
Parámetros Geométricos						
2. ¿Esta incluida la prueba de distancia foco película?	Com	I-C				1
3. ¿Esta incluida la prueba de coincidencia de campo de radiación película?	Ese	An-I-C				2
4. ¿Esta incluida la prueba de uniformidad de campo de radiación?	Com	An-I-C				1
5. ¿Esta incluida la prueba de artefactos del equipo?	Ese	An-I-C				2
6. ¿Esta incluida la prueba de factor de ampliación?	Com	I-C				1
Calidad del haz						
7. ¿Esta incluida la prueba de exactitud y reproducibilidad de la tensión?	Ese	An-I-C				2
8. ¿Esta incluida la prueba de filtración y capa hemirreductora (CHR)?	Ese	An-I-C				2
Tiempo de exposición						
9. ¿Esta incluida la prueba de tiempo de exposición?	Ese	An-I-C				2
Rendimiento						
10. ¿Esta incluida la prueba de rendimiento en condiciones de referencia y tasa de dosis en condiciones de referencia?	Ese	An-I-C				2
11. ¿Esta incluida la prueba del valor del rendimiento en condiciones clínicas?	Ese	An-I-C				2
12. ¿Esta incluida la prueba de repetibilidad y reproducibilidad?	Ese	I-C				2
13. ¿Esta incluida la prueba de linealidad del rendimiento con la carga del tubo?	Ese	An-I-C				2
Rejilla						
14. ¿Esta incluida la prueba del factor de exposición de rejilla o del sistema de rejilla?	Com	An-I-C				1
15. ¿Esta incluida la prueba de imagen de la rejilla?	Com	I-C				1
16. ¿Esta incluida la prueba de artefactos de la rejilla?	Ese	An-I-C				2
Control Automático de Exposición						
17. ¿Esta incluida la prueba de ajuste del CAE para la posición central del selector de densidades?	Ese	An-I-C				2
18. ¿Esta incluida la prueba de incremento de la densidad óptica por paso del selector de densidades?	Com	I-C				1
19. ¿Esta incluida la prueba de repetibilidad del CAE?	Ese	An-I-C				2
20. ¿Esta incluida la prueba de compensación del CAE con el espesor, la tensión y los modos de operación?	Ese	I-C-6M				2
21. ¿Esta incluida la prueba de evaluación semanal del CAE?	Ese	A-I				2

22. ¿Esta incluida la prueba de reproducibilidad entre los sensores del CAE?	Com	I-C				1
Sistema de compresión						
23. ¿Esta incluida la prueba de exactitud del espesor medido?	Ese	An-I-C				2
24. ¿Esta incluida la prueba de deformación, alineación y atenuación del compresor?	Ese	An-I-C				2
25. ¿Esta incluida la prueba de fuerza de compresión?	Ese	An-I-C				2
Calidad de la imagen						
26. ¿Esta incluida la prueba de resolución espacial?	Ese	An-I-C				2
27. ¿Esta incluida la prueba de contraste de imagen?	Com	An-I-C				1
28. ¿Esta incluida la prueba de umbral de sensibilidad a bajo contraste?	Ese	An-I-C				2
29. ¿Esta incluida la prueba de visibilidad de pequeños objetos o micro calcificaciones?	Ese	An-I-C				2
30. ¿Esta incluida la prueba de evaluación semanal de la calidad de imagen?	Com	S				1
Dosimetría						
31. ¿Esta incluida la prueba de kerma en aire en la superficie de entrada del maniquí patrón?	Ese	An-I-C				2
32. ¿Esta incluida la prueba de dosis granular promedio?	Ese	An-I-C				2

OBSERVACIONES: incluir pruebas de negatoscopios, procesadoras y cartulinas y chasis

NIVEL DE DEFICIENCIA	ND_T = SND_P	ND_T =
NIVEL DE EXPOSICIÓN	NE	NE=
NIVEL DE CONSECUENCIAS	NC	NC= 50
NIVEL; DE RIESGO	NR= ND_T x NE x NC	NR=

NIVEL DE RIESGO	1000 a ≤4000	400 a ≤1000	120 a ≤400	≤120
	I	II	III	IV

PERSONAS AFECTADAS _____

Realizado: _____ Revisado: _____

Encuesta de chequeo 9 - 5: EC 9-5 CC mamografo digital

9.5 Control de calidad para mamografo digitales

FACTORES DE RIESGO	Cla	P	NA	SI	NO	ND _P
1. ¿Al equipo se le hizo CC en el último año?	Ese	A				4
Parámetros Geométricos						
2. ¿Esta incluida la prueba de distancia foco detector de imagen?	Com	I-C				1
3. ¿Esta incluida la prueba de coincidencia de campo de radiación - detector?	Ese	An-I-C				2
4. ¿Esta incluida la prueba de factor de ampliación?	Com	I-C				1
5. ¿Esta incluida la prueba de artefactos del equipo?	Ese	S-I-C				2
Calidad del haz						
6. ¿Esta incluida la prueba de exactitud y reproducibilidad de la tensión?	Ese	I-C				2
7. ¿Esta incluida la prueba de filtración. Capa hemirreductora (CHR)?	Ese	An-I-C				2
Tiempo de exposición						
8. ¿Esta incluida la prueba de tiempo de exposición?	Ese	An-I-C				2
Rendimiento						
9. ¿Esta incluida la prueba del valor del rendimiento en condiciones clínicas?	Ese	An-I-C				2
10. ¿Esta incluida la prueba de repetibilidad y reproducibilidad?	Ese	I-C				2
11. ¿Esta incluida la prueba de linealidad del rendimiento con la carga del tubo?	Ese	An-I-C				2
Rejilla						
12. ¿Esta incluida la prueba del factor de exposición de rejilla o del sistema de rejilla?	Com	I-C				1
13. ¿Esta incluida la prueba de artefactos de la rejilla?	Ese	An-I-C				2
Control Automático de Exposición						
14. ¿Esta incluida la prueba de ajuste del CAE?	Ese	A-I-C				2
15. ¿Esta incluida la prueba de repetibilidad del CAE?	Ese	I-C				2
16. ¿Esta incluida la prueba de reproducibilidad entre sensores del CAE?	Com	I-C				1
17. ¿Esta incluida la prueba de compensación del CAE con el espesor y composición de la mama?	Ese	An-I-C				2
18. ¿Esta incluida la prueba semanal de constancia del funcionamiento del CAE?	Com	S				1
Sistema de compresión						
19. ¿Esta incluida la prueba de exactitud del espesor determinado por el sistema de compresión?	Ese	An-I-C				2
20. ¿Esta incluida la prueba de fuerza de compresión y atenuación del compresor?	Ese	I-C				2
21. ¿Esta incluida la prueba de deformación y alineación del compresor?	Ese	An-I-C				2
Detector						
22. ¿Esta incluida la prueba de función respuesta	Ese	An-I-				2

