



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA FÍSICA

**IMPLEMENTACIÓN DE UN MANUAL DE CONTROL DE
CALIDAD EN EL ÁREA DE RADIODIAGNÓSTICO E
INTERVENCIONISMO DEL HOSPITAL PADRE CAROLLO UN
CANTO A LA VIDA**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto Integrador

Presentado para optar al grado académico de:

BIOFÍSICO

AUTOR: STALIN DANIEL PATIÑO QUIHUIRE

DIRECTOR: Biof. MIGUEL ÁNGEL SÁEZ PAGUAY M.Sc.

Riobamba-Ecuador

2022

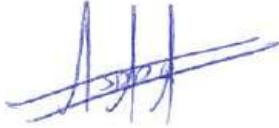
© 2022, **Stalin Daniel Patiño Quihure**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho del Autor.

Yo, STALIN DANIEL PATIÑO QUIHUIRE, declaro que el presente Trabajo de Titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 03 de mayo del 2022



Stalin Daniel Patiño Quihure

CI: 230009724-9

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA FÍSICA

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Titulación; Tipo: Proyecto Integrador, **IMPLEMENTACIÓN DE UN MANUAL DE CONTROL DE CALIDAD EN EL ÁREA DE RADIODIAGNÓSTICO E INTERVENCIONISMO DEL HOSPITAL PADRE CAROLLO UN CANTO A LA VIDA**, realizado por el señor: **STALIN DANIEL PATIÑO QUIHUIRE**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Biof. María Fernanda Heredia Moyano M Sc. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2022-05-03
Biof. Miguel Ángel Sáez Paguay M Sc. DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN		2022-05-03
Fis. Richard Willians Pachacama Choca Dr. MIEMBRO DEL TRIBUNAL		2022-05-03

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación se lo dedico a mis padres Edgar y María Elena, ejemplo de superación, honestidad, trabajo y dedicación, a mis hermanos Diana y Darwin, quienes me han apoyado y a los que siempre voy a querer ver bien. Gracias a todos.

Stalin

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), a los docentes de la escuela de física y matemáticas quienes con mucha paciencia impartieron sus conocimientos durante mi estancia como estudiante de pregrado. A mis familiares, amigos y compañeros, que de una manera u otra han sido parte del camino, gracias a todos.

Stalin

TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	xii
RESUMEN	xivv
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO.....	6
1.1. Clasificación de la radiación.....	6
1.1.1. <i>Radiación ionizante.....</i>	6
1.1.2. <i>Radiación no ionizante.....</i>	6
1.2. Tipos de Radiación Ionizante.....	7
1.2.1. <i>Corpusculares.....</i>	7
1.2.1.1. <i>Partículas alfa α.....</i>	7
1.2.1.2. <i>Partículas beta β.....</i>	7
1.2.1.3. <i>Neutrones.....</i>	8
1.2.2. <i>Ondulatorias.....</i>	8
1.2.2.1. <i>Rayos Gamma γ.....</i>	8
1.2.2.2. <i>Rayos X.....</i>	9
1.2.3. <i>Generación de rayos X.....</i>	9
1.3. Equipos en radiagnóstico e intervencionismo.....	10
1.3.1. <i>Clases de equipos en radiología.....</i>	10
1.4. Interacción de la radiación con el tejido biológico.....	12
1.5. Efectos deterministas.....	12
1.6. Efectos estocásticos o aleatorios.....	13
1.7. Límites de dosis.....	14
1.8. Detectores de radiación ionizante.....	15
1.9. Propiedades de los detectores.....	15
1.9.1. <i>Tipos de detectores.....</i>	15
1.9.2. <i>Cámara de ionización.....</i>	15
1.9.3. <i>Contador proporcional.....</i>	16

1.9.4.	<i>Contador Geiger</i>	16
1.10.	Controles de calidad	16
1.10.1.	<i>Objetivos y organización de un protocolo</i>	16
1.10.2.	<i>Importancia de los controles de calidad</i>	17
1.10.3.	<i>Estructura del protocolo</i>	17
1.10.4.	<i>Niveles de actuación de controles de calidad</i>	17
1.11.	Equipamiento y materiales	18
1.12.	Análisis de las pruebas a realizarse, según el equipamiento	19

CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	20
2.1.	Tipo de investigación	20
2.2.	Diseño de la investigación	20
2.2.1.	<i>Planteamiento de la hipótesis</i>	21
2.2.2.	<i>Localización del estudio</i>	21
2.2.3.	<i>Población de estudio</i>	21
2.3.	Selección de pruebas	21
2.4.	Características de equipos y montaje experimental	23
2.4.1.	<i>Diseño del montaje</i>	23
2.5.	Identificación de los equipos	24
2.6.	Monitoreo Radiológico	25
2.7.	Equipamiento para la medición	28
2.8.	Identificación de áreas controladas y no controladas	29
2.9.	Identificación de los puntos de interés	29
2.10.	Ecuaciones para la determinación de la tasa de dosis ambiental de las salas de imagen y quirófano	33
2.10.1.	<i>Carga de trabajo (semanal)</i>	33
2.10.2.	<i>Dosis equivalente anual</i>	34
2.11.	Factor de ocupación	34
2.12.	Inspección de instalaciones	35
2.12.1.	<i>Instrumentación</i>	35
2.12.2.	<i>Metodología</i>	35
2.13.	Capacitación al personal	35
2.13.1.	<i>Instrumentación</i>	35
2.13.2.	<i>Metodología</i>	36

CAPÍTULO III

3.	MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	37
3.1.	Análisis de la tasa de dosis efectiva ambiental en las instalaciones de rayos x, tomografía y arco en C.	37
3.1.1.	<i>Instalación 1 equipo convencional de rayos x (sala 1)</i>	<i>38</i>
3.1.2.	<i>Instalación 2, equipo de tomografía computarizada (sala 3)</i>	<i>40</i>
3.1.3.	<i>Instalación 3, quirófano, equipo arco en C (sala 3)</i>	<i>44</i>
3.2.	Inspección de instalaciones.....	47
3.3.	Capacitación al personal	48
3.3.1.	<i>Establecimiento del cuestionario</i>	<i>48</i>
3.3.2.	<i>Resultados de la aplicación del test</i>	<i>49</i>
3.4.	Análisis del protocolo ecuatoriano y su aplicación.....	50
3.5.	Análisis de las pruebas a realizarse, según el equipamiento.	50
3.6.	Establecimiento de pruebas	52
	CONCLUSIONES.....	77
	RECOMENDACIONES.....	78
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Las dosis, las causas y principales efectos deterministas.	13
Tabla 2-1:	Límite de dosis en exposiciones planificadas.....	14
Tabla 3-1:	Límite de dosis en exposiciones planificadas.....	14
Tabla 1-2:	Pruebas en Radiodiagnóstico.....	22
Tabla 2-2:	Lista de pruebas para Intervencionismo.	22
Tabla 3-2:	Manuales y protocolos a considerarse.....	23
Tabla 4-2:	Equipos del área de radiodiagnóstico e intervencionismo.....	24
Tabla 5-2:	Equipos de tomografía axial computarizada.	24
Tabla 6-2:	Equipos de rayos x arco en c.	25
Tabla 7-2:	Técnicas y parámetros utilizados en las diferentes salas	28
Tabla 8-2:	Ranger EXP.....	28
Tabla 9-2:	Instalación 1.	30
Tabla 10-2:	Instalación 2.	31
Tabla 11-2:	Instalación 3.	32
Tabla 12-2:	Carga de trabajo recomendada en el anexo III para equipos de RX, TC, Arco en C.	33
Tabla 13-2:	Factor de ocupación.....	34
Tabla 1-3:	Tasa de dosis en los puntos de interés de la sala de RX.....	38
Tabla 2-3:	Tasa de dosis efectiva ambiental en los puntos críticos de la sala de RX de la instalación uno.....	39
Tabla 3-3:	Tasa de dosis en los puntos de interés de la sala de tomografía.....	40
Tabla 4-3:	Tasa de dosis efectiva ambiental en los puntos críticos de la sala de tomografía.	42
Tabla 5-3:	Tasa de dosis en los puntos de interés de la sala de quirófano 3.....	44
Tabla 6-3:	Tasa de dosis efectiva ambiental en los puntos críticos de la sala de quirófano 3.	45
Tabla 7-3:	Estado de las instalaciones.	47
Tabla 8-3:	Tabulación de notas obtenidas post aplicación del test de entendimiento.....	49
Tabla 9-3:	Resultados de la aplicación	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1:	Radiación ionizante y radiación no ionizante.....	7
Figura 2-1:	Características de la radiación ionizante	9
Figura 3-1:	Componentes del tubo de rayos X.....	10
Figura 1-2:	Croquis de los puntos de interés de la sala 1 del área de imagenología.	30
Figura 2-2:	Croquis de los puntos de interés de la sala 3 del área de imagenología.	31
Figura 3-2:	Croquis de los puntos de interés de la sala 3 del área de Quirófano.	32

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-2:	Análisis de los estudios realizados con el equipo de rayos X convencional.	26
Gráfico 2-2:	Análisis estadístico de estudios realizados con el equipo de tomografía.	26
Gráfico 3-2:	Análisis estadístico de estudios realizados con el equipo arco en C.	27
Gráfico 1-3:	Tasa de dosis efectiva ambiental en [<i>mSv</i> año], obtenida post-aplicación del Anexo III.	40
Gráfico 2-3:	Tasas de dosis efectiva ambiental en [<i>mSv</i> año], obtenida post- aplicación del Anexo III, Manual de Control de Calidad para Radiodiagnóstico y Radiología Intervencionista, en la sala 2 de imagenología, Tomógrafo.	43
Gráfico 3-3:	Tasa de dosis efectiva ambiental en [<i>mSv</i> año], obtenida post-aplicación del anexo III, manual de control de calidad para radiodiagnóstico y radiología intervencionista en la sala 3 del área de intervencionismo, Arco en C.	46
Gráfico 4-3:	Resultados de la aplicación	49

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DEL INSTRUMENTO DE MEDICIÓN,
CONTADOR GEIGER.
- ANEXO B:** FOTOGRAFÍAS MONITOREO RADIOLOGICO
- ANEXO C:** CAPACITACION POE
- ANEXO D:** MANUAL DE CONTROL DE CALIDAD

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ARCAL:	Acuerdo Regional de Cooperación para la Promoción de la Ciencia y la Tecnología Nucleares en América Latina y el Caribe
CCEEM:	Centro de Control Estatal de Equipos Médicos
OIEA:	Organización Internacional de Energía Atómica
MERNNR.	Ministerio de energía y recursos no renovables
POE:	Personal Ocupacionalmente Expuesto
SCAN:	Subsecretaría de Control y Aplicaciones Nucleares

RESUMEN

El presente Trabajo Experimental estableció como objetivo la implementación de un manual de control de calidad en el área de radiodiagnóstico e intervencionismo del Hospital Padre Carolo Un Canto a La Vida. El procedimiento se basó en el Anexo III del Manual de control de Calidad para Radiodiagnóstico y Radiología Intervencionista, propuesto Subsecretaria de Control y Aplicaciones Nucleares (SCAN), del cual se optó por realizar tres pruebas, consideradas como pruebas mínimas para justificar la elaboración de este trabajo de titulación, entre las que se encuentran: Monitoreo de la tasa de dosis ambiental, inspección de las instalaciones y capacitación al personal ocupacionalmente expuesto (POE). Se identificaron los puntos críticos de cada sala, las salas colindantes y el tipo área; todos estos según la clasificación descrita en el Anexo III. Para la determinación de la tasa de dosis anual se utilizó el valor más alto obtenido en las mediciones, además del factor de uso, factor de ocupación y carga de trabajo semanal; para la inspección de las instalaciones, se consideró la revisión del equipamiento, la estabilidad de los equipos y la verificación de rigidez mecánica de cada uno de ellos. Por último, se consideró la capacitación en temas de protección radiológica, exposiciones no justificadas e identificación de la señalética. Concluyendo con esto que los límites de radiación medidos en las salas se encuentran todos bajo los límites permitidos, la inspección determinó el estado óptimo de los equipos y la capacitación se realizó con éxito. Se recomienda la elaboración y la aplicación de un manual de control de calidad, dentro de una institución médica permite identificar, corregir y mejorar los servicios y protocolos de atención a pacientes.

Palabras clave: <RADIACIÓN IONIZANTE>, <RADIOPROTECCIÓN>, <PERSONAL OCUPACIONALMENTE EXPUESTO (POE)>, <EFECTOS BIOLÓGICOS >, < CONTROL DE CALIDAD>.

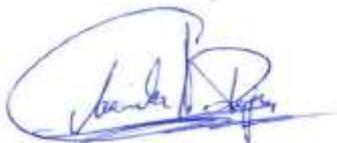


1865-DBRA-UTP-2022

ABSTRACT

The objective of this experimental work was the implementation of a quality control manual in the radiodiagnostic and interventional radiology area of the Hospital Padre Carollo “Un canto a la Vida”. the procedure was based on annex III of the quality control manual for radiodiagnosis and interventional radiology, proposed by the under-secretariat for nuclear control and applications (SCAN), from which 3 tests were chosen, considered as minimum tests to justify the elaboration of this degree work, among which are: monitoring of the environmental dose rate, inspection of the facilities and training of occupationally exposed personnel (POE). The critical points of each room, the adjoining rooms and the type of area were identified, all according to the classification described in Annex III. For the determination of the annual dose rate, the highest value obtained in the measurements was used, in addition to the Use factor, occupancy factor and weekly workload, for the inspection of the facilities. Finally, training on radiological protection issues, unjustified exposures and identification of signage were considered, concluding that the radiation limits measured in the rooms were all within the permitted limits, the inspection determined the optimal state of the equipment, and the training was successful. It is recommended that a quality control manual be developed and implemented within a medical institution to identify, correct, and improve patient care services and protocols.

Keywords: <IONISING RADIATION>, <RADIOPROTECTION>, <OCCUPATIONALLY EXPOSED PERSONNEL (POE) >, <BIOLOGICAL EFFECTS>, < QUALITY CONTROL>.



1865-DBRA-2022

INTRODUCCIÓN

Como aplicación de la física atómica y nuclear, se desarrolló el uso de las radiaciones ionizantes en el campo de la medicina, siendo empleada principalmente en la obtención y procesamiento de imágenes del cuerpo humano (Raudales Díaz 2014, p.12)

En la actualidad, el desarrollo ha logrado que los equipos médicos que utilizan radiación ionizante como fuente sean usados en el diagnóstico por imagen, en intervenciones guiadas por rayos x y en oncología, en tratamientos destinados a combatir el cáncer (Cuenca 1997).

Conscientes de los tipos de energía que son capaces de generar estos equipos, y su alto poder para ionizar moléculas vivas (Alexander 1964, p.215-222), se crearon organismos internacionales con el fin de establecer normativas internacionales para la utilización de estos equipos, las cuales son ejecutadas por instituciones gubernamentales. Estas instituciones controlan, que los centros médicos presenten una correcta infraestructura, personal capacitado, entre otros requisitos de manera que se garantice la seguridad radiológica para los seres humanos y el medio ambiente.

Un manual de control de calidad tiene por objetivo comprobar de manera técnica que los equipos e instalaciones de una institución médica cumple con requerimientos destinados a mejorar los sistemas de atención al público, a la vez cuidando de la seguridad del personal médico y colaboradores.

Las pruebas descritas en el ANEXO III, permiten asegurar la calidad de atención, la revisión del estado de los equipos, el estado de las instalaciones, mejorar los protocolos del trato a pacientes.

El Hospital Padre Carollo Un Canto a La Vida es una institución de salud que cuenta con equipos para radiodiagnóstico e intervencionismo para brindar atención priorizando la protección radiológica por medio del cumplimiento de las exigencias de la Subsecretaría de Control y Aplicaciones Nucleares (SCAN).

La importancia de la elaboración del Trabajo de titulación denominado “IMPLEMENTACIÓN DE UN MANUAL DE CONTROL DE CALIDAD EN EL ÁREA DE RADIODIAGNÓSTICO E INTERVENCIONISMO DEL HOSPITAL PADRE CAROLLO UN CANTO A LA VIDA”, radica en que permite estandarizar los procesos a nivel del hospital para contar con equipos que provean imágenes adecuadas empleando la radiación ionizante a niveles tan bajos como sea razonablemente posible alcanzar.

ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

En el país, el uso y la manipulación de fuentes emisoras de radiación ionizante son reguladas por la Subsecretaría de Control y Aplicaciones Nucleares, la cual, se encarga de emitir licencias que autorizan a determinadas instituciones un permiso para hacer uso de la radiación ionizante como fuente para fines investigativos y médicos. El Ecuador cuenta con una normativa vigente en seguridad radiológica emitida en el año 1979. Esta normativa consta de 156 artículos en los que se establece la legislación vinculada con la protección radiológica para todo el territorio (De et al. 1979).

En el año 1996 se emitió el primer protocolo para el control de calidad en Radiodiagnóstico con una posterior revisión en el año 2011, con la premisa de que el mismo debe mantenerse en constante actualización en conjunto con las normativas internacionales. Bajo el nombre de “Protocolo Español de Control de Calidad en Radiodiagnóstico” publicado por la Sociedad Española de Protección Radiológica (SERP), en conjunto con el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), además del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), este documento tiene como fin garantizar la seguridad de la población ante el uso de las radiaciones ionizantes regulando tanto las instalaciones físicas como el equipamiento de las instituciones que usan equipos emisores de radiación ionizante para fines médicos como la Medicina Nuclear, el Diagnóstico por medio de fuentes emisoras de Rayos X e Intervencionismo (RADIOLOGICA 2011). En el Ecuador se creó en mayo del 2020 la normativa denominada MANUAL DE CONTROL DE CALIDAD PARA RADIODIAGNÓSTICO Y RADIOLOGÍA INTERVENCIONISTA, la cual, debió entrar en vigencia mayo del 2021. No existe publicaciones similares al respecto en el país, sin embargo, esta cuenta con requisitos detallados para la elaboración del manual de control de calidad, acorde a las necesidades de las instituciones médicas.

IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Los equipos de Radiodiagnóstico e Intervencionismo están diseñados para trabajar en óptimas condiciones durante un periodo de tiempo indicado por el fabricante, las casas comerciales o las empresas que proveen servicios de mantenimiento y control de calidad, sin embargo, se requiere el permanente monitoreo de personal especializado. Es necesario además evaluar que las instalaciones se encuentren físicamente en estado óptimo y cumplan con la función de atenuar la radiación ionizante que se presenta durante la realización de un estudio (ICRP 2011, p.102-108).

El proceso de control de calidad en el país se venía realizando de acuerdo a criterios del fabricante y de las empresas que proveen el servicio de mantenimiento. Con la creación del manual de control de calidad ecuatoriano es necesario que las instituciones de salud establezcan normativas internas que aseguren el cumplimiento de estos lineamientos generales. El Hospital Padre Carollo no cuenta con normativa interna para el cumplimiento manual de control de calidad ecuatoriano de nombre Manual de control de calidad para radiodiagnóstico y radiología intervencionista.

JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

En los últimos años, el gobierno del Ecuador por medio del Ministerio de Energías y Recursos Naturales No Renovables (MERNNR), se encargan de monitorear constantemente las diferentes entidades que emplean radiaciones ionizantes con fines investigativos y médicos, en Física Medica, el uso de la radiación ionizante no descarta el riesgo de exposición innecesaria al que están expuestos los miembros del Personal Ocupacionalmente Expuesto (POE) y los pacientes que a diario se someten a exposición directa e indirecta a Radiación Ionizante. Debido a esto se implementan protocolos de radioprotección y manuales para el uso en los equipos médicos con el fin de proteger la integridad de todas las personas inmersas durante la realización de un estudio. Por ello, es un requisito para el ente regulador demostrar que las instalaciones y el equipamiento de las instituciones médicas se encuentran en correcto funcionamiento (IMERASE 2015, p.75).

El hospital Padre Carollo un Canto a la Vida cuenta con un área de radiodiagnóstico y una sala de intervencionismo, en las cuales se realizan una cantidad considerable de estudios semanalmente. Este tipo de instalaciones deben ofrecer seguridad en protección radiológica, garantizando que la dosis de radiación al que está expuesto un paciente, no exceda los límites establecidos a nivel nacional e internacional, para el público y para el POE, por tal motivo, el presente trabajo de titulación tiene como finalidad, la aplicación de pruebas entre las cuales consta la determinación de la tasa de dosis ambiental en las salas de imagenología e intervencionismo, la inspección de los equipos en las salas y la capacitación al personal y colaboradores del área de imagenología y quirófano.

Esta institución médica al no contar con normativa interna relacionada al Anexo III: Manual de control de calidad para radiodiagnóstico y radiología intervencionista, y como institución médica necesita estar vigente con las normativas nacionales e internacionales se justifica la realización del mismo bajo el nombre de “IMPLEMENTACIÓN DE UN MANUAL DE CONTROL DE CALIDAD EN EL ÁREA DE RADIODIAGNÓSTICO E INTERVENCIONISMO DEL HOSPITAL PADRE CAROLLO UN CANTO A LA VIDA”.

OBJETIVOS

Objetivo General

Implementar un manual de control de calidad en el área de radiodiagnóstico e intervencionismo del Hospital Padre Carollo Un Canto a La vida, para dar cumplimiento a los requisitos del legislativo y que permita corroborar la buena práctica médica con los métodos de protección durante su uso.

Objetivos Específicos

- Evaluar el riesgo radiológico mediante la aplicación de un levantamiento radiológico para así comprobar que los niveles de radiación ionizante se encuentren bajo los límites establecidos.
- Proveer a la institución de un manual de control de calidad para los trámites de renovación de licencias institucionales, puesto en vigencia en el presente año, así la institución cumplirá con los requerimientos de la normativa.
- Concientizar a los coordinadores del área de imagen para que por medio de ello se entienda el riesgo al que está expuesto el POE y el público.
- Analizar la normativa vigente para que mediante sus lineamientos se pueda cumplir a cabalidad con los resultados esperados.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Clasificación de la radiación

Según los diferentes rangos de energía la radiación, se clasifica en dos tipos, ionizante y no ionizante(CSN 2009, p.83):

1.1.1. Radiación ionizante

Las radiaciones ionizantes corresponden al tipo de radiación de mayor energía, la cual al interactuar con la materia es capaz de producir ionización de la misma, produciendo por esta interacción partículas con carga conocidas como iones (Introduction, Physics and Dosimetry, 1986, p.2). Es necesario mencionar que la radiación ionizante controlada no presenta ningún riesgo para la salud, por esto tiene aplicaciones benéficas en muchas áreas de las actividades humanas, como la medicina o la industria, pero cuando existe un mal uso de este tipo de radiación, se producen efectos perjudiciales para la salud del individuo, puesto que tienen la capacidad de ionizar átomos con los que interactúan debido a la alta energía que estas tienen (ICPR 2007).

1.1.2. Radiación no ionizante

La radiación no ionizante es el tipo de radiación que no posee la capacidad de ionizar la materia, es decir, es de baja energía por ende no tiene la capacidad de alterar la naturaleza de los átomos y moléculas (Bengt Knave, 1998, p.2).

La radiación no ionizante se refiere a la radiación electromagnética, como las ondas ultravioletas, de luz infrarroja y de radio, y las ondas mecánicas. En la vida diaria, las fuentes comunes de RNI incluyen el sol, electrodomésticos, teléfonos móviles, Wi-Fi y hornos de microondas. Todas estas dentro del espectro electromagnético (Bengt Knave, 1998, p.4).

En la figura 1-1 encontramos la clasificación de la radiación ionizante según su frecuencia y su energía.

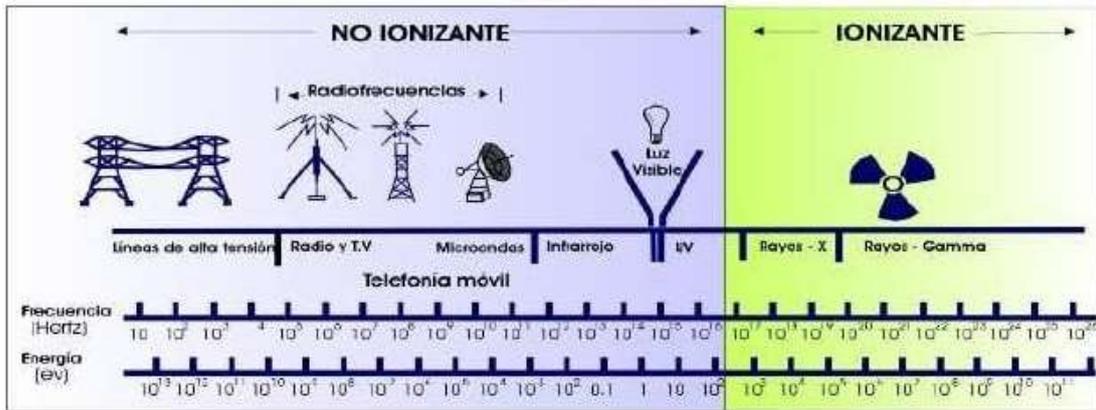


Figura 1-1: Radiación ionizante y radiación no ionizante.

Fuente: Renzo RS, 2014.

1.2. Tipos de Radiación Ionizante

Caracterizada por tener la energía suficiente para ionizar moléculas al interactuar con materia, la radiación ionizante ha sido clasificada de dos tipos según sus propiedades: ondulatorias y corpusculares.

1.2.1. Corpusculares

1.2.1.1. Partículas alfa α

La partícula alfa es la que está compuesta por dos protones y dos neutrones fuertemente unidos, idéntica al núcleo de helio (${}^4\text{He}$). Cuando una partícula alfa pierde la mayoría de su energía cinética, termina por transformarse en un átomo de helio después de haber capturado dos electrones (N. 2020, p.11).

Los radionucleidos emisores de este tipo de partículas son principalmente núcleos pesados, con números atómicos iguales o superiores al del plomo (${}^{82}\text{Pb}$). Cuando un núcleo se desintegra emitiendo partículas alfa, su número atómico (número de protones) y su número de neutrones disminuye en dos y a la vez su número másico se reduce en cuatro. Debido a su bajo poder de penetración, se necesita tan solo una hoja de papel para atenuar este tipo de radiación ionizante.

1.2.1.2. Partículas beta β

Las partículas beta están compuestas por un electrones y positrones de alta energía, estos pueden presentar un número atómico alto o bajo. Presenta tres procesos de desintegración (Jr. Cherry 2020):

- Beta positiva (β^+): Se desarrolla con la emisión de un positrón, como resultado de la transformación de un protón en un positrón más un neutrón. Antipartícula del electrón y que posee su misma masa, poseen un nivel de energía menos al de las partículas alfa y con una capacidad de penetración mayor. Se atenúan con una lámina de metal o una lámina de aluminio (UCM 2013).
- Beta negativa (β^-): Se presenta con la emisión de electrones desde el núcleo del átomo, esta se produce principalmente cuando en el núcleo atómico se trasforma un neutrón en un protón y un electrón (Bushong 2010).
- Captura electrónica: caracterizada por la captura de un electrón por parte del núcleo atómico, logrando que se transforme un protón en un neutrón. Por lo tanto, se obtiene otro elemento de mismo valor para el número másico, pero su número atómico disminuye en uno (UCM 2013).

1.2.1.3. Neutrones

También conocida como radiación de neutrones, se produce cuando desde el núcleo del átomo se emanan partículas sin carga, pero de gran poder de penetración y alta energía. Estos son producidos en los aceleradores de partículas y también en los reactores nucleares, considerando que no existe una fuente natural de electrones (Bengt Knave 1998, p18.).

1.2.2. Ondulatorias

1.2.2.1. Rayos Gamma γ

Caracterizada por su gran poder de penetración, este tipo de radiación electromagnética procedente del núcleo atómico, cuando este experimenta una transición de energía desde un nivel más alto, hacia un nivel más bajo, posee un menor nivel de energía que los tipos de radiaciones α y β , pero requiere de hormigón para su atenuación. El número de protones y de neutrones no varían durante estas transiciones. Los rayos gamma se emiten a menudo después de una desintegración alfa o beta (NCPR 2016).

En la figura 1-2 analizamos el poder de penetración de los diferentes tipos de radiación ionizante según su energía.

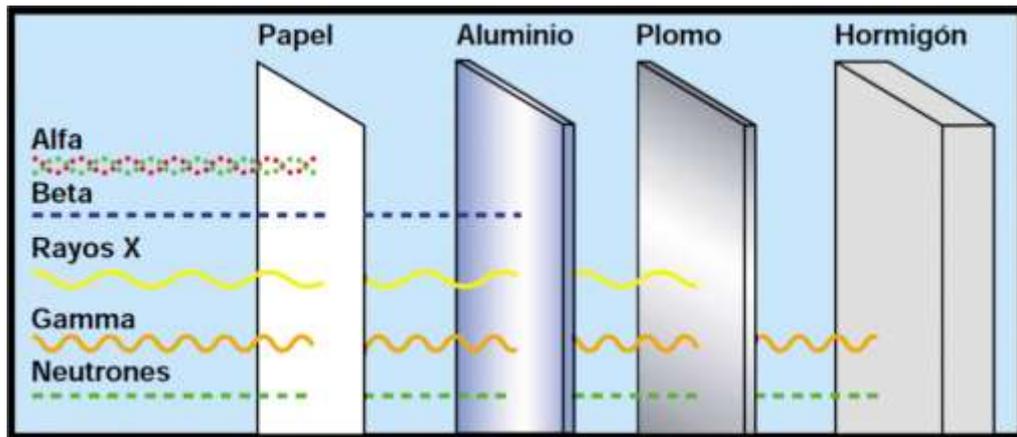


Figura 2-1: Características de la radiación ionizante

Fuente: Cerna, 2009.

1.2.2.2. *Rayos X*

Los Rayos X, son una forma de radiación electromagnética invisibles al ojo humano, de alto poder penetrante y energía, que por su longitud de onda oscilan entre 0.1 nm y 10 nm con energías desde 1 keV hasta los 150 keV. Estos tienen la capacidad de atravesar la mayoría de los objetos incluyendo el cuerpo. Estos se producen cuando un haz de electrones muy energéticos del orden de 1 keV se desaceleran al chocar con un blanco metálico produciendo la emisión de radiación electromagnética (Salud 2013, p.56)

1.2.3. *Generación de rayos X*

Los rayos X son un tipo de radiación ionizante que debido a su pequeña longitud de onda poseen la capacidad de interaccionar con la materia, cuando menor es la longitud de onda de los rayos, mayor es su energía y poder de penetración, los componentes principales que conforman un equipo radiológico son: el tubo de Rayos X, el generador de radiación, el detector de radiación. Los rayos X son producidos cuando los electrones van a gran velocidad y chocan con un blanco metálico, parte de la energía cinética que llevan los electrones se transforman en fotones electromagnéticos, mientras que la otra parte se transforma en calor. El tubo de rayos X está compuesto por una carcasa de vidrio que posee dos polos en su interior, el polo positivo es el ánodo y el negativo es el cátodo, este tubo sellado en vacío tiene una ventana por donde fluyen los fotones hacia el exterior, como se puede apreciar en la figura 3-1. Los rayos X son radiaciones electromagnéticas que se forman por una longitud de onda que va desde 10 nm hasta 0,01nm; sin embargo, cuando existe una longitud menor de onda de rayos X, mayor será su energía (Salud 2013; Radiation 1986).

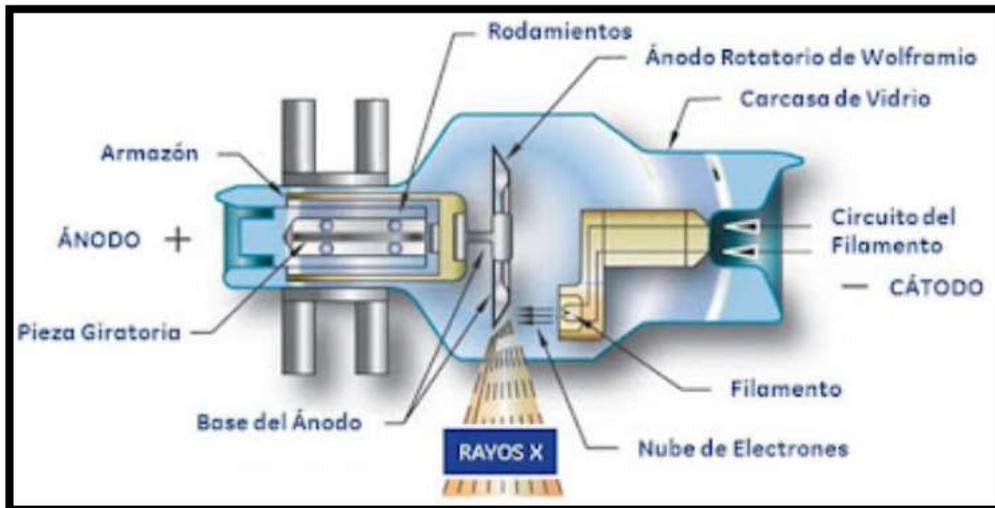


Figura 3-1: Componentes del tubo de rayos X

Fuente: Ramos, 2015.

1.3. Equipos en radiagnóstico e intervencionismo

Las expectativas del avance tecnológico a finales del siglo XIX se centraron en una rama de las ciencias físicas por medio del descubrimiento de los rayos X, este marcaría el principio de la segunda revolución industrial. Con este descubrimiento nació la radiología, que ofrece importantes y novedosas herramientas para el tratamiento y diagnóstico de diferentes enfermedades (Cuenca, 1997, p.34-41).

La radiología intervencionista nace de la radiología y de la idea de intervenciones quirúrgicas guiadas por un especialista en equipos generadores de radiación ionizante, se sabe además que es una de las formas de mayor exposición a radiación ionizante para el paciente y para el personal médico (Touzet, Descalzo and Peralta, 2010, p.2).

1.3.1. Clases de equipos en radiología

La clasificación de los equipos en radiodiagnóstico e intervencionismo, según (Serreta and Manzano, 2004) es la siguiente:

- **Equipos convencionales:** Son el tipo de equipo más utilizado para la realización de estudios radiológicos, desde el estudio de estructuras minerales sólidas, hasta es estudio de tejidos más complejos como son las partes blandas, desde su invención a inicios del siglo XIX, ha seguido innovando según las necesidades de la comunidad médica (Serreta and Manzano 2004).

- **Equipos portátiles:** Son equipos con características similares al de los equipos convencionales, en cuanto a capacidad de trabajo, la ventaja que ofrecen estos equipos, es la capacidad que tienen para desplazarse hacia los destinos donde se requiera realizar estudios en paciente.
- **Equipos telemandados:** Son equipos que utilizan sistemas complejos de programación, en los que resalta el trabajo autónomo que realizan al momento de trabajar con los pacientes, principalmente usados en el estudio del sistema urinario y el aparato digestivo, permiten obtener imágenes en tiempo real del área que requiera estudio.
- **Equipos del tipo arco intervencionista:** Estos equipos se utilizan en principalmente en áreas como quirófano, en los que se realizan intervenciones de elevada dificultad y en las que el profesional requiera un soporte técnico por medio de imágenes, cirugías como la del sistema circulatorio, neurológico y a nivel del corazón, algunas con ayuda de una solución para resaltar las imágenes (Brosed and Brosed 2004).
- **Equipo de mamografía:** Utilizados en la exploración diagnóstica de la glándula mamaria, poseen una alta capacidad para identificar lesiones de pequeña dimensión, incluso antes de que estas sean palpables o que presente manifiestos clínicos.
- **Equipos radioquirúrgicos:** Son equipos que poseen la capacidad de guiar intervenciones quirúrgicas por medio de imágenes (radiografías) y también presenta la posibilidad de realizar radioscopia digital, estos funcionan en modo convencional, pulsada y de alta definición, esta última, principalmente usada en intervenciones quirúrgicas del sistema vascular (ICRP 2011).
- **Equipo de Tomografía Computarizada:** Estos equipos poseen la capacidad de combinar una serie de radiografías, las cuales son obtenidas desde diferentes ángulos alrededor del cuerpo del paciente. Utiliza un sistema altamente complejo y sofisticado mediante el cual estas radiografías son utilizadas para realizar una reconstrucción en 3D, desde planos Axiales, Coroneales y Sagitales (Serreta and Manzano 2004).
- **Equipos dentales:** Este equipo permite a los odontólogos dar un diagnóstico de mayor eficacia a sus pacientes, con una leve exposición justificada, este tipo de estudio es una de las pruebas más efectivas para dar tratamiento a las posibles patologías dentales (N Cherry Jr. 2020).

1.4. Interacción de la radiación con el tejido biológico

Después de haber sido descubierta por Wilhelm Roentgen en 1895, los rayos X fueron introducidos rápidamente a la medicina con fines de diagnóstico y tratamiento de enfermedades, casi enseguida se empezaron a encontrar las primeras lesiones en el personal médico que se encargaba de la manipulación de los equipos, producto de la exposición a radiación. Las primeras lesiones fueron de tipo cutáneas, principalmente en extremidades superiores como las manos, y también en la visión del personal con la aparición de cataratas, como resultado de esto, se consiguió estudiar los efectos biológicos de la radiación perfeccionando las medidas de protección hacia la salud humana (Cuenca 1997, p.62).

Teniendo referencia que los tejidos biológicos están conformados por un cúmulo de células es claro que la radiación interacciona con el tejido abriéndose espacio entre célula y célula, dependiendo del tipo de tejido.

1.5. Efectos deterministas

Los efectos deterministas aparecen cuando un elevado número de células de un órgano o tejido mueren producto de sobreexposición a radiación ionizante, ya que dificultan el funcionamiento de estos, después de la dosis recibida. La gravedad de los efectos del tipo determinista es directamente proporcional a la cantidad de dosis de radiación recibida, bajo el conocimiento que se ha excedido un límite de dosis, conocido como dosis umbral, y también de la transferencia lineal de energía (LET) de la radiación (ICPR, 2007, p.21-22).

Los efectos que se observan en el individuo adulto después de la exposición radiación aguda se puede enlistar en tres etapas según (CSIR 2013):

- **Etapa Prodrómica:** Relacionada con los primeros signos y síntomas en las posteriores 48 horas tras la irradiación. Caracterizada por vómitos, náuseas, diarreas, irritabilidad, insomnio, etc. Todo esto, producto de las primeras reacciones del sistema nervioso autónomo. Dura de entre unas pocas horas hasta varias semanas.
- **Etapa Latente:** Este periodo está caracterizado por la ausencia de síntomas o molestias en general después de haber estado expuesto. Dura de entre unas pocas horas hasta varios días, hasta la aparición de los primeros síntomas.
- **Etapa de Enfermedad manifiesta:** Caracterizada por ser la etapa en la que el funcionamiento de órganos y tejidos muestran síntomas concretos producto de la irradiación,

estos van desde la limitación en sus funciones hasta el colapso del SNC producto de dolores y molestias.

En la tabla 1-1 se determina los efectos deterministas producto de la exposición con los diferentes rangos de energía, según estos, determinados efectos estocásticos.

Tabla 1-1: Las dosis, las causas y principales efectos deterministas.

Tejido	Efecto	Periodo de latencia aproximado	Umbral aproximado (Gy)	Dosis que producen efectos severos	Causas
Sistema hematopoyético	Infecciones Hemorragias	2 semanas	0,5	2,0	Leucopenia Plaquetopenia
Sistema Inmune	Inmunosupresión	Algunas horas	0,1	1,0	Linfopenia
Sistema gastrointestinal	Infección sistémica Deshidratación Desnutrición	1 semana	2,0	5,0	Lesión del epitelio intestinal
Piel	Descamación	3 semanas	3,0	10,0	Daño en la capa basal
Testículos	Esterilidad	2 meses	0,2	3,0	Aspermia celular
Cristalino	Cataratas	>1 año	0,2	5,0	Fallos en la maduración
Tiroides	Deficiencias metabólicas	<1 año	5,0	10,0	Hipotiroidismo
Ovario	Esterilidad	<1 mes	0,5	3,0	Muerte interfásica del ocito
Pulmón	Neumonía	3 meses	8,0	10,0	Fallas en la barrera alveolar
Sistema nervioso central	Encefalopatías y mielopatías	Varía según la dosis	15,0	30,0	Demielinización y daño vascular

Fuente: Obtenido de (CSIR 2013).

Realizado por: Patiño, Stalin, 2021.

1.6. Efectos estocásticos o aleatorios

Estos efectos aparecen tras la exposición a radiación en cantidades bajas, por lo cual la probabilidad para que se presente algún efecto es dependiente de la cantidad de radiación a la que ha estado expuesto el individuo. La célula sufre modificaciones a nivel del ADN y la cantidad de daño relacionado con la célula varía según el tipo de tejido u órgano. Los efectos estocásticos pueden ser de rasgos hereditarios y somáticos, los hereditarios se producen cuando el efecto no se manifestará en el individuo irradiado, si no en su descendencia producto de la irradiación de

células germinales, y los somáticos, si la célula ha recibido daños o modificaciones tras la irradiación de este tipo de células (Dan C. 2013, p.115).

1.7. Límites de dosis

Los límites de dosis mostrados en la tabla 2-1 y 3-1, se establece los límites de exposición planificadas en uno y cinco año, estas buscan limitar la cantidad de radiación a la que un individuo está expuesto, estos límites están regulados por organizaciones públicas vinculadas a un gobierno en un país que pertenece a la OIEA, utilizando legislación que establezca dichos límites (OIEA 1958).

Tabla 2-1: Límite de dosis en exposiciones planificadas.

Límite	POE	Público
Dosis efectiva	20 mSv por año, promediado en periodos de cada 5 años	1 mSv en un año
Dosis equivalente anual:		
Cristalino	20mSv	15mSv
Piel	500mSv	50mSv
Manos y pies	500mSv	---

Fuente: (OIEA 2016)

Realizado por: Patiño, Stalin, 2021.

Tabla 3-1: Límite de dosis en exposiciones planificadas.

Órgano o Tejido	Límite de dosis	Dosis máxima permitida
Cuerpo entero, medula ósea, gónadas.	5 rem/año 3 rem/trimestre	50 mSv/año 30 mSv/trimestre
Piel, hueso, tiroides.	30 rem/año 15 rem/trimestre	300 mSv/año 150 mSv/trimestre
Manos, pies, antebrazos, tobillos.	75 rem/año 40 rem/trimestre	750 mSv/año 400 mSv/trimestre
Todos los órganos del cuerpo	8 rem/trimestre	150 mSv/año 80 mSv/trimestre

Personal femenino en edad reproductiva	1.25 rem/trimestre	12.5 mSv/trimestre
Mujer en estado de embarazo	1 rem/periodo de embarazo	10 mSv/periodo de embarazo
Miembro del público en general	10% de los límites establecidos para el POE	10% de los límites establecidos para el POE

Fuente:(De et al. 1979)

Realizado por: Patiño, Stalin, 2021.

1.8. Detectores de radiación ionizante

La ciencia ha impulsado al desarrollo de técnicas capaces de medir, detectar e incluso analizar radiaciones ionizantes, con fines de prevención de los efectos de está, en la salud. (CSN 2009).

Los órganos del ser humano no son capaces de detectar la radiación ionizante, es por ello que son necesarios dispositivos que tengan la capacidad de detectar y evidenciar la presencia de radiación ionizante (CSIR 2013, p.96).

1.9. Propiedades de los detectores

Cabe destacar que, dentro de las propiedades, se encuentra la eficiencia, resolución, tiempo muerto y modo de operación (Bushong 2010, p.32-33)

1.9.1. Tipos de detectores

Los detectores de radiación están implementados para la detección de radiación con un recinto lleno de gas a presión, en el que se localizan dos electrodos, a los que se les aplica una tensión creando un campo eléctrico en el interior del volumen del detector. El funcionamiento de los detectores se centra principalmente en la en la detección de radiación ionizante entre el espacio de los electrodos, produciendo un diferencial en la carga eléctrica producto de la atracción de las cargas dentro del espacio dentro del detector (CSN, 2009.p. 14).

1.9.2. Cámara de ionización

Este es un tipo de detector que es conocido también como cámara de iones, debido que es un dispositivo eléctrico que tiene la función de detectar distintos tipos de radiación ionizante, por lo que el voltaje del tractor se ajusta de modo que las condiciones correspondan tanto a la región como al rango de energía a medir; los principios básicos de estas cámaras ionizantes, se deben a

que tiene un cátodo y un ánodo que se mantiene a un montaje de entre 100 a 200 voltios, a diferencia de otros detectores, el campo eléctrico no es lo suficientemente intenso como para producir una multiplicación de iones en el seno del gas (Saucedo Barajas-Ortíz 2017).

1.9.3. Contador proporcional

Conocido como detector proporcional, es un dispositivo eléctrico que detecta varios tipos de radiación ionizante; por lo que, el voltaje del detector se ajusta de modo que las condiciones correspondan a la región proporcional (CSIR 2013, p.29).

1.9.4. Contador Geiger

Es un dispositivo que permite detectar radiaciones ionizantes: por lo que, los iones producidos por dichas radiaciones al atravesar el volumen activo del detector, son acelerados por un campo eléctrico, produciendo un pulso de corriente que señala el paso de radiación; ya que la intensidad de campo eléctrico es demasiado pequeña, no se produce pulso alguno, y si es demasiado alta se produce una descarga continua incluso en ausencia de radiación (Cristian A. Vásquez 2019)

1.10. Controles de calidad

1.10.1. Objetivos y organización de un protocolo

El objetivo de un protocolo de control de calidad es proveer a las instituciones médicas que utilicen equipos generadores de radiación ionizante, lineamientos destinados a mejorar la calidad de la atención y servicio, basándose en una perspectiva técnica que realiza el técnico encargado, además de los criterios para que la utilización de este sea eficiente, permitiendo en primer lugar obtener imágenes de alta calidad para el diagnóstico y a su vez, exponer a menor riesgo al paciente y al personal de operación (RADIOLOGICA 2011, p.36).

La estructura de un control de calidad consta de tres partes principales en las que destacan según (RADIOLOGICA 2011):

- El ámbito de aplicación.
- Conceptos generales relacionados con el tipo y carácter de las pruebas de control.
- Y el modo de utilización.

1.10.2. Importancia de los controles de calidad

El objetivo principal radica en brindar una guía práctica para los profesionales técnicos radiólogos y físicos médicos, en las que se detalla una serie de procedimientos a seguir como pruebas en los equipos, adaptación de las áreas, señalética informativa, normas de protección etc. De esta manera se espera obtener una mejoría en las instituciones médicas, que van desde la calidad de las imágenes obtenidas, hasta la protección radiológica de los todos los miembros involucrados durante la realización de una práctica médica(C., 2020, p.15-16).

1.10.3. Estructura del protocolo

Para la organización y ejecución de las pruebas, tenemos los siguientes apartados principales según (MEERNR 2020):

- **Objetivos:** reconocer los puntos a trabajar dentro de la institución médica.
- **Frecuencia:** es el periodo de tiempo de vigencia y validez de las pruebas realizadas
- **Personal:** establece desde un punto de vista general, las capacidades del profesional a cargo de la realización del control.
- **Equipos:** conocer el tipo de quipos que utiliza el establecimiento médico, además de las áreas en las que se utiliza equipos generadores de radiación ionizante.
- **Materiales:** todo el equipamiento técnico y los materiales utilizados durante la realización de las mediciones.
- **Metodología:** la sistematización de las pruebas a realizarse, tanto en orden como prioridad.
- **Tolerancias:** Parámetros que funcionan como indicador de la validez y el grado de incertidumbre de cada prueba.
- **Observaciones o acciones correctivas:** Se hacen precisiones sobre los procedimientos u otros aspectos de interés anteriormente citados.

1.10.4. Niveles de actuación de controles de calidad

Las garantías de calidad se pueden desarrollar bajo distintos niveles de complejidad, estos dependen de los objetivos planteados y de los equipos, materiales y medios disponibles; dentro de los controles de calidad, se establecen tres tipos de pruebas según (RADIOLOGICA, 2011, p.17):

- **Pruebas de aceptación:** las pruebas de aceptación comprenden un grupo de medidas que verifique el estado del equipo previo a su utilización en pacientes, en los cuales consta la comprobación de los parámetros ofrecidos por el fabricante, información vinculada a la necesidad propuesta por el centro médico; estas pruebas se las realizan en presencia del personal a cargo de la entrega del equipo y del personal técnico a cargo de la elaboración del manual.
- **Pruebas de estado:** las pruebas de estado son complementarias a las pruebas de aceptación, y establecen un estado de referencia de la vida útil del equipo desde su estado inicial, basándose como datos de comparación los obtenidos en las primeras calibraciones realizadas en los equipos. Estas pruebas deberán realizarse bajo la supervisión del especialista en materias de radiaciones del centro médico y se llevaran a cabo siempre que el equipo ha recibido un cambio o mantenimiento importante en un componente sustancial del equipo.
- **Pruebas de constancia:** las pruebas de constancia siempre se realizan bajo los valores de referencia obtenidos previamente en las dos pruebas anteriores, y en esta se revisa los parámetros técnicos más importantes para el buen funcionamiento de un equipo, estas pruebas se pueden realizar cuando se sospeche de un funcionamiento irregular o de manera regular.

1.11. Equipamiento y materiales

Los equipos utilizados para realizar las pruebas de control de calidad para los equipos de radiodiagnóstico e intervencionismo se detallan a continuación según (MEERNR 2020, p.17):

- Cámara de ionización (volumen 30 a 120 cm³, 30 a 150 kV).
- Electrómetro (rango 1 fC a 999 nC, exactitud $\pm 5 \%$, reproducibilidad $\pm 1 \%$).
- Láminas de aluminio de alta pureza al 99,5 % y de 1 mm de espesor.
- Láminas de PMMA para simulación de pacientes en el control de CAE.
- Patrón de barras de plomo de al menos 8 pl/mm.
- Chasis y láminas radiográficas.
- Dosímetro, intervalo de medida, de 0,1 mGy a 100 mGy como mínimo. Exactitud $\pm 5 \%$, reproducibilidad $\pm 1 \%$.
- Sensitómetro, reproducibilidad de $\pm 2\%$.
- Termómetro, nunca de mercurio, exactitud $\pm 0,3 \text{ }^\circ\text{C}$ y reproducibilidad $\pm 0,1^\circ\text{C}$.
- Lente filtrador convexo.
- Flexómetro.
- Cámara lápiz (volumen 3,2 cm³).

- Dinamómetro con un intervalo de medida entre 50 y 300 N como mínimo y una incertidumbre inferior a 5 N; reproducibilidad mejor que $\pm 5 \%$.

1.12. Análisis de las pruebas a realizarse, según el equipamiento

Las pruebas sugeridas en el manual ecuatoriano, han sido adaptadas de diferente normativa vigente a nivel internacional, esto con el fin de seguir los lineamientos que brindan estos protocolos que ya han sido implementados y probados según cada país. Esto nos brinda una visión en torno a la viabilidad de la aplicación de protocolos dentro del país, que al final son tan necesarios como la legislación vigente en Radiación Ionizante.

Las pruebas tienen como finalidad comprobar de manera teórica-práctica que un centro médico ofrece las garantías de calidad, las cuales se enlistan a continuación:

- Evaluar el estado de los equipos.
- Evaluar el estado de las instalaciones.
- Capacitar al personal en radiaciones.
- Evaluar las prendas de protección.
- Evaluar el estado de los equipos de impresión.

Después de la aplicación de las pruebas, obtenemos como resultado todo el material teórico que evalúa cuantitativamente los puntos sugeridos en el protocolo ecuatoriano, con los cuales posteriormente se podrá concluir en base a los datos obtenidos.

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se plantea el tipo de investigación, el diseño de la investigación, también la metodología utilizada para la elaboración del manual, por lo cual requirió establecer información relacionada a la radiación ionizante, controles de calidad y protección radiológica. Estos temas permitirán relacionar información importante, para un completo entendimiento de este trabajo de titulación.

2.1. Tipo de investigación

Este trabajo de investigación se centra en la elaboración de un manual provisorio, que tiene como uno de sus principales objetivos cuidar de la sociedad de los miembros del POE como el público de una posible sobre exposición a radiación ionizante, además de revisar estado de los equipos generadores de radiación ionizante y de las instalaciones adecuadas para dichos equipos, por ende posee un enfoque mixto (cualitativo y cuantitativo), ya que uno de sus principales objetivos es determinar una tasa de dosis para conocer el estado de las instalaciones, requiriendo la aplicación de conocimientos obtenidos durante el estudio de la física aplicada a las radiaciones.

Además, esta investigación es considerada de carácter exploratoria debido a que partimos de obtener datos directamente desde las instalaciones para el posterior análisis y descriptiva porque en base al análisis de estos datos podemos obtener conclusiones que giran en torno a el estado de los equipos y de las instalaciones en el antes mencionado hospital.

2.2. Diseño de la investigación

El diseño implementado para la realización de esta investigación es de carácter experimental y descriptivo, tomando en consideración dos etapas para la realización, siendo la primera el monitoreo radiológico de las salas con el fin de corroborar un blindaje adecuado, posteriormente se analizará los datos obtenidos por medio del uso de tablas comparativas, que funcionan como indicadores de los niveles de radiación permitidas para los miembros del POE y el público.

2.2.1. Planteamiento de la hipótesis

¿El equipamiento y las instalaciones del área de imagen y el área intervencionismo del hospital Padre Carolo un canto a la vida cumplen con los requisitos mínimos para el trámite de la licencia institucional y además brindan las garantías necesarias para miembros del POE como el público?

2.2.2. Localización del estudio

Esta investigación se realizó en las instalaciones del hospital Padre Carolo un Canto a la Vida con sede en la ciudad de Quito, provincia de Pichincha, en las áreas de imagenología y quirófano respectivamente. Se obtuvieron los datos para el posterior análisis utilizando como referencia principal el Manual de Control de Calidad para Radiodiagnóstico y Radiología Intervencionista proporcionado por el MERNNR, el cual nos brinda las pautas necesarias para la realización de las pruebas, además permite seleccionar los puntos de interés, factores técnicos, entre otras variables necesarias para la evaluación inicial y la redacción del manual.

Para la determinación de la tasa de dosis ambiental utilizamos el Detector de Radiación de la marca S.E INTERNACIONAL modelo RANGER EXP Serie 4003, una vez obtenidas las mediciones fueron comparadas con los niveles de restricción de dosis establecidos por el Reglamento de Seguridad Radiológica del Ecuador, logrando así comprobar el funcionamiento de las instalaciones del área de imagen e intervencionismo.

2.2.3. Población de estudio

Se realizaron mediciones en distintos puntos de interés de un total de dos salas de radiodiagnóstico del área de Imagenología, y una sala de intervencionismo del área de Quirófano, dando como resultado el estudio de un equipo de rayos x convencional, un tomógrafo y un arco en C.

2.3. Selección de pruebas

Pese a que se ha pospuesto la aplicación de la normativa, es necesario entender la importancia de estos manuales. Son alrededor de veinte pruebas a considerarse para radiodiagnóstico, de las cuales se vio en la necesidad de realizar al menos tres pruebas. Las cuales se seleccionaron según la capacidad para desarrollarlas, según el equipamiento disponible Estas pruebas tienen un limitante y es que en gran parte no se ha podido legalizar instituciones que se dediquen al desarrollo de manuales, debido a que ninguna logra adquirir el equipamiento por la fuerte

inversión que demandan los equipos e instrumentos de medición, sumado a que es una normativa nueva en proceso de aplicación.

En las tablas 1-2 y 1-3 encontramos las pruebas a realizarse en las salas de Radiodiagnóstico e Intervencionismo

Tabla 1-2: Pruebas en Radiodiagnóstico.

PRUEBA	OBJETIVOS DE LA PRUEBA	OBSERVACIÓN
Levantamiento Radiométrico	Verificar las condiciones de blindaje de las salas, como principio de protección radiológica.	Aplicado
Inspección visual de las instalaciones	Comprobar el buen estado de los equipos como de las salas, mediante una inspección visual, dando garantías del correcto funcionamiento de los equipos.	Aplicado
Capacitación del personal a cargo de las áreas	Exponer a los diferentes encargados de las áreas de imagenología y de quirófano, los riesgos de una exposición innecesaria.	Aplicado

Fuente: (MEERNR 2020).

Realizado por: Patiño, Stalin, 2021.

Tabla 2-2: Lista de pruebas para Intervencionismo.

Prueba	Objetivos de la prueba	Observación
Evaluación de las condiciones ambientales	Verificar las condiciones de blindaje de las salas, obteniendo datos de las salas colindantes para verificar la atenuación de las paredes de las salas.	Aplicado
Inspección visual de las instalaciones	Comprobar el buen estado de los equipos como de las salas, mediante una inspección visual, dando garantías del correcto funcionamiento de los equipos.	Aplicado
Capacitación del personal a cargo de las áreas	Exponer a los diferentes encargados de las áreas de imagenología y de quirófano, los riesgos de una exposición innecesaria.	Aplicado

Fuente: (MEERNR 2020).

Realizado por: Patiño, Stalin, 2021.

2.4. Características de equipos y montaje experimental

2.4.1. Diseño del montaje

Para el diseño del montaje consideraremos la revisión del manual ecuatoriano de control de calidad y la revisión de otros protocolos, incluyendo normativa internacional, implementada en diferentes países, incluyendo la revisión del protocolo provisto por la OIEA, los que citaremos a continuación:

Tabla 3-2: Manuales y protocolos a considerarse.

Nombre del autor	Descripción del protocolo/reglamento	Año de publicación/Origen
MERNNR	MANUAL DE CONTROL DE CALIDAD PARA RADIODIAGNÓSTICO Y RADIOLOGÍA INTERVENCIONISTA	2020/ECUADOR
NCPR REPORT No. 147	STRUCTURAL SHIELDING DESING FOR MEDICAL X-RAY IMAGING FACILITIES	2004/US
MERNNR	REGLAMENTO DE SEGURIDAD RADIOLOGICA DEL ECUADOR	1979/ECUADOR
IAEA	PROTOCOLOS DE CONTROL DE CALIDAD EN RADIODIAGNÓSTICO	2001/INTER
SEFM-SEPR-SERAM	PROTOCOLO ESPAÑOL DE CONTROL DE CALIDAD EN RADIODIAGNÓSTICO	2011/ESPAÑA
OIEA	NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA	1956/US

Realizado por: Patiño, Stalin, 2021.

2.5. Identificación de los equipos

En las tablas a continuación, se muestran los equipos usados en el montaje experimental:

Tabla 4-2: Equipos del área de radiodiagnóstico e intervencionismo

EQUIPO CONVENCIONAL DE RAYOS X	
Marca	Shimadzu
Modelo	Radspeed
Serie	3M5262A280006



Realizado por: Patiño, Stalin, 2021.

Tabla 5-2: Equipos de tomografía axial computarizada.

EQUIPO DE TOMOGRAFÍA AXIAL COMPUTARIZADA	
Marca	Neusoft
Modelo	4541 101 12353
Serie	NDLRN120005



Realizado por: Patiño, Stalin 2021.

Tabla 6-2: Equipos de rayos x arco en c.

EQUIPO DE RAYOS X ARCO EN C	
Marca	MedisonXray Co. Ltd.
Modelo	MCA-6200
Serie	MX62C12I18077

Realizado por: Patiño, Stalin, 2021.

2.6. Monitoreo Radiológico

Antes de iniciar el monitoreo radiológico es necesario revisar la estadística de datos vinculada con el tipo de estudio y la cantidad de estos según el equipo. Se analizó datos semanales obtenidos por los técnicos del área de imagen del HPCV, considerando realizar hasta tres veces la toma de medidas con el equipo de medición según se recomienda en el Anexo III(MEERNNR 2020)ch, en cada uno de los puntos seleccionados, los cuales son explicados en las gráficas a continuación 1-2, 2-2, 3-2.



Gráfico 1-2: Análisis de los estudios realizados con el equipo de rayos X convencional.

Realizado por: Patiño, Stalin, 2021.

En la gráfica 1-2, analizamos de un promedio semanal de alrededor de 150 exámenes realizados, el estudio más común a realizarse en el equipo de rayos x convencional es el de tórax con alrededor del 38%, el restante que representa alrededor de 15 tipos de estudios más, incluyendo exámenes especiales.

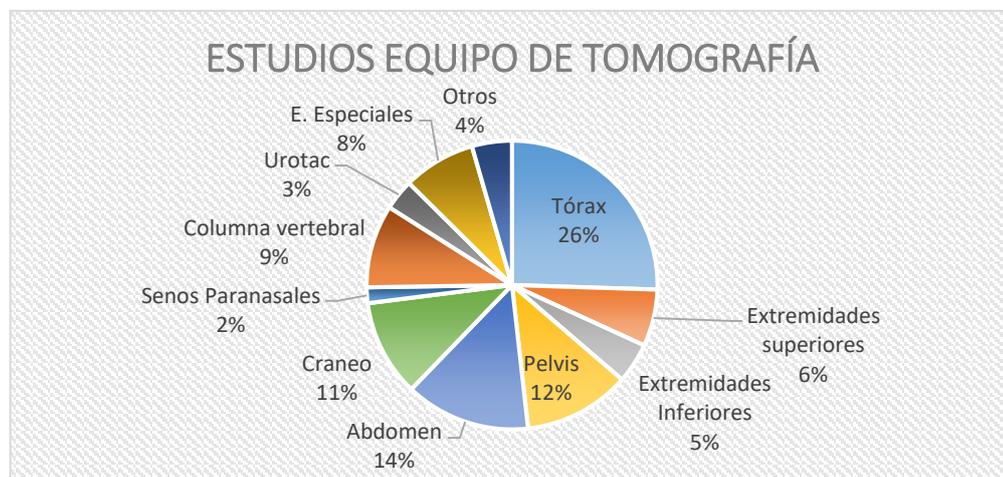


Gráfico 2-2: Análisis estadístico de estudios realizados con el equipo de tomografía.

Realizado por: Patiño, Stalin, 2021.

En la gráfica 2-2, analizamos de un promedio semanal de alrededor de 80 exámenes realizados, el estudio más común a realizarse en el equipo de tomografía es el de tórax con alrededor del 26%, el restante que representa alrededor de 15 tipos de estudios más, incluyendo exámenes especiales.



Gráfico 3-2: Análisis estadístico de estudios realizados con el arco en C.

Realizado por: Patiño, Stalin, 2021.

En la gráfica 3-2, analizamos de un promedio semanal de alrededor de 50 intervenciones quirúrgicas en las cuales se requiere de la utilización del arco en C, las intervenciones quirúrgicas más comunes a realizarse en el área de quirófano del HPCV mediante la utilización del equipo son las que comprenden el nivel abdominal (Apendicitis aguda, Colecistitis, úlceras, etc.) con cerca del 26%, seguido de las extremidades inferiores con un 20% y las extremidades superiores con un 17%, entre otras.

Después del análisis de las gráficas 1-2, 2-2, 3-2, procedemos a seleccionar el estudio a replicar para la realización del monitoreo radiológico en el área de imagenología, equipo de rayos x (sala) el estudio a considerar es el de tórax, para la sala de tomografía (sala 3), se consideró el estudio de tórax, para el área de quirófano (sala 3) consideramos la exploración que se realiza durante una cirugía de abdomen.

La toma de datos en los puntos de interés está basada en la toma del dato más alto entre 3 lecturas, metodología utilizada para el equipo de rayos x (sala 1) y para el equipo de tomografía (sala 3). Para el arco en C se usó el modo disparo simple ya que este modo es el que se utiliza con normalidad durante las cirugías y con alrededor de 3 disparos para la posterior selección de medidas.

Tabla 7-2: Técnicas y parámetros utilizados en las diferentes salas

SALA	PROCEDIMIENTO	kV	mA	mAs
Equipo Rx (sala I)	Examen de tórax, una posición, AP.	90	40	0.35
Equipo de tomografía (Sala II)	Examen de tórax AP	120	35	320
Arco en C (Sala III, quirófano)	Abdomen (Shoot mood)	100	120	40

Realizado por: Patiño, Stalin, 2021.

Los parámetros de exposición que corresponden a la técnica mayormente realizada, también se considera el mayor tamaño de campo permitido por el colimador y un medio dispersor (fantoma).

2.7. Equipamiento para la medición

Para la evaluación de las condiciones ambientales o levantamiento radiométrico se recomienda la utilización de una cámara de ionización, debido a los rangos de energía en los que trabaja este equipo, además de la capacidad de detección que presenta, se identifica como un equipo a utilizar para el monitoreo radiológico.

Se justifica el uso de un Contador Geiger-Müller debido a que los costos por alquiler o compra de una cámara de ionización son muy altos, y pese que hay una diferencia en los rangos de detección de RI y en la incertidumbre de las mediciones, el contador es un equipo que puede ser utilizado, debido a que este provee datos basados en la detección RI dentro de su recámara de gas, mismo principio que usa una cámara de ionización tan solo con diferencias en el volumen de detección de la radiación ver.

Requerimos la utilización de un contador Geiger-Müller, este equipo posee una cámara cilíndrica para los procesos de ionización que ocurren cuando la radiación ha sido detectada. Este equipo cuenta licencia de funcionamiento y el certificado de calibración (Ver Anexo A), usamos un fantoma que simula las diferentes densidades del cuerpo humano.

Tabla 8-2: Ranger EXP

RANGER EXP	
Tipo	Detector Geiger Müller
Modelo	RANGER EXP
Serie	4003
Rango operativo	01 a 100 $\mu Sv/h$

Factor de calibración	1,02
Rango de detección	Detecta α, β, γ y Rx α desde 2MeV β hasta 16 MeV γ hasta 10 KeV
Temperatura	-10° hasta 50°
Peso	291g

Fuente: (Zambrano, 2019)

Realizado por: Patiño, Stalin, 2021.

2.8. Identificación de áreas controladas y no controladas

Las clasificaciones de las zonas de trabajo son en función del riesgo a exponerse a radiaciones ionizantes, estas zonas por lo general son señalizadas, ya que existe un riesgo constante de exposición, estas se dividen en dos tipos de zonas: zonas controladas y zonas supervisadas, (OIEA, 2004).

La identificación de los diferentes tipos de zonas es un importante paso para la realización del monitoreo radiológico, puesto que de partiendo de la determinación de las zonas podremos señalar los puntos críticos para el posterior monitoreo.

Clasificación de las zonas.

Las zonas se clasifican en dos:

1. **Zona controlada:** La zona controlada está definida como un área de acceso restringido o limitado, este tipo de área demanda que el área establezca protocolos destinados a la protección radiológica del POE y del público, un ejemplo de esta es la sala donde se encuentra el equipo generador de rayos X (Council and Radiation 2005).
2. **Zona no controlada:** La zona no controlada está definida como las áreas o sectores en los cuales hay menor riesgo de exposición a RI del POE y del público, es decir todas las áreas que no sean identificadas como zonas controladas. Como ejemplo tenemos pasillos colindantes, áreas adyacentes, etc. (Council and Radiation 2005).

2.9. Identificación de los puntos de interés

La identificación de los puntos de interés se basa principalmente en un estudio centrado en el diseño estructural de las salas junto con un análisis que conlleva en buscar correctamente los

puntos de interés en base a la ubicación de los equipos dentro de las inmediaciones de las áreas y las zonas donde miembros del POE y el público pudieran estar expuestos a radiación.

Para el área de Imagenología (sala 1), en la cual se ubica el equipo de rayos x, se escogieron siete puntos de interés los cuales son presentados a continuación:

- **Instalación 1:**

Tabla 9-2: Instalación 1.

PUNTO	UBICACIÓN	TIPO DE ZONA COLINDANTE
A	Sala de rayos x II	No Controlada
B	Puerta corredora	No Controlada
C	Pared corredora	No controlada
D	Sala recepción de pacientes	No controlada
E	Cabina de control	Controlada
F	Puerta vestidor	No controlada
G	Vestidor	No controlada

Realizado por: Patiño, Stalin, 2021.

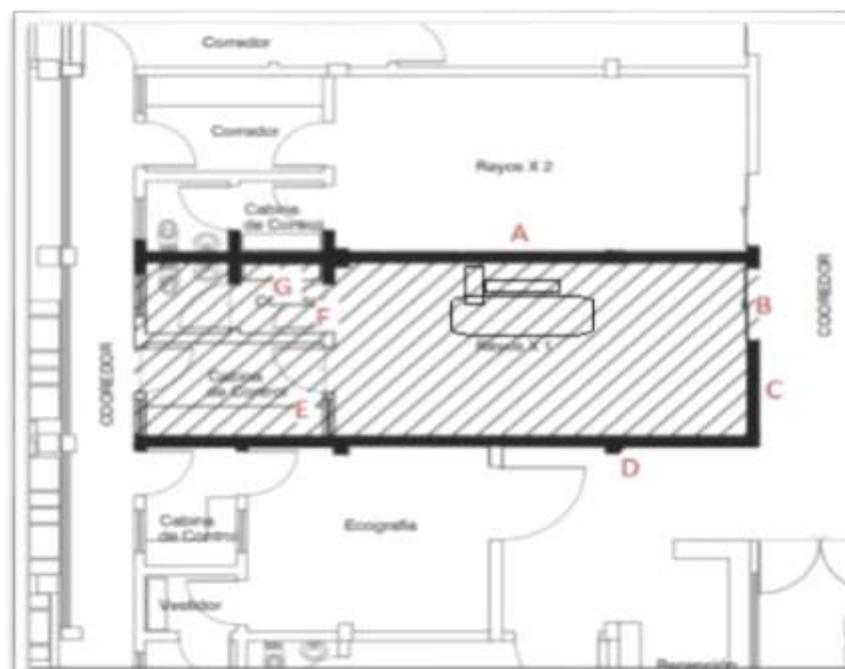


Figura 1-2: Croquis de los puntos de interés de la sala 1 del área de imagenología.

Realizado por: Patiño, Stalin, 2021.

- **Instalación 2**

Para el área de Imagenología (sala 3), en la cual se ubica el equipo de tomografía, se escogieron siete puntos de interés los cuales son presentados a continuación:

Tabla 10-2: Instalación 2.

PUNTO	UBICACIÓN	TIPO DE ZONA COLINDANTE
A	Ventana sala de control	Controlada
B	Sala de mandos	Controlada
C	Pasillo emergencias	No controlada
D	Pared corredora	No controlada
E	Puerta corredora	No Controlada
F	Sala Rayos x II	No Controlada
G	Puerta control	No Controlada

Realizado por: Patiño, Stalin, 2021.

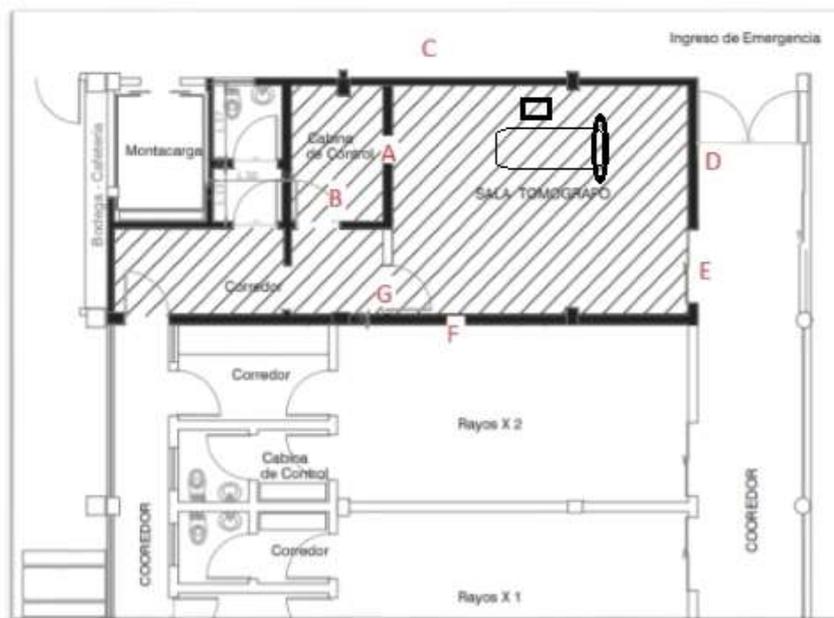


Figura 2-2: Croquis de los puntos de interés de la sala 3 del área de imagenología.

Realizado por: Patiño, Stalin, 2021.

- **Instalación 3**

Para el área de Quirófano (sala 3), en la cual se ubica el arco en C, se escogieron siete puntos de interés los cuales son presentados a continuación:

Tabla 11-2: Instalación 3.

PUNTO	UBICACIÓN	TIPO DE ZONA COLINDANTE
A	Pared Quirófano II	No controlada
B	Puerta corredora	No controlada
C	Pared corredora	No controlada
D	Zona de disparos	Controlada
E	Pared salida de emergencia	No controlada

Realizado por: Patiño, Stalin, 2021.

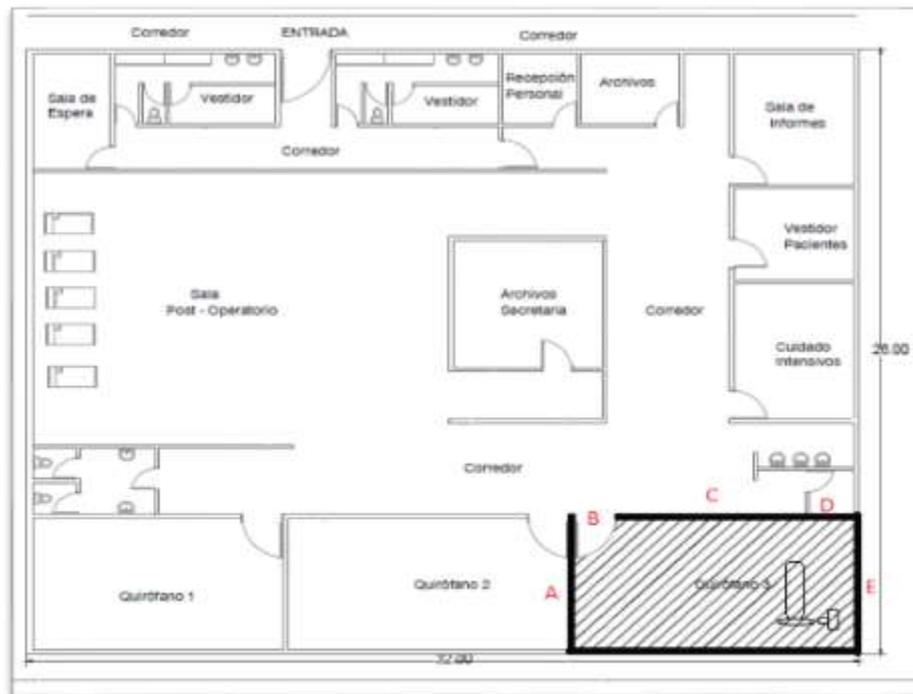


Figura 3-2: Croquis de los puntos de interés de la sala 3 del área de Quirófano.

Realizado por: Patiño, Stalin, 2021.

2.10. Ecuaciones para la determinación de la tasa de dosis ambiental de las salas de imagen y quirófano

2.10.1. Carga de trabajo (semanal)

Expresada en mA.min/semana, se obtiene partiendo de la cantidad de exploraciones realizadas por semana, además considera la técnica empleada para la obtención de datos, la carga de trabajo semanal es igual a la suma de las cargas de trabajo de cada uno de los diferentes estudios que se realizan en la sala

Está determinada por la siguiente ecuación:

$$W \left[\frac{mA \cdot min}{semana} \right] = \frac{N_R \cdot It [mAs]}{60 \left[\frac{s}{min} \right]}$$

Donde:

N_R Es el número de radiografías por semana;

It Es el producto de la corriente (mA) por el tiempo de exposición (s) promedio por radiografía

1/60 Es el factor para convertir de segundos a minutos.

Tabla 12-2: Carga de trabajo recomendada en el anexo III para equipos de RX, TC, Arco en C.

CARGA DE TRABAJO		
Radiografía General	Sala Radiografía (Bucky de tórax)	100mA*min/semana
	Sala Radiografía (piso u otras barreras)	320mA*min/semana
Tomografía computarizada	Cabeza	40 procedimientos/semana
	Cuerpo	60 procedimientos/semana
Arco en C	Sala Radiografía (Sala quirúrgicas)	60 procedimientos por semana

Realizado por: Patiño, Stalin, 2021.

2.10.2. Dosis equivalente anual

La dosis equivalente anual se puede obtener utilizando la siguiente ecuación:

$$H^*(10)_{ANUAL} \left[\frac{mSv}{año} \right] = \frac{lectura \cdot (mSv/h)}{I} \cdot \frac{mA \cdot min}{mA} \cdot T \cdot U \cdot W \left(\frac{mA \cdot min}{semana} \right) \cdot \frac{50 \text{ semanas}}{año}$$

Donde:

H*(10) ANUAL: tasa de dosis equivalente ambiental en un año calendario.

Lectura: tasa de dosis equivalente ambiental medida quitando el valor del fondo de radiación.

I: cantidad de corriente utilizada en la prueba.

W: carga de trabajo semanal.

U: factor de uso en el punto a medir.

T: factor de ocupación según el punto a medir.

2.11. Factor de ocupación

El factor de ocupación se encarga de considerar un factor importante como el tiempo de estancia de una persona durante la cual el equipo está en desarrollo de un estudio, este se encuentra definido como la fracción de un día de 8 horas, (2000 horas al año) (Council and Radiation 2005).

Tabla 13-2: Factor de ocupación

Ocupación	Ubicación	T
Integral	Consultorio, recepción	1
Parcial	Espera, vestidor, corredores internos	1/4
Eventual	Corredores colindantes, baños, escaleras	1/16
Esporádico	Jardines cercanos, cuartos oscuro/máquinas	1/32

Fuente: (Anexo III, 2020)

Realizado por: Patiño, Stalin, 2021.

2.12. Inspección de instalaciones

Con esta prueba se buscará verificar el estado de los equipos, se centra principalmente en indicadores que permitan identificar alguna anomalía en el equipo, además plantea la inspección de la instalación, la rigidez mecánica y la estabilidad del equipo (MEERNR 2020).

2.12.1. Instrumentación

- Cinta métrica.

2.12.2. Metodología

- a) Inspeccionar visualmente todos los componentes del equipo, como la mesa, soporte del tubo de rayos X, condiciones de los cables, revestimientos, etc.
- b) Verificar la estabilidad del cabezal del tubo, el sistema de colimación del haz, los movimientos del equipo, frenos de la mesa, etc. La misma inspección para el Bucky vertical.
- c) Inspección de fugas en el cabezal del tubo.
- d) Comprobar los indicadores en el panel general, factores como exposición, punto focal y parámetros de radiación.

2.13. Capacitación al personal

Los programas de enseñanza y capacitación tienen como finalidad la búsqueda de la excelencia en materia de seguridad radiológica, estos comprenden elementos de conocimiento de física aplicada, radiobiología y química (por los procesos que pueden producirse en el cuerpo humano) (OIEA 2006, p298-315). El objetivo de esta prueba es capacitar al personal en materia de protección radiológica.

2.13.1. Instrumentación

- Computador.
- Proyector.
- Hojas impresas.
- Esferográficos.

2.13.2. Metodología

- a) Introducción a las Radiaciones
- b) Capacitación en protección radiológica al personal.
- c) Socialización de las observaciones y correcciones en imagenología e intervencionismo.
- d) Test de evaluación de conocimientos.

CAPÍTULO III

3. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En el capítulo a continuación se presentan los resultados obtenidos del monitoreo radiológico realizado en el HPCV, en el área de imagenología e intervencionismo, además de la presentación de la dosis efectiva ambiental en $mSv/semana$ y $mSv/año$ basados en el MANUAL DE CONTROL DE CALIDAD PARA RADIODIAGNÓSTICO Y RADIOLOGÍA INTERVENCIONISTA.

3.1. Análisis de la tasa de dosis efectiva ambiental en las instalaciones de rayos x, tomografía y arco en C.

En las tablas 1-3, 3-3, 5-3, se muestran los datos obtenidos en cada punto de interés, de cada una de las diferentes instalaciones, para utilizar los valores en el cálculo de la dosis ambiental, debemos considerar la radiación de fondo, de tal manera que la dosis corregida sea el equivalente entre la resta de la medida obtenida más alta, menos la radiación de fondo y multiplicada por el factor de calibración del detector.

Con la utilización del medio dispersor durante la captura de datos, es necesario mantener los parámetros máximos previamente establecidos de kV y mA, para todos los disparos realizados por el técnico de radiaciones, ya que las densidades no varían, para esto la tasa de dosis ambiental no tiene correcciones debido a variaciones de parámetros. Los datos en rojo en el valor de la medida obtenida, es el valor a considerarse más alto, producto de las mediciones con los parámetros de los estudios e intervenciones más frecuentes en las diferentes instalaciones, se debe tomar el dato de mayor valor, debido a que los estudios que demandan mayores energías por parte del generador son los que pueden generar mayor irradiación para el POE y el público.

Además, Las tablas 1-3, 3-3, 5-3, muestran los datos de la medida corregida, partiendo de la medida obtenida por el equipo los cuales se presentan en unidades de $[\mu Sv/h]$ y las tablas 2-3, 4-3, 6-3, presentan las tablas de datos con la respectiva tabulación de los datos obtenidos dándonos como resultados cálculos en unidades de $[\mu Sv/semana]$, partiendo de las ecuaciones obtenidas del Manual de Control de Calidad Para Radiodiagnóstico y Radiología Intervencionista.

3.1.1. *Instalación 1 equipo convencional de rayos x (sala 1)*

Tabla 1-3: Tasa de dosis en los puntos de interés de la sala de RX.

Punto	\dot{D} Medida [$\mu Sv/h$]	Radiación de fondo [$\mu Sv/h$]	\dot{D} Medida corregida [$\mu Sv/h$]	Factor de calibración	\dot{D} Medida corregida [$\mu Sv/h$]
A	0.280	0.110	0.170	1.02	0.173
	0.310		0.200		0.204
	0.295		0.185		0.189
B	0.125	0.110	0.015	1.02	0.015
	0.130		0.020		0.020
	0.337		0.227		0.232
C	0.158	0.110	0.048	1.02	0.049
	0.140		0.030		0.031
	0.370		0.260		0.265
D	0.237	0.110	0.127	1.02	0.130
	0.125		0.015		0.015
	0.132		0.022		0.023
E	0.173	0.110	0.063	1.02	0.065
	0.158		0.048		0.049
	0.290		0.180		0.184
F	0.130	0.110	0.020	1.02	0.020
	0.351		0.241		0.246
	0.125		0.015		0.015
G	0.296	0.110	0.186	1.02	0.190
	0.180		0.070		0.072
	0.175		0.065		0.066

Realizado por: Patiño, Stalin, 2021.

Tabla 2-3: Tasa de dosis efectiva ambiental en los puntos críticos de la sala de RX de la instalación uno.

PUNTO DE INTERES	TASA DE DOSIS EN uSv/h	VOLTAJE (kVp)	mAs	FACTOR DE USO (U)	FACTOR DE OCUPACION (T)	NUMERO DE PACIENTE S/ SEMANA	mA* m	LECTURA HAZ (uSv/mA.m in)	CARGA DE TRABAJO	DOSIS SEMANAL (uSv/Sem)	DOSIS (mSv/Se m)	DOSIS (mSv/año)	LÍMITE DE DOSIS (mSv/año)	BLINDAJE
SALA DE RAYOS X II	0,204	90	40	1	1	150	0,6667	0,3060	100,0	30,60	0,031	1,530	20	CORRECTO
PUERTA CORREDOR	0,232	90	40	1	0,25	150	0,6667	0,3480	100,0	8,70	0,009	0,435	20	CORRECTO
PARED CORREDOR	0,265	90	40	1	0,25	150	0,6667	0,3975	100,0	9,94	0,010	0,497	20	CORRECTO
SALA DE RECEPCIÓN PACIENTES	0,13	90	40	1	1	150	0,6667	0,1950	100,0	19,50	0,020	0,975	20	CORRECTO
PUERTA VESTIDOR	0,184	90	40	1	0,312	150	0,6667	0,2760	100,0	8,61	0,009	0,431	20	CORRECTO
PUERTA DE MANDOS	0,246	90	40	1	1	150	0,6667	0,3690	100,0	36,90	0,037	1,845	20	CORRECTO
SALA DE MANDOS	0,19	90	40	1	1	150	0,6667	0,2850	100,0	28,50	0,029	1,425	20	CORRECTO

Realizado por: Patiño, Stalin, 2021.

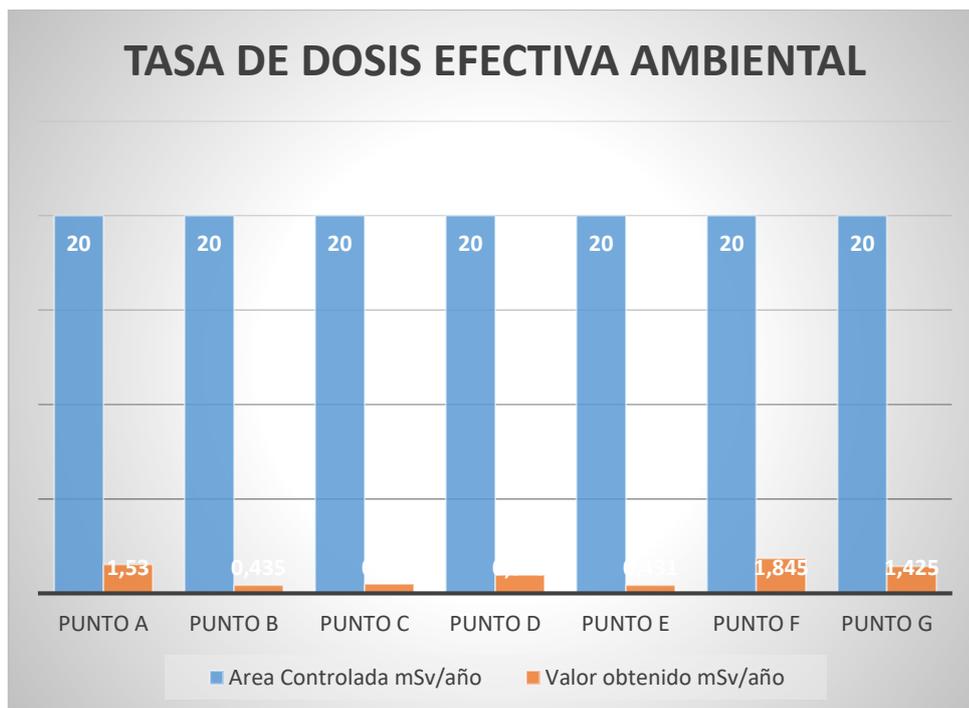


Gráfico 1-3: Tasa de dosis efectiva ambiental en [$mSv/año$], obtenida post-aplicación del Anexo III.

Realizado por: Patiño, Stalin, 2021.

A continuación, podemos observar en el gráfico 3-1 en el cual se presentan las tasas de dosis efectiva ambiental en [$mSv/año$], obtenidas y presentadas en la tabla 2-3, de las cuales se encontró que el valor más alto para el punto de interés situado en la puerta de mandos con un valor de **1.845 $mSv/año$** , definido como área controlada, y el valor de **0.431 $mSv/año$** correspondiente al punto de interés situado en la pared del vestidor definido como área no controlada.

3.1.2. Instalación 2, equipo de tomografía computarizada (sala 3)

Tabla 3-3: Tasa de dosis en los puntos de interés de la sala de tomografía.

Punto	\dot{D} Medida [$\mu Sv/h$]	Radiación de fondo [$\mu Sv/h$]	\dot{D} Medida corregida [$\mu Sv/h$]	Factor de calibración	\dot{D} Medida corregida [$\mu Sv/h$]
A	0.117	0.110	0.007	1.02	0.0071
	0.90		0.79		0.805
	0.105		0.005		0.0051

B	0.076	0.110	0.000	1.02	0.00
	0.054		0.056		0.0571
	0.065		0.045		0.0459
C	0.127	0.110	0.017	1.02	0.173
	0.118		0.008		0.0081
	0.106		0.004		0.004
D	0.120	0.110	0.010	1.02	0.0102
	0.122		0.012		0.0122
	0.112		0.0020		0.00204
E	0.145	0.110	0.035	1.02	0.0357
	0.138		0.028		0.0285
	0.152		0.042		0.0428
F	0.070	0.110	0.040	1.02	0.0408
	0.091		0.000		0.000
	0.050		0.060		0.0612
G	0.167	0.110	0.057	1.02	0.0581
	0.132		0.022		0.0224
	0.154		0.044		0.0448

Realizado por: Patiño, Stalin, 2021.

Tabla 4-3: Tasa de dosis efectiva ambiental en los puntos críticos de la sala de tomografía.

LOCACION	TASA DE DOSIS EN (uSv/h)	VOLTAJE (KVp)	mAs	Tiempo por estudio	FACTOR DE USO (U)	FACTOR DE OCUPACION (T)	NUMERO DE Estudios/semana	lectura *Fc (uSv/h)	Lectura (uSv/mA.min)	Carga de trabajo (mA.min/semana)	DOSIS SEMANAL (uSv/Semana)	DOSIS (mSv/sem)	DOSIS (mSv/Año)	Límite de Dosis (mSv/año)	BLINDAJE
Ventana sala de control	0,00714	120	35	37	1	1	80	0,0071	0,0041650	2158,3333	8,99	0,01	0,45	20	CORRECTO
Sala de mandos	0.000	120	35	37	1	1	80	0,0000	0,0000000	2158,3333	0,00	0,00	0,00	20	CORRECTO
Pasillo emergencias	0,0173	120	35	37	1	1	80	0,0173	0,0100917	2158,3333	21,78	0,02	1,09	20	CORRECTO
Pared corredor	0,0122	120	35	37	1	1	80	0,0122	0,0071167	2158,3333	15,36	0,02	0,77	20	CORRECTO
Puerta corredor	0,0428	120	35	37	1	1	80	0,0428	0,0249667	2158,3333	53,89	0,05	2,69	20	CORRECTO
Sala de Rx 2	0.000	120	35	37	1	1	80	0,0000	0,0000000	2158,3333	0,00	0,00	0,00	20	CORRECTO
Puerta control	0,0581	120	35	37	1	1	80	0,0581	0,0338917	2158,3333	73,15	0,07	3,66	20	CORRECTO

Realizado por: Patiño, Stalin, 2021.

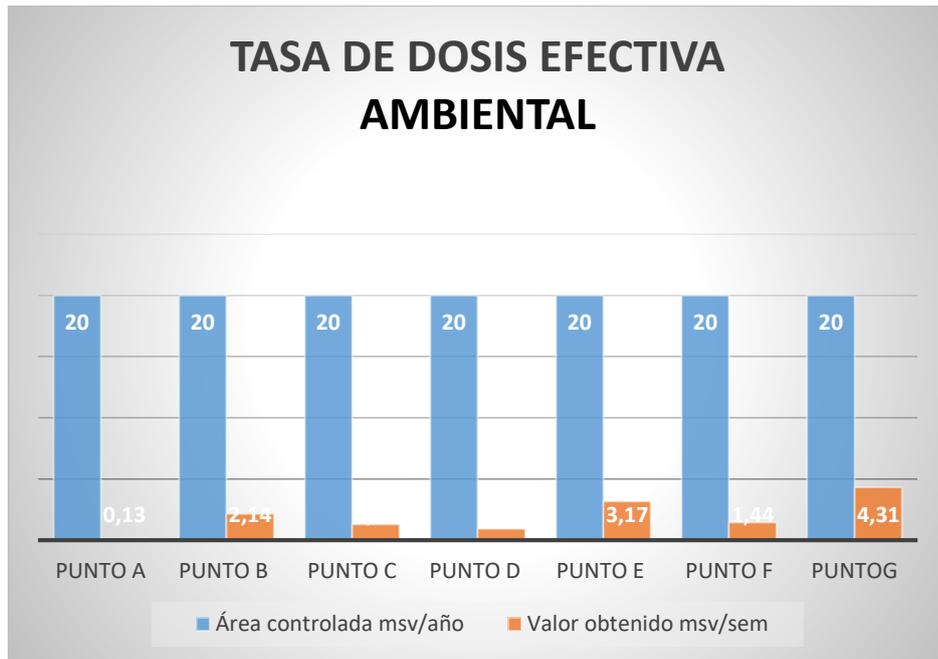


Gráfico 2-3: Tasas de dosis efectiva ambiental en [$mSv/año$], obtenida post-aplicación del Anexo III, Manual de Control de Calidad para Radiodiagnóstico y Radiología Intervencionista, en la sala 2 de imagenología, Tomógrafo.

Realizado por: Patiño, Stalin, 2021.

A continuación, podemos observar en el gráfico 2-3 en el cual se presentan las tasas de dosis efectiva ambiental en [$mSv/año$], obtenidas y presentadas en la tabla 4-3, de las cuales se encontró que el valor más alto para el punto de interés situado en la puerta de mandos con un valor de **4.31 $mSv/año$** , definido como área controlada, y el valor de **3.17 $mSv/año$** correspondiente al punto de interés situado en la pared del corredor definido como área no controlada.

3.1.3. *Instalación 3, quirófano, equipo arco en C (sala 3)*

Tabla 5-3: Tasa de dosis en los puntos de interés de la sala de quirófano 3

Punto	\dot{D} Medida [$\mu Sv/h$]	Radiación de fondo [$\mu Sv/h$]	\dot{D} Medida corregida [$\mu Sv/h$]	Factor de calibración	\dot{D} Medida corregida [$\mu Sv/h$]
A	0.241	0.140	0.101	1.02	0.103
	0.207		0.067		0.068
	0.220		0.080		0.882
B	0.302	0.140	0.162	1.02	0.165
	0.272		0.132		0.135
	0.280		0.140		0.143
C	0.239	0.140	0.099	1.02	0.101
	0.210		0.070		0.071
	0.226		0.086		0.088
D	0.336	0.140	0.196	1.02	0.199
	0.309		0.169		0.172
	0.260		0.120		0.122
E	0.185	0.140	0.045	1.02	0.046
	0.213		0.073		0.075
	0.164		0.024		0.245

Realizado por: Patiño, Stalin, 2021.

Tabla 6-3: Tasa de dosis efectiva ambiental en los puntos críticos de la sala de quirófano 3.

PUNTO DE INTERES	TASA DE DOSIS EN (uSv/h)	VOLTAJE (KVp)	mA s	FACTOR DE USO (U)	FACTOR DE OCUPACION (T)	NUMERO DE PACIENTES /semana	mA*min	Lectura haz (mSv /mA.min)	Carga de trabajo	DOSIS SEMANAL (uSv /Semana)	DOSIS (mSv/Sem)	DOSIS (mSv/Año)	Límite de Dosis (mSv/año)	BLINDAJE
Pared Quirófano II	0,103	90	5	1	0,25	50	0,0833	1,2360	4,1667	1,29	0,0013	0,06	20	CORRECTO
Puerta corredor	0,165	90	5	1	0,25	50	0,0833	1,9800	4,1667	2,06	0,0021	0,10	20	CORRECTO
Pared corredor	0,101	90	5	1	0,25	50	0,0833	1,2120	4,1667	1,26	0,0013	0,06	20	CORRECTO
Zona de disparos	0,199	90	5	1	1	50	0,0833	2,3880	4,1667	9,95	0,0100	0,50	20	CORRECTO
Pared salida de auxilio	0,075	90	5	1	0,25	50	0,0833	0,9000	4,1667	0,94	0,0009	0,05	20	CORRECTO

Realizado por: Patiño, Stalin, 2021.

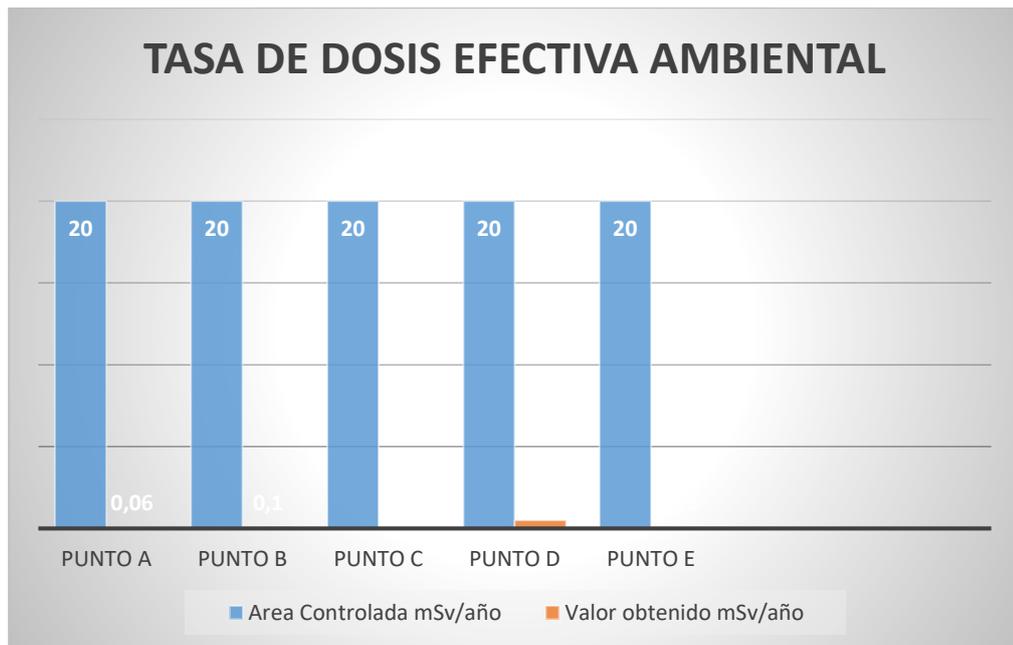


Gráfico 3-3: Tasa de dosis efectiva ambiental en [$mSv/año$], obtenida post-aplicación del anexo III, manual de control de calidad para radiodiagnóstico y radiología intervencionista en la sala 3 del área de intervencionismo, Arco en C.

Realizado por: Patiño, Stalin, 2021.

A continuación, podemos observar en el gráfico 3-3 en el cual se presentan las tasas de dosis efectiva ambiental en [$mSv/año$], obtenidas y presentadas en la tabla 6-3, de las cuales se encontró que el valor más alto para el punto de interés situado en la sala de mandos con un valor de **0.50 $mSv/año$** , definido como área controlada, y el valor de **0.1 $mSv/año$** correspondiente al punto de interés situado en la puerta del corredor definido como área no controlada.

3.2. Inspección de instalaciones

Después de realizar la inspección visual en las instalaciones del HPCV, se obtuvo los siguientes resultados mostrados a continuación en la tabla 7-3:

Tabla 7-3: Estado de las instalaciones.

Instalación	Observaciones	Conclusiones
Sala 1: Rayos X convencional	<ul style="list-style-type: none">• Equipo en buen estado• Generador en perfectas condiciones• Cables en buen estado• Instalaciones limpias• Señalética colocada• Dosimetría revisada• Indumentaria en buen estado.	Aprobado
Sala 3: Tomografía computarizada	<ul style="list-style-type: none">• Equipo en buen estado• Foco señalizador en buen estado• Generador en perfectas condiciones• Cables en buen estado• Instalaciones limpias• Señalética colocada• Dosimetría revisada• Indumentaria de protección en buen estado	Aprobado
Sala 3: Intervencionismo	<ul style="list-style-type: none">• Equipo en buen estado• Uso de dosimetría por parte del personal• Generador en perfectas condiciones• Cables en buen estado• Instalaciones limpias• Señalética colocada• Indumentaria de protección en uso y buen estado	Aprobado

Realizado por: Patiño, Stalin, 2021.

La Tabla 7-3 indica la instalación, los parámetros evaluados y el grado de aceptación de las instalaciones.

3.3. Capacitación al personal

La capacitación giró en torno a entender el conocimiento de los colaboradores del área en el tema de las radiaciones.

3.3.1. Establecimiento del cuestionario

Para establecer las preguntas, partimos de lo enseñado durante la charla, las preguntas giran en torno a la protección radiológica.

Pregunta 1

Seleccione al menos dos aplicaciones de las Radiaciones Ionizantes

Respuesta: Medicina, Industria.

Pregunta 2

Seleccione los 2 tipos de interacción de la Radiación Ionizante con el Tejido Biológico

Respuesta: Acción Directa y Acción Indirecta

Pregunta 3

Seleccione la definición correcta para efecto estocástico

Respuesta: Suelen aparecer tras la exposición a pequeñas y prolongadas dosis de Radiación Ionizante, además, se los relaciona con la manifestación del cáncer radio-inducido y las mutaciones genéticas.

Pregunta 4

Seleccione de entre las siguientes opciones los tres principios de Protección Radiológica

Respuesta: Blindaje, Tiempo y Distancia

En la tabla 8-3, encontramos la recopilación de datos basado en los resultados por preguntas posterior de la aplicación de un test de conocimiento.

Tabla 8-3: Tabulación de notas obtenidas post aplicación del test de entendimiento.

	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Pregunta 4
Participante 1	1	1	1	1
Participante 2	1	1	1	1
Participante 3	1	1	1	1
Participante 4	1	1	1	1
Participante 5	1	1	1	1
Participante 6	0,5	0	1	1
Participante 7	1	0	1	1
Participante 8	1	0	1	0
Participante 9	1	0	1	0
Participante 10	1	0	1	1
Participante 11	0,5	0	1	0
Participante 12	0,5	0	1	1
TOTAL	10,5	5	12	9

Realizado por: Patiño, Stalin, 2021.

3.3.2. Resultados de la aplicación del test

En la Tabla 9-3, encontramos el promedio de notas según la pregunta realizada al personal.

Tabla 9-3: Resultados de la aplicación

	Promedio
Pregunta 1	0,875
Pregunta 2	0,41666667
Pregunta 3	1
Pregunta 4	0,75
TOTAL	3,04166667

Resumen	Sobre 100%
Nota Total	76,0416667
Observación	Bueno

Realizado por: Patiño, Stalin, 2021.

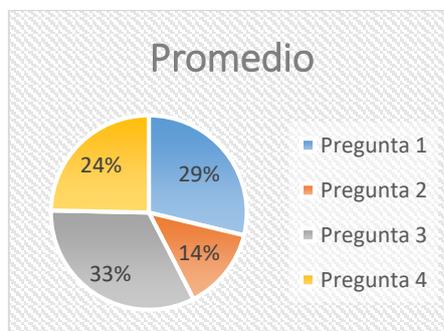


Gráfico 4-3: Resultados de la aplicación

Realizado por: Patiño, Stalin, 2021.

Al obtener una calificación general de 3.04/4 se concluye la capacitación como favorable.

3.4. Análisis del protocolo ecuatoriano y su aplicación

Después de haber realizado una revisión exhaustiva del manual ecuatoriano y establecer diferencias con sus semejantes en países como España, Chile, Argentina, etc. Incluso los lineamientos para manuales propuesto por la OIEA, encontramos las siguientes observaciones:

1. Establecer un protocolo de control de calidad en el Ecuador como requisito para tramites de licencias institucionales, permitirá a los centros médicos del país, brindar garantías institucionales destinadas al cuidado y protección del público y del POE.
2. Permite al Ecuador ubicarse a la vanguardia en seguridad radiológica, por medio de la aplicación del protocolo en todo el territorio.
3. El manual ecuatoriano brinda todas las pruebas recomendadas por la Organización Internacional de Energía Atómica, la cual es la organización más importante encargada de proveer lineamientos para el uso y manipulación de fuentes generadoras de radiación, entre otras.
4. En el Ecuador, la legislación destinada a la creación de manuales de control de calidad para instituciones médicas, se ve limitada en la actualidad.
5. El mayor problema es debido a que no ha entrado en vigencia, ya que la Subsecretaria de Control y Aplicaciones Nucleares, se decidió postergar la aplicación de la norma hasta nuevo aviso, sin haber respuesta hasta la realización de este trabajo de titulación.

3.5. Análisis de las pruebas a realizarse, según el equipamiento

Las pruebas sugeridas el en manual ecuatoriano, han sido adaptadas de diferente normativa vigente a nivel internacional, esto con el fin de seguir los lineamientos que brindan estos protocolos que ya han sido implementados y probados según cada país. Esto nos brinda una visión en torno a la viabilidad de la aplicación de protocolos dentro del país, que al final son tan necesarios como la legislación vigente en Radiación Ionizante.

Las pruebas tienen como finalidad comprobar de manera teórica-practica que un centro médico ofrece las garantías de calidad, las cuales se enlistan a continuación:

- Evaluar el estado de los equipos.
- Evaluar el estado de las instalaciones.
- Capacitar al personal en radiaciones.
- Evaluar las prendas de protección.
- Evaluar el estado de los equipos de impresión.

Después de la aplicación de las pruebas, obtenemos como resultado todo el material teórico que evalúa cuantitativamente los puntos sugeridos en el protocolo ecuatoriano, con los cuales posteriormente se podrá concluir en base a los datos obtenidos.

Normativa ecuatoriana en control de calidad

El manual ecuatoriano de control de calidad propuesto en el año 2020, es una guía técnica que tiene como fin mejorar los sistemas de atención, mejorar los protocolos de protección radiológica y revisar el estado de los equipos e instalaciones de los centros médicos, que empleen equipos generadores de radiación ionizante (MEERNR 2020, p.7). Este documento detalla los procedimientos a seguir para la realización de las pruebas, y se adapta según la realidad y la necesidad de los centros médicos en el país (MEERNR 2020).

Este manual servirá como un documento de estricto cumplimiento para las instituciones con permisos vigentes ante la autoridad reguladora.

Pruebas de control según el equipamiento

Las pruebas que conforman un manual de control de calidad se dividen según el tipo de equipamiento que conforman las salas y estas deben constar en el documento según el orden que se detalla a continuación:

- Radiología General.
- Radiología dental.
- Mamografía.
- Unidades de Fluoroscopia convencional y equipos intervencionistas.
- Tomografía computada.

Se debe tomar en cuenta que el orden de las pruebas es importante ya que permite una revisión cronológica según el tipo de servicios que ofrece una institución médica.

3.6. Establecimiento de pruebas

Los procedimientos recomendados en el manual de control de calidad para radiodiagnóstico y radiología intervencionista, manual ecuatoriano, para cada uno de los equipos, estableciendo las pruebas a considerarse para la realización de este protocolo:

Control de calidad en Radiología general

- **Levantamiento Radiométrico**

Objetivo de la prueba: La evaluación de las condiciones ambientales es una prueba destinada a evaluar los niveles de exposición a radiación ionizante por parte del personal ocupacionalmente expuesto (POE) y del público.

Frecuencia: esta prueba se la realiza cada cuatro años, después de la adecuación del blindaje de la sala a usarse, antes del montaje de un equipo generador de radiación.

Instrumentación: la instrumentación recomendada para la realización de esta prueba es una cámara de ionización de 1800 cc, con calibración vigente, láminas de PMMA que tengan medidas aproximadas a un tórax de adulto, y una cinta métrica.

Metodología: para la metodología consideramos la elaboración de un croquis de la sala en la cual se pueda identificar el equipo, y la identificación de las salas adyacentes según el criterio de clasificación de zonas, consideramos el kVp utilizado en los exámenes de rutina para el equipo. Seleccionar el mayor tamaño de campo permitido por el colimador y registrar los parámetros, repetir hasta tres veces la medición, la distancia recomendada para el foco-receptor es de al menos 44 cm con una distancia máxima de 100 cm. Para los equipos de intervencionismo el factor de uso es igual a 1. Determinar la carga de trabajo semanal (W) expresada en mA.min/semana, considerando la técnica de mayor solicitud en el centro hospitalario. (MEERNR 2020).

Calculo y análisis de resultados: el factor a estudiar es la dosis a la que está expuesto el personal para ello el cálculo de la dosis ambiental anual.

Tolerancias: se compara la dosis ambiental anual obtenida con los niveles de restricción establecido en el Anexo III, las cuales son 0,10 mSv/sem o 0.5mSv/año y para las áreas consideradas como libres 0.01 mSv/sem o 0.5 mSv/año.

- **Inspección visual de las instalaciones**

Objetivo de la prueba: la prueba de inspección visual consiste en verificar que el equipo de rayos X se encuentre en correcto funcionamiento, que la rigidez mecánica y la estabilidad del equipo sean las adecuadas.

Frecuencia: se sugiere la aplicación de la prueba cada día, antes de empezar la jornada de trabajo del equipo y después de realizar modificaciones en él.

Instrumentación: la aplicación de la inspección visual requiere únicamente el uso de una cinta métrica.

Metodología: esta prueba se centra en evaluar visualmente el estado de los accesorios del equipo como: mesa, soporte, sistema de cables, tubo de rayos x. corroborar el buen estado mecánico de los colimadores, freno del soporte del tubo, además la revisión de los indicadores de exposición, el cabezal de tubo y el Bucky de pared.

Calculo y análisis de resultados: no existe aplicación.

Tolerancias y acciones correctivas: En caso de encontrar que el funcionamiento de algunos de estos componentes presenta problemas, reportarlo con el equipo de mantenimiento del centro médico.

- **Sistema de colimación del haz y perpendicularidad del rayo central**

Objetivo de la prueba: tiene por objetivo evaluar la desviación entre el campo luminoso y el campo de radiación real con el plano del receptor de imagen.

Frecuencia: el periodo de tiempo sugerido para la realización de la prueba es de cada dos meses o después de realizar modificaciones o reparaciones en el equipo.

Instrumentación: se recomienda usar un chasis cargado con película radiográfica, placa con radiopacas que cuenten con ejes ortogonales con la escala para evaluación del colimador, un cilindro acrílico, detector de imagen, lámina de Cu de 1 mm de espesor.

Metodología: para realizar la prueba necesitamos colocar el chasis cargado sobre la mesa y, sobre la mesa la placa radiopaca, nivelar el tubo, establecer una distancia de 100 cm entre el foco y la película, centrar la placa con el cilindro acrílico y realizar una exposición con parámetros técnicos apropiados

Cálculos y análisis de resultados: coincidencia del haz: trazar las diagonales de la imagen del campo de radiación, medir la distancia entre el CCR hasta el centro de campo luminoso, medir a ambos lados la imagen de la distancia entre el borde de campo de radiación hasta el centro luminoso.

Tolerancias y acciones correctivas: la distancia máxima entre el centro del campo luminoso hasta el CCR debe ser menor al 2% de la distancia foco-receptor. La diferencia máxima entre los valores del campo luminoso y el de radiación, debe ser menor al 2%

- **Exactitud y repetitividad del tiempo de exposición**

Objetivo de la prueba: la prueba de exactitud y repetibilidad del tiempo de exposición tiene como fin determinar la exactitud del tiempo de exposición.

Frecuencia: se recomienda realizar esta prueba de manera inicial, una vez al año o después de realizar mantenimientos correctivos en el equipo a nivel del tubo de Rx del equipo.

Instrumentación: los materiales a usarse para la realización de esta prueba son un medidor de tiempo de exposición, una lámina de cobre de 1 mm, una cinta métrica y una lámina de Cu.

Metodología: para la realización de la prueba necesitamos ubicar el medidor no invasivo, colocar el medidor de tiempo de exposición y sobre el hacer incidir el campo de radiación, fijar los parámetros a usarse, se recomienda realizarse al menos 5 mediciones variando la tensión, la corriente y el tiempo de exposición.

Metodología: después de anotar los tiempos de exposición comparándolos entre ellos buscando encontrar una tolerancia del 10% en el primer disparo y >10% en los siguientes.

Acciones correctivas: Si los valores exceden estos límites, notificar al personal de mantenimiento.

- **Exactitud y repetitividad de la tensión del tubo de rayos X**

Objetivo de la prueba: esta prueba tiene como objetivo comprobar que el valor de tensión del tubo sea exacto y repetible, independiente del valor que elija para la corriente.

Frecuencia: se recomienda realizar esta prueba cada año o después de realizar mantenimientos correctivos en el equipo.

Instrumentación: para la realización de esa prueba necesitamos un kilo voltímetro no invasivo y una cinta métrica.

Metodología: para el procedimiento se debe colocar a una distancia indicada en el manual del equipo, con los parámetros de kilovoltaje (kVp) y miliamperaje (mA) más utilizados en las practicas realizadas, guardar los valores de kVp los cuales se compararán según los parámetros de aceptación.

Resultados y análisis de los resultados: para la coincidencia del campo luminoso con el campo de radiación empezamos por trazar las diagonales de la imagen, posteriormente medir la distancia entre el centro del campo de radiación y el centro del campo luminoso.

Tolerancias: los parámetros de aceptación para comparar con los resultados los cuales son $<\pm 10\%$ para la exactitud y $<\pm 5\%$ para repetibilidad.

Acciones correctivas: en caso de no estar dentro de os valores de aceptación, reportar a servicio de mantenimiento.

- **Capa Hemirreductora**

Objetivo de la prueba: Esta prueba tiene como objetivo verificar que el equipo cuente con el sistema de filtración en estado óptimo de acuerdo con los requerimientos mínimos, esto busca reducir las dosis a nivel de la piel.

Frecuencia: Se recomienda realizar esta prueba una vez al año o después de realizar cambios en el equipo.

Instrumentación: para la aplicación de esta prueba requerimos de un sistema dosimétrico calibrado, el cual podría ser una cámara de ionización o un semiconductor, filtros de aluminio de alta pureza y una cinta métrica.

Metodología: la prueba se realiza colocando el equipo a una distancia de 10 cm, para evitar la generación de radiación dispersa, el paso siguiente es colocar el sistema dosimétrico a una distancia de entre 70cm y 100 cm del foco del tubo, posteriormente se deja al equipo estabilizarse, seguido se realiza una exposición sin filtro y colocar la lámina de aluminio en la misma geometría, realizar la exposición con los mismos parámetros anteriormente seleccionado.

Resultados y análisis de resultados: las pruebas descritas en la metodología se deberán realizar hasta que el valor de la lectura logre una atenuación de hasta el 50% del valor que se obtuvo sin el filtro. El valor de la capa deberá ser $>2.2\text{mm}$, en caso de que el valor no esté dentro de los límites aceptables.

Acciones correctivas: en caso no alcanzar los valores mínimos permitidos, se deberá reportar con el departamento de mantenimiento.

- **Valor del rendimiento del tubo de rayos X, repetibilidad y linealidad.**

Objetivo de la prueba: esta prueba tiene como objetivo evaluar la linealidad y repetibilidad del tubo de rayos x y el kerma en el aire por miliamperaje dado

Frecuencia: la frecuencia con la que se deberá realizar esta prueba es de una vez al año o después de realizar reparaciones en el equipo

Instrumentación: la instrumentación recomendada para esta prueba es; un dosímetro de radiación de alta precisión, con calibración vigente, un medidor de presión y temperatura y una cinta métrica.

Metodología: El primer paso es colocar el sistema dosimétrico a una distancia de 10 cm de la mesa y 100 cm el foco del tubo, preparar el sistema dosimétrico con los parámetros establecidos por el fabricante y posteriormente esperar hasta que se estabilice. El siguiente paso consiste en medir la presión y a temperatura, al inicio y al final de la prueba, seleccionar los parámetros de voltaje y amperaje y repetir las mediciones hasta 3 veces, después manteniendo la geometría y el valor de kVp seleccionado, realizar 3 mediciones adicionales, variando el valor del miliamperaje.

Resultados: el resultado de repetición de la tolerancia es de $\pm 10\%$, y la linealidad entre dos valores distintos de rendimiento $\leq 10\%$, para concluir, el valor del rendimiento es aproximado a $> 25 \mu\text{Gy/mAs}$. En caso de que algunos de estos valores no estén dentro del límite permitido, reportarlo con mantenimiento.

- **Tamaño del punto focal**

Objetivo de la prueba: Esta prueba tiene como finalidad evaluar el tamaño del punto focal del tubo de rayos x y verificar que este coincida con los valores nominales.

Frecuencia: se realizará una vez cada año o cada vez que el tubo sea reemplazado.

Instrumentación: los equipos utilizados para la realización de esta prueba son: un patron de estrellas o un dispositivo pare medir el tamaño del punto focal con patron de barras, dependerá del técnico la utilización de otro equipo para realizar las mediciones, cinta métrica, lupa, marcadores de plomo, medidor de nivel y un chasis cargado sin pantalla

Metodología: para empezar con las pruebas con el patron de estrellas se debe comprobar que el tubo de rayos x este nivelado con la mesa, posteriormente colocar el chasis cargado encima de la mesa y colocar el patron de estrellas a la salida del colimador, comprobar que el rayo central incida en el centro de la película fotográfica, seleccionar los parámetros de kVp y mA, que son mayormente utilizados en estudios, procesaremos entonces la película de manera normal y determinaremos el factor de magnificación

Resultados y análisis de resultados: Al final debemos calcular el tamaño del punto focal, para el caso del patron de barras colocar la película en el centro de un casete sin la presencia de un identificador en pantalla. Luego colocamos a una distancia foco-película de 61 cm, la cual nos asegurara una distancia de 46 cm entre el patron de barras y el tubo de rayos x

- **Resolución espacial de alto contraste**

Objetivo de la prueba: esta prueba tiene como finalidad evaluar la resolución espacial del sistema, a partir de la medida que se realiza al grupo de pares de líneas por milímetro (pl/mm).

Frecuencia: la frecuencia de esta prueba es cada año o después de haber realizado mantenimientos correctivos en el equipo.

Instrumentación: los materiales a utilizarse son objeto de prueba de pares de líneas, láminas de aluminio de 1 mm de espesor y una cinta métrica.

Metodología: el primer paso consiste en colocar el objeto de prueba en el centro de campo de radiación, girando 45° sobre el sistema de imagen, posteriormente colocamos la lámina de aluminio a la salida del tubo de rayos x y efectuar una exposición con parámetros comprendidos entre 50y 60 kVp.

Resultados y análisis de resultados: los valores que se esperan son $\geq 2,4$ pl/mm, en caso de anomalía repetir prueba

Tolerancias y acciones correctivas: si los resultados esperados no mejoran reportarlo con el jefe de mantenimiento

- **Umbral de la sensibilidad a bajo contraste**

Objetivo de la prueba: esta prueba tiene como objetivo evaluar el grado de sensibilidad que tiene el sistema para objetos de bajo contraste.

Frecuencia: se recomienda realizar esta prueba cada año y después de hacer modificaciones en el equipo.

Instrumentación: para la aplicación de la prueba utilizaremos un objeto de prueba a bajo contraste y un material atenuador como cobre de espesor aproximado a 1 mm, o lamias de aluminio de 0.25mm de espesor.

Metodología: esta prueba empieza colocando el objeto a una distancia de 100 cm del tubo de rayos x, posicionar el material a la salida del tubo y realizar una exposición con parámetros de 70 kVp y 10 μ Gy para equipos DR (radiodiagnóstico digital) y 70 kVp con un miliamperaje comprendido entre 5 y 10 para equipos CR (radiodiagnóstico convencional).

Resultados y análisis de resultados: para analizar los resultados de esta prueba se deberá establecer una comparación con las recomendaciones del fabricante

Tolerancias y acciones correctivas: en caso de no cumplir con los requisitos mínimos se deberá reportar el problema

- **Limpieza de pantallas radiográficas intensificadoras**

Objetivo de la prueba: esta prueba tiene como objetivo verificar la limpieza y la ausencia de desperfectos en las pantallas intensificadoras

Frecuencia: la frecuencia con la que se debe realizar esta es de al menos una vez al mes.

Instrumentación: la limpieza se la realiza con un paño que no deje rastros en la pantalla y con la ayuda de una solución limpiadora proporcionada por el fabricante.

Metodología: verter la solución sobre el paño e identificar las zonas a limpiar.

Tolerancias y acciones correctivas: limpiar las pantallas, en caso de que presente algún desperfecto u opacidad, reportarlos con el personal encargado de mantenimiento del centro médico

- **Sensibilidad del control automático de exposición (CAE)**

Objetivo de la prueba: esta prueba tiene como fin la verificación de la sensibilidad del CAE, los materiales a utilizarse son: un densitómetro, y material atenuador como láminas de cobre o PMMA (poli metacrilato).

Frecuencia: inicial, cada tres meses o después de realizar modificaciones en el equipo.

Instrumentación: los materiales a utilizarse son: un densitómetro, y material atenuador como láminas de cobre o PMMA (poli metacrilato).

Metodología: la aplicación de la prueba el tubo de rayos x deberá estar centrado con el Bucky, luego se cubre la salida del tubo de rayos x con el material atenuador y realizar una exposición, seleccionando uno de los sensores

Resultados y análisis de resultados: finalmente se registra el miliamperaje y el índice de exposición comparando con los límites.

Tolerancias y acciones correctivas: cuales deberán ser $\leq 50\%$ de los valores iniciales, en caso de encontrarse valores sobre la incertidumbre se deberá reportar con el personal de mantenimiento

- **Compensación del CAE para distintos espesores y tensiones**

Objetivo de la prueba: Esta prueba tiene como objetivo comprobar el nivel de respuesta del CAE, variando los valores de espesores y tensión.

Frecuencia: se recomienda realizar esta prueba una vez al año o posterior de realizar modificaciones en el equipo.

Instrumentación: para la aplicación de esta prueba consideramos la utilización de un material atenuador con el espesor equivalente a un paciente, con dimensiones que logren cubrir un detector y un dosímetro.

Metodología: para verificar la compensación para diferentes valores de tensión se debe seleccionar la cámara central y reducir el espesor del material atenuador a utilizarse. Después se debe realizar cuatro exposiciones con diferentes valores de kVp, estos valores deberán encontrarse dentro del rango diagnóstico

Resultados y análisis de resultados: debemos comprobar la compensación para diferentes espesores manteniendo un valor de tensión de 80 kVp variar el material del espesor entre 10 y 30 cm

Tolerancias y acciones correctivas: el valor obtenido en la densidad de la película no debe variar en más de $\pm 0,2$ DO en valores comprendidos entre 60 – 120 kVp

- **Capacitación al personal**

Objetivo de la prueba: Esta prueba tiene como finalidad capacitar al personal ocupacionalmente expuesto y al personal que colabora con las áreas afines a las radiaciones.

Frecuencia: Al menos una vez al año, según las necesidades de la institución.

Instrumentación: proyector, hojas para aplicación de test, computador.

Metodología: elaborar material a consideración del profesional a cargo de la capacitación, relacionando el conocimiento necesario para mejorar los niveles de organización del personal a cargo de los equipos de radiodiagnóstico e intervencionismo.

la capacitación es en temas de protección radiológica, identificación de zonas, trato con pacientes.

Resultados y análisis de resultados: según la perspectiva aplicada por el personal a cargo de la capacitación.

Control de calidad en Mamografía

- **Inspección visual del equipo**

Objetivo de la prueba: esta prueba tiene como finalidad revisar el funcionamiento de los componentes mecánicos y eléctricos del equipo.

Frecuencia: se recomienda realizar esta inspección todos los días antes de empezar a usar el equipo.

Instrumentación: Los materiales a usarse para esta prueba son una cinta métrica, medidor de temperatura, y un medidor de nivel.

Metodología: verificación del tubo y los cables, y evaluar su estado óptimo, los desperfectos que se buscan en el equipo son fisuras, nudos, rupturas, además de buscar que los movimientos del equipo no necesiten esfuerzo extra, por ultimo debemos verificar con el medidor de temperatura, que la sala adecuada para el equipo se encuentre con la temperatura optima según la recomendación del fabricante.

Resultados y análisis de resultados:

Tolerancias y acciones correctivas: contactar al servicio de mantenimiento si se logra identificar algunas de las fallas antes mencionadas

- **Hermeticidad de los chasis**

Objetivo de la prueba: esta prueba busca identificar algún tipo de desperfecto en la hermeticidad del chasis.

Frecuencia: Esta prueba se recomienda que se realice al menos una vez cada año

Instrumentación: los materiales a utilizarse en esta prueba son: las películas fotografías y el conjunto chasis-pantalla.

Metodología: la primera parte de la prueba consiste en colocar el chasis cargado en un lugar con buena iluminación, el cual deberá estar con una exposición de una hora por lado del chasis para

posteriormente retirar la película en el cuarto oscuro marcando uno de los lados del chasis, luego de requiere procesar la película y colocarla en el negatoscopio

Resultados y análisis de resultados: buscamos observar si existe algún tipo de oscurecimiento en los bordes, al final medimos el tamaño de las zonas mostradas en la película.

Tolerancias y acciones correctivas: las zonas oscuras deben ser ≤ 0.5 cm, si se presenta oscurecimiento en la zona central del chasis de determina el mal estado del mismo.

- **Contacto película-pantalla**

Objetivo de la prueba: esta prueba tiene como objetivo comprobar que no exista ningún desperfecto o mal contacto entre la película y la pantalla

Frecuencia: se recomienda realizar esta prueba al menos una vez cada seis meses o después de realizar modificaciones en el equipo

Instrumentación: para la aplicación de esta prueba necesitamos de una rejilla de cobre de 24x30 cm.

Metodología: el primer paso es realizar una exposición que contenga los parámetros de densidad óptica de imagen entre 1.5 y 2 DO (densidad óptica), posteriormente debemos colocar la imagen en el negatoscopio y observar si existe la presencia de imagen borrosa.

Resultados y análisis de resultados: durante el análisis no se debe observar ningún tipo de artefacto por mal contacto y en caso de existir manchas deberán ser ≤ 0.5 mm en los bordes

Tolerancias y acciones correctivas: si después de repetir la prueba no existe mejoría, la pantalla deberá ser desechada

- **Coincidencia del campo de radiación-película**

Objetivo de la prueba: la aplicación de esta prueba tiene como objetivo evaluar la coincidencia que existe entre el campo de radiación y el receptor de imagen.

Frecuencia: inicial, semestral o después de mantenimientos.

Instrumentación: los materiales que se utilizan para la realización de esta prueba son: seis marcadores radiopacos (5 de la misma dimensión y uno más grande), una regla, dos chasis cargados de dos tamaños, un pequeño y uno grande.

Metodología: El desarrollo consiste en colocar un chasis cargado en el porta chasis y el otro chasis más grande colocarlo sobre el tablero, este deberá cubrir todo el tablero de manera que la distancia correspondiente a la pared del tórax sobresalga, seguido se debe colocar los marcadores radiopacos en el chasis superior, realizar una exposición y procesar las películas.

Resultados y análisis de resultados: Los valores de tolerancia del campo de radiación en la película debe ser $\leq 2\%$ de la distancia foco película y ≤ 5 mm del lado del tórax

Tolerancias y acciones correctivas: en caso de no cumplir con los requisitos mínimos se deberá reportar el problema

- **Exactitud y repetibilidad del tubo de rayos x**

Objetivo de la prueba: esta prueba tiene como objetivo comprobar la exactitud y repetibilidad del tubo de rayos x

Frecuencia: inicial, semestral o después de haber realizados mantenimientos en os equipos.

Instrumentación: el equipo a usarse es un medidor de kVp que sea de uso exclusivo para mamografía con su respectiva calibración.

Metodología: la prueba empieza con colocar el medidor de kVp sobre el soporte de mama, verificando que se encuentre centrado con el haz de radiación, posteriormente se debe realizar al menos tres exposiciones con parámetros usados en el centro médico, anotar los valores de cada exposición y repetir el procedimiento con valores diferentes de kVp seleccionado.

Tolerancias y acciones correctivas: la tolerancia para esta prueba deberá ser $\leq \pm 10\%$ de la desviación máxima

- **Capa Hemirreductora**

Objetivo de la prueba: esta prueba tiene como finalidad la verificación de los valores de filtración.

Frecuencia: se recomienda realizarla cada año o después de realizar mantenimientos correctivos en el equipo.

Instrumentación: los equipos y materiales a utilizarse son: una cámara de ionización adecuada para realizar mediciones para mamógrafos y con su respectiva calibración, un conjunto de filtros de aluminio con pureza elevada (99.9%) y una cinta métrica.

Metodología: para la toma de datos se deberá colocar la cámara de ionización a una distancia del foco y la cámara recomendada por el fabricante, después se procederá a colocar el dosímetro a una altura de 45 mm sobre el soporte de la mama y a 40 mm del borde de la pared del tórax. Después se deberá situar la paleta de compresión a la mitad de la distancia foco-dosímetro y realizar como mínimo tres exposiciones, luego comprobaremos que el resultado obtenido sea mayor a la mitad del valor de la exposición.

Resultados y análisis de resultados: los valores de la capa Hemirreductora deben encontrarse dentro del intervalo $kVp/100 + 0,03 \leq CHR \text{ (mm Al)} \leq kVp/100 + C$

Tolerancias y acciones correctivas: en caso no de encontrar estos valores, reportar con mantenimiento

- **Fuerza de compresión**

Objetivo de la prueba: esta prueba tiene como objetivo comprobar el estado del sistema de compresión.

Frecuencia: se recomienda realizar la prueba al menos una vez cada año, al inicio o luego de realizar cambios que involucren al sistema de compresión.

Instrumentación: los materiales y equipos a utilizarse son: una balanza de baño algún otro objeto que sirva para medir la fuerza de compresión, una toalla o un objeto acolchado.

Metodología: para empezar con las pruebas se deberá colocar el objeto acolchado por encima del soporte de la mama y sobre esto colocar la balanza, después debemos activar a paleta en los parámetros máximos de fuerza de compresión, anotar los valores de la balanza como la que indica el equipo.

Resultados y análisis de resultados: los valores aceptables que deberá mostrarse por parte del equipo en modo automático serán entre 150 y 200 newton y para el modo manual no deberá exceder los 300 newton

Tolerancias y acciones correctivas: si los valores no se encuentran dentro de este rango, reportar al servicio de mantenimiento.

- **Sensitometría**

Objetivo de la prueba: la prueba de sensitometría consiste en comprobar el correcto funcionamiento del procesador

Frecuencia: esta revisión deberá ser realizada todos los días antes de la utilización de los equipos.

Instrumentación: los materiales y equipos a utilizarse para la realización de esta prueba son: un sensitómetro, un densitómetro, películas de mamografía, un negatoscopio y un termómetro.

Metodología: la primera parte de la prueba consiste en la revisión del cuarto oscuro, que este se encuentre en condiciones aptas, después verificaremos que esté limpio el procesador y colocaremos líquidos nuevos, analizar la temperatura a la que se encuentra el revelador y comprobar que sea la que recomienda el fabricante, después se deberá exponer la parte que ha sido emulsionada con la utilización del sensitómetro, esto se deberá repetir al menos cinco días con la misma película y al mismo lado de la bandeja de entrada.

Resultados y análisis de resultados: mediremos las densidades de los 5 patrones obtenidos con la ayuda del densitómetro, posterior a esto se deberá determinar el número de paso del patrón de

densidades que tiene la densidad promedio más cercana, la diferencia entre densidades promedio de dos pasos se denomina diferencia de densidad (DD) y la densidad de fondo más el velo (F+V) **Tolerancias y acciones correctivas:** la diferencia entre densidades promedio de dos pasos se denomina diferencia de densidad (DD) y la densidad de fondo más el velo (F+V) están entre los 0.15 y 0.25 DO y para el DM y el DD va a ser $\text{NOI} \pm 0,15$ DO, donde NOI es el nivel operativo inicial.

- **Control de calidad en Tomografía**

Coincidencia de los indicadores luminosos y coincidencia del indicador luminoso interno con el haz de radiación.

Objetivo de la prueba: esta prueba tiene como objetivo comprobar que la distancia de los indicadores luminosos sea la correcta.

Frecuencia: la frecuencia recomendada para realizar esta prueba es de una vez cada seis meses, después de realizar modificaciones en el equipo.

Instrumentación: la instrumentación a usarse para esta prueba es: un objeto que contenga hilo mecánico en su superficie, o un marcador que contenga marcadores radiopacos que se puedan visibilizar externamente, una película radiográfica que se haya utilizado en radioterapia, un instrumento punzante y una cinta para medir.

Metodología: para la aplicación de la prueba debemos centrar el maniquí con el haz de luz externo y paralelo al plano tomográfico, luego desplazamos el maniquí en dirección vertical, examinando que la luz coincida con el haz interno de luz, seguido se procede a realizar un barrido axial con un espesor de corte fino

Resultados y análisis de resultados: la prueba es aceptable cuando la longitud total del hilo metálico es visible en alto contraste

- **Desplazamiento de la mesa**

Objetivo de la prueba: el objetivo de esta prueba es comprobar que los movimientos de desplazamiento de la mesa sea el adecuado durante el estudio en pacientes.

Frecuencia: se sugiere realizar esta prueba cada año o si se hace modificaciones o reparaciones en el equipo.

Instrumentación: los materiales a usarse son una hoja de papel milimétrico y cinta adhesiva.

Metodología: para iniciar necesitamos establecer una línea de referencia y hacer coincidir el indicador luminoso con la línea trazada, posteriormente se carga a la mesa con un peso aproximado entre 70 y 80 kg, solicitando un desplazamiento de al menos 30 cm.

Resultados y análisis de resultados: se anotarán las diferencias en caso de existir entre la distancia recorrida y la indicada por el gantry.

Tolerancias y acciones correctivas: la tolerancia para la diferencia de estas distancias es de $\pm 2\text{mm}$, en caso de encontrar una diferencia significativa, reportar al personal encargado.

- **Espesor de corte efectivo**

Objetivo de la prueba: el objetivo de esta prueba es conocer el espesor real de imagen por cada corte del equipo.

Frecuencia: se sugiere la aplicación de esta prueba una vez al mes.

Instrumentación: se requiere de un simulador con trampa de cobre o aluminio.

Metodología: esta prueba empieza alineando el simulador de tal manera que el eje coincida con el eje de rotación del tomógrafo, posteriormente efectuamos un corte con la técnica que genere menor ruido y que tenga un apropiado logaritmo de reconstrucción, después procedemos a determinar los valores del número de CT del fondo, el ancho a media altura.

Resultados y análisis de resultados: Para que el valor este dentro de los límites requeridos de anchura $\text{FWHM} < s \pm 1 \text{ mm}$, si $s > 2\text{mm}$ o $\text{FWHM} < s \pm 50 \%$, si $s \leq 2 \text{ mm}$; donde s es el espesor del corte que se ha seleccionado.

- **Ruido de imágenes**

Objetivo de la prueba: el objetivo de esta prueba es medir la fluctuación de los número de CT para una región determinada.

Frecuencia: esta prueba debe realizarse cada año y después de realizar cambios que involucren al sistema de colimación.

Instrumentación: los equipos a usarse son un maniquí cilíndrico, de preferencia que esté lleno de agua para simular el cuerpo humano.

Metodología: la prueba empieza colocando el maniquí en el centro y que su eje este de forma paralela al eje de giro del tubo, posteriormente se realiza un corte con la técnica correspondiente. Al final seleccionamos una ROI de 10×10 y se realiza tres medidas.

Tolerancias y acciones correctivas: los valores esperados para estudios en cabeza sean $\leq 0,5 \%$ y para abdomen, tórax sea un valor $\leq 2,0 \%$, si estos valores no se acoplan a los requerimientos mínimos, al menos se debe cumplir con las especificaciones del fabricante

- **Valor medio del número CT**

Objetivo de la prueba: el fin de esta prueba es medir la exactitud del número de CT para diferentes densidades, considerando el agua y el aire como las más importantes.

Frecuencia: La frecuencia con la que se debe realizar esta prueba es una vez cada año después de hacer modificaciones que afecten al sistema de colimación y filtración.

Instrumentación: esta prueba requiere de la utilización de un maniquí lleno de agua.

Metodología: Para la aplicación de la prueba empezamos colocando el maniquí relleno de agua centrado y paralelo al eje del giro del tubo, después seleccionamos una ROI de 10x10, verificando que este esté posesionado en el centro de la imagen, y posteriormente anotamos los números de CT en agua. Repetimos la prueba con la misma ROI, pero esta vez hacia la zona donde se encuentre aire en el exterior del maniquí, anotando los valores de CT en aire.

Tolerancias y acciones correctivas: los valores medidos del número de CT y los teóricos deber ser menores a ± 20 n° CT para cada material respectivo o al 5 % del valor teórico.

- **Umbral de sensibilidad a bajo contraste**

Objetivo de la prueba: esta prueba tiene como objetivo determinar la capacidad que tiene el sistema para eliminar objetos de bajo contraste.

Frecuencia: se recomienda que se realice esta prueba una vez por año o después de realizar modificaciones en el equipo en la zona del gantry.

Instrumentación: el equipo a usarse es un maniquí que contenga objetos de prueba para bajo contraste.

Metodología: la prueba empieza colocando el maniquí de manera que este alineado a plano tomográfico y paralelo al plano de imagen, procedemos a realizar una exposición con parámetros de abdomen adulto, luego ajustamos el nivel al ancho de la ventana y finalmente identificamos el grupo de esferas de bajo contraste que logren apreciar en la imagen.

Tolerancias y acciones correctivas: Los objetos en el maniquí de 3.5 mm con un contraste de 3% debe ser visibles para los diferentes estudios de cabeza, abdomen y tórax, pero lo esperado sería poder observar objetos de 6 y 8 mm con un contraste de 0.5 y 0.8 %.

- **Resolución espacial.**

Objetivo de la prueba: esta prueba tiene como objetivo verificar los límites de la frecuencia espacial para alto contraste, variando las condiciones

Frecuencia: se sugiere la aplicación de esta prueba una vez al año o después de realizar mantenimientos correctivos en el equipo a nivel del generador de rayos X del equipo.

Instrumentación: los materiales y equipos a utilizarse es un simulador de patron de barras.

Metodología: Empezamos por el simulador que debe estar alineado y centrado, después realizamos una exposición considerando el estudio de abdomen como referencia para los parámetros. Ajustamos el ancho y el nivel de las ventanas, según las indicaciones del fabricante,

con el fin de visualizar el máximo número de líneas, posteriormente identificamos el grupo de pares de líneas que se pueden observar con un grado de separación, y sin distorsiones, repitiendo el mismo procedimiento para parámetros de un estudio de tórax.

Tolerancias y acciones correctivas: el margen de tolerancia para el protocolo de abdomen está comprendida en 5 pl/mm (pares de líneas por milímetro) y 6,5 pl/mm para el protocolo de tórax.

- **Dosis de Radiación.**

Objetivo de la prueba: esta prueba tiene como finalidad medir el índice de dosis en tomografía computarizada en aire, conocido como factor CTDI.

Frecuencia: se sugiere la aplicación de esta prueba una vez al año o después de realizar mantenimientos correctivos en el equipo a nivel del generador de rayos X del equipo.

Instrumentación: los materiales y equipos a usarse es un sistema dosimétrico debidamente calibrado con cámara de ionización centrada y alineada, para esto podemos ayudarnos de los laser que componen el equipo.

Metodología: realizamos la adquisición de un corte para comprobar el estado de la alineación, posteriormente elegimos los parámetros para un estudio de cráneo en adulto, adquiriendo un nuevo corte, registramos la lectura que arroja el electrómetro y repetimos la exposición al menos en 2 ocasiones, estos pasos también se aplican con los parámetros a usarse en un estudio de abdomen de adulto

Tolerancias y acciones correctivas: los valores obtenidos de $CTDI_{aire}$ debe ser $\leq \pm 20\%$ en relación al valor especificado por el fabricante

Control de calidad en Equipos dentales

- **Calidad del haz**

Objetivo de la prueba: esta prueba tiene como objetivo corroborar que la calidad del haz sea optima en el equipo.

Frecuencia: se sugiere la aplicación de esta prueba una vez al año o después de realizar mantenimientos correctivos en el equipo a nivel del generador de rayos X del equipo.

Metodología: los parámetros importantes para verificar la calidad del haz son: exactitud y reproductibilidad de la tensión y la filtración. Para comprobar que los valores cumplen con los parámetros de exactitud y repetibilidad

Resultados y análisis de resultados: para comprobar que los valores cumplen con los parámetros de exactitud y repetibilidad estos deben mejores a la tolerancia $\pm 10\%$, y la mínima tensión que puede proporcionar el equipo es de 50 kVp. Por otra parte el valor de filtración (capa

hemirreductora), de ser ≥ 1.5 mm de aluminio, para equipos que tengan una tensión de 70 kVp, y una filtración ≥ 2.5 mm para equipos con tensiones ≥ 70 kVp.

- **Rendimiento**

Objetivo de la prueba: las pruebas de rendimiento se basan en el valor de rendimiento del equipo y la variación del tiempo de exposición.

Frecuencia: se sugiere la aplicación de esta prueba una vez al año o después de realizar mantenimientos correctivos en el equipo a nivel del generador de rayos X del equipo.

Metodología: estos parámetros se miden de manera similar en los equipos de grafía.

Resultados y análisis de resultados: Los valores de reproducibilidad deben ser mejores que $\pm 10\%$ y el valor del rendimiento de estar entre 30 y 80 mGy/mAs, para los equipos que tiene valores de tensión comprendidos entre 50 y 70 kVp

- **Tiempo de exposición**

Objetivo de la prueba: esta prueba tiene como objetivo evaluar el tiempo de exposición de un paciente durante la realización de un estudio.

Frecuencia: se sugiere la aplicación de esta prueba una vez al año o después de realizar mantenimientos correctivos en el equipo a nivel del generador de rayos X del equipo.

Metodología: para esta prueba se debe realizar las mediciones en rangos de tiempo, a partir de los ms, en caso de que el equipo no cuente con el temporizador, si no utilizamos el selector de pieza dental, se procederá a establecer diferencias entre los tipos de dientes y se mide el tiempo de exposición para cada uno de ellos.

Resultados y análisis de resultados: para la reproductibilidad se efectuará como mínimo 5 disparos según el tipo de diente, con un margen de tolerancia de $\leq \pm 20\%$ y la reproducibilidad $< \pm 10\%$.

- **Parámetros geométricos**

Objetivo de la prueba: Esta prueba consiste en evaluar los parámetros geométricos como son la distancia foco-piel y el tamaño de campo en el exterior del localizador

Frecuencia: una vez al año o después de realizar mantenimientos en el equipo.

Metodología: la distancia mínima sugerida para la primera prueba debe ser de 20 cm, esto en el caso de que los equipo posean tensiones superiores a 60 kVp y 10 cm para equipos con tensiones ≤ 60 kVp, para comprobar la distancia es necesario medir directamente la distancia entre el foco y el externo del localizador, para la segunda prueba el tamaño del campo debe ser menor a 6 cm.

Resultados y análisis de resultados: para comprobarlo se debe realizar una exposición y posteriormente mediremos el diámetro de la imagen resultante

Unidades de fluoroscopia convencional y equipos intervencionistas

Pruebas comunes entre fluoroscopia e intervencionismo

Evaluación de las condiciones ambientales

Objetivo de la prueba: la evaluación de las condiciones ambientales es una prueba destinada a evaluar los niveles de exposición a RI por parte del personal ocupacionalmente expuesto y del público.

Frecuencia: esta prueba se la realiza, después de la adecuación del blindaje de la sala a usarse, antes del montaje de un equipo generador de radiación.

Instrumentación: la instrumentación recomendada para la realización de esta prueba es una cámara de ionización de 1800 cc, con calibración vigente, láminas de PMMA que tengan medidas aproximadas a un tórax de adulto, y una cinta métrica.

Metodología: para la metodología consideramos la elaboración de un croquis de la sala en la cual se pueda identificar el equipo, y la identificación de las salas adyacentes según el criterio de clasificación de zonas, consideramos el modo manual con el kVp utilizado en los exámenes de rutina para el equipo en modo manual, para el modo tasa de dosis considera, un tiempo de exposición suficiente hasta la estabilización en la lectura del medidor. Seleccionar el mayor tamaño de campo permitido por el colimador y registrar los parámetros, la distancia recomendada para el foco-receptor es de al menos 44 cm con una distancia máxima de 100 cm. Para los equipos de intervencionismo el factor de uso es igual a 1. Determinar la carga de trabajo semanal (W) expresada en mA.min/semana, considerando la técnica de mayor solicitud en el centro hospitalario.

Resultados y análisis de resultados: el factor a estudiar es la dosis a la que está expuesto el personal para ello el cálculo de la dosis ambiental anual.

Tolerancias: se compara la dosis ambiental anual obtenida con los niveles de restricción establecido en el Anexo III, las cuales son 0,10 mSv/sem o 0.5mSv/año y para las áreas consideradas como libres 0.01 mSv/sem o 0.5 mSv/año.

- **Exactitud y repetitividad de la tensión del tubo de rayos X**

Objetivo de la prueba: esta prueba tiene como objetivo evaluar que el valor de tensión del tubo sea exacto y repetible, independiente del valor que elija para la corriente

Frecuencia: se recomienda realizar esta prueba cada año o después de realizar mantenimientos correctivos en el equipo.

Instrumentación: para la realización de esta prueba esta prueba, necesitamos definir tres parámetros distintos de kVp (60, 70, 8, 90, 110 kVp), necesitamos seleccionar el modo manual en el equipo, los materiales y equipos a usarse son: medidor de kVp no invasivo, un nivel de burbuja y una lámina de cobre.

Metodología: para el procedimiento se debe colocar el medidor no invasivo sobre la mesa, cubrimos el detector de imagen con la lámina de cobre para evitar que se dañe, Nivelamos el tubo de rayos x y registramos las distancias de medición. Abrimos el colimador de modo que este cubra el rango de radiación, realizamos una exposición para cada parámetro anteriormente seleccionado.

Resultados y análisