



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE FÍSICA Y MATEMÁTICA

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE GESTIÓN EN
PROTECCIÓN RADIOLÓGICA PARA EL ÁREA DE
INTERVENCIONISMO DEL HOSPITAL GENERAL AMBATO
DEL IESS”**

TRABAJO DE TITULACIÓN

TIPO: TRABAJO EXPERIMENTAL

Previo a la obtención del título de:

BIOFÍSICO

AUTOR: Estiven Alexander Sánchez Villegas

TUTOR: Dra. Talía Beatriz Tene Fernández

Riobamba-Ecuador

2018

©2018, Estiven Alexander Sánchez Villegas

“Yo, Estiven Alexandre Sánchez Villegas, declaro que soy el autor del presente trabajo de Trabajo de Titulación el cual fue elaborado por mi persona bajo la dirección de la Dra. Talía Tené, haciéndome responsable de la ideas y métodos expuestos en esta Trabajo de Titulación, y el patrimonio intelectual de la misma le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo”

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE FÍSICA Y MATEMÁTICAS
CARRERA: BIOFÍSICA

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de investigación: **“Implementación De Un Plan De Gestión En Protección Radiológica Para El Área De Intervencionismo Del Hospital General Ambato Del IESS”** de responsabilidad del Señor Estiven Alexander Sánchez Villegas, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

FIRMA

FECHA

Biof. Talía Tene Fernández Dra.

**DIRECTORA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Biof. Vilma Yanchapanta Bastidas Mgs.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación lo dedico a mis padres Homero Sánchez y Myriam Villegas por el apoyo incondicional brindando a lo largo de mi vida, a mis Hermanos Natali Evelin Michu Leandro y Cristina y a la razón de mis alegrías mis pequeños Majos y Alejandro.

AGRADECIMIENTO

Agradecer a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), a los profesores de la quienes me impartieron sus conocimientos, un agradecimiento especial a mi directora de tesis, Biof. Talia Tene Ph.D por la ayuda brindada para que este proyecto de titulación pueda culminarse de la mejor manera, a la Biof. Vilma Yanchapanta Mgs por su tiempo y conocimiento para guiar el presente trabajo.

A la Unidad de Intervencionismo de Hospital General Ambato del IESS, a la Dra. María José Sánchez por haberme brindado la oportunidad de realizar mi trabajo de titulación y brindarme todas las facilidades en esta institución.

A mi familia, a mis amigos incondicionales y a quien no permitió que deje la carrera.

ABREVIATURAS

1. **(ALARA)** As Low As Reasonably Achievable
2. **(CHR)** Capa hemireductora
3. **(CDR)** Capa décimo reductoras
4. **(ICRP)** Comisión Internacional de Protección Radiológica
5. **(CSN)** Consejo de Seguridad Nuclear de España
6. **(IESS)** Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social
7. **(kV)** Kilo voltaje
8. **(mA)** Miliamperios
9. **(mGy)** mili gray
10. **(mSv)** Mili Sievert
11. **(NBS)** Normas Básicas Internacionales de Seguridad para la Protección contra la Radiación Ionizante
12. **(OIEA)** Organismo Internacional de Energía Atómica
13. **(OPR)** Oficial de Protección Radióloga
14. **(PG)** Plan de Gestión
15. **(PGPR)** Plan de Gestión en Protección Radiológica
16. **(POE)** Personal Ocupacionalmente Expuesto
17. **(PR)** Protección Radiológica
18. **(IR)** Radiología Intervencionista
19. **(SCAN)** Subsecretaría de Control y Aplicaciones Nucleares
20. **(S)** Tamaño de campo
21. **(Q_h)** Carga máxima de Trabajo
22. **(T)** Factor de ocupación
23. **(U)** Factor de uso
24. **(W)** Carga de trabajo

ÍNDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	
1. MARCO REFERENCIAL	3
1.1. ANTECEDENTES	3
1.2. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	4
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	5
1.4. OBJETIVOS	6
<i>1.4.1. Objetivo General.....</i>	<i>6</i>
<i>1.4.2. Objetivos específicos.....</i>	<i>6</i>
CAPÍTULO II	
2. MARCO TEÓRICO	7
2.1. FUNDAMENTOS DE LA GESTIÓN DE PLANES Y PROYECTOS	7
<i>2.1.1. Plan de gestión</i>	<i>7</i>
<i>2.1.2. Ciclo de vida del plan de gestión.....</i>	<i>7</i>
<i>2.1.2.1. Fase de inicio</i>	<i>7</i>
<i>2.1.2.2. Fase de planeación</i>	<i>7</i>
<i>2.1.2.3. Fase de ejecución.....</i>	<i>8</i>
<i>2.1.2.4. Fase de control.....</i>	<i>8</i>
2.2. RAYOS X.....	8
2.3. PRODUCCIÓN DE RAYOS X.....	9
<i>2.3.1. Rayos X característicos</i>	<i>9</i>
<i>2.3.2. Rayos X de frenado</i>	<i>10</i>
<i>2.3.3. Tipos de Radiación X</i>	<i>11</i>
<i>2.3.4. Radiación Primaria:.....</i>	<i>11</i>
<i>2.3.5. Radiación Secundaria:.....</i>	<i>11</i>
2.4. INTERACCIÓN DE LOS RAYOS X CON LA MATERIA.....	12
<i>2.4.1. Dispersión Thompson, clásica o coherente</i>	<i>12</i>
<i>2.4.2. Efecto Compton.....</i>	<i>12</i>
<i>2.4.3. Efecto Fotoeléctrico</i>	<i>13</i>
<i>2.4.4. Producción de Pares.....</i>	<i>13</i>
<i>2.4.5. Desintegración Fotónica.....</i>	<i>14</i>
2.5. MEDIDAS DOSIMÉTRICAS.....	15

2.5.1.	<i>Exposición</i>	15
2.5.2.	<i>Dosis absorbida</i>	15
2.5.3.	<i>Dosis equivalente</i>	15
2.5.4.	<i>Dosis efectiva</i>	15
2.5.5.	<i>Kerma</i>	15
2.6.	RADIOLOGÍA	16
2.7.	RADIOLOGÍA INTERVENCIONISTA	16
2.7.1.	<i>Fluoroscopia</i>	16
2.7.2.	<i>Modalidades para la Fluoroscopia</i>	17
2.7.2.1.	<i>Fluoroscopia pulsada</i>	17
2.7.2.2.	<i>Fluoroscopia continua</i>	17
2.7.2.3.	<i>Fluoroscopia convencional</i>	18
2.7.2.4.	<i>Fluoroscopia digital</i>	18
2.8.	EFFECTOS BIOLÓGICOS DE LA RADIACIÓN	18
2.8.1.	<i>Efectos Somáticos</i>	18
2.8.1.1.	<i>Efectos Estocásticos</i>	18
2.8.1.2.	<i>Efectos Determinísticos</i>	19
2.8.2.	<i>Efectos Genéticos</i>	20
2.9.	PROTECCIÓN RADIOLÓGICA	21
2.9.1.	<i>Principios de protección radiológica</i>	21
2.9.1.1.	<i>Principio de justificación:</i>	21
	<i>Principio de optimización de la protección:</i>	21
2.9.1.2.	<i>Principio de aplicación de límites de dosis:</i>	21
2.9.2.	<i>Exposiciones Radiológicas</i>	22
2.9.2.1.	<i>Ocupacionales</i>	22
2.9.2.2.	<i>Médicas</i>	22
2.9.2.3.	<i>Públicas</i>	22
2.9.3.	<i>Límites de Dosis</i>	22
2.9.4.	<i>Restricciones De Dosis</i>	23
2.9.5.	<i>Clasificación de Zonas</i>	23
2.9.5.1.	<i>Zona controlada:</i>	23
2.9.5.2.	<i>Zona vigilada:</i>	24
2.10.	MEDIDA DE LAS RADIACIONES IONIZANTES	24
2.10.1.	<i>Detectores de radiación</i>	24
2.10.1.1.	<i>Contadores Geiger-Muller</i>	24
2.10.2.	<i>Dosímetros</i>	25
2.11.	BLINDAJE PARA EQUIPOS EMISORES DE RAYOS X	25

2.11.1.	<i>Blindaje del tubo</i>	26
2.11.2.	<i>Blindaje estructural:</i>	26
2.12.	DOCUMENTOS GUÍAS	27
2.12.1.	<i>Consejo De Seguridad Nuclear (CSN) Guía De Seguridad N° 5.11 Aspectos técnicos de seguridad y protección radiológica de instalaciones médicas de rayos X para diagnóstico</i>	27
2.12.2.	<i>International Commission on Radiological Protection (ICRP)</i>	27
2.12.2.1.	<i>Publicación 103 Las Recomendaciones 2007 de la Comisión Internacional de Protección Radiológica</i>	27
2.12.2.2.	<i>Publicación 105 Protección Radiológica en Medicina</i>	27
2.12.2.3.	<i>Publicación 113 Capacitación y entrenamiento en Protección Radiológica para procedimientos diagnósticos e interencionistas</i>	28
2.12.3.	<i>National Council on Radiation Protection and Measurements NCRP</i>	28
2.12.3.1.	<i>Informe N.° 147 Diseño de blindaje estructural para instalaciones médicas de imágenes de rayos X (2004)</i>	28

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	29
3.1.	METODOLOGÍA	29
3.1.1.	<i>Característica del Plan de gestión</i>	29
3.1.2.	<i>Etapas de elaboración del Plan de gestión</i>	30
3.1.3.	<i>Planificación.</i>	30
3.1.4.	<i>Organización.</i>	31
3.1.5.	<i>Integración</i>	31
3.1.6.	<i>Dirección.</i>	32
3.1.7.	<i>Control.</i>	32
3.2.	DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS NECESARIOS PARA EL CÁLCULO DEL ESPESOR DE LAS BARRERAS DE PROTECCIÓN	32
3.2.1.	<i>Características del Arco C</i>	32
3.2.2.	<i>Características de la Instalación</i>	33
3.2.3.	<i>Protocolo usado para el Cálculo de Blindaje para sala de Intervencionismo</i>	34
3.3.	CONDICIONES PARÁMETROS Y ECUACIONES PARA EL CÁLCULO DE BLINDAJE SEGÚN LA GUIA 5.11 DEL (CSN)	34
3.3.1.	<i>Barreras de protección</i>	34
3.3.1.1.	<i>Barrera Primaria</i>	34
3.3.1.2.	<i>Barrera Secundaria</i>	34
3.3.2.	<i>Tamaño de campo (S)</i>	34
3.3.3.	<i>Carga de trabajo (W)</i>	34

3.3.4.	<i>Factor de uso (U)</i>	35
3.3.5.	<i>Factor de ocupación (T)</i>	35
3.3.6.	<i>El rendimiento (Γ)</i>	36
3.4.	CÁLCULO DEL ESPESOR DE LAS BARRERAS DE PROTECCIÓN	36
3.4.1.	<i>Cálculo De Barreras Primarias.</i>	36
3.4.2.	<i>Cálculo De Barreras Secundarias.</i>	37
3.4.2.1.	<i>Procedimiento de cálculo de barreras frente a radiación dispersa</i>	37
3.4.2.2.	<i>Procedimiento de cálculo de barreras frente a radiación de fuga a través de la carcasa</i>	38
3.5.	LEVANTAMIENTO RADIOMÉTRICO (VIGILANCIA RADIOLÓGICA DE LOS SITIOS DE TRABAJO)	40
3.5.1.	<i>Instrumentación</i>	40
3.5.2.	<i>Procedimiento</i>	41
3.5.2.1.	<i>Elaboración de croquis de la instalación</i>	41
3.5.2.2.	<i>Parámetros de operación</i>	41
3.5.2.3.	<i>Medición</i>	41
3.5.2.4.	<i>Parámetros de cálculo</i>	42
3.5.2.5.	<i>Cálculo</i>	42
3.5.2.6.	<i>Tolerancia</i>	42
 CAPÍTULO IV		
4.	DISCUSIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	43
4.1.	DISEÑO DEL PLAN DE GESTIÓN	43
4.2.	CÁLCULO DEL BLINDAJE APLICANDO LA GUÍA 5.11 DEL (CSN)	44
4.2.1.	<i>Barrera A</i>	44
4.2.2.	<i>Barrera B</i>	45
4.2.3.	<i>Barrera C</i>	46
4.2.4.	<i>Barrera D</i>	47
4.2.5.	<i>Techo</i>	48
4.2.6.	<i>Piso</i>	49
4.2.7.	<i>Puerta 1</i>	50
4.2.8.	<i>Puerta 2</i>	51
4.2.9.	<i>Puerta 3</i>	52
4.3.	CONCLUSIONES	57
4.4.	RECOMENDACIONES	59
4.5.	BIBLIOGRAFÍA	
4.6.	ANEXOS	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. 2-1 Etapas de la elaboración de un proyecto	8
Figura. 2-2 Componentes del tubo de rayos X.....	9
Figura. 2-3 Radiación Característica	10
Figura. 2-4 Radiación de Frenado.....	10
Figura. 2-5 Radiación Primaria y Secundaria	11
Figura. 2-6 Dispersión Thompson	12
Figura. 2-7 Efecto Compton.....	13
Figura. 2-8 Efecto Fotoeléctrico	13
Figura. 2-9 Producción de Pares	14
Figura. 2-10 Desintegración Fotónica.....	14
Figura. 2-11 Componente de un sistema de Fluoroscopia digital	16
Figura. 2-12 Fluoroscopia Pulsada.....	17
Figura. 2-13 Fluoroscopia Continúan	17
Figura. 2-14 Frecuencia y severidad de los Efectos estocásticos.....	19
Figura. 2-15 Frecuencia y Severidad de los Efectos determinísticos.....	19
Figura. 2-18 Funcionamiento del detector Geiger-Muller	25
Figura. 3-1 Detector y Software usado para la Medición	40
Figura. 3-2 Croquis de la Instalación	41

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1 Limite de dosis	22
Tabla 3-1 Valores de Carga máxima según el Kv.....	39
Tabla 4-1 Datos Generales Barrera A	44
Tabla 4-2 Espesor en otros materiales para la barrea A	44
Tabla 4-3 Datos Generales Barrera B	45
Tabla 4-4 Espesor en otros materiales para la barrea B	45
Tabla 4-5 Datos Generales Barrera C	46
Tabla 4-6 Espesor en otros materiales para la barrea C	47
Tabla 4-7 Datos Generales Barrera D	47
Tabla 4-8 Espesor en otros materiales para la barrea D	48
Tabla 4-9 Datos Generales Barrera Techo	48
Tabla 4-10 Espesor en otros materiales para Techo.....	49
Tabla 4-11 Datos Generales Barrera Piso	49
Tabla 4-12 Espesor en otros materiales para Piso.....	50
Tabla 4-13 Datos Generales Barrera Puerta 1	50
Tabla 4-14 Espesor en otros materiales para Puerta 1.....	51
Tabla 4-15 Datos Generales Barrera Puerta 2.....	51
Tabla 4-16 Espesor en otros materiales para Puerta 2.....	52
Tabla 4-17 Datos Generales Barrera Puerta 3.....	52
Tabla 4-18 Espesor en otros materiales para Puerta 3.....	53
Tabla 4-19 Espesor del Blindaje para Barreras A, B, C y D.....	54
Tabla 4-20 Espesor del Blindaje para Puertas.....	54
Tabla 4-21 Espesor del Blindaje para Techo y Piso.....	54
Tabla 4-22 Levantamiento Radiometrico.....	55

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo mejorar, desde el punto de vista de la Protección Radiológica, la situación de la Unidad de Intervencionismo del Hospital General Ambato del IESS, mediante la implementación de un Plan de Gestión en Protección Radiológica, diseñado en base a necesidades del área, a normas y reglamentos nacionales e internacionales y distribuido en un conjunto de guías. El Plan de Gestión fue implementado mediante capacitaciones al personal involucrado y simulacros de emergencia. Complementariamente se realizó una memoria de cálculo utilizando la recomendación 5.11 del CSN para verificar si las instalaciones designadas para este servicio cumplen con las restricciones de dosis, establecidas por el Organismo Nacional de Control. Para el cálculo de blindaje se tuvo en cuenta la clasificación de las zonas, el límite de dosis del personal ocupacionalmente expuesto y las características del Arco en C Medison X ray, por lo que el cálculo de blindaje es específico para el funcionamiento de este equipo. Mediante la implementación de este Plan de Gestión se logró el cumplimiento de las normas, acciones, responsabilidades y procedimientos requeridos para proteger al personal ocupacionalmente de las radiaciones ionizantes producidas en área de Intervencionismo del Hospital General Ambato. Además se recomienda que se lleve a cabo una capacitación periódica en el área.

Palabras clave: <CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES>, <PLAN DE GESTIÓN >, <RADIO PROTECCIÓN>, <CÁLCULO DE BLINDAJE>, <FLUOROSCOPIA>, <INTERVENCIONISMO>.

ABSTRACT

This current work aims to improve, from the viewpoint of view of Radiological Protection, the situation of the Intervention Unit of the Hospital General Ambato of IESS, through the implementation of a Radiological Protection Management Plan, designed based on the needs of the area, to national and international norms and regulations and distributed in a set of guides. The Management Plan was implemented through training to the personnel involved and emergency drills. Besides, a calculation report was made to verify whether the facilities designated for this service comply whit the measures established by the National Control Agency. For the calculation of shielding, the classification of the zones, the dose limit of the occupationally exposed personnel and the characteristics of the Arc in C Medison X ray were taken into account, for which reason the shielding calculation is specific for the operation of this equipment. Through the implementation of this Management Plan, compliance was achieved with the norms, actions, responsibilities and procedues required to protect the personnel occupationally from the ionizing radiations produced in the Intervention Area of the Hospital General Ambato of IESS. Furthermore, it is recommended to carry out periodic training for the hospital staff

Keywords: <EXACT AND NATURAL SCIENCES>, <MANAGEMENT PLAN>, <RADIO PROTECTION>, <SHIELDING CALCULATION>, <FLUOROSCOPY>, <INTERVENTIONISM>

INTRODUCCIÓN

La radiología intervencionista (IR) es una nueva subespecialidad que ha logrado importantes avances en el diagnóstico de pacientes con técnicas poco invasivas. La IR ha prometido mucho en las últimas dos décadas y entregado imágenes de precisión que reemplaza algunas técnicas quirúrgicas bien establecidas (Uberoi, 2009: p23).

La IR puede ser usada como tratamiento o para diagnosticar. La *IR de tratamiento*, evita en muchos casos a los pacientes cirugías más dolorosas, incómodas y reduce el tiempo de hospitalización superior, mientras que la *IR diagnóstica* como su nombre lo menciona, es aquella que nos llevan a conocer el padecimiento que presenta el tratante, de esta forma encontrar un tratamiento adecuado para este padecimiento. En estos procedimientos, los rayos X se utilizan fundamentalmente para guiado y seguimiento, tanto para el especialista que realiza la práctica, como el resto de los profesionales que coadyuvan, los cuales deben permanecer a lo largo de la exploración al lado del paciente y por tanto se han de proteger (Consejo de Seguridad Nuclear, 2011: p.16,17).

En el Hospital General Ambato del IESS, se llevan a cabo los estudios de diagnóstico y tratamiento con el fin de mejorar el servicio de salud ofrecido por la institución a la ciudadanía en general, utilizando la Radiología Intervencionista cuyo enfoque se centra en el diagnóstico y ayuda en los estudios de intervencionismo de diversas patologías (Radiological, 2010 p.1).

El presente trabajo, tiene como objetivo establecer un Plan de Gestión en Protección Radiológica en el Área de Intervencionismo del Hospital General Ambato del IESS, el cual está estructurado en base a cuatro capítulos:

En el Capítulo I, se describe los Antecedentes, Planteamiento del Problema, Justificación y Objetivos, los cuales nos ayudarán a conocer la importancia de “Implementar un Plan de Gestión en Protección Radiológica para el Área de Intervencionismo del Hospital General Ambato del IESS”.

En el Capítulo II, se describe los fundamentos teóricos necesarios para la mejor comprensión y desarrollo del trabajo, se menciona además, características de los equipos usados cómo: detectores de radiación, Arco en C.

En el Capítulo III, se describe la metodología utilizada para obtener los resultados.

En el Capítulo IV, se interpreta los resultados obtenidos, se presentan las conclusiones, recomendaciones, bibliografía utilizada y los anexos que permiten verificar los resultados obtenidos.

CAPÍTULO I

1. MARCO REFERENCIAL

1.1. Antecedentes

La angiografía, utilizada por primera vez para el cuerpo humano en 1923, fue el primer indicio de lo que hoy conocemos como IR. En 1953, el médico sueco Sven-Ivar Seldinger sentó las bases de la IR, mediante la implementación de la técnica de Seldinger. En 1963, Charles Dotter propuso por primera vez la idea de la radiología intervencionista, un año después, abrió una nueva era de angioplastia percutánea a través de una operación accidental, marcando la formación de radiología intervencionista (Ramos, 2015)

Desde la década de 1990, la angioplastia con balón relegó a un estado secundario con la aparición del stent metálico. Actualmente, el stent endovascular ha ingresado en una nueva etapa con la aparición de endoprótesis, stent temporales y stent biológico. Desde 1972, las técnicas de intervención no vascular fueron otra rama de la radiología intervencionista. Actualmente, se aplica en el diagnóstico y tratamiento de muchas enfermedades de los órganos internos como: páncreas, hígado, riñón, médula espinal, trompas de Falopio, esófago y otros órganos (Tang et al., 2014:sp).

Como se puede evidenciar existen varios trabajos alrededor de la técnica en si misma, sin embargo, en cuanto a la Protección Radiológica aplicada en IR, existen insuficientes trabajos que traten específicamente a los procedimientos necesarios para proteger al público de las radiaciones ionizantes involucradas en esta técnica. Por lo general, la mayoría de reportes se centran en la metodología y procedimientos para Intervencionismo en Cardiología y Tratamientos Terapéuticos en los cuáles no se menciona que tipo de medidas de protección se deben tomar para las personas que realizan la intervención y para el paciente.

En la cuadragésima octava reunión ordinaria de la Conferencia General de la OIEA, realizada el 21 de julio de 2004 se indicó que es factible fijar niveles orientativos para los procedimientos de angiografía coronaria la cual fue una de las técnicas pioneras en el ámbito de la medicina antes de contemplar a la radiología Intervencionista como una sub especialidad consolidada como una rama (Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), 2004).

Por otra parte, la (Comisión Internacional de Protección Radiológica ICRP por sus siglas en inglés) proporciona una serie de publicaciones en el campo de protección radiológica como:

- La Publicación 103 “Las Recomendaciones 2007 de la Comisión Internacional de Protección Radiológica”;
- La Publicación 105 “Protección Radiológica en Medicina” en el año 2011;
- La Publicación 113 “Capacitación y entrenamiento en Protección Radiológica para procedimientos diagnósticos e intervencionistas” en el 2015.

En cuanto al ámbito local, el Reglamento Ecuatoriano de Seguridad Radiológica no contempla el área de IR. Sin embargo, se han realizado algunos trabajos relacionados con la PR en diagnóstico usando Rx. En el año 2015, en el Hospital General IESS de la Ciudad de Riobamba, Paulina Morocho realizó el “CÁLCULO DE BLINDAJE PARA LA SALA DE RAYOS X DEL EQUIPO DE RADIOLOGÍA DIGITAL EcoRay, para cumplir con los parámetros establecidos en seguridad y protección radiológica por la Subsecretaria de Control y Aplicaciones Nucleares (SCAN). El cálculo de blindaje se realizó en base de los criterios y procedimientos establecidos en los protocolos N° 147 del NCRP y la guía de seguridad N 5.11 del CSN, aplicando los parámetros de diseño de la sala, carga de trabajo, áreas colindantes, tipo de personal, factores de uso y de ocupación, tipo de personal que permanece en las áreas colindantes (Morocho, 2015).

En el año 2016, en el Hospital Carlos Andrade Marín de la ciudad de Quito, Franklin Urquizo realizó el “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA PARA LA UNIDAD DE MEDICINA NUCLEAR Y MOLECULAR DEL HOSPITAL CARLOS ANDRADE MARÍN IESS-QUITO” con el cual pretende i/o mejorar, desde el punto de vista de la Seguridad y Protección Radiológica, la situación actual de la Unidad de Medicina Nuclear y Molecular del IESS se ha convertido en uno de los principales hospitales de la República del Ecuador (Urquizo Bonilla et al., 2016).

1.2. Identificación del problema

De todas las causas de la exposición del ser humano a las radiaciones ionizantes de origen artificial, la mayor contribución corresponde a las aplicaciones en medicina. Existe por tanto en esta área un gran potencial para reducir las dosis a los pacientes y consecuentemente a toda la población, como es recomendado en las publicaciones del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) y la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) (ARCAL LXXV, 2010: p.7).

Durante los procedimientos llevados a cabo en la unidad de Intervencionismo del Hospital General Ambato del IESS con fines terapéuticos los procedimientos son guiados principalmente por un fluoroscopio, un método de obtención de imágenes por medio de rayos X en tiempo real, gracias a una serie continua de imágenes obtenidas a una frecuencia de 25 a 30 cuadros completos por segundo muestra movimiento(Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), 2013).

Si bien la exposición de los rayos X necesaria para producir una imagen fluoroscópica es baja, los niveles de exposición pueden ser altos por la duración de las series de imágenes que habitualmente se toman en las exploraciones

El Hospital General Ambato del IESS, cuenta con un área de radiología intervencionista en funcionamiento desde el año 2012, sin embargo, no cuenta con una guía que garantice el cumplimiento de los principios de la protección radiológica, los procedimientos a seguir en caso de emergencia, ni con la documentación que certifique que las instalaciones cumplan con las normas establecidas por la autoridad reguladora del Ecuador

1.3. Justificación

El Hospital General Ambato del IESS, cuenta con un área de radiología intervencionista desde el año 2012. Esta área cuenta con una unidad de Arco en C Medison X ray. Este equipo, como es muy conocido, utiliza rayos X de baja energía. Por lo cual es imprescindible un Plan de Protección Radiológica el cuál contenga todos los procedimientos para garantizar la seguridad de todos los implicados en el proceso, el óptimo funcionamiento del equipo y la obtención de la Licencia Institucional para esta área.

Debido al daño que puede ocasionar la radiación, no se debe permitir ninguna exposición innecesaria. El principio que gobierna la protección radiológica en caso de exposición se conoce con el nombre de ALARA (as low as reasonably achievable) que se traduce como mantener la exposición “Tan bajo como sea razonablemente posible” (Preciado Ramírez et al., 2010:p.1).

La Ley vigente en Ecuador en cuanto a protección radiológica data del año 1979, en la cual se indican los procedimientos, derechos, obligaciones, etc. de las personas naturales o jurídicas que llevan a cabo el uso pacífico de las radiaciones ionizantes. Sin embargo, la aplicación rigurosa de esta ley se ha llevado a cabo desde el presente año, por lo cual el ente regulador, que en nuestro país es la Subsecretaría de Control y Aplicaciones Nucleares (SCAN) ha solicitado a todas las entidades que operen equipos generadores de radiaciones ionizantes, cuente con un Plan de

Protección Radiológica como una herramienta indispensable y requisito obligatorio para la obtención de la Licencia de Operación Institucional.

El Plan de Protección Radiológica para el área de Radiología Intervencionista del Hospital General Ambato del IESS, incluirá todos los parámetros que el área debe cumplir en cuanto a procedimientos bajo condiciones normales, en caso de accidentes, gestión de desechos radiactivos, requisitos físicos y de infraestructura.

En Ecuador, existen pocas Instituciones que cuenten con un Plan de Gestión de Protección Radiológica, sin embargo, a nivel internacional es una práctica muy común, no solamente como un requisito para operar, sino también se tiene muy claro los efectos adversos y la inoperancia que puede producir la falta de un Plan de Gestión de Protección Radiológica adecuado.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Implementar un plan de gestión de protección radiología para el área Intervencionismo del Hospital General Ambato del IESS.

1.4.2. Objetivos específicos

- Realizar un estudio del arte en lo referente a Protección Radiológica en los procesos de Radiología intervencionista.
- Diseñar el plan de gestión de Protección Radiológica.
- Delimitar las zonas de trabajo (zona controlada y zona supervisada)
- Diseñar e implementar un Plan de emergencias para el área de IR.
- Determinar el espesor necesario de las barreras de protección de la sala que alojará el arco en C para Radiología intervencionista, cumpliendo con los requisitos de Seguridad y Protección Radiológica establecidas por la Autoridad competente y las características requeridas para la instalación

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Fundamentos de la gestión de Planes y Proyectos

2.1.1. Plan de gestión

Se llama Plan de Gestión (PG) al diseño sobre la mejor forma de manejar una organización durante sus actividades cotidianas y a largo plazo. Incluye los métodos convencionales de hacer diversas cosas, administrar el dinero, lidiar con las tareas actuales de la organización, abordar la forma en que las personas de la organización realizan su trabajo (Rabinowitz, 2017) Toda entidad u organización de cualquier tipo, debe cumplir con un PG que garantice su correcto funcionamiento.

2.1.2. Ciclo de vida del plan de gestión

El ciclo de vida del PG tiene cuatro fases: inicio, planeación, ejecución y cierre del proyecto. El lapso de tiempo y el nivel correspondiente de esfuerzo que se dedican en cada fase varían en función del proyecto específico.

2.1.2.1. Fase de inicio

Los proyectos se identifican, se seleccionan y luego se autorizan mediante un documento conocido como cédula del proyecto.

2.1.2.2. Fase de planeación

Consiste en la definición del alcance del proyecto, la identificación de recursos, el desarrollo de un programa y un presupuesto y la identificación de riesgos, todo lo cual constituye el plan inicial para hacer el trabajo del proyecto.

2.1.2.3. Fase de ejecución

Se lleva a cabo el plan del proyecto y se realizan las tareas necesarias para producir todos los entregables y lograr así su objetivo. Durante esta fase, el avance del proyecto es monitoreado y controlado para asegurar que el trabajo se mantenga dentro del presupuesto y el programa previsto, el alcance se completa con base en las especificaciones y todos los entregables cumplen con los criterios de aceptación. Además, cualquier cambio debe ser documentado, aprobado e incorporado en el plan inicial actualizado.

2.1.2.4. Fase de control

Se hacen las evaluaciones del proyecto, se identifican y documentan las lecciones aprendidas para ayudar a mejorar el rendimiento en proyectos futuros, los documentos se organizan y se archivan (Gido et al., 2013: p.9).

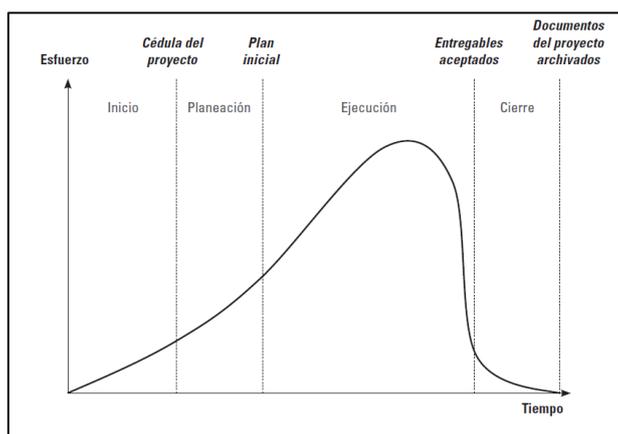


Figura. 2-1 Etapas de la elaboración de un proyecto

Fuente (Gido et al., 2013: p.9)

2.2. Rayos X

El descubrimiento de los rayos X fue realizado por Wilhelm Conrad Röntgen en diciembre de 1895 en el Instituto de Física de la Universidad de Würzburg. Este científico, al trabajar con tubos al vacío que emitían un nuevo tipo de rayos llamados catódicos notó que esa irradiación atravesaba diversos materiales e incluso el cuerpo humano y la llamó rayos X, porque desconocía su naturaleza (Jaramillo Antillón et al., 2005: p.120).

2.3. Producción de Rayos X

Un haz de rayos X se obtiene frenando un haz de electrones que se han acelerado contra un blanco metálico. En cualquier aparato de rayos X existe un cátodo emisor de electrones y un ánodo o anticátodo conectado a un potencial fuertemente positivo respecto al cátodo, que atrae los electrones y que a la vez sirve de blanco contra el que éstos chocan (Alcázar Baños et al., 2003).

Los electrones son acelerados aplicando una diferencia de potencial eléctrica, adquiriendo una energía máxima igual a la diferencia de potencial aplicada, expresada en kV. Los electrones acelerados van a ir perdiendo energía cinética conforme van produciéndose colisiones inelásticas y radiativas con los átomos de wolframio y molibdeno del ánodo (Alcázar Baños et al., 2003).

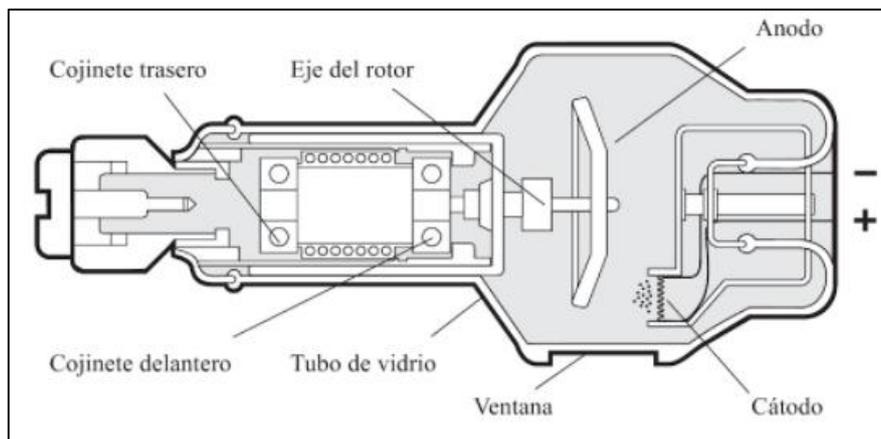


Figura. 2-2 Componentes del tubo de rayos X
Fuente (Abreú et al., 2006: p.37)

Los rayos X pueden originarse a través de un mecanismo de producción doble que frecuentemente actúan de forma simultánea: la radiación característica y la radiación de frenado.

2.3.1. Rayos X característicos

En esta interacción o choque, la energía cinética de un electrón es lo suficientemente elevada que puede ionizar o excitar a los electrones corticales de los átomos del ánodo. En este choque se produce un hueco en una órbita interna. Este hueco tiende a ser ocupado espontáneamente por otro electrón de una órbita próxima, emitiéndose la diferencia de energía existente como radiación electromagnética (fotón). Esta emisión de radiación tiene un valor determinado de energía para cada valor de Z de cada uno de los distintos átomos conocidos, por ello recibe el nombre de radiación característica (Alcázar Baños et al., 2003:p.26).

Para rayos X de diagnóstico la radiación característica puede suponer aproximadamente un 15-25 % del total de la radiación producida. La radiación característica de mayor interés en radiología es la que proviene de la expulsión de un electrón de la capa K (Alcázar Baños et al., 2003:p.27).

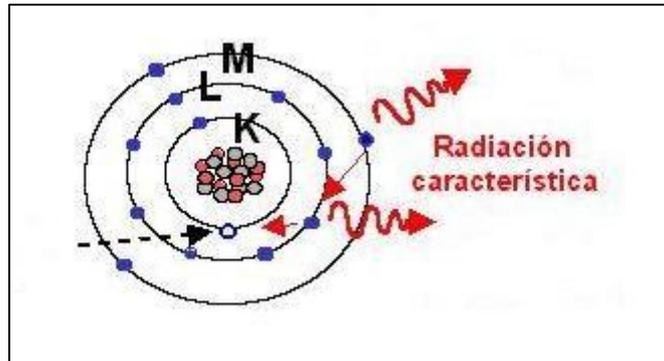


Figura. 2-3 Radiación Característica
Fuente (Blogs, 2009:)

2.3.2. Rayos X de frenado

Un electrón con carga negativa puede pasar próximo a un núcleo atómico, con carga positiva y puede ser frenado en su trayectoria por la atracción de cargas de distinto signo que poseen, disminuyendo su energía cinética. La energía cinética perdida por el electrón se puede emitir en forma de un fotón de rayos X.

Por consiguiente, el fotón emitido puede tener una energía muy variable. Un haz continuo de electrones que choquen con el ánodo dará lugar a un haz de fotones heterogéneos, de distintas energías (Abreu et al., 2006: p.59).

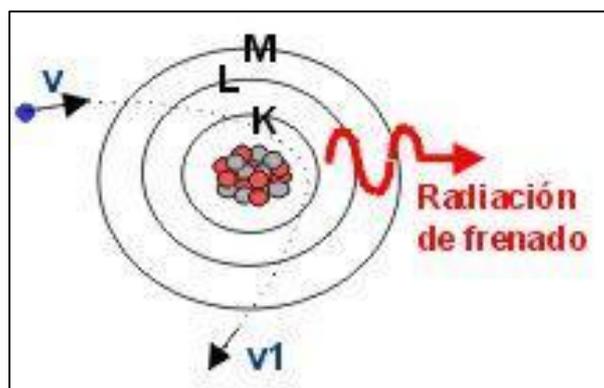


Figura. 2-4 Radiación de Frenado
Fuente (Blogs, 2009)

2.3.3. Tipos de Radiación X

En un haz de radiación X, podemos distinguir los siguientes tipos de radiación X:

2.3.4. Radiación Primaria:

Es la radiación que emerge por la ventana del equipo de rayos X, y es básicamente aquella que utilizaremos para impregnar en la placa radiográfica. En radiología convencional es el paciente quien recibe este tipo de radiación, por lo cual debe ser controlada tanto en intensidad de penetración, dirección y delimitación exacta con el fin de proteger al paciente, al operador y al público en general (Subsecretaría de Control y Aplicaciones Nucleares (SCAN), 2002: p.67).

2.3.5. Radiación Secundaria:

Es aquella que se produce directamente por la interacción del haz primario con cualquier átomo o molécula (aire, paciente, camilla, etc.) que se interponga en su camino; ésta radiación secundaria por lo tanto, deja de constituir el haz primario adquiriendo diferente dirección al mismo. La radiación secundaria se clasifica en radiación secundaria dispersa, cuando el fotón resultante de la interacción forma un ángulo menor a los 180 grados con el fotón incidente; mientras que la radiación secundaria remitida forma un ángulo de 180 grados, es decir, vuelve por el camino por el que vino el fotón incidente (Subsecretaría de Control y Aplicaciones Nucleares (SCAN), 2002: p.67).

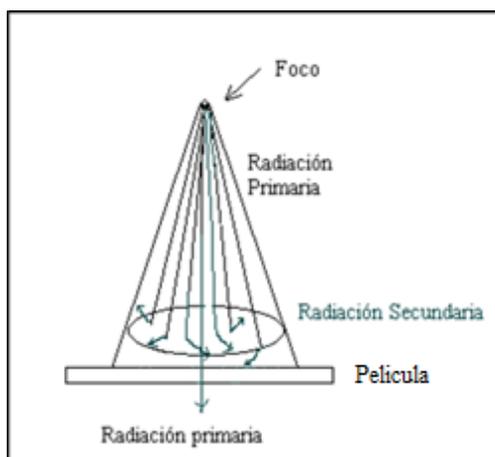


Figura. 2-5 Radiación Primaria y Secundaria

Fuente (Subsecretaría de Control y Aplicaciones Nucleares (SCAN), 2002: p.68)

2.4. Interacción de los Rayos X con la materia

Las interacciones de los fotones y partículas al incidir sobre la materia, lo hacen sobre los núcleos y los electrones atómicos. Existen mecanismos básicos a través de los cuales los rayos X interactúan a esos diversos niveles estructurales: 1) Dispersión Thompson, clásica o coherente, 2) efecto Compton, 3) efecto fotoeléctrico, 4) por la producción de pares y 5) la desintegración fotónica. Únicamente el efecto Compton y el efecto fotoeléctrico son de importancia para realizar una imagen con rayos X (Bushong, 2010: p.163). Las condiciones que permiten estas dos interacciones controlan la absorción diferencial, la cual produce el grado de contraste de una imagen radiológica.

2.4.1. Dispersión Thompson, clásica o coherente

Se define como aquel efecto que se produce cuando un fotón de radiación X colisiona con un átomo interactuando con un electrón cortical sin arrancarlo del átomo, originando una radiación emergente con la misma energía, pero con un cambio de dirección. Este efecto se produce para radiaciones con longitud de onda larga y cuando la materia presenta un número atómico muy elevado (Gil et al., 2006: p.419).

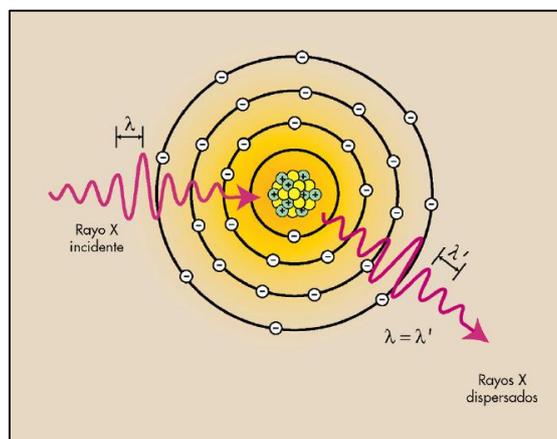


Figura. 2-6 Dispersión Thompson
Fuente (Bushong, 2010: p.163)

2.4.2. Efecto Compton

En el efecto Compton, el fotón incidente interactúa con el electrón de la capa más externa y lo expulsa del átomo, ionizándolo, el electrón expulsado se denomina electrón Compton o electrón secundario, mientras el fotón es desviado con una energía menor al fotón incidente (Finestres Zubeldia et al., 2012:p.20).

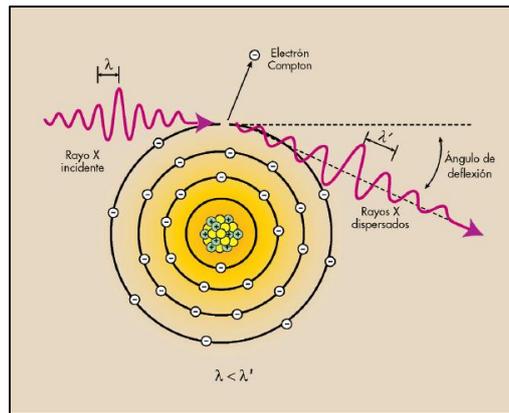


Figura. 2-7 Efecto Compton
Fuente (Bushong, 2010: p.164)

2.4.3. Efecto Fotoeléctrico

En el efecto fotoeléctrico el fotón incidente es absorbido por un electrón. El fotón desaparece y su energía es transferida íntegramente al electrón (fotoelectrón). Según cual sea la energía del fotón incidente el fotoelectrón puede pasar a un nivel energético más alto y el átomo queda excitado o bien el fotoelectrón puede ser arrancado del átomo y quedar libre, en este caso el átomo queda ionizado. Como se producen huecos en la estructura electrónica del átomo, estos huecos son rellenados por electrones de capas más altas y se emiten fotones de fluorescencia (Roig Petit, 2013: p.8).

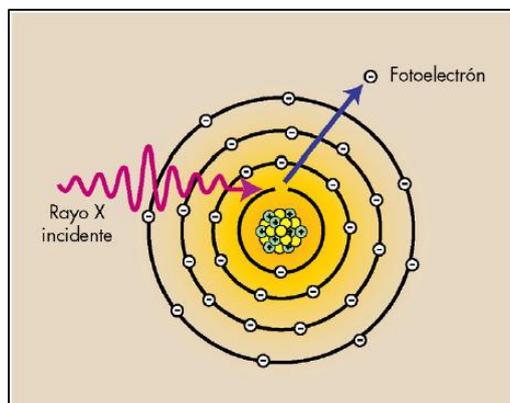


Figura. 2-8 Efecto Fotoeléctrico
Fuente (Bushong, 2010:p.166)

2.4.4. Producción de Pares

Es aquel proceso de interacción que se produce cuando un fotón superenergético, generalmente gamma ($E > 1.022 \text{ MeV}$) se ve influido por un núcleo, ocasionando su transformación en un par de partículas (^+e y ^-e) con determinadas energía cinética y en direcciones opuestas, el positrón se aniquilará con un electrón, emitiendo dos rayos gamma de 0,511 MeV (Gil et al., 2006:p.225).

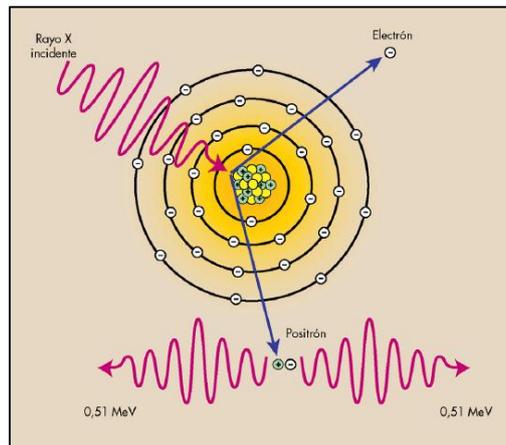


Figura. 2-9 Producción de Pares
Fuente (Bushong, 2010: p.169)

2.4.5. Desintegración Fotónica

Los rayos X con una energía superior aproximadamente a 10 MeV pueden escapar de la interacción con los electrones y el campo eléctrico nuclear y ser absorbidos directamente por el núcleo. Cuando se presenta este hecho, el núcleo pasa a un estado de excitación y de forma instantánea, emite un nucleón u otro fragmento nuclear. Este proceso se denomina desintegración fotónica (Bushong, 2010:p.169).

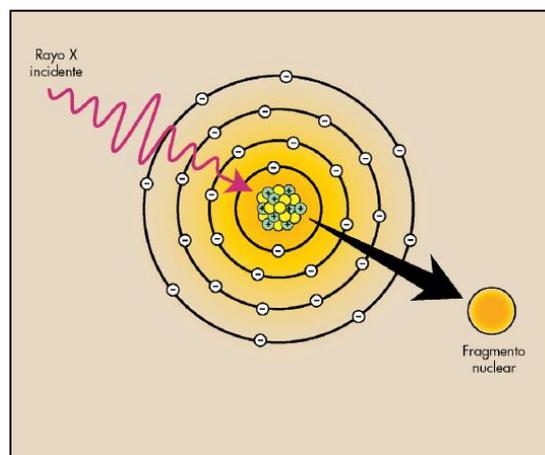


Figura. 2-10 Desintegración Fotónica
Fuente (Bushong, 2010:p.170)

2.5. Medidas Dosimétricas

2.5.1. Exposición

Evalúa la capacidad ionizante de la radiación, lo cual es trascendente ya que permite estimar el riesgo en una localización espacial y su unidad de medición en el Coulomb/kilogramo (C/kg), antes Roentgen (Ménendez Díez, 2009: p.595).

2.5.2. Dosis absorbida

Es la cantidad de energía depositada localmente por una unidad de masa de tejido y su unidad es el Gray (Gy), que es la radiación requerida para depositar 1 Joule en 1 kilogramo de tejido, (J/kg), antes Rad (Bushong, 2010:p.17).

2.5.3. Dosis equivalente

Es la medida de los efectos biológicos de la radiación en el humano y es la métrica más utilizada para evaluar el riesgo del personal sanitario. Su unidad de medida es el Sievert (Sv). Su unidad fue conocida previamente como rem (Bushong, 2010: p17).

2.5.4. Dosis efectiva

También evalúa los efectos biológicos de la radiación en los tejidos, pero toma en cuenta la radiosensibilidad específica de cada uno de ellos. Al igual que la dosis equivalente, su unidad de medición es el Sievert (Sv) (Bushong, 2010:p.17).

2.5.5. Kerma

Del inglés kinetic energy released to matter, o en español, energía cinética liberada a la materia. El kerma es la suma de energías cinéticas iniciales de todas las partículas cargadas liberadas por las partículas no cargadas en una masa de materia. Su unidad en el sistema internacional de medida es el J/kg, con el nombre especial de Gray (Gy). El kerma y la dosis absorbida son equivalentes entre sí, pero el mejor método de medición es el kerma medido en el aire libre en el eje central del tubo de rayos X a una distancia especificada del punto focal. Para los rayos X utilizados en imagen médica, la calibración se realiza en términos de kerma aire debido a que esta es la métrica utilizada por los sistemas de metrología internacionales (Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), 2013)

2.6. Radiología

La radiología es la ciencia que se ocupa del estudio de las radiaciones que pueden ser aplicadas al diagnóstico o tratamiento médico se la ha considerado como un elemento imprescindible en las prácticas médicas y desarrollo a la radiología para englobar todas las aplicaciones médicas, incluyendo radiodiagnóstico, radioterapia y medicina nuclear (Fernández, 2005: p.13).

2.7. Radiología Intervencionista

La radiología intervencionista es una sub especialidad de la radiología que ha pasado a convertirse en una parte integral de la atención del paciente, proporcionando alternativas a la cirugía para una amplia gama de problemas de salud (Radiological, 2010). Las técnicas de imagen como la fluoroscopia, ultrasonido, tomografía computarizada y resonancia magnética se utilizan para guiar la colocación de agujas, catéteres y dispositivos directamente a los lugares de destino dentro del cuerpo, a través de una pequeña incisión en la piel. Estos procedimientos se realizan a menudo con anestesia local.(Blázquez Sánchez, 2014)

2.7.1. Fluoroscopia

La fluoroscopia es el método de obtención de imágenes de rayos X en tiempo real, lo que es especialmente útil para guiar una gran variedad de exámenes diagnósticos e intervenciones. La fluoroscopia muestra el movimiento gracias a una serie continua de imágenes obtenidas a una frecuencia máxima de 25 a 30 cuadros completos por segundo. Esto es similar a la manera de transmitir imágenes de televisión o de vídeo convencionales.(International Atomic Energy Agency, 2013)

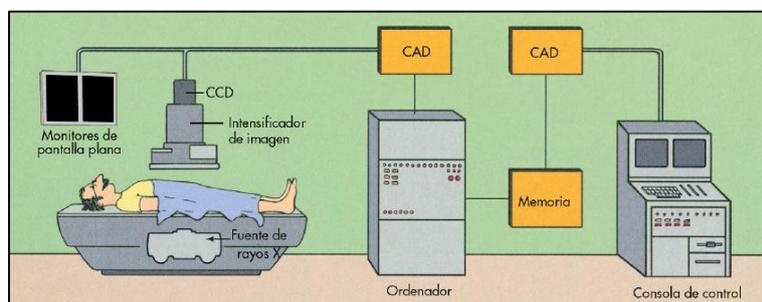


Figura. 2-11 Componente de un sistema de Fluoroscopia digital
Fuente (Bushong, 2010)

2.7.2. Modalidades para la Fluoroscopia

Existen modalidades para obtener una imagen médica, se basan en la generación de rayos X, es por eso que a continuación se mencionan

2.7.2.1. Fluoroscopia pulsada

Modalidad fluoroscópica de adquisición de imágenes en la que el haz de radiación es emitido por el tubo de rayos X de forma intermitente (pulsos). Como la emisión es pulsátil, el valor medio de la irradiación continúa siendo la misma sobre la propia dosis, por lo tanto esta modalidad produce imágenes con un mejor contraste en comparación con la fluoroscopia continua (Lima, 2009).

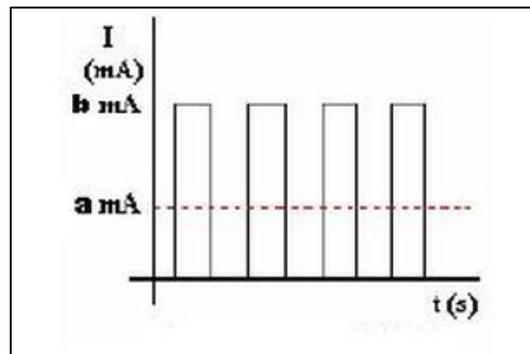


Figura. 2-12 Fluoroscopia Pulsada
Fuente (Pardell, 2018)

2.7.2.2. Fluoroscopia continua

Modalidad fluoroscópicas de adquisición de imágenes en la que el haz de radiación es emitido por el tubo de rayos X de forma continua y se trata de un generador convencional.

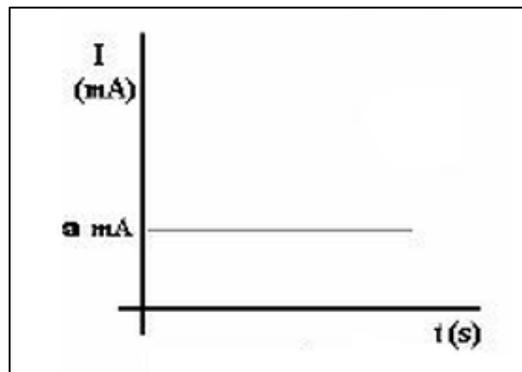


Figura. 2-13 Fluoroscopia Continua

Fuente (Pardell, 2018)

2.7.2.3. Fluoroscopia convencional

Está compuesta por un tubo intensificador de imagen y un circuito cerrado de televisión con uno o dos monitores para la visualización de la imagen. El intensificador de imagen cuenta con un tubo al vacío, que contiene un elemento fosforescente de entrada y un fotocátodo, lentes electroestáticos, ánodos de aceleración y un elemento fosforescente de salida (Lima, 2009).

2.7.2.4. Fluoroscopia digital

El principio de operación es el mismo que en la convencional, con la diferencia que la señal de video es digitalizada con la ayuda de un convertidor analógico digital (Finestres Zubeldia et al., 2012:p.70)..

2.8. Efectos biológicos de la Radiación

Los efectos biológicos provocados por los diversos tipos de radiación ionizante son el resultado de un número importante de fenómenos desatados por el paso de dicha radiación a través de un medio biológico (Finestres Zubeldia et al., 2012:p.70).

2.8.1. Efectos Somáticos

Son los efectos que ocurren en el individuo irradiado, dependiendo de cuando aparecen las alteraciones, los efectos somáticos pueden ser agudos hasta los seis meses después de la irradiación, y tardíos cuando se manifiestan a partir de los seis meses de la irradiación. Según su génesis, los efectos somáticos pueden clasificarse en estocásticos y no estocásticos o deterministas (Finestres Zubeldia et al., 2012:p.70).

2.8.1.1. Efectos Estocásticos

Los efectos estocásticos son aquellos en los cuales la probabilidad de que se produzca el efecto está en función de la dosis, mientras que la severidad del mismo es independiente de la dosis, y no tienen umbral. Se producen como consecuencia del daño sobre una célula o un pequeño número de células (Gisone et al. p.6).

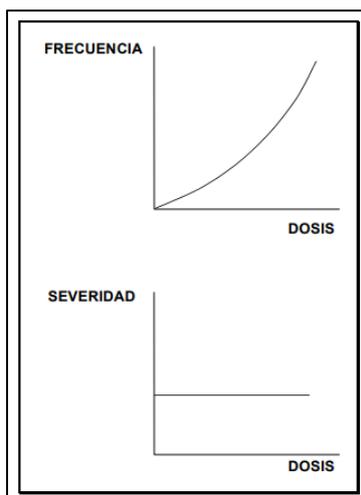


Figura. 2-14 Frecuencia y Severidad de los Efectos Estocásticos
Fuente (Gisone et al., 2011:p6)

2.8.1.2. Efectos Determinísticos

Los efectos determinísticos son aquellos en los que la gravedad del efecto y su frecuencia varían en función de la dosis. La relación dosis-efecto tiene umbral. El cien por ciento de frecuencia de un efecto determinístico se logra con una dosis suficiente como para alcanzar el umbral de severidad en toda la población. La dosis umbral es la cantidad de radiación necesaria para provocar el efecto en por lo menos el 1-5% de los individuos expuestos.

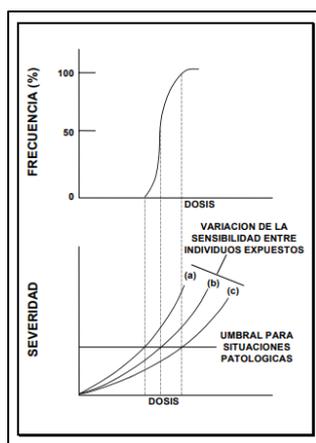


Figura. 2-15 Frecuencia y Severidad de los Efectos Determinísticos
Fuente (Gisone et al., 2011:p.6)

Efectos Tempranos

Ocurren al poco tiempo de la exposición y guardan relación con el número de células muertas, la reparación del daño producido y la tasa de regeneración del tejido celular irradiado. Algunos ejemplos incluyen el eritema o enrojecimiento de la piel, la caída del pelo, la neumonitis radica o inflamación pulmonar fibrótica y la llamada enfermedad de radiación. Los efectos determinísticos tempranos pueden variar fraccionando la dosis de radiación ionizante o administrándola de forma continua pero lenta, pues generalmente, un tejido puede soportar una dosis mucho mayor si ésta se fracciona (Urquiza Bonilla et al., 2016: p.24).

Efectos Tardíos

Ocurren luego del primer año de recibida la dosis de Radiación Ionizante, están relacionados con el daño inicial producido por ésta y el deterioro en los mecanismos de reparación de tejidos. Algunos ejemplos incluyen la queratosis (engrosamiento del epitelio de la piel), la fibrosis pulmonar (reemplazo de los alveolos pulmonares por tejido fibrótico) y las cataratas (opacidad del cristalino del ojo). Los efectos determinísticos tardíos son menos influenciados por el fraccionamiento de dosis y serán proporcionales a la dosis total de Radiación Ionizante (Urquiza Bonilla et al., 2016:p.25).

2.8.2. Efectos Genéticos

Los daños genéticos ocurren debido a alteraciones (mutaciones) en la estructura o en la regulación de los genes en las células germinativas (Subsecretaría de control y aplicaciones nucleares (SCAN), 2002: p.102) Estos trastornos se clasifican en tres grupos:

- ✓ Mendelianos, o sea aquellos debidos a mutaciones en genes simples y que siguen las leyes mendelianas de la herencia;
- ✓ Aberraciones Cromosómicas, debido a cualquiera de las anomalías cromosómicas;
- ✓ Multifactoriales, resultantes de la acción unificada de múltiples factores genéticos y ambientales.

2.9. Protección Radiológica

2.9.1. Principios de protección radiológica

En las recomendaciones de 1990, la Comisión propuso principios de protección para las prácticas separadamente de los principios aplicables a situaciones de intervención. La Comisión continúa considerando fundamentales estos principios para el sistema de protección y ahora ha formulado un conjunto único de principios aplicables a situaciones de exposición planificada, existente y de emergencia. Dos de dichos principios están relacionados con la fuente y se aplican en todas las situaciones de exposición (Comisión Intencional de Protección Radiológica (ICRP), 2007:p 77-78).

2.9.1.1. Principio de justificación:

Cualquier decisión que involucre la situación de exposición a radiación debería producir más beneficio que daño. Esto significa que toda decisión en donde se introduzca una nueva fuente de radiación, se debe reducir exposición existente, para reducir el riesgo potencial de exposición. (Comisión Intencional de Protección Radiológica (ICRP), 2007:p 77-78).

2.9.1.2. Principio de optimización de la protección:

La probabilidad de recibir exposiciones, el número de personas expuestas, y la magnitud de las dosis individuales deberían mantenerse tan bajas como sea razonablemente alcanzable, teniendo en cuenta factores económicos y sociales. Esto significa que el nivel de protección debería ser el mejor, en las circunstancias prevalecientes, maximizando el margen de beneficio en relación al daño. Debería haber restricciones en las dosis o en los riesgos de los individuos asociados a una fuente en particular a fin de evitar resultados extremadamente injustos del procedimiento de optimización (restricciones de dosis o de riesgo y niveles de referencia). Uno de los principios está relacionado con los individuos y se aplica a situaciones de exposición planificada (Comisión Intencional de Protección Radiológica (ICRP), 2007:p 77-78).

2.9.1.3. Principio de aplicación de límites de dosis:

En situaciones de exposición planificada para fuentes reguladas, que no consistan en exposiciones médicas de pacientes, la dosis total de cualquier individuo no debería exceder los límites pertinentes recomendados por la Comisión. (Comisión Intencional de Protección Radiológica (ICRP), 2007:p 77-78).

2.9.2. Exposiciones Radiológicas

La Protección Radiológica se interesa por la protección de toda persona que resulte o pueda resultar expuesta a Radiación ionizante. Según la naturaleza del vínculo entre las personas y las fuentes de radiación las exposiciones se clasifican en:

2.9.2.1.

2.9.2.2. Ocupacionales

Aquellas que involucran a las personas que por la naturaleza de su actividad laboral deben interactuar con fuentes de Radiación ionizante y que, en mayor o menor grado, están inevitablemente expuestas a las mismas (Beral et al., 2004: p.34).

2.9.2.3. Médicas

Aquellas que involucran la exposición deliberada de personas (pacientes) a radiación ionizante en procedimientos médicos de diagnóstico o terapia (Comisión Intencional de Protección radiológica (ICRP), 2014).

2.9.2.4. Públicas

Aquellas en las que algunos miembros de la población pueden resultar inevitablemente expuestos debido a la cercanía circunstancial o permanente de fuentes de Radiación ionizante o por estar involucrados en procesos de transferencia ambiental de radionúclidos (Comisión Intencional de Protección Radiológica (ICRP), 2014).

2.9.3. Límites de Dosis

En las Normas Básicas Internacionales de Seguridad para la Protección contra la Radiación Ionizante (NBS) un límite de dosis se define como “El valor de la dosis efectiva o de la dosis equivalente causada a los individuos por prácticas controladas, que no se deberá rebasar.” Los límites de dosis efectivos para la exposición ocupacional se aplican a la suma de la dosis efectiva por fuentes externas y la dosis efectiva comprometida producto de las incorporaciones en el mismo período (Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), 2004: p.21).

Tabla 2-1 Límite de Dosis

Tipo de límite	Personal Ocupacionalmente Expuestos	Público
Dosis efectiva	20 mSv por año promediada de periodos de 5 años	1 mSv en un año
Dosis equivalente en:		
Cristalino	150 mSv	15 mSv
Piel	500 mSv	15 mSv
Manos y Piel	500 mSv

Realizado por: Estiven Sánchez

Fuente (Comision Internacional de Proteccion radológica (ICRP), 2007: p.87)

2.9.4. Restricciones De Dosis

Las restricciones de dosis no se aplican a los pacientes, pero las NBS especifican los requisitos de restricción de dosis aplicables a quienes presten ayuda o auxilio a los enfermos, al personal cuidador y los voluntarios participantes en una investigación, que no reciben ningún beneficio directo de la exposición (Organismo Internacional de Energía Atómica, 2010: p.20).

2.9.5. Clasificación de Zonas

Los lugares de trabajo se clasificarán, en función del riesgo de exposición a las radiaciones ionizantes en distintas zonas. La clasificación de los lugares de trabajo deberá estar siempre actualizada, delimitada y debidamente señalizada de acuerdo con el riesgo existente. El acceso estará limitado a personas autorizadas al efecto su clasificación debería derivarse de la evaluación radiológica previa a la que se hizo referencia anteriormente. Podrán definirse dos tipos de zonas: zonas controladas y zonas supervisadas (Organismo Internacional de Energía Atomica (OIEA), 2004: p.37).

2.9.5.1. Zona controlada:

Es aquella zona en la que:

- ✓ Existe la posibilidad de recibir dosis efectivas superiores a 6 mSv por año oficial o una dosis equivalente superior a 3/10 de los límites de dosis equivalentes para el cristalino, la piel y las extremidades.
- ✓ Sea necesario seguir procedimientos de trabajo con objetivo de restringir la exposición a la radiación ionizante, evitar la dispersión de contaminación radiactiva o prevenir o limitar la probabilidad y magnitud de accidentes radiológicos o sus consecuencias (Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), 2001:p7).

2.9.5.2. Zona vigilada:

Es aquella zona en la que, no siendo zona controlada, existe la posibilidad de recibir dosis efectivas superiores a 1 mSv por año oficial o una dosis equivalente superior a 1/10 de los límites de dosis equivalentes para el cristalino, la piel y las extremidades (Consejo de Seguridad Nuclear CSN, 2001:p7). Además, dentro de las zonas controladas se podrán establecer zonas de permanencia limitada, zonas de permanencia reglamentada y zonas de acceso prohibido (Díaz, 2007: p. 352). La clasificación de los lugares de trabajo en las zonas establecidas deberá estar siempre actualizadas. Siendo objeto de revisión basándose en las variaciones de las condiciones de trabajo.

2.10. Medida de la radiación ionizante

Los aparatos de detección y medida de la radiación ionizante se basan en los fenómenos de interacción de la radiación con la materia. Teniendo en cuenta su funcionalidad, los instrumentos de medida se pueden clasificar como detectores de radiación o dosímetros (Pascual et al., 2001: p.5,6).

2.10.1. Detectores de radiación

Son instrumentos de lectura directa, generalmente portátiles, que indican la tasa de radiación, es decir, la dosis por unidad de tiempo. Estos instrumentos son útiles para la medida de radiactividad ambiental o de contaminación radiactiva. La mayoría de estos medidores de radiación ionizante se basan en alguno de estos fenómenos: ionización de gases, excitación por luminiscencia o detectores semiconductores (Ziessman et al., 2007: p.35).

2.10.1.1. Contadores Geiger-Muller

Es una pequeña cámara de ionización normalmente cilíndrica, en la cual el electrodo es un alambre de tungsteno muy fino que se encuentra aislado del resto de la cámara. El electrodo se mantiene a un voltaje de cerca de 1000 volts y se conecta a un circuito de baja capacidad y alta impedancia (Iturbe, 2001:p 120).

El contador está lleno de una mezcla de gases a baja presión, generalmente argón, y una pequeña cantidad de vapor de alcohol o un halógeno (cloro o bromo). El argón aumenta la movilidad de los electrones y el vapor orgánico permite cortar la descarga, limitándola a una duración muy

breve (del orden de microsegundos), lo que permite contar impulsos muy cercanos (Iturbe, 2001: p.120).

El filamento de tungsteno va conectado a un amplificador, el cual va unido sea a un contador electromecánico, que proporciona el número total de impulsos, o también a un integrador que registra la tasa de conteo. Expresada generalmente en cuentas por minuto.

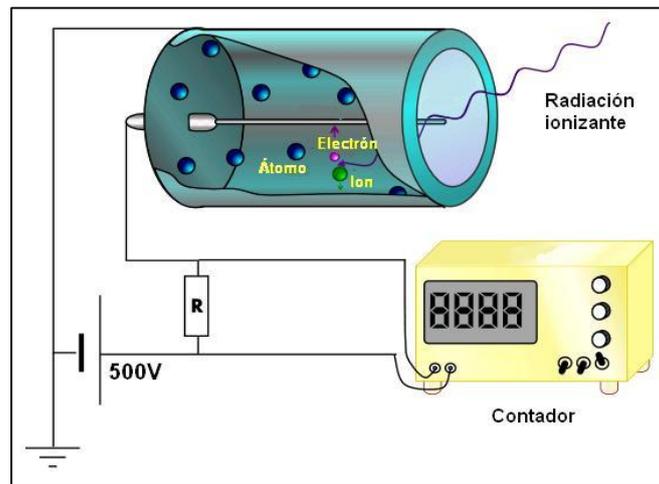


Figura. 2-18 Funcionamiento del detector Geiger-Müller
Fuente (Alma de herrero blog, 2012)

2.10.2. Dosímetros

Son medidores de radiación diseñados para medir dosis de radiación acumulada durante un periodo de tiempo y normalmente se utilizan para medir la dosis a que está expuesto el personal que trabaja, o que permanece en zonas en las que existe riesgo de irradiación. De acuerdo con el principio de funcionamiento pueden ser: cámara de ionización, película fotográfica o termoluminiscencia. Los dosímetros termoluminiscentes son reutilizables ya que una vez leído recuperan las condiciones de equilibrio (Finestres Zubeldia et al., 2012: p.53).

2.11. Blindaje para equipos emisores de rayos X

El riesgo asociado con la exposición a rayos X depende del tiempo de exposición, la dosis recibida, la radiosensibilidad del paciente, entre otros factores (Lam, 2006). Por lo que es de suma importancia tener un blindaje el cual brinde las medidas de protección necesarias para el uso de radiación ionizante usadas en la medicina.

Existen dos tipos de Blindajes para los equipos de rayos X.

2.11.1. Blindaje del tubo

Está constituido por una carcasa protectora, para los tubos de rayos X con fines diagnósticos, la tasa de exposición a 1 metro del tubo debido a la radiación de fuga debe ser inferior a 100 mili Roentgen cuando el tubo opera en condiciones máxima (Del Puy et al., 2014)

2.11.2. Blindaje estructural:

Rodea el espacio en que se ubica al tubo y al paciente que está siendo explorado. Debe proteger del haz útil, radiación de fuga y la radiación dispersa. En el cálculo de las barreras de protección de una sala de radiodiagnóstico, es razonable considerar una carga de trabajo que cubra las previsiones futuras en función del volumen máximo de exploraciones que puedan ser practicadas a continuación.

Los principales parámetros que intervienen en la protección de un local son indicadas (Consejo de Seguridad Nuclear (SCN), 1990: p.8):

- La carga de trabajo del equipo de rayos X.
- La posición prevista del tubo o tubos de rayos X y la dirección prevista de los haces útiles de radiación.
- La calidad de la radiación (penetración del haz).
- El tipo de radiación: radiación directa, residual, dispersa o de fuga.
- La presencia simultánea de radiaciones ionizantes que provengan de otras fuentes.
- La clasificación de las zonas circundantes.
- Las características constructivas de los muros ya existentes en la instalación
- La clasificación del personal a proteger: Personal Ocupacionalmente Expuesto (POE).

Sin embargo, dada la dificultad de este cálculo, la mayor parte de la normativa existente, continúa adoptando el método tradicional de cálculo basado en los límites individuales de dosis. El método no contradice el criterio ALARA a pesar de seguir basándose en los límites individuales, ya que las dosis que resultan en la práctica vienen a estar entre 1/10 y 1/30 de dicho límite. Ello es debido a que todas las hipótesis de cálculo contienen un factor de seguridad, los cuales multiplicados entre sí arrojan las reducciones de dosis indicadas (Consejo de Seguridad Nuclear (SCN), 1990: p.8).

Los sistemas de imágenes fluoroscópicas generalmente funcionan a potenciales que van desde 60 hasta 120 kVp. Se incorpora una barrera primaria en el receptor de imagen fluoroscópicas. Por lo

tanto, un diseño protector para una habitación que contiene solo una unidad fluoroscopia, debe considerar una barrera primaria y barreras protectoras secundarias contra fugas y radiaciones dispersas (National Council on Radiation Protection (NCRP), 2004:p.12).

2.12. Documentos Guías

2.12.1. Consejo De Seguridad Nuclear (CSN) Guía De Seguridad N° 5.11 Aspectos técnicos de seguridad y protección radiológica de instalaciones médicas de rayos X para diagnóstico

En la guía 5.11 del CSN se recomiendan los requisitos técnicos generales aplicables a las fases de diseño, construcción, pruebas de aceptación y funcionamiento de las instalaciones médicas de rayos X para diagnóstico, encaminados a que en cada una de las citadas fases se incorporen los criterios de seguridad nuclear, garantía de calidad y protección radiológica, necesarios para obtener una optimización de todas ellas (Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), 1990: p.3).

2.12.2. International Commission on Radiological Protection (ICRP)

2.12.2.1. *Publicación 103 Las Recomendaciones 2007 de la Comisión Internacional de Protección Radiológica*

Estas Recomendaciones revisadas para un Sistema de Protección Radiológica sustituyen formalmente las Recomendaciones previas de la Comisión de 1990; y actualizan, consolidan y desarrollan las guías adicionales promulgadas desde 1990 sobre el control de la exposición procedente de fuentes de radiación.

De este modo, las Recomendaciones actuales ponen al día los factores de ponderación de la radiación y de tejido en las magnitudes dosis equivalente y dosis efectiva y actualizan el detrimento producido por la radiación, en base a la última información disponible sobre la biología y la física de la exposición a radiación (Comisión Internacional de Protección radiológica (ICRP), 2007).

2.12.2.2.

2.12.2.3. *Publicación 105 Protección Radiológica en Medicina*

Este informe fue preparado para sustentar las Recomendaciones 2007 de la Comisión respecto a la exposición médica de pacientes, incluyendo tanto a sus confortadores y cuidadores, como a voluntarios en la investigación biomédica. Se orienta a la adecuada aplicación de los principios

fundamentales (justificación, optimización de la protección, y aplicación de límites de dosis) de las recomendaciones 2007 de la Comisión a dichos individuos (Comisión Intencional de Protección Radiológica (ICRP), 2011)

2.12.2.4. *Publicación 113 Capacitación y entrenamiento en Protección Radiológica para procedimientos diagnósticos e intervencionistas*

La presente publicación profundiza considerablemente sobre las recomendaciones básicas publicadas en el ICRP 103 e ICRP 105 en relación a las diversas categorías de facultativos médicos y otros profesionales de asistencia médica que llevan a cabo o asisten en procedimientos diagnósticos e intervencionistas utilizando radiaciones ionizantes y terapia de medicina nuclear. (Comisión Intencional de Protección Radiológica (ICRP), 2009)

2.12.3.

2.12.4. National Council on Radiation Protection and Measurements NCRP

2.12.4.1. *Informe N.° 147 Diseño de blindaje estructural para instalaciones médicas de imágenes de rayos X (2004)*

2.12.5. En estas recomendaciones e información técnica están relacionadas con el diseño e instalación de blindaje estructural para instalaciones que usan rayos X para imágenes médicas. El propósito del blindaje estructural es limitar la exposición a la radiación a empleados y miembros del público (National Council on Radiation Protection and Measurements NCRP, 2004)

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Metodología

El presente trabajo es de tipo descriptivo ya que, basados principalmente en las normativas internacionales generales de Protección Radiológica, se ha recopilado, desarrollado y aplicado específicamente los parámetros que competen a la PR en Intervencionismo. Los documentos principales que respaldan este trabajo son:

- ICRP Publicación 103 Las recomendaciones 2007 de la Comisión Internacional de Protección Radiológica
- ICRP Publicación 105 Protección Radiológica en Medicina
- ICRP Publicación 113 Capacitación y entrenamiento en Protección Radiológica para procedimientos diagnósticos e intervencionistas
- Informe N.º 147 Diseño de blindaje estructural para instalaciones médicas de imágenes de rayos X (2004) Consejo De Seguridad Nuclear (CSN) Guía De Seguridad N° 5.11 Aspectos técnicos de seguridad y protección radiológica de instalaciones médicas de rayos X para diagnóstico

El diseño de la investigación es cuasi experimental, ya que para la elaboración del Plan de Gestión de Protección Radiológica, en primera instancia se realizó una proyección de procedimientos y un cálculo teórico del blindaje. Posteriormente se realizó una evaluación experimental del blindaje para determinar en qué zonas se debía llevar a cabo revestimiento en las paredes necesarias. En base a estos resultados se determinó el blindaje adecuado para el Área de Intervencionismo el cual está incluido en el Plan de Gestión.

3.1.1. Característica del Plan de gestión

El plan de gestión elaborado para el Área de intervencionismo del Hospital General Ambato del IESS estará comprendido por un conjunto de planes o guías con las cuales se pretende manejar la organización o empresa de la mejor manera, con el fin de cumplir los objetivos propuestos en este caso referentes a la protección radiológica

3.1.2. Etapas de elaboración del Plan de gestión

Para la elaboración del conjunto de guías comprendidas en el plan de gestión seguiremos un método que consta de cinco etapas en las que tenemos Planificación, Organización, Integración, Dirección y control.

3.1.3. Planificación.

En el presente trabajo para la realización del PGPR partimos de la necesidad del cumplimiento de la normativa y la integridad del personal relacionada con el área, debido a la ubicación de esta vamos a tener el acceso limitado de personal enfocándonos más a la protección radiológica del área en sí.

Objetivo

El objetivo del este PGPR es velar por la integridad del personal en lo referente a la protección radiológica estableciendo guías, las cuales ayudan a comprender de mejor forma los riesgos y medidas de protección que se deben tomar ante la exposición a rayos X emitidos en los procedimientos de intervencionismo.

Misión

El Hospital General Ambato de IESS en su área de Intervencionismo busca brindar un servicio de calidad a la población de la provincia de Tungurahua y sus alrededores con la realización de procedimientos operatorios que requieran el uso de rayos X, garantizando la seguridad del paciente y el personal.

Visión

El crecimiento de la población, los avances tecnológicos y la ubicación estratégica del Hospital General Ambato del IESS son óptimas para apuntar a ser uno de los mejores Hospitales del centro del País con la implementación de nuevas técnicas, implementación de guías y capacitación del personal logrando así consolidarnos como un referente a nivel nacional en procedimientos de intervencionismo.

Planeación estratégica

Para el desarrollo del PGPR vamos a desarrollar un conjunto de guías llamadas planes los cuales contendrán la información adecuada para las diferentes actividades que se deben realizar con el fin de mejorar el funcionamiento del área, las cuales serán implementadas dando a conocer al personal según sus funciones.

3.1.4. Organización.

Una vez que se recopiló la información tanto de la situación inicial del área como de la normativa nacional e internacional, se determinó que el PGPR debería estar estructurado en diferentes guías para la mejor organización de la información y obtener mejores resultados. Enfocándonos en las diversas necesidades del área, como la capacitación del personal en torno a la protección radiológica y ante las situaciones de riesgo.

Al tener un equipo emisor de rayos X debemos asegurarnos de que se encuentre en un estado de funcionalidad óptimo con el fin de disminuir al máximo la probabilidad de fallos, por lo que es sumamente importante tener una guía de control de calidad y una guía de mantenimiento para así verificar el estado del mismo, los posibles fallos y la manera de solucionarlos. En el caso de que el equipo deje de funcionar por diferentes causas como la falta de repuestos o la renovación de tecnologías debe existir una guía para el descarte del equipo o clausura del área.

Sin dejar de lado la parte estructural, existe un área de intervencionismo designada en el segundo piso del hospital en donde se procedió a realizar un levantamiento radiométrico con el objetivo de delimitar las zonas y evaluar la estructura que fungía como blindaje.

3.1.5. Integración

El PGPR es un conjunto de guías que indica las características que el área debe cumplir para mantenerse dentro de los límites que indica el Reglamento de PR ecuatoriano y las Normativas Internacionales y por ende precautelar la integridad del POE, público y pacientes. Estas guías son:

- ✓ Plan de Protección Radiológica
- ✓ Plan de Mantenimiento
- ✓ Plan de Procedimientos para el control de Calidad
- ✓ Plan de Emergencias
- ✓ Plan de Descarte

Además se integró a estas guías una memoria de Cálculo que describe los espesores necesarios para cada barrera del área.

3.1.6. Dirección.

El plan de Gestión propuesto, fue socializado con todo el personal del área de Intervencionismo, y está puesto a consideración de la Oficial de Protección Radiológica y de la Dirección General Administrativa del Hospital General Ambato del IESS.

3.1.7. Control.

El cumplimiento del presente Plan debe ser guiado y controlado por el/la Oficial de Protección Radiológica del área, la cual deberá llevar registros periódicos de la ejecución del mismo.

3.2. Determinación de los parámetros necesarios para el cálculo del espesor de las barreras de protección

El área de Intervencionismo, cuenta con un arco C móvil “Medison X ray MCA-6200” ubicado en el segundo piso de las instalaciones

3.2.1. Características del Arco C

Para los procesos de intervencionismo utilizamos un arco en C móvil MCA-6200 Medison X ray con microprocesador de última generación diseñadas para cumplir con las demandas de los procedimientos quirúrgicos complejos de hoy en día.

Generador de rayos X: con salida de potencial constante sin ondulaciones proporciona una calidad de imagen mejorada y reduce al paciente dosificación.

Consola de operador doble: diseñada en la pantalla plana de la membrana permite una fácil visualización y manipulación de todas las funciones del sistema desde cualquier lado de los sistemas móviles C-arm. Esto permite la selección y alteración rápida de la técnica para adaptarse a los requisitos de un examen específico en un ambiente de sala de operaciones (United Radiology System, 2009).

Características técnicas

- Capacidad del generador 2.2 kW
- Rango de fluoro kV normal 40 – 110 kVp
- Rango de fluoro mA normal 0.2-4 mA
- Rango pulsado de fluoro KV 40-110 kVp
- Rango de fluoro mA pulsado 0.2-4 mA
- Velocidad pulsada 1-6 Hz
- Modo fluoro kV range 40-110 kVp
- Modo fluoro mA rango 0.5-6.3 mA
- Radiografía / voltaje de tubo 40-110 kVp
- Radiografía / corriente de tubo fija 20 mA
- Radiografía / mAs 0.4-100 mAs
- Tubo estacionario (0.5 / 1.5 mm)
- Profundidad del brazo en C 600 mm
- Tamaño libre 740 mm
- SID 940 mm
- Filtro del tubo de rayos X (08 mm Al)

3.2.2. Características de la Instalación

El Hospital General Ambato del IESS es un hospital de segundo nivel en la actualidad, que brinda atención de salud a la zona central del país, cuenta desde 1991 con una edificación localizado en el Sector de Atocha de construcción mixta vertical. En la actualidad el área designada para Intervencionismo que alberga al equipo de radiología “Generador de Alta Frecuencia con cámara Digital” se encuentra en el segundo piso el cuál se encuentra rodeado, de un quirófano, dos pasillos y una pared colindante hacia la calle.

El área designada para intervencionismo está dentro de la zona de quirófanos, por tanto el personal presente en esa zona, será limitado, a fin de disminuir los riesgos de irradiación al público, teniendo en cuenta que los Rayos X no se producen constantemente, ya que solo se producen durante ciertas intervenciones que ameritan el uso del equipo por ende, la protección se enfocará al POE.

3.2.3. Protocolo usado para el Cálculo de Blindaje para sala de Intervencionismo

El CSN en la Guía 5.11 “Aspectos técnicos de seguridad y protección radiológica de instalaciones médicas de rayos X para diagnóstico” recomiendan los requisitos técnicos generales aplicables a las fases de diseño, construcción, pruebas de aceptación y funcionamiento de las instalaciones médicas de rayos X para diagnóstico, encaminados a que en cada una de las citadas fases se incorporen los criterios de seguridad nuclear, garantía de calidad y protección radiológica, necesarios para obtener una optimización de todas ellas (Consejo de Seguridad Nuclear (SCN), 1990).

3.3. Condiciones parámetros y ecuaciones para el cálculo de blindaje según la Guía 5.11 del (CSN)

3.3.1. Barreras de protección

Para el cálculo de blindaje se especifica que las barreras se clasifican debidamente en dos tipos:

3.3.1.1. Barrera Primaria

Barrera de la estructura sobre la cual incide el haz primario de radiación generado por el equipo de rayos X, generalmente se designa barrera primaria a la pared donde se encuentra el soporte vertical (chest-bucky) y el piso.

3.3.1.2. Barrera Secundaria

Barrera de la estructura sobre la cual no incide directamente el haz útil de radiación generado por el equipo de rayos X, sino solo incide la radiación dispersa y de fuga.

3.3.2. Tamaño de campo (S)

Superficie máxima de campo (40 x 40) centímetros donde el haz de radiación se proyecta.

3.3.3. Carga de trabajo (W)

Se define por el cociente

$$W = \frac{I x t_i}{t} \left[\frac{mA \times min}{sem} \right] \quad (1)$$

Dónde:

- ✓ I es la intensidad de corriente en mA.
- ✓ t_i es el tiempo de emisión de radiación en el intervalo t (generalmente se considera t = 1 semana)
- ✓ Si se utilizan distintos valores de I, se suman todos los productos de cada I por su tiempo t, correspondiente.

3.3.4. Factor de uso (U)

Es la fracción de la carga de trabajo para la cual el haz útil está dirigido hacia el lugar considerado a proteger.

El factor de uso para barreras primarias en instalaciones de radiodiagnóstico sería:

- ✓ Suelo: U = 1
- ✓ Paredes: U = 1/4
- ✓ Techo: U = el requerido para barreras secundarias.

El factor de uso para barreras secundarias es normalmente 1.

En general, los blindajes para el techo están determinados por los requerimientos para barreras secundarias, ya que el factor de uso es generalmente bajo.

3.4.

3.4.1. Factor de ocupación (T)

Es el factor por el cual hay que multiplicar la carga de trabajo para tener en cuenta el grado de ocupación relativo de la zona considerada a proteger.

Las zonas se clasifican en:

- ✓ Zonas de ocupación total: T = 1
- ✓ Zonas de ocupación parcial: T = 1/4
- ✓ Zonas de ocupación ocasional: T = 1/16

El factor de ocupación para áreas ocupadas por personal profesionalmente expuesto es 1.

El factor de ocupación para áreas ocupadas por miembros de público sería:

Ocupación total: $T = 1$. Áreas de trabajo, laboratorios, oficinas, despachos, talleres, tiendas, conserjerías, zonas de recepción y pasillos anchos que permitan colocar mesas o mostradores, cuartos oscuros, viviendas, zonas infantiles, etc.

Ocupación parcial: $T = 1/4$. Pasillos estrechos, salas de espera, aparcamientos, ascensores con operador, etc.

Ocupación ocasional: $T = 1/16$. Exteriores, aseos, escalera, ascensores automáticos, etc. En aquellos casos en que $U \times T$ sea muy pequeño se recomienda tomar para dicho producto el valor 0,1.

3.4.2. El rendimiento (Γ)

Utilizado en esta guía es la dosis equivalente (mSv) que produce un haz a 1 m de distancia, por cada mA x min de carga. Se expresa por tanto en:

$$\left[\frac{mSv \times m^2}{mA \times min} \right] \quad (2)$$

El rendimiento, depende de la tensión, forma de onda (monofásica, trifásica y tensión constante) y de la filtración. Para cada caso concreto el “término fuente” podemos definirlo como $\Gamma \times W \times U$ y representa la dosis equivalente que se recibiría a 1 m en las condiciones de trabajo (W y U) de dicho caso concreto.

3.5. Cálculo del espesor de las barreras de protección

3.5.1. Cálculo De Barreras Primarias.

Los pasos de cálculo lógicos son:

- ✓ Determinar el término fuente;
- ✓ Determinar a partir de éste, la dosis equivalente que se recibiría en el lugar a proteger si no hubiera blindaje.

Es decir:

$$H = \frac{\Gamma \times W \times U \times T}{d^2} \quad (3)$$

Donde d es la distancia entre el foco del tubo y la zona a proteger.

Fijar el tope de dosis semanal al otro lado del blindaje: H_w (mSv/sem).

Determinar el factor de atenuación (A) que debe tener la barrera. Éste factor se define como el cociente entre la dosis H y H_w, es decir entre las que habría sin blindaje y con éste. La inversa del factor de atenuación es el de transmisión (T).

El factor de atenuación se calcula por tanto así:

$$A = \frac{\Gamma \times W \times U \times T}{d^2 \times H_w} \quad (4)$$

Una vez conocido el factor de atenuación, y utilizando las curvas anexas en el protocolo, se deduce el espesor de plomo.

3.5.2. Cálculo De Barreras Secundarias.

Para proteger las zonas sobre las que no puede incidir el haz de radiación directo, pasa a ser dominante el efecto de la radiación parásita, compuesta por la dispersa y la de fuga a través de la carcasa del tubo de rayos X.

Para calcular la acción combinada de ambas es aceptable el siguiente procedimiento simplificado:

- Se calculan los espesores del blindaje frente a radiación dispersa y de fuga por separado como si sólo existiera una de las dos.
- Se considera el mayor de los dos espesores obtenidos y se calcula la contribución de la otra dosis a través del espesor mayor.
- Si esta contribución es menor de 1/10 que la de la primera, se desprecia la de menor contribución frente a la mayor.
- Si dicha contribución es del mismo orden de magnitud, no se debe despreciar ninguna de las dos; lo que debe hacerse es reducir la dosis total en un factor 2, lo cual se consigue añadiendo, por simplificar, una capa hemirreductora frente a radiación de fuga, que es la más penetrante de las dos.

Se explica a continuación un procedimiento aceptable para calcular los dos espesores frente a radiación dispersa y de fuga.

3.5.2.1. Procedimiento de cálculo de barreras frente a radiación dispersa.

El método de cálculo es conceptualmente igual que el de radiación directa, pero con las siguientes salvedades:

1. El factor de uso ha de ser $U = 1$, como ya se indicó.
2. El “término fuente” $\Gamma \times W \times S$ se sustituye por

$$\frac{\Gamma \times W \times a \times S}{d_p^2 \times 400H_w} \left[\frac{mSv \times m^2}{sem} \right] \quad (5)$$

Dónde:

a = Factor de dispersión, que con el fin de simplificar puede considerarse igual a 0,002, para un tamaño de campo de 400 cm^2 sobre la piel del paciente.

S = Superficie real en cm^2 del haz (promedio) tomado sobre el paciente.

d_p = Distancia del foco del tubo de rayos X al paciente (ya que se considera a éste como principal fuente de dispersión).

A partir de este valor en mSv/semana a 1 m de distancia se sigue el procedimiento de cálculo igual que para el haz directo. La fuente de radiación es ahora el centro de la superficie de entrada del haz en el paciente, y se ha de tomar una distancia secundaria (d_s) desde dicho centro hasta la zona a proteger. Es válida la ley del inverso del cuadrado de la distancia, a pesar de que no se trata de una fuente puntual, siempre que la distancia (d_s) sea superior a cinco veces el mayor lado del haz de radiación. El factor de atenuación para radiación dispersa resulta ser:

$$F = \frac{\Gamma \times W \times a \times T \times S}{d_p^2 \times d_s^2 \times 400H_w} \quad (6)$$

Las curvas de atenuación a utilizar son las mismas para el haz directo, lo cual representa un criterio conservador ya que en realidad la energía de los fotones dispersados es inferior a la de los fotones del haz directo.

3.5.2.2. Procedimiento de cálculo de barreras frente a radiación de fuga a través de la carcasa.

La base de partida es la siguiente:

1. El blindaje de la coraza cumple la condición de que no se sobrepasa el valor 1 mGy en una hora a 1 m de distancia en ninguna dirección fuera del haz útil, trabajando con la máxima carga (Q_h) que soporte el tubo en ese tiempo. (A efectos de cálculo de blindajes

y de Protección Radiológica en Radiodiagnóstico podemos considerar numéricamente que 1 mGy corresponde a 1 mSv de dosis equivalente.

2. Esta carga máxima Q_h , que corresponde a 1 mGy a 1 m, puede conocerse de dos formas:
 - a. La proporciona el fabricante en los documentos de acompañamiento, dándola en mAs/h ó mA.min/h para distintos valores de kVp.
 - b. Se toman valores orientativos que en la práctica nunca se superan. Ejemplos para estos valores son los tomados de la publicación NCRP-49 y que se exponen a continuación:

Tabla 3-1 Valores de Carga máxima según el Kv

Valor de kVp	Intensidad máxima si se mantuviese durante una hora de forma continua (mA)	Valor de Q_h en mA.min
100	5	300
125	4	240
155	3,3	200

Elaborado por: Estiven Sánchez 2018

Fuente (Consejo de Seguridad Nuclear (SCN), 1990)

3. La dosis absorbida máxima de 1 mGy a 1 m le corresponde a la carga de Q_h . Al valor de la carga semanal le corresponde $1.W/Q_h$ mGy/semana a 1 m.

Observación: Dado que el blindaje de la carcasa está diseñado para no sobrepasar 1 mGy en las condiciones más desfavorables, es decir con la máxima tensión de diseño (kVp máximos), si la carga Q_h está referida a una tensión menor la dosis absorbida que resulta será inferior a 1 mGy, por lo cual es válido aplicar un factor de corrección de fuga (f)

4. A continuación se calcula el factor de atenuación necesario.

$$A = \frac{f \times W \times T}{Q_h \times d_s^2} \quad (7)$$

El factor de uso es $U = 1$ ya que la radiación de fuga existe siempre en todas direcciones.

5. Para calcular la barrera necesaria a partir del factor de atenuación A , se tiene en cuenta que la radiación de fuga está fuertemente filtrada, y que el valor de 1 mGy transmitido, está formado sólo por los fotones más penetrantes del espectro.

Partiendo de este hecho se puede suponer que la atenuación de la radiación de fuga es exponencial y es aceptable calcular las barreras en base a las capas hemirreductoras (CHR) o décimo

reductoras (CDR). Si A es la atenuación necesaria, el número de capas hemirreductoras necesario (n) es:

$$2^n = A \quad n = \frac{\ln A}{0,693} \quad (8)$$

El espesor necesario sería n x CHR (mm).

De la misma forma, en función de la capa decimo reductora:

$$10^n = A \quad n' = \log A \quad (9)$$

El espesor necesario sería n' x CDR (mm)

3.6. Levantamiento Radiométrico (Vigilancia Radiológica De Los Sitios De Trabajo)

Con el objetivo controlar que los niveles de tasa de dosis ambiental sean los que corresponden según la delimitación de la zona vamos a evaluar los niveles de exposición ocupacional y del público,

3.6.1. Instrumentación

- ✓ Cámara de ionización de gran volumen para lo que utilizamos el detector “ Radiation alert Ranger ”
- ✓ Arco en C Medison X ray Simulado con dimensiones del examen de máximos requerimientos de un adulto típico;
- ✓ Cinta métrica.



Figura. 3-1 Detector y Software usado para la Medición
Fuente: Estiven Sánchez 2018

3.6.2. Procedimiento

3.6.2.1. Elaboración de croquis de la instalación

- ✓ Elaboración del croquis de la instalación, de la sala donde se encuentra el equipo emisor de radiación y sus áreas colindantes, en este se debe especificar ubicación del tubo de rayos X, puertas, ventanas. Se debe identificar el tipo de área adyacente
- ✓ Identificar con letras mayúsculas los puntos de medición, situados dentro y fuera de la sala donde el personal pueda estar expuesto a la radiación.

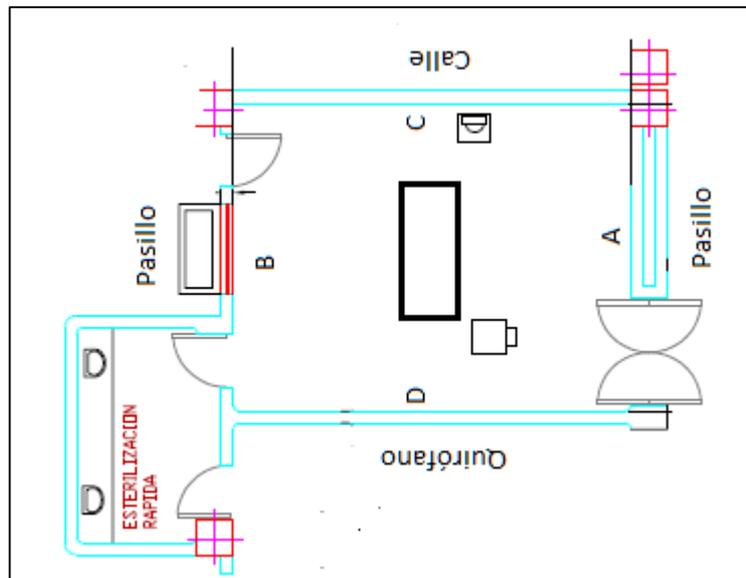


Figura. 3-2 Croquis de la Instalación
Realizado por: Estiven Sánchez 2018

3.6.2.2. Parámetros de operación

- ✓ Seleccionar el modo manual
- ✓ Seleccionar la tensión más alta utilizada comúnmente,
- ✓ Para mediciones de tasa de dosis emplear con un tiempo igual o mayor a 10 segundos y una corriente entre 1 y 5 mA
- ✓ Seleccionar el tamaño de campo más amplio permitido por el colimador.
- ✓ Registrar los parámetros de operación, de la cámara de ionización (incluyendo datos de la calibración), y de la magnitud de la unidad de lectura utilizada

3.6.2.3. Medición

- ✓ Dirigir el haz hacia el centro del simulador.

- ✓ Fijar la mayor distancia foco-II R posible (se recomienda una distancia foco-superficie del simulador de 45 cm).
- ✓ Colocar el detector en el primer punto de medida a una distancia aproximada de 30 cm de la barrera, para puntos interiores de la sala, se debe evaluar la dosis, con y sin barrera de protección y se debe registrar la distancia a la que se realizó respecto al centro del simulador.
- ✓ Realizar la exposición.
- ✓ Repetir la medida en un punto adyacente garantizando el registro del mayor nivel de radiación, registrar el mayor valor medido.
- ✓ Repetir el mismo procedimiento para los demás puntos de interés.
- ✓ Repetir el mismo procedimiento para las demás direcciones de uso clínico del tubo.

3.6.2.4. Parámetros de cálculo

- ✓ Definir los valores de uso (U),
- ✓ Definir los valores de ocupación (T), se pueden emplear los siguiente valores orientativos en ausencia de los reales:
- ✓ Determinar la carga de trabajo semanal (W), expresado en mA.min/semana, para las condiciones máximas de rutina.

3.6.2.5. Cálculo

Para cada punto seleccionado se debe realizar lo siguiente:

- ✓ Multiplicar la mayor lectura obtenida por el factor de calibración del instrumento de medición y el factor de conversión para la magnitud de interés.
- ✓ Transformar el valor obtenido en mSv/mA.min.
- ✓ Multiplicar el resultado por W (mA.min/sem) x U x T.
- ✓ Multiplicar el valor obtenido por 50 semanas/año para obtener mSv/año.

Por lo antes mencionado se realizar el registro de la vigilancia radiológica de los sitios de trabajo del área de Intervencionismo.

3.6.2.6. Tolerancia

Los niveles aceptados establecidos en el ARCAL XX, 5 mSv/año zona controlada y 0,5 mSv/año zona libre.

NOTA: En el interior de la sala, en la posición del personal de salud, el valor de la dosis sobre el mandil plomado no debe superar 1,0 mSv/semana o 50 mSv/año

CAPÍTULO IV

4. DISCUSIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Diseño del plan de gestión

Para la implementación del plan de gestión en protección radiológica del área de Intervencionismo del Hospital General Ambato del IESS se realizaron diferentes actividades en torno a cada una de las guías que lo conforman.

Para el Plan de Protección Radiológica se realizó una capacitación al personal mediante charlas sobre rayos X los riesgos que conlleva trabajar con estos y las medidas de prevención a llevar a cabo en los procedimientos con el fin de precautelar la integridad del paciente del POE y el público en general.

Para el Plan de Emergencia se realizó un simulacro tomando en cuenta todos los posibles fallos de equipo además de situaciones de emergencia que pueden presentarse durante un procedimiento intervencionista con el fin de brindar el conocimiento de cómo actuar frente a estas y mejorar el tiempo de reacción.

Para el plan de Mantenimiento se llevó a cabo el mantenimiento del equipo conjuntamente con el personal designado por la empresa encargada, con el fin de verificar que el trabajo realizado por los técnicos sea correcto y que el equipo se encuentre en un correcto funcionamiento evitando fallos del equipo y teniendo un rendimiento al 100% durante los procedimientos de Intervencionismo.

Y con el OSR de la institución se revisaron los planes de control de calidad y de descarte de equipo o clausura del área ya que es el encargado directamente del cumplimiento de estas funciones encaminado y capacitando la acción de los mismo.

4.2. Cálculo del blindaje aplicando la Guía 5.11 del (CSN)

4.2.1. Barrera A

Tabla 4-1 Datos Generales Barrera A

DATOS GENERALES	SÍMBOLO	VALORES
Factor de uso	<i>U</i>	0,25
Factor de ocupación	<i>T</i>	0,25
Clasificación de zona		
Límite semanal (mSv)	<i>H_w</i>	0,4
DATOS DE CARGA SEMANAL		
Carga semanal (mA.min)	<i>W</i>	3000
Tensión máxima (50-200)	<i>kVp</i>	110
Rendimiento (mSv.m ² /mA.min)		20,6
DISTANCIA DE CÁLCULO		
Distancia Foco-Barrera (m)	<i>d</i>	3,36

Realizado por: Estiven Sánchez 2018

Factor de atenuación A: 855,322598

Para el cálculo del espesor de plomo necesario para las barreras de protección se requiere de la interpolación, interpretación de las tablas y curvas adquiridas de la norma DIN 6812

Espesor Plomo (DIN 6812): 1,52 (mm)

Para conocer el espesor equivalente en otros materiales partiendo del valor de plomo ya conocido realizamos interpolaciones con ayuda de las tablas y curvas adquiridas de la norma DIN 6812

Tabla 4-2 Espesor en otros materiales para la barrera A

Espesor equivalente en otros materiales	
Hormigón barritado de 32 g/cm ³ DIM 6812 (cm)	1,53
Hormigón de 2,3 g/cm ³ DIM 6812 (cm)	11,80
Ladrillo macizo de 1,8 g/cm ³ DIM 6812 (cm)	16,90

Realizado por: Estiven Sánchez 2018

El espesor recomendado para esta barrera es de 2 mm de plomo o a su vez 17 cm de ladrillo.

4.2.2. Barrera B

Tabla 4-3 Datos Generales Barrera B

DATOS GENERALES	SÍMBOLO	VALORES
Factor de uso	<i>U</i>	0,25
Factor de ocupación	<i>T</i>	0,25
Clasificación de zona		
Límite semanal (mSv)	<i>H_w</i>	0,4
DATOS DE CARGA SEMANAL		
Carga semanal (mA.min)	<i>W</i>	3000
Tensión máxima (50-200)	<i>kV_p</i>	110
Rendimiento (mSv.m ² /mA.min)		20,6
DISTANCIA DE CÁLCULO		
Distancia Foco-Barrera (m)	<i>D</i>	3,3

Realizado por: Estiven Sánchez 2018

Factor de atenuación: 8,87E+02

Para el cálculo del espesor de plomo necesario para las barreras de protección se requiere de la interpolación, interpretación de las tablas y curvas adquiridas de la norma DIN 6812

Espesor Plomo (DIN 6812): 1,53 (mm)

Para conocer el espesor equivalente en otros materiales partiendo del valor de plomo ya conocido realizamos interpolaciones con ayuda de las tablas y curvas adquiridas de la norma DIN 6812

Tabla 4-4 Espesor en otros materiales para la barrea B

Espesor equivalente en otros materiales	
Hormigón barritado de 32 g/cm ³ DIM 6812 (cm)	1,54
Hormigón de 2,3 g/cm ³ DIM 6812 (cm)	11,85
Ladrillo macizo de 1,8 g/cm ³ DIM 6812 (cm)	16,96

Realizado por: Estiven Sánchez 2018

El espesor recomendado para esta barrera es de 2 mm de plomo o a su vez 17 cm de ladrillo.

4.2.3. Barrera C

Tabla 4-5 Datos Generales Barrera C

DATOS GENERALES	Símbolo	Valores Dispersa	Valores de Fuga
Factor de uso	U	1	
Factor de ocupación	T	0,0625	
Clasificación de zona			
Límite semanal (mSv)	H_w	0,4	
DATOS DE CARGA SEMANAL			
Carga máxima de fuga (mA.min)	Q_h		276
Carga semanal (mA.min)	W	3000	
Tensión máxima (50-200)	kV_p	110	
Rendimiento (mSv.m ² /mA.min)		20,6	
Factor de corrección de radiación	F		0,3
Capa hemirreductora fuga	CHR		0,258
DISTANCIA DE CÁLCULO			
Distancia foco-paciente (m)	d_p	0,5	
Distancia paciente-barrera (m)	d_s	2,3	
Distancia Foco-barrera (m)	d		2,3
PARÁMETROS DE DISPERSIÓN			
Tamaño de campo cm ²	S	1500	
Factor de dispersión	a	0,002	

Realizado por: Estiven Sánchez 2018

Factor de atenuación A para radiación Dispersa 238,37786

Factor de atenuación A para radiación de Fuga 1,2117

Para el cálculo del espesor de plomo necesario para las barreras de protección se requiere de la interpolación, interpretación de las tablas y curvas adquiridas de la norma DIN

Espesor Plomo para radiación Dispersa (DIN 6812): 1,06 (mm)

Espesor Plomo para radiación de Fuga (DIN 6812): 0,08 (mm)

Se tomó en cuenta la contribución de estos 2 espesores para calcular un espesor final para esta barrera

Espesor Plomo (DIN 6812): 1,06 (mm)

Para conocer el espesor equivalente en otros materiales partiendo del valor de plomo ya conocido realizamos interpolaciones con ayuda de las tablas y curvas adquiridas de la norma DIN 6812

Tabla 4-6 Espesor en otros materiales para la barrera C

Espesor equivalente en otros materiales	
Hormigón barritado de 32 g/cm ³ DIM 6812 (cm)	1,05
Hormigón de 2,3 g/cm ³ DIM 6812 (cm)	8,89
Ladrillo macizo de 1,8 g/cm ³ DIM 6812 (cm)	13,10

Realizado por: Estiven Sánchez 2018

El espesor recomendado para esta barrera es de 1 mm de plomo o a su vez 14 cm de ladrillo.

4.2.4. Barrera D

Tabla 4-7 Datos Generales Barrera D

DATOS GENERALES	Símbolo	Valores Dispersa	Valores de Fuga
Factor de uso	<i>U</i>	1	
Factor de ocupación	<i>T</i>	0,25	
Clasificación de zona			
Límite semanal (mSv)	<i>H_w</i>	0,02	
DATOS DE CARGA SEMANAL			
Carga máxima de fuga (mA.min)	<i>Q_h</i>		276
Carga semanal (mA.min)	<i>W</i>	3000	
Tensión máxima (50-200)	<i>kVp</i>	110	
Rendimiento (mSv.m ² /mA.min)		20,6	
Factor de corrección de radiación	<i>F</i>		0,3
Capa hemirreductora fuga	<i>CHR</i>		0,258
DISTANCIA DE CÁLCULO			
Distancia foco-paciente (m)	<i>d_p</i>	0,85	
Distancia paciente-barrera (m)	<i>d_s</i>	2,9	
Distancia Foco-barrera (m)	<i>d</i>		2,9
PARÁMETROS DE DISPERSIÓN			
Tamaño de campo cm ²	<i>S</i>	1500	
Factor de dispersión	<i>a</i>	0,002	

Realizado por: Estiven Sánchez 2018

Factor de atenuación A para radiación Dispersa 953,51143

Factor de atenuación A para radiación de Fuga 4,8467

Para el cálculo del espesor de plomo necesario para las barreras de protección se requiere de la interpolación, interpretación de las tablas y curvas adquiridas de la norma DIN 6812

Espesor Plomo para radiación Dispersa (DIN 6812): 1,54 (mm)

Espesor Plomo para radiación de Fuga (DIN 6812): 0,68 (mm)

Se tomó en cuenta la contribución de estos 2 espesores para calcular un espesor final para esta barrera

Espesor Plomo (DIN 6812): 1,55 (mm)

Para conocer el espesor equivalente en otros materiales partiendo del valor de plomo ya conocido realizamos interpolaciones con ayuda de las tablas y curvas adquiridas de la norma DIN 6812

Tabla 4-8 Espesor en otros materiales para la barrea D

Espesor equivalente en otros materiales	
Hormigón barritado de 32 g/cm ³ DIM 6812 (cm)	1,55
Hormigón de 2,3 g/cm ³ DIM 6812 (cm)	11,95
Ladrillo macizo de 1,8 g/cm ³ DIM 6812 (cm)	17,10

Realizado por: Estiven Sánchez 2018

El espesor recomendado para esta barrera es de 2 mm de plomo o a su vez 18 cm de ladrillo.

4.2.5. Techo

Tabla 4-9 Datos Generales Barrera Techo

DATOS GENERALES	SÍMBOLO	VALORES
Factor de uso	<i>U</i>	1
Factor de ocupación	<i>T</i>	0,0625
Clasificación de zona		
Límite semanal (mSv)	<i>H_w</i>	0,02
DATOS DE CARGA SEMANAL		
Carga semanal (mA.min)	<i>W</i>	3000
Tensión máxima (50-200)	<i>KV_p</i>	110
Rendimiento (mSv.m ² /mA.min)		20,6
DISTANCIA DE CÁLCULO		
Distancia Foco-Barrera (m)	<i>d</i>	2,7

Realizado por: Estiven Sánchez 2018

Tenemos

Factor de atenuación: 26491,7695

Para el cálculo del espesor de plomo necesario para las barreras de protección se requiere de la interpolación, interpretación de las tablas y curvas adquiridas de la norma DIN

Espesor Plomo (DIN 6812): 2,79 (mm)

Para conocer el espesor equivalente en otros materiales partiendo del valor de plomo ya conocido realizamos interpolaciones con ayuda de las tablas y curvas adquiridas de la norma DIN 6812

Tabla 4-10 Espesor en otros materiales para Techo

Espesor equivalente en otros materiales	
Hormigón barritado de 32 g/cm ³ DIM 6812 (cm)	2,74
Hormigón de 2,3 g/cm ³ DIM 6812 (cm)	19,04
Ladrillo macizo de 1,8 g/cm ³ DIM 6812 (cm)	26,14

Realizado por: Estiven Sánchez 2018

El espesor recomendado para esta barrera es de 3 mm de plomo o a su vez 27 cm de ladrillo.

4.2.6. Piso

Tabla 4-11 Datos Generales Barrera Piso

DATOS GENERALES	SÍMBOLO	VALORES
Factor de uso	<i>U</i>	1
Factor de ocupación	<i>T</i>	0,25
Clasificación de zona		
Límite semanal (mSv)	<i>H_w</i>	0,02
DATOS DE CARGA SEMANAL		
Carga semanal (mA.min)	<i>W</i>	3000
Tensión máxima (50-200)	<i>kVp</i>	110
Rendimiento (mSv.m ² /mA.min)		20,6
DISTANCIA DE CÁLCULO		
Distancia Foco-Barrera (m)	<i>d</i>	2

Realizado por: Estiven Sánchez 2018

Tenemos

Factor de atenuación A 193125

Para el cálculo del espesor de plomo necesario para las barreras de protección se requiere de la interpolación, interpretación de las tablas y curvas adquiridas de la norma DIN 6812

Espesor Plomo (DIN 6812): 3,48 (mm)

Para conocer el espesor equivalente en otros materiales partiendo del valor de plomo ya conocido realizamos interpolaciones con ayuda de las tablas y curvas adquiridas de la norma DIN 6812

Tabla 4-12 Espesor en otros materiales para Piso

Espesor equivalente en otros materiales	
Hormigón barritado de 32 g/cm ³ DIM 6812 (cm)	3,32
Hormigón de 2,3 g/cm ³ DIM 6812 (cm)	22,58
Ladrillo macizo de 1,8 g/cm ³ DIM 6812 (cm)	31,03

Realizado por: Estiven Sánchez 2018

El espesor recomendado para esta barrera es de 4 mm de plomo o a su vez 31 cm de ladrillo.

4.2.7. Puerta 1

Tabla 4-13 Datos Generales Barrera Puerta 1

DATOS GENERALES	SÍMBOLO	VALORES
Factor de uso	<i>U</i>	0,25
Factor de ocupación	<i>T</i>	0,25
Clasificación de zona		
Límite semanal (mSv)	<i>H_w</i>	0,4
DATOS DE CARGA SEMANAL		
Carga semanal (mA.min)	<i>W</i>	3000
Tensión máxima (50-200)	<i>kV_p</i>	110
Rendimiento (mSv.m ² /mA.min)		20,6
DISTANCIA DE CÁLCULO		
Distancia Foco-Barrera (m)	<i>d</i>	4

Realizado por: Estiven Sánchez 2018

Tenemos

Factor de atenuación A: 603,515625

Para el cálculo del espesor de plomo necesario para las barreras de protección se requiere de la interpolación, interpretación de las tablas y curvas adquiridas de la norma DIN 6812

Espesor Plomo (DIN 6812): 1,39 (mm)

Para conocer el espesor equivalente en otros materiales partiendo del valor de plomo ya conocido realizamos interpolaciones con ayuda de las tablas y curvas adquiridas de la norma DIN 6812

Tabla 4-14 Espesor en otros materiales para Puerta 1

Espesor equivalente en otros materiales	
Hormigón barritado de 32 g/cm ³ DIM 6812 (cm)	1,39
Hormigón de 2,3 g/cm ³ DIM 6812 (cm)	10,93
Ladrillo macizo de 1,8 g/cm ³ DIM 6812 (cm)	15,76

Realizado por: Estiven Sánchez 2018

El espesor recomendado para esta barrera es de 2 mm de plomo.

4.2.8. Puerta 2

Tabla 4-15 Datos Generales Barrera Puerta 2

DATOS GENERALES	SÍMBOLO	VALORES
Factor de uso	<i>U</i>	0,25
Factor de ocupación	<i>T</i>	0,25
Clasificación de zona		
Límite semanal (mSv)	<i>H_w</i>	0,4
DATOS DE CARGA SEMANAL		
Carga semanal (mA.min)	<i>W</i>	3000
Tensión máxima (50-200)	<i>kVp</i>	110
Rendimiento (mSv.m ² /mA.min)		20,6
DISTANCIA DE CÁLCULO		
Distancia Foco-Barrera (m)	<i>d</i>	3,91

Realizado por: Estiven Sánchez 2018

Tenemos

Factor de atenuación A 631,661871

Para el cálculo del espesor de plomo necesario para las barreras de protección se requiere de la interpolación, interpretación de las tablas y curvas adquiridas de la norma DIN 6812

Espesor Plomo (DIN 6812): 1,40 (mm)

Para conocer el espesor equivalente en otros materiales partiendo del valor de plomo ya conocido realizamos interpolaciones con ayuda de las tablas y curvas adquiridas de la norma DIN 6812

Tabla 4-16 Espesor en otros materiales para Puerta 2

Espesor equivalente en otros materiales	
Hormigón barritado de 32 g/cm ³ DIM 6812 (cm)	1,40
Hormigón de 2,3 g/cm ³ DIM 6812 (cm)	11,04
Ladrillo macizo de 1,8 g/cm ³ DIM 6812 (cm)	15,91

Realizado por: Estiven Sánchez 2018

El espesor recomendado para esta barrera es de 2 mm de plomo.

4.2.9. Puerta 3

Tabla 4-17 Datos Generales Barrera Puerta 3

DATOS GENERALES	SÍMBOLO	VALORES
Factor de uso	<i>U</i>	0,25
Factor de ocupación	<i>T</i>	0,25
Clasificación de zona		
Límite semanal (mSv)	<i>H_w</i>	0,4
DATOS DE CARGA SEMANAL		
Carga semanal (mA.min)	<i>W</i>	3000
Tensión máxima (50-200)	<i>kVp</i>	110
Rendimiento (mSv.m ² /mA.min)		20,6
DISTANCIA DE CALCULO		
Distancia Foco-Barrera (m)	<i>d</i>	3,51

Realizado por: Estiven Sánchez 2018

Tenemos

Factor de atenuación A 783,780164

Para el cálculo del espesor de plomo necesario para las barreras de protección se requiere de la interpolación, interpretación de las tablas y curvas adquiridas de la norma DIN

Espesor Plomo (DIN 6812): 1,50 (mm)

Para conocer el espesor equivalente en otros materiales partiendo del valor de plomo ya conocido realizamos interpolaciones con ayuda de las tablas y curvas adquiridas de la norma DIN 6812

Tabla 4-18 Espesor en otros materiales para Puerta 3

Espesor equivalente en otros materiales	
Hormigón barritado de 32 g/cm ³ DIM 6812 (cm)	1,50
Hormigón de 2,3 g/cm ³ DIM 6812 (cm)	11,65
Ladrillo macizo de 1,8 g/cm ³ DIM 6812 (cm)	16,70

Realizado por: Estiven Sánchez 2018

El espesor recomendado para esta barrera es de 2 mm de plomo.

Teniendo como resultado final

Tabla 4-19 Espesor del Blindaje para Barreras A, B, C y D

Zona a Blindar	Barrera	Punto de cálculo	Zona	Espesor Plomo	Espesor Hormigón	Espesor en Ladrillo
QUIRÓFANO	Primaria	Pared A	Vigilada	1,52 cm	11,80 cm	16,90 cm
		Pared B	Vigilada	1,53 cm	11,85 cm	16,96 cm
	Secundaria	Pared C	Vigilada	1,06 cm	8,89 cm	13,10 cm
		Pared D	Vigilada	1,55 cm	11,95 cm	17,10 cm

Realizado por: Estiven Sánchez 2018

Tabla 4-20 Espesor del Blindaje para Puertas

Zona a Blindar	Barrera	Punto de cálculo	Zona	Espesor Plomo
QUIRÓFANO	Primaria	Puerta 1	Controlada	1,50 cm
		Puerta 2	Controlada	1,39 cm
		Puerta 3	Controlada	1,40 cm

Realizado por: Estiven Sánchez 2018

Tabla 4-21 Espesor del Blindaje para Techo y Piso.

Zona a Blindar	Barrera	Punto de cálculo	Zona	Espesor Plomo	Espesor Hormigón	Espesor en Ladrillo
QUIRÓFANO	Primaria	Techo	Libre	2,79 cm	19,04 cm	26,14 cm
		Suelo	Libre	3,48 cm	22,58 cm	31,03 cm

Realizado por: Estiven Sánchez 2018

Al revisar los planos estructurales del área que va a ser usada para intervencionismo se puede observar que las paredes ya cumplen con los requerimientos descritos en el cálculo de blindaje para las barreras de protección a excepción de las puertas y ventana existentes, por consiguiente se recomienda implementar Para la puerta principal 1,50 cm de plomo, puerta secundarias 1,39 cm de plomo y para la puerta de la bodega 1,40 cm de plomo, para cumplir con la restricción de dosis establecidos por la autoridad reguladora del Ecuador, la Subsecretaria de Control y Aplicaciones Nucleares.

Mediante un levantamiento radiométrico con características de una intervención de columna en la cual se usan parámetros generalmente altos podemos corroborar lo antes descrito

Tabla 4-22 Levantamiento Radiometrico

Punto de Medición	Tipo de Examen	Promedio de medidas			Restricción de dosis
		$\mu\text{Sv/h}$	$\mu\text{Sv/sem}$	mSv/sem	mSv/sem
Barrera A	Columna	0,4278	17,1122995	0,0171123	0.4
Barrera B	Columna	0,6417	25,6684492	0,02566845	0.4
Barrera C (Ventana)	Columna	18,8948	755,793226	0,75579323	0.4
Barrera D	Columna	0,7487	29,9465241	0,02994652	0.4
Puerta Principal (1)	Columna	145,4189	5816,75579	5,81675579	0.4
Puerta Secundaria (2)	Columna	42,5312	1701,24777	1,70124777	0.4
Puerta Bodega (3)	Columna	30,1604	1206,41711	1,20641711	0.4
Piso	Columna	0,2139	8,55614973	0,00855615	0.02
Techo	Columna	0,2496	9,98217469	0,00998217	0.4

Realizado por: Estiven Sánchez 2018

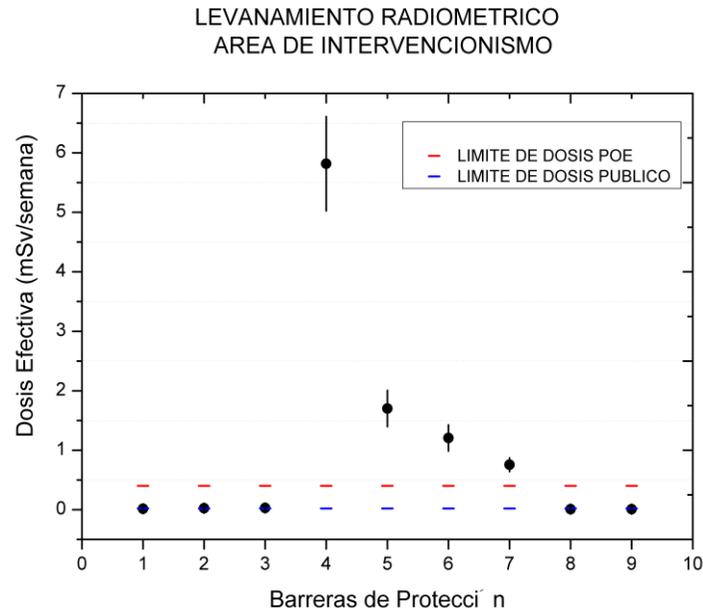


Figura 4-1 Levantamiento Radiométrico
Realizado por: Estiven Sánchez 2018

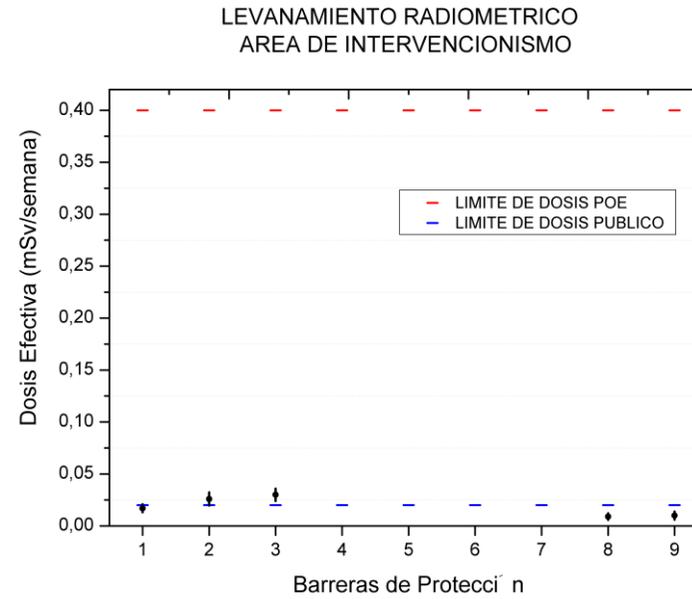


Figura 4-2 Levantamiento Radiométrico Zoom
Realizado por: Estiven Sánchez 2018

Podemos observar que la dosis medida a través de las barreras superan los límites permisibles por los organismos reguladores por lo que necesitan la implementación de un blindaje

Puerta principal 1,39 cm de plomo

Puerta secundaria 1,40 cm de plomo

Puerta de bodega 1,50 cm de plomo

El área de la ventana se deberá colocar vidrio con un valor equivalente a 0,65 cm de plomo.

4.2.10. IMPLEMENTACIÓN TEÓRICA DEL BLINDAJE PROPUESTO

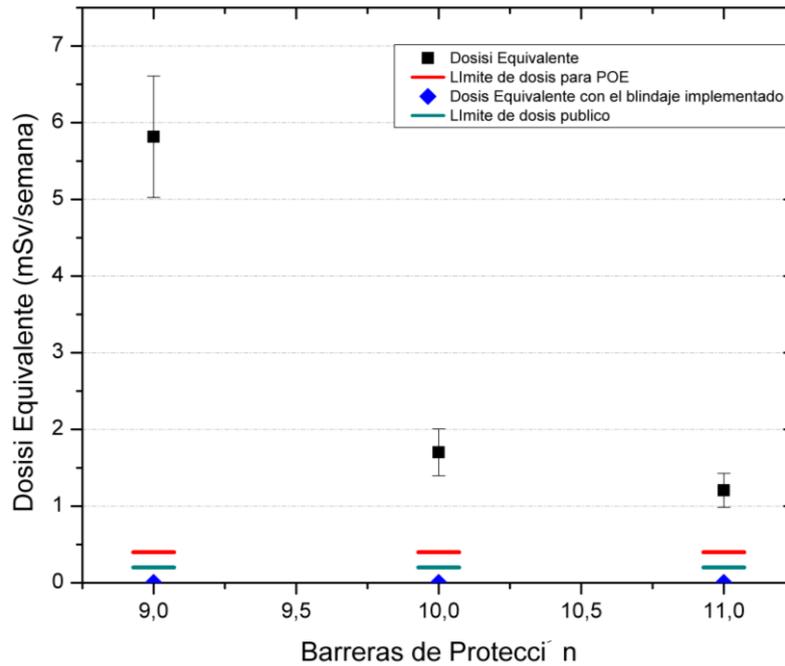


Figura 4-3 Implementación teórica del blindaje propuesto

Realizado por: Estiven Sánchez 2018

Los puntos negros muestran las dosis tomadas en el levantamiento radiométrico con sus respectivos errores, las líneas rojas muestran el límite de dosis permitido para personal ocupacionalmente expuesto, las líneas verdes muestra el límite de dosis permitido para público en general y los puntos azules muestran los valores de dosis que se tendrán tras la barrera de protección luego de haber implementado el blindaje propuesto en esta guía por lo que se demuestra la efectividad teórica del plan propuesto.

4.3. CONCLUSIONES

Se revisó conceptos y recomendaciones establecidos por expertos en el área y organizaciones nacionales e internacionales tanto en el ámbito de Gestión como en el área de Protección radiológica e implementación de blindajes para equipos de kV permitieron determinar los parámetros de análisis para realizar esta investigación.

El Plan de Gestión diseñado para la Unidad de Intervencionismo del Hospital General Ambato del IESS estableció sus principales requerimientos en base a la protección radiológica e intervencionismo. Los Planes implementados que forman parte del plan de gestión como instructivos de trabajo para el personal fueron acondicionados, al correspondiente manual de procedimientos de Protección Radiológica del servicio en cuestión

En el área de quirófanos del Hospital General Ambato del IESS, donde encuentra en funcionamiento el Arco en C el cual es utilizado para procesos intervencionistas se llevó a cabo el levantamiento radiométrico simulando una cirugía de columna, la cual representa una de las capacidades más elevada de funcionamiento, obteniendo lecturas dosimétricas las cuales llevaron a realizar la clasificación de zonas correspondientes para su señalización teniendo así los pasillos de acceso al quirófano como zona vigilada y el quirófano en si como zona controlada.

El espesor calculado para las barreras de protección de la sala que aloja el arco en C, realizado mediante una plantilla en excel tomando en cuenta los parámetros específicos del equipo y el área de Intervencionismo del Hospital General Ambato del IESS. Se demostró que la estructura existente cumple en su mayoría con los requerimientos establecidos por la normativa para la protección radiológica a excepción de las puertas y la ventana las cuales deben ser blindadas. Con el levantamiento radiométrico realizado se demostró lo establecido mediante los cálculos y fueron presentados en una memoria técnica de blindaje.

4.4. RECOMENDACIONES

Con el fin de reducir costos y peso en la elaboración de las puertas para el quirófano se recomienda evitar el paso de personal cuando el equipo este en estado de exposición.

Se recomienda la presencia del OSR con conocimientos y preparación durante el mantenimiento de equipos con el fin de verificar el cumplimiento del protocolo por parte de los técnicos responsables y así lograr el estado óptimo del equipo para su correcto funcionamiento en los procedimientos de Intervencionismo.

Implementar charlas de seguridad y protección radiológica de una manera periódica con metodologías que ayuden a los trabajadores a tomar conciencia de los riesgos a los que se exponen al no cumplir con las normas establecidas para Protección Radiológica.

Para la implementación del blindaje las adecuaciones deben ser controladas por un experto en el área el cual verifique su correcta instalación. Cumpliendo a cabalidad con las densidades de los materiales.

Este blindaje expuesto en este trabajo solo es válido para el área de intervencionismo siempre y cuando se encuentre en funcionamiento el equipo arco en C móvil MCA-6200 Medison X ray

4.5. BIBLIOGRAFÍA

ABREÚ, G. et al., Tecnicos Especialistas de Radiodiagnóstico Del Servicio Navarro de Salud [en línea]. 2006. Tercera. Madrid: s.n. [Consulta: 5 mayo 2018]. ISBN 8466550755. Disponible en:

<https://books.google.com.ec/books?id=teYc4Pnq8BQC&pg=PA31&dq=descubrimiento+de+los+rayos+x&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwio8euj-e7aAhXsT98KHbFSDCMQ6AEISDAH#v=onepage&q&f=false>.

ALCÁZAR BAÑOS, M. et al., Bases físicas y biológicas del radiodiagnóstico médico. 2003. S.l.: Universidad de Murcia. ISBN 9788483713617.

ALMA DE HERRERO BLOG, "Detector Geiger Müller". [en línea], (2012). [Consulta: 6 mayo 2018]. Disponible en:

<http://almadeherrero.blogspot.com/2012/07/detector-geiger-muller.html>.

ARCAL LXXV, I.R., "Establecimiento de Niveles Orientativos en Radiografía General y Mamografía". , (2010), pp. 1-89.

BERAL, V. et al., "Low-dose Extrapolation of Radiation-Related Cancer Risk". *1 Task Group Report* [en línea], (2004). [Consulta: 5 mayo 2018]. Disponible en:

http://www.icrp.org/docs/Low-dose_TG_rept_for_web.pdf.

BLÁZQUEZ SÁNCHEZ, J., "Radiología Intervencionista / MD Anderson Cancer Center Madrid". *Radiología Intervencionista* [en línea]. 2014. [Consulta: 11 junio 2018]. Disponible en: <http://www.mdanderson.es/en/node/433>.

BLOGS, P. radiologica, "Introducción al átomo y a la radiación". [en línea]. 2009. [Consulta: 5 mayo 2018]. Disponible en:

<https://proteccionradiologica.wordpress.com/category/3-introduccion-al-atomo-y-a-la-radiacion/>.

BUSHONG, S., Manual de Radiología para Técnicos. 2010. S.l.: s.n. ISBN 9780323048378.

COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA (ICRP), "Las recomendaciones 2007 de la Comisión Internacional de Protección Radiológica.". *Publicación 103*, (2007), pp. 77-78.

COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA (ICRP), Capacitación y entrenamiento en Protección Radiológica para procedimientos diagnósticos e intervencionistas [en línea]. 2009. S.l.: s.n. ISBN 9789872679835. Disponible en:
http://www.icrp.org/docs/P113_Spanish.pdf.

COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA (ICRP), Protección Radiológica En Medicina. 2011. S.l.: s.n. ISBN 9789872679804.

COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA (ICRP), "Low-dose Extrapolation of Radiation-related Cancer Risk". *ICRP Publication 99* [en línea], (2014). [Consulta: 10 junio 2018]. DOI 10.1016/j.icrp.2005.11.005. Disponible en:
http://dspace.elib.ntt.edu.vn/dspace/bitstream/123456789/8076/1/ICRP_Publication_No_99-Low-dose_extrapolation_of_radiation-related_cancer_risk.pdf.

CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR (CSN), "protección radiológica en el medio sanitario Introducción". [en línea], (2011). Disponible en:
https://www.csn.es/images/stories/publicaciones/otras_publicaciones/pr_sanitario.pdf.

CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR (SCN), "Aspectos técnicos de seguridad y protección radiológica de instalaciones médicas de rayos X para diagnóstico". , (1990), pp. 1-25.

DEL PUY, M. et al., "Isaura López Zaballa TRABAJO FIN DE GRADO". [en línea], (2014). [Consulta: 11 junio 2018]. Disponible en
: https://biblioteca.unirioja.es/tfe_e/TFE001105.pdf.

DÍAZ, R., Guía Práctica Para la Prevención de Riesgos Laborales - Google Libros [en línea]. 2007. Quinta. Valladolid: s.n. [Consulta: 5 mayo 2018]. ISBN 9788484067313. Disponible en:
https://books.google.com.ec/books?id=Y73cKdYcmloC&pg=PA352&dq=clasificacion+de+zonas+radiologicas&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwi4gNm73-_aAhUCJt8KHYY-Cs0Q6AEIMDAC#v=onepage&q=clasificacion+de+zonas+radiologicas&f=false.

FERNÁNDEZ, C., Enfermería Radiológica [en línea]. 2005. Almería: s.n. ISBN 84-96270-58-0. Disponible en:
https://www.researchgate.net/profile/Cayetano_FernandezSola/publication/277661749_Enfermeria_Radiologica/links/556f2ffc08aecd777410cee/Enfermeria-Radiologica.pdf.

FINESTRES ZUBELDIA, F. et al., Protección en radiología odontológica. 2012. S.l.:

Publicacions i Edicions de la Universitat de Barcelona. ISBN 9788447535378.

GIDO, J. et al., Administración Exitosa De Proyectos. 2013. Quita. Mexico: s.n. ISBN 9788578110796.

GIL, J.M. et al., Tecnico Especialista en Radiodiagnostico Del Servicio Vasco de Salud ... [en línea]. 2006. Segunca. madrid : España . [Consulta: 9 mayo 2018]. ISBN 108466583326.

Disponible en:

<https://books.google.com.ec/books?id=ucVkotD0qA8C&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>.

GISONE, P. et al., "EFECTOS BIOLÓGICOS DE LA RADIACIÓN". [en línea], (2011). [Consulta: 10 mayo 2018]. Disponible en:

http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/33/052/33052454.pdf.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, "*Fluoroscopia*". *Protección Radiológica para pacientes [en línea]*. 2013. [Consulta: 5 mayo 2018]. Disponible en:

https://rpop.iaea.org/RPOP/RPoP/Content-es/InformationFor/HealthProfessionals/1_Radiology/Fluoroscopy.htm.

ITURBE, José L., Fundamentos de radio química - [en línea]. 2001. Mexico DF: s.n. [Consulta: 6 mayo 2018]. Disponible en:

https://books.google.com.ec/books?id=FwVKEDCXQFMC&pg=PA120&dq=contadores+geiger&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiPoZjzx_LaAhXxdN8KHZLZCogQ6AEILTAB#v=onepage&q=contadores+geiger&f=false.

JARAMILLO ANTILLÓN, J. et al., Historia y filosofía de la medicina. 2005. S.l.: Editorial de la Universidad de Costa Rica. ISBN 9789977679853.

LAM, W.W., "Paediatric CT Radiation Risks : What you should know". *The Hong Kong Medical Diary*, vol. 11, nº 5, (2006), pp. 12-14.

LIMA, J.J.P. de., Técnicas de diagnóstico com raios X : aspectos físicos e biofísicos. 2009. S.l.: Imprensa Universidade de Coimbra. ISBN 9789898074836.

MÉNENDEZ DÍEZ, F., Higiene industrial : manual para la formación del especialista. 2009. S.l.: Lex Nova. ISBN 9788498980615.

MOROCHO, T.P., 2015. «CÁLCULO DE BLINDAJE PARA LA SALA DE RAYOS X DEL EQUIPO DE RADIOLOGÍA DIGITAL, EcoRay DEL HOSPITAL IESS RIOBAMBA» [en línea]. S.l.: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH). Disponible en : http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/4798/1/86T00020_UDCTFC.pdf.

NATIONAL COUNCIL ON RADIATION PROTECTION (NCRP), Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. 2004. S.l.: s.n. ISBN 0929600835.

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA (OIEA), Protección radiológica ocupacional COLECCIÓN DE NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA [en línea]. 2004. Viena: s.n. [Consulta: 5 mayo 2018]. Disponible en: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1081s_web.pdf.

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA (OIEA), "Medidas para fortalecer la cooperación internacional en materia de seguridad nuclear, radiológica y del transporte y de gestión de desechos". *Cuadragésima octava reunión ordinaria* [en línea], (2004). [Consulta: 20 mayo 2018]. Disponible en: https://www.iaea.org/About/Policy/GC/GC48/GC48InfDocuments/Spanish/gc48inf-3_sp.pdf.

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA (OIEA), "Protección radiológica relacionada con la exposición médica a la radiación ionizante". *N RS_G_1.5* [en línea], (2010). [Consulta: 5 mayo 2018]. Disponible en: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1117s_web.pdf.

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA (OIEA), "*Magnitudes y unidades de radiación*". *Protección Radiológica de los Pacientes* [en línea]. 2013a. [Consulta: 10 junio 2018]. Disponible en: https://rpop.iaea.org/RPOP/RPoP/Content-es/InformationFor/HealthProfessionals/1_Radiology/QuantitiesUnits.htm.

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA (OIEA), "*Protección Radiológica de los Pacientes*". [en línea]. 2013b. [Consulta: 6 junio 2018]. Disponible en: <https://rpop.iaea.org/RPOP/RPoP/Content-es/index.htm>.

PARDELL, X., "*Fluoroscopia - Apuntes de Electromedicina*". *Apuntes de electro medicina* [en

línea]. 2018. [Consulta: 5 mayo 2018]. Disponible en:
<http://www.pardell.es/fluoroscopia.html>.

PASCUAL, A. et al., "NTP 614: Radiaciones ionizantes: normas de protección". [en línea], (2001). [Consulta: 5 mayo 2018]. Disponible en:
http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/601a700/ntp_614.pdf.

PRECIADO RAMÍREZ, M. et al., "Medidas Básicas de Protección Radiológica". *Cancerología* [en línea], vol. 5, (2010), pp. 25-30. [Consulta: 20 mayo 2018]. Disponible en:
<http://incan-mexico.org/revistainvestiga/elementos/documentosPortada/1294860259.pdf>.

RABINOWITZ, P., "*Desarrollar un plan de gestión*". [en línea]. 2017. [Consulta: 3 mayo 2018]. Disponible en: <https://ctb.ku.edu/es/tabla-de-contenidos/liderazgo/administracion-efectiva/plan-de-gestion/principal>.

RADIOLOGICAL, S.I., "Embolización de miomas uterinos Información al Paciente La Radiología Intervencionista : Su alternativa a la cirugía". , (2010), pp. 1.

ROIG PETIT, F., "Radiaciones: Aplicaciones y riesgos para la salud". *Conferencia APRJUV* [en línea], (2013). [Consulta: 10 mayo 2018]. Disponible en:
<https://www.uv.es/aprjuv/quaderns/3/Roig-RADIACIONES.pdf>.

SUBSECRETARIA DE CONTROL Y APLICACIONES NUCLEARES (SCAN), Curso Básico de Protección Radiológica. 2002. Quito: s.n.

TANG, Z. et al., "[Brief history of interventional radiology]". *Zhonghua yi shi za zhi (Beijing, China : 1980)* [en línea], vol. 44, n° 3, (2014), pp. 158-65. [Consulta: 20 mayo 2018]. ISSN 0255-7053. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25208839>.

UBEROI, R., *Interventional radiology*. 2009. S.l.: Oxford University Press. ISBN 9780199547722.

UNITED RADIOLOGY SYSTEM, "MCA-6200 Rotating". , (2009).

URQUIZO BONILLA, F.A. et al., 2016. Diseño e implementación de un sistema de protección

radiológica para la Unidad de Medicina Nuclear y Molecular del Hospital Carlos Andrade Marín - IESS, Quito [en línea]. S.l.: Escuela Superior Politecnica de Chimborazo (ESPOCH). Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/5650>.

ZIESSMAN, H.A. et al., Medicina nuclear : los requisitos en radiología. 2007. S.l.: Elsevier. ISBN 9788480862240.

4.6. ANEXOS

Anexo A: Manual de Protección Radiológica para el área de Intervencionismo Hospital General Ambato - IESS

Anexo B: Manual de Mantenimiento De Equipos para el área de Hospital General Ambato - IESS

Anexo C: Plan De Emergencia para el área de Intervencionismo Hospital General Ambato - IESS

Anexo D: Plan de clausura para el área de Intervencionismo Del Hospital General Ambato - IESS

Anexo E: Memorias Técnicas de Diseño del blindaje para la sala de Intervencionismo del Hospital General Ambato.