del detector?		C				
23. ¿Esta incluida la prueba de perdida de imagen en la pared del tórax?	Ese	An-I-C				2
24. ¿Esta incluida la prueba de diferencia de sensibilidad entre fósforos (sistema CR)?	Ese	An-I-C				2
25. ¿Esta incluida la prueba de uniformidad de la imagen?	Ese	An-I-C				2
26. ¿Esta incluida la prueba de constancia en la uniformidad de la imagen?	Ese	S				2
27. ¿Esta incluida la prueba de barrido del láser (solo CR)?	Ese	An-I-C				2
28. ¿Esta incluida la prueba de artefactos en CR?	Ese	S-I-C				2
29. ¿Esta incluida la prueba de artefactos y elementos defectuosos en los DR?	Ese	S-I-C				2
30. ¿Esta incluida la prueba de efectividad del ciclo de borrado (CR)?	Ese	An-I-C				2

Calidad de la imagen

31. ¿Esta incluida la prueba de umbral de sensibilidad contraste - tamaño del detalle?	Ese	An-I-C				2
32. ¿Esta incluida la prueba de constancia en la calidad de imagen?	Ese	S-I-C				2
33. ¿Esta incluida la prueba de resolución espacial?	Com	I-C				1
34. ¿Esta incluida la prueba de ruido?	Ese	I-C				2
35. ¿Esta incluida la prueba de distorsión geométrica?	Com	I-C				1
36. ¿Esta incluida la prueba de remanencia de la imagen?	Ese	An-I-C				2

Dosimetría

37. ¿Esta incluida la prueba de dosis granular promedio?	Ese	An-I-C				2
--	-----	--------	--	--	--	---

OBSERVACIONES

NIVEL DE DEFICIENCIA	$ND_T = SND_P$	$ND_T =$
NIVEL DE EXPOSICIÓN	NE	NE=
NIVEL DE CONSECUENCIAS	NC	NC= 50
NIVEL; DE RIESGO	$NR = ND_T \times NE \times NC$	NR=

NIVEL DE RIESGO	1000 a ≤4000	400 a ≤1000	120 a ≤400	≤120
	I	II	III	IV

PERSONAS AFECTADAS _____

Realizado: _____ Revisado: _____

Encuesta de chequeo 9 - 6: EC 9-6 CC TC

9.6 Control de calidad para TC

FACTORES DE RIESGO	Cla	P	NA	SI	NO	ND _P
1. ¿Al equipo se le hizo CC en el último año?	Ese	A				4
Parámetros Geométricos						
2. ¿Esta incluida la prueba de coincidencia entre los indicadores luminosos del plano externo e interno y el plano irradiado?	Ese	An-I-C				2
3. ¿Esta incluida la prueba de ajuste de los indicadores luminosos en los planos coronal y sagital?	Com	An-I-C				1
4. ¿Esta incluida la prueba de exactitud del indicador de la posición de la mesa del gantry?	Com	An-I-C				1
5. ¿Esta incluida la prueba de exactitud del incremento de desplazamiento de mesa?	Com	An-I-C				1
6. ¿Esta incluida la prueba de exactitud del desplazamiento de mesa para exploraciones helicoidales?	Ese	An-I-C				2
7. ¿Esta incluida la prueba de exactitud de la selección de la posición del corte sobre la radiografía de planificación?	Com	I-C				1
8. ¿Esta incluida la prueba de perfiles de sensibilidad (espesor efectivo del corte)?	Ese	An-I-C				2
9. ¿Esta incluida la prueba de espesor de radiación y eficiencia geométrica?	Ese	An-I-C				2
10. ¿Esta incluida la prueba de exactitud en la medida de la distancia en la radiografía de planificación, en las imágenes axiales y en las helicoidales?	Ese	An-I-C				2
Calidad del haz						
11. ¿Esta incluida la prueba de exactitud y reproducibilidad de la tensión?	Com	I-C				1
12. ¿Esta incluida la prueba de CHR y/o energía efectiva del haz?	Com	I-C				1
Tiempo de exposición, intensidad de corriente y carga del tubo						
13. ¿Esta incluida la prueba de variación del rendimiento con el tiempo de exposición, la intensidad de la corriente y la carga del tubo?	Com	I-C				1
Rendimiento						
14. ¿Esta incluida la prueba de valor del rendimiento en condiciones clínicas?	Ese	An-I-C				2
15. ¿Esta incluida la prueba de repetibilidad y reproducibilidad?	Ese	An-I-C				2
16. ¿Esta incluida la prueba de linealidad del rendimiento con la carga del tubo?	Ese	An-I-C				2
Calidad de la imagen						
17. ¿Esta incluida la prueba de ruido de la imagen?	Ese	An-I-C				2
18. ¿Esta incluida la prueba de verificación de la ausencia de artefactos en la imagen?	Ese	An-I-C				2
Control Automático de Exposición						

19. ¿Esta incluida la prueba de valor medio del número CT?	Ese	An-I-C				2
20. ¿Esta incluida la prueba de uniformidad espacial del número CT?	Com	An-I-C				1
21. ¿Esta incluida la prueba de valores de los números CT en distintos materiales. Linealidad y escala de contraste?	Ese	An-I-C				2
22. ¿Esta incluida la prueba de resolución abajo contraste (resolución de contraste)?	Ese	An-I-C				2
23. ¿Esta incluida la prueba de resolución espacial?	Ese	An-I-C				2

Sistema de modulación de la dosis

24. ¿Esta incluida la prueba de funcionamiento de modulación de corriente?	Ese	I-C				2
--	-----	-----	--	--	--	----------

Dosimetría

25. ¿Esta incluida la prueba de índice de dosis en TC (CTDI)?	Ese	An-I-C				2
---	-----	--------	--	--	--	----------

OBSERVACIONES

NIVEL DE DEFICIENCIA	ND_T = SND_p	ND_T =
NIVEL DE EXPOSICIÓN	NE	NE =
NIVEL DE CONSECUENCIAS	NC	NC = 50
NIVEL; DE RIESGO	NR = ND_T x NE x NC	NR =

NIVEL DE RIESGO	1000 a ≤4000	400 a ≤1000	120 a ≤400	≤120
	I	II	III	IV

PERSONAS AFECTADAS _____

Realizado: _____ Revisado: _____

Encuesta de chequeo 9 - 7: EC 9-7 Densitometría Ósea

9.7 Control de calidad de densitómetros óseos

FACTORES DE RIESGO	Cla	P	NA	SI	NO	ND _P
1. ¿Al equipo se le hizo CC en el último año?	Ese	An-I-C				5
2. ¿Esta incluida la prueba de exactitud de las medidas de densidad mineral ósea?	Ese	An-I-C				5

OBSERVACIONES

NIVEL DE DEFICIENCIA	ND_T = SND_P	ND_T =
NIVEL DE EXPOSICIÓN	NE	NE =
NIVEL DE CONSECUENCIAS	NC	NC = 25
NIVEL; DE RIESGO	NR = ND_T x NE x NC	NR =

NIVEL DE RIESGO	1000 a ≤4000	400 a ≤1000	120 a ≤400	≤120
	I	II	III	IV

PERSONAS AFECTADAS _____

Realizado: _____ Revisado: _____

Encuesta de chequeo 9 - 8: EC 9-8 CC RX dental intraoral

9.8 Control de calidad para equipos dentales intraorales

FACTORES DE RIESGO	Cla	P	NA	SI	NO	ND _P
1. ¿Al equipo se le hizo CC en el último año?	Ese	An				4
Parámetros Geométricos						
2. ¿Esta incluida la prueba de tamaño de campo en el extremo del localizador?	Ese	I-C				2
3. ¿Esta incluida la prueba de mínima distancia foco piel?	Ese	I-C				2
Calidad del haz						
4. ¿Esta incluida la prueba de exactitud de la tensión y la prueba de tensión mínima nominal?	Ese	An-I-C				2
5. ¿Esta incluida la prueba de repetibilidad y reproducibilidad de la tensión?	Ese	I-C				2
6. ¿Esta incluida la prueba de filtración y capa hemirreductora?	Ese	An-I-C				2
7. ¿Esta incluida la prueba de visualización de forma de onda?	Com	An-I-C				1
Tiempo de exposición						
8. ¿Esta incluida la prueba de exactitud del tiempo de exposición?	Ese	An-I-C				2
9. ¿Esta incluida la prueba de repetibilidad y reproducibilidad del tiempo de exposición?	Ese	I-C				2
Rendimiento						
10. ¿Esta incluida la prueba del valor del rendimiento?	Ese	An-I-C				2
11. ¿Esta incluida la prueba de repetibilidad del rendimiento?	Ese	I-C				2
12. ¿Esta incluida la prueba de variación del rendimiento con la corriente y la carga?	Ese	An-I-C				2
Calidad de la imagen en sistemas digitales						
13. ¿Esta incluida la prueba de calidad de la imagen?	Ese	An-I-C				2
14. ¿Esta incluida la prueba de verificación de artefactos en la imagen?	Com	An-I-C				1
Sistemas convencionales de registro y almacenamiento						
15. ¿Esta incluida la prueba de cuarto oscuro y cubetas de revelado?	Ese	An-I-C				2
Dosimetría						
16. ¿Esta incluida la prueba de kerma en aire a la entrada del paciente?	Ese	An-I-C				2

OBSERVACIONES

NIVEL DE DEFICIENCIA	ND_T = SND_P	ND_T =
NIVEL DE EXPOSICIÓN	NE	NE=
NIVEL DE CONSECUENCIAS	NC	NC= 50
NIVEL; DE RIESGO	NR= ND_T x NE x NC	NR=

NIVEL DE RIESGO	1000 a ≤4000	400 a ≤1000	120 a ≤400	≤120
	I	II	III	IV

PERSONAS AFECTADAS _____

Realizado: _____ Revisado: _____

Encuesta de chequeo 9 - 9: EC 9-9 CC RX dental panorámicos

9.9 Control de calidad para equipos dentales panorámicos y cefalómetros

FACTORES DE RIESGO	Cla	P	NA	SI	NO	ND _P
1. ¿Al equipo se le hizo CC en el último año?	Ese	An				4
Parámetros Geométricos						
2. ¿Esta incluida la prueba de tamaño de campo de radiación?	Com	An-I-C				1
3. ¿Esta incluida la prueba de alineación del tubo y receptor de imagen?	Ese	An-I-C				2
Calidad del haz						
4. ¿Esta incluida la prueba de exactitud de la tensión?	Ese	An-I-C				2
5. ¿Esta incluida la prueba de repetibilidad y reproducibilidad de la tensión?	Ese	I-C				2
6. ¿Esta incluida la prueba de filtración y CHR?	Ese	An-I-C				2
7. ¿Esta incluida la prueba de visualización de forma de onda?	Com	I-An-C				1
Tiempo de exposición						
8. ¿Esta incluida la prueba de exactitud del tiempo de exposición?	Ese	I-C				2
9. ¿Esta incluida la prueba de repetibilidad y reproducibilidad del tiempo de exposición?	Ese	I-C				2
Rendimiento						
10. ¿Esta incluida la prueba de valor del rendimiento?	Ese	An-I-C				2
11. ¿Esta incluida la prueba de repetibilidad del rendimiento?	Ese	I-C				2
12. ¿Esta incluida la prueba de variación del rendimiento con la corriente y la carga?	Ese	An-I-C				2
Calidad de la imagen en sistemas digitales						
13. ¿Esta incluida la prueba de calidad de la imagen?	Ese	An-I-C				2
14. ¿Esta incluida la prueba de verificación de artefactos en la imagen?	Com	An-I-C				1

OBSERVACIONES

NIVEL DE DEFICIENCIA	ND_T = SND_p	ND_T =
NIVEL DE EXPOSICIÓN	NE	NE =
NIVEL DE CONSECUENCIAS	NC	NC = 50
NIVEL; DE RIESGO	NR = ND_T x NE x NC	NR =

NIVEL DE RIESGO	1000 a ≤4000	400 a ≤1000	120 a ≤400	≤120
	I	II	III	IV

PERSONAS AFECTADAS _____

Realizado: _____ Revisado: _____

Encuesta de chequeo 9 - 10: EC 9-10 CC en CBCT

9.10 Control de calidad para equipos de tomografía computarizada de haz cónico

FACTORES DE RIESGO	Cla	P	NA	SI	NO	ND _P
1. ¿Al equipo se le hizo CC en el último año?	Ese	An				4
Parámetros Geométricos						
2. ¿Esta incluida la prueba de tamaño de campo de radiación?	Ese	An-I-C				2
3. ¿Esta incluida la prueba de alineamiento de las luces de posicionamiento del paciente?	Ese	An-I-C				2
Calidad del haz						
4. ¿Esta incluida la prueba de exactitud de la tensión?	Ese	I-C				2
5. ¿Esta incluida la prueba de repetibilidad y reproducibilidad de la tensión?	Ese	I-C				2
6. ¿Esta incluida la prueba de filtración y CHR?	Ese	I-C				2
7. ¿Esta incluida la prueba de visualización de forma de onda?	Com	I-C				1
Tiempo de exposición						
8. ¿Esta incluida la prueba de exactitud del tiempo de exposición?	Ese	I-C				2
9. ¿Esta incluida la prueba de repetibilidad y reproducibilidad del tiempo de exposición?	Ese	I-C				2
Rendimiento						
10. ¿Esta incluida la prueba de valor del rendimiento?	Ese	An-I-C				2
11. ¿Esta incluida la prueba de repetibilidad del rendimiento?	Ese	I-C				2
12. ¿Esta incluida la prueba de variación del rendimiento con la corriente y la carga?	Ese	An-I-C				2
Calidad de la imagen en sistemas digitales						
13. ¿Esta incluida la prueba de ruido de la imagen?	Ese	An-I-C				2
14. ¿Esta incluida la prueba de valor medio del CT?	Ese	An-I-C				2
15. ¿Esta incluida la prueba de valores de los números CT en distintos materiales?	Ese	I-C				2
16. ¿Esta incluida la prueba de resolución a bajo contraste?	Com	An-I-C				1
17. ¿Esta incluida la prueba de resolución espacial?	Ese	An-I-C				2
18. ¿Esta incluida la prueba de exactitud del medidor de distancias sobre las imágenes?	Ese	An-I-C				2
Dosimetría						
19. ¿Esta incluida la prueba de descriptores de dosis?	Ese	An-I-C				2

OBSERVACIONES

NIVEL DE DEFICIENCIA	ND_T = SND_P	ND_T =
NIVEL DE EXPOSICIÓN	NE	NE =
NIVEL DE CONSECUENCIAS	NC	NC = 50
NIVEL; DE RIESGO	NR = ND_T x NE x NC	NR =

NIVEL DE RIESGO	1000 a ≤4000	400 a ≤1000	120 a ≤400	≤120
	I	II	III	IV

PERSONAS AFECTADAS _____

Realizado: _____ Revisado: _____

Encuesta de chequeo 9 - 11: EC 9-11 CC grafía

9.11 Control de calidad para sistemas convencionales de registro y almacenamiento en equipos de grafía

FACTORES DE RIESGO	Cla	P	NA	SI	NO	ND _p
Cuartos oscuros						
1. ¿Esta incluida la prueba de estanqueidad a la luz blanca?	Ese	An-I-C				2
2. ¿Esta incluida la prueba de efectividad de las luces de seguridad y de los filtros?	Ese	An-I-C				2
3. ¿Esta incluida la prueba de nivel de radiación?	Ese	An-I-C				2
4. ¿Esta incluida la prueba de temperatura?	Com	T				1
5. ¿Esta incluida la prueba de humedad?	Com	T				1
Almacenes de películas						
6. ¿Esta incluida la prueba de nivel de radiación?	Ese	An-I-C				2
7. ¿Esta incluida la prueba de temperatura?	Com	T				1
8. ¿Esta incluida la prueba de humedad?	Com	T				1
9. ¿Esta incluida la prueba de colocación apropiada de las cajas de películas?	Com	I-C				1
10. ¿Esta incluida la prueba de seguimiento de la calidad de las distintas partidas de películas?	Com	I-C				1
Cartulinas y chasis						
11. ¿Esta incluida la prueba de inspección visual, de identificación y limpieza?	Ese	An-I-C				2
12. ¿Esta incluida la prueba de constancia y reproducibilidad de la velocidad relativa de la combinación cartulina-película?	Ese	An-I-C				2
13. ¿Esta incluida la prueba de hermeticidad de los chasis?	Com	An-I-C				1
14. ¿Esta incluida la prueba de contacto cartulina película?	Ese	An				2
Procesadoras						
15. ¿Esta incluida la prueba de temperatura de procesado?	Com	I-C				1
16. ¿Esta incluida la prueba de sensitometría?	Ese	C-I-D				2
17. ¿Esta incluida la prueba de tiempo total de procesado?	Com	I-C				1
18. ¿Esta incluida la prueba de artefactos debido a la procesadora?	Ese	-				2

OBSERVACIONES

NIVEL DE DEFICIENCIA	ND_T = SND_P	ND_T =
NIVEL DE EXPOSICIÓN	NE	NE =
NIVEL DE CONSECUENCIAS	NC	NC = 15
NIVEL; DE RIESGO	NR = ND_T x NE x NC	NR =

NIVEL DE RIESGO	1000 a ≤4000	400 a ≤1000	120 a ≤400	≤120
	I	II	III	IV

PERSONAS AFECTADAS _____

Realizado: _____ Revisado: _____

Encuesta de chequeo 9 - 12: EC 9-12 CC para digitalizadores de películas

9-12 Control de calidad para digitalizadores de películas

FACTORES DE RIESGO	Cla	P	NA	SI	NO	ND _P
Digitalizadores de películas						
1. ¿Esta incluida la prueba de rendimiento densitométrico (escala de grises)?	Ese	An-I-C				2.5
2. ¿Esta incluida la prueba de uniformidad de la imagen?	Ese	An-I-C				2.5
3. ¿Esta incluida la prueba de exactitud geométrica?	Ese	I-C				2.5
4. ¿Esta incluida la prueba de resolución de alto y bajo contraste?	Ese	A-I-C				2.5

OBSERVACIONES

NIVEL DE DEFICIENCIA	ND_T = SND_P	ND_T =
NIVEL DE EXPOSICIÓN	NE	NE =
NIVEL DE CONSECUENCIAS	NC	NC = 10
NIVEL; DE RIESGO	NR = ND_T x NE x NC	NR =

NIVEL DE RIESGO	1000 a ≤4000	400 a ≤1000	120 a ≤400	≤120
	I	II	III	IV

PERSONAS AFECTADAS _____

Realizado: _____ Revisado: _____

Encuesta de chequeo 9 - 13: EC 9-13 CC sistemas de radiografía computarizada

9.13 Sistemas de radiografía computarizada

FACTORES DE RIESGO	Cla	P	NA	SI	NO	ND _P
Inspección visual						
1. ¿Esta incluida la prueba de inspección visual, identificación y limpieza de fósforos y chasis?	Ese	An-I-C				2
Detector						
2. ¿Esta incluida la prueba de ruido de fondo de los detectores?	Com	An-I-C				1
3. ¿Esta incluida la prueba de calibración del indicador de dosis del detector?	Ese	An-I-C				2
4. ¿Esta incluida la prueba de uniformidad de la imagen?	Ese	An-I-C				2
5. ¿Esta incluida la prueba de diferencia de sensibilidad entre fósforos?	Ese	An-I-C				2
6. ¿Esta incluida la prueba de artefactos en los CR?	Ese	An-I-C				2
7. ¿Esta incluida la prueba de función de respuesta del detector?	Ese	An-I-C				2
8. ¿Esta incluida la prueba de remanencia de la imagen previa: efectividad del ciclo de borrado de los fósforos?	Com	An-I-C				1
9. ¿Esta incluida la prueba de desvanecimiento de la imagen latente?	Com	An-I-C				1
Parámetros geométricos						
10. ¿Esta incluida la prueba de barrido del láser?	Com	A-I-C				1
11. ¿Esta incluida la prueba de distorsión geométrica?	Com	A-I-C				1
Calidad de imagen						
12. ¿Esta incluida la prueba de resolución espacial?	Ese	An-I-C				2
13. ¿Esta incluida la prueba de umbral de sensibilidad contraste-tamaño del detalle?	Ese	An-I-C				2
14. ¿Esta incluida la prueba de ruido?	Ese	I-C				2

OBSERVACIONES

NIVEL DE DEFICIENCIA	$ND_T = SND_p$	$ND_T =$
NIVEL DE EXPOSICIÓN	NE	NE=
NIVEL DE CONSECUENCIAS	NC	NC= 50
NIVEL; DE RIESGO	NR= $ND_T \times NE \times NC$	NR=

NIVEL DE RIESGO	1000 a ≤ 4000	400 a ≤ 1000	120 a ≤ 400	≤ 120
	I	II	III	IV

PERSONAS AFECTADAS _____

Realizado: _____ Revisado: _____

Encuesta de chequeo 9 - 14: EC 9-14 CC impresoras

9.14 Control de calidad a las impresoras

FACTORES DE RIESGO	Cla	P	NA	SI	NO	ND _P
1. ¿Esta incluida la prueba de inspección visual de imagen impresa?	Ese	S-I-C				2
2. ¿Esta incluida la prueba de sensitometría?	Ese	S-I-C				2
3. ¿Esta incluida la prueba de distorsión geométrica?	Com	An-I-C				1
4. ¿Esta incluida la prueba de niveles extremos de densidad óptica?	Ese	An-I-C				2
5. ¿Esta incluida la prueba de escala de grises?	Ese	An-I-C				2
6. ¿Esta incluida la prueba de uniformidad de la imagen?	Com	An-I-C				1
7. ¿Esta incluida la prueba de resolución espacial de alto y bajo contraste?	Ese	An-I-C				2
8. ¿Esta incluida la prueba de artefactos?	Ese	An-I-C				2

OBSERVACIONES

NIVEL DE DEFICIENCIA	ND_T = SND_P	ND_T =
NIVEL DE EXPOSICIÓN	NE	NE =
NIVEL DE CONSECUENCIAS	NC	NC = 10
NIVEL; DE RIESGO	NR = ND_T x NE x NC	NR =

NIVEL DE RIESGO	1000 a ≤4000	400 a ≤1000	120 a ≤400	≤120
	I	II	III	IV

PERSONAS AFECTADAS _____

Realizado: _____ Revisado: _____

Encuesta de chequeo 9 - 15: EC 9-15 CC negatoscopios

9.15 Control de calidad a los negatoscopios

FACTORES DE RIESGO	Cla	P	NA	SI	NO	ND _P
1. ¿Esta incluida la prueba de inspección visual?	Ese	A				3
2. ¿Esta incluida la prueba de brillo?	Ese	An-I-C				3
3. ¿Esta incluida la prueba de uniformidad de brillo?	Com	An-I-C				1
4. ¿Esta incluida la prueba de iluminación ambiental?	Ese	An-I-C				3

OBSERVACIONES

NIVEL DE DEFICIENCIA	$ND_T = \sum ND_P$	$ND_T =$
NIVEL DE EXPOSICIÓN	NE	NE=
NIVEL DE CONSECUENCIAS	NC	NC= 10
NIVEL; DE RIESGO	$NR = ND_T \times NE \times NC$	NR=

NIVEL DE RIESGO	1000 a \leq 4000	400 a \leq 1000	120 a \leq 400	\leq 120
	I	II	III	IV

PERSONAS AFECTADAS _____

Realizado: _____ Revisado: _____

Encuesta de chequeo 9 - 16: EC 9-16 CC monitores

9.16 Control de calidad a los monitores

FACTORES DE RIESGO	Cla	P	NA	SI	NO	ND _P
1. ¿Esta incluida la prueba de estimación visual de la calidad de la imagen?	Ese	D				2
2. ¿Esta incluida la prueba de distorsión geométrica?	Com	I-C				1
3. ¿Esta incluida la prueba de iluminación ambiental?	Ese	An-I-C				2
4. ¿Esta incluida la prueba de respuesta en luminancia?	Ese	An-I-C				2
5. ¿Esta incluida la prueba de uniformidad del brillo o luminancia?	Ese	An-I-C				2
6. ¿Esta incluida la prueba de resolución espacial de alto y bajo contraste?	Ese	An-I-C				2
7. ¿Esta incluida la prueba de ruido?	Com	I-C				1
8. ¿Esta incluida la prueba de velo luminoso?	Com	I-C				1
9. ¿Esta incluida la prueba de verificación del sistema de calibración de la escala de grises?	Ese	An-I-C				2

OBSERVACIONES

NIVEL DE DEFICIENCIA	$ND_T = \sum ND_P$	ND _T =
NIVEL DE EXPOSICIÓN	NE	NE =
NIVEL DE CONSECUENCIAS	NC	NC = 10
NIVEL; DE RIESGO	$NR = ND_T \times NE \times NC$	NR =

NIVEL DE RIESGO	1000 a ≤4000	400 a ≤1000	120 a ≤400	≤120
	I	II	III	IV

PERSONAS AFECTADAS _____

Realizado: _____ Revisado: _____

Encuesta de chequeo 9 - 17: EC 9-17 CC PACS

9.17 Control de calidad al almacenamiento de imágenes PACS

FACTORES DE RIESGO	Cla	P	NA	SI	NO	ND _P
Parámetros PACS						
1. ¿Esta incluida la prueba de calidad de imagen?	Com	I				1
2. ¿Esta incluida la prueba de control de calidad del visor de imágenes y profundidad de bits?	Com	I-C				1
3. ¿Esta incluida la prueba de control de calidad del visor de imágenes y control de calidad de la herramienta ROI?	Com	I				1
4. ¿Esta incluida la prueba de control de calidad del visor de imágenes y control de calidad de las herramientas geométricas?	Com	I				1
5. ¿Esta incluida la prueba de verificación de la integridad de las cabeceras DICOM?	Ese	I				2
6. ¿Esta incluida la prueba de verificación de la recepción de estudios en el PACS?	Ese	I-C				2
7. ¿Esta incluida la prueba de verificación de compresión y transmisión de imágenes?	Com	An-I-C				1

OBSERVACIONES

NIVEL DE DEFICIENCIA	ND_T = ΣND_P	ND_T =
NIVEL DE EXPOSICIÓN	NE	NE =
NIVEL DE CONSECUENCIAS	NC	NC = 10
NIVEL; DE RIESGO	NR = ND_T x NE x NC	NR =

NIVEL DE RIESGO	1000 a ≤4000	400 a ≤1000	120 a ≤400	≤120
	I	II	III	IV

PERSONAS AFECTADAS _____

Realizado: _____ Revisado: _____

7 Bibliografía

- [1] Colección de Normas de Seguridad del OIEA Protección radiológica relacionada con la exposición médica a la radiación ionizante N° RS-G-1.5. 2010.
- [2] E.E. Pochin. Importancia de la evaluación de riesgos. OIEA, Boletín – Vol. 21 No. 4
- [3] OIEA. Radiología. Protección radiológica de los pacientes
- [4] Guía Técnica Colombiana GTC 45. Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos de seguridad y salud ocupacional.
- [5] Ministerio de trabajo y seguridad social. Concejo nacional de riesgos profesionales. Acuerdo 002 de 2001.
- [6] Organización Internacional de Trabajo. Convenio sobre los servicios de salud en el trabajo. Número 161 de 1985.
- [7] OIEA. Colección de normas de seguridad. Pub 1117. RS-G-1.5. Protección radiológica Relacionada Con La exposición a la radiación medica ionizante. Viena 2010.
- [8] OIEA. Proceedings Series. Justification of medical exposure in diagnostic imaging. Pág. 103. H. JARVINEN. EC Clinical Audit Guidelines: Justification is Among The Priorities of an Audit Programe 2009.
- [9] OIEA. Proceedings Series. Radiological Protection of Patients in Diagnostic and Interventional Radiology, Nuclear Medicine and Radiotherapy. Artículo Radiological Risks Associated With The Various Uses of Radiation in Medicine Within the Cnotext of their Associated Benefits. Malaga 2001.

[10] National Council on Radiation Protection and Measurements. An Introduction to Efficacy in Diagnostic Radiology and Nuclear Medicine (Justification of Medical Radiation Exposure), Commentary No. 13, NCRP. Bethesda 1995.

[11] Iniciativa internacional para la reducción de amenazas. Curso de capacitación en protección física y gestión de la seguridad de fuentes radiactivas de convenio con el OIEA y Colombia donde intervienen empresas de seguridad como Pacific Northwest y National Nuclear Security Administration (NASA). 2014

[12] Oswaldo Ramos. Radiobiología. Revista electrónica. ISSN 1579-3087. Fundamentos de protección radiológica. 2007

[13] <http://www.iaea.org/About/Policy/MemberStates>

[14] IAEA. Publicación 1375. Safety Standards. General Safety Requirements. No. GSR Part 4. 2009

[15] OIEA. Principios Fundamentales de Seguridad. SF -1. Pub 1273. 2007 Viena

[16] OIEA. Marco gubernamental, jurídico y regulador para la seguridad. GSR parte 1. 2010. Viena

[17] OIEA. Preparación y respuesta a situaciones de emergencia nuclear o radiológica. CNS GS-R-2. 2007.

[18] OIEA. Colección de normas de seguridad. Pub 1117. RS-G-1.5. Protección radiológica Relacionada Con La exposición a la radiación medica ionizante. Viena 2010.

[19] OIEA. Guía de Seguridad. RS-G-1.1. Publicación 1081. Protección radiológica ocupacional. Austria. 2004.

[20] OIEA. Proceedings Series. Radiological Protection of Patients in Diagnostic and Interventional Radiology, Nuclear Medicine and Radiotherapy. Malaga 2001.

[21] OIEA. Proceedings Series. Justification of medical exposure in diagnostic imaging. Bruselas. 2009

[22] OIEA. Safety Report Series No. 2. Diagnosis and Treatment of Radiation Injuries. Austria 1998.

- [23] OIEA. Safety Report Series No. 4. Planning the medical response to radiological Accidents, Viena. 1998.
- [24] OIEA. Safety Report No 16. Calibration of radiation protection monitoring instruments. 2000
- [25] OIEA. Colección de informes de seguridad No 21. Optimización de la protección radiológica en el control de la exposición ocupacional. Viena. 2004
- [26] OIEA. Safety Related Publications No 39. Applying Radiation Safety Standards in diagnostic radiology and interventional procedures using X ray. Viena. 2006
- [27] OIEA. Safety Related Publications No 60. Radiation protection in newer medical imaging techniques: cardiac CT. Viena 2008
- [28] OIEA. Safety Related Publications No 61. Radiation protection in newer medical imaging techniques: Colonography CT. Viena 2008.
- [29] OIEA. Safety Related Publications No 71. Radiation protection in pediatric radiology. Viena 2012.
- [30] OIEA. Colección de salud humana No 4. Auditorías clínicas completas de prácticas de radiología diagnóstica: un instrumento para mejorar la calidad. Viena 2011
- [31] OIEA. Human Health Series No 25. Roles and responsibilities, and education and training requirements for clinically qualified medical physicists. Viena 2013
- [32] IAEA. TECDOC-1447. Optimization of the radiological protection of patients: Image quality and dose in mammography. Austria 2005.
- [33] IAEA. TECDOC-1641. Patient dose optimization in fluoroscopically guided interventional procedures 2010.
- [34] IAEA. TECDOC-1710. Programa nacional de Protección radiológica en las exposiciones médicas. Viena 2013
- [35] OIEA. Technical Reports Series No 457. Dosimetry in diagnostic radiology: An international code of practice. Viena 2007.

- [36] Máximo Rudelli. ICRP. Publicación 105. Protección Radiológica en Medicina. Sociedad Argentina de Radioprotección
- [37] CÓDIGO SUSTANTIVO DEL TRABAJO. Adoptado por el Decreto Ley 2663 del 5 de agosto de 1950 "Sobre Código Sustantivo del Trabajo", publicado en el Diario Oficial No 27.407 del 9 de septiembre de 1950. Artículo 56
- [38] POLANCO Contreras, María Constanza. Elaboración de un proyecto normativo para regular la protección contra radiaciones ionizantes en Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de enfermería. 2011.
- [39] Ley 16 de 1960. Republica de Colombia.
- [40] Ley 9 de 1979. El congreso de Colombia. Titulo III.
- [41] Resolución 2400 de 1979, Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. Capítulo V.
- [42] Resolución 9031 de 1990. Ministerio de Salud.
- [43] Resolución 4445 de 1996, Ministerio de la Salud.
- [44] Decreto 1530 de 1996. Presidencia de la republica.
- [45] Ley 657 de 2001. Congreso de la Republica
- [46] Decreto 70 de 2001. Ministerio de Minas y Energía. Presidencia de la republica.
- [47] Resolución 18 1434 de 2002, Ministerio de Minas y Energía
- [48] Decreto 205 de 2003. Ministerio de la Protección Social
- [49] Decreto 2090 de 2003. Ministerio de la protección social. El presidente de la Republica.
- [50] Resolución 18 1289 de 2004. Ministerio de Minas y Energía.
- [51] Resolución 181757 del 26 de diciembre 2005. El Ministerio de Minas y Energía
- [52] Decreto 4725 de 2005. Ministerio de la Protección Social.
- [53] Resolución 1043 de 2006, Ministerio de la Protección Social.

- [54] Resolución 2434 de 2006, Ministerio de la Protección Social
- [55] ICRP, 2007a. Biological and epidemiological information on health risks attributable to ionising radiation: a summary of judgements for the purposes of radiological protection of humans. Annex A to 2007 Recommendations.
- [56] Máximo Rudelli. ICRP. Publicación 105. Protección Radiológica en Medicina. Sociedad Argentina de Radioprotección. También esta en el capítulo 5.2
- [57] NAS/NRC, 2006. Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionising Radiation: BEIR VII Phase 2. Board on Radiation Effects Research. National Research Council of the National Academies, Washington, D.C.
- [58] ICRP, 2003b. Biological effects after prenatal irradiation (embryo and fetus). ICRP Publication 90. Ann.ICRP 33(1/2). ICRP, 2005c. Low-dose extrapolation of radiation-related cancer risk. ICRP Publication 99. Ann. ICRP 35(4).
- [59] VANO, Eliseo; GONZALEZ, Luciano. Eye Lens Exposure to Radiation in Interventional. Suites. Radiology. Medical Physics. RSNA 2008.
- [60] M WHITBY, C J MARTIN. Radiation doses to the legs of radiologists performing interventional procedures: are they a cause for concern? The British Journal of Radiology. (2003)
- [61] Peter Dewey and Stame George. Ionising radiation and orthopaedics. Current Orthopaedics. 2005.
- [62] A. Sulieman, K. Alzimami, Occupational and patient exposure in coronary angiography procedure. Radiation Physics and Chemistry. 2014
- [63] Animesh Agarwal. Radiation Risk in Orthopedic Surgery: Ways to Protect Yourself and the Patient. Oper Tech Sports Med 2011.
- [64] G. O. HELLAWELL, S. J. MUTCH. Radiation exposure and the urologist: what are the risks? the journal of urology. American Urological Association. 2005.
- [65] IAEA. Protección Radiológica de los Pacientes. Cardiología Intervencionista. https://rpop.iaea.org/RPOP/RPoP/Content-es/InformationFor/HealthProfessionals/5_InterventionalCardiology

- [66] OIEA. Guía de Seguridad. RS-G-1.1. Publicación 1081. Protección radiológica ocupacional. Austria. 2004.
- [67] OIEA. Proceedings Series. Radiological Protection of Patients in Diagnostic and Interventional Radiology, Nuclear Medicine and Radiotherapy. Malaga. 2001
- [68] J. Mairs. OIEA - Organismo Internacional de Energía Atómica. Colección de Información. División de Información Pública 08-26943
- [69] P. Pacheco. G. Píriz. Propuesta para el manejo de incidentes en radioterapia externa. viii congreso regional de seguridad radiológica y nuclear, I congreso latinoamericano del IRPA, V congreso nacional de protección radiológica DSSA. Octubre de 2010.
- [70] CARREGADO, María Alicia. ARCAL. Accidentes e incidentes en el área nuclear ocurridos en América Latina y el Caribe. 2001
- [71] IAEA. Why talk about radiation protection in cardiology?
<https://rpop.iaea.org/Lectures/L01/index.htm>
- [72] NTP 330: Sistema simplificado de evaluación de riesgos de accidente. Ministerio de trabajo y asuntos sociales de España. Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo.
- [73] MORENO, Hurtado. José Joaquín. Manual de evaluación de riesgos laborales. Dirección General de Seguridad y Salud Laboral. Junta de Andalucía. Sevilla 2004
- [74] Ministerio de Salud y Protección Social. Resolución 1441 del 6 de Mayo del 2013. Por la cual se definen los procedimientos y condiciones que deben cumplir los Prestadores de Servicios de Salud para habilitar los servicios.
- [75] NTC 5254. Gestión de riesgo. ICONTEC. Bogotá. 2006-2009-2012.
- [76] OIEA. Informes sobre salud humana No 1. El físico medico: Criterios y recomendaciones para su formación académica, entrenamiento clínico y certificación en américa latina. Viena. 2010.
- [77] AAPM. 45th, Annual Meeting. August 2003. San Diego.

- [78] IAEA. Material de entrenamiento del OIEA sobre Protección Radiológica en radiodiagnóstico y en radiología intervencionista.
- [79] Organización Internacional de Trabajo. Convenio sobre los servicios de salud en el trabajo. Número 161 de 1985.
- [80] Peter Dewey and Stame George. Ionising radiation and orthopaedics. Current Orthopaedics. 2005
- [81] PATINO. Sandra. Universidad Distrital. Registro de la exposición a la radiación ionizante en personal no ocupacionalmente expuesto y ocupacionalmente expuesto en cirugía de columna utilizando fluoroscopia. Abril 2011.
- [82] OIEA. Manual de entrenamiento. Radiodiagnóstico y radiología intervencionistas. Efectos biológicos de la radiación ionizante.
- [83] Ley No 1562 del 11 de Julio del 2012. Por la cual se modifica el sistema de riesgos laborales y se dictan otras disposiciones en materia de salud ocupacional.
- [84] IAEA. D.R. Dance. Diagnostic Radiology Physics. A Handbook for teachers and students. 2014.
- [85] BROSED, Serrata Antonio. Fundamentos de Fisica Medica. Radiodiagnóstico: bases físicas, equipos y control de calidad. SEFM.
- [86] SEFM. SEPR. Protocolo Español de control de calidad en radiodiagnóstico. Edicion Senda editorial. Revision 2011.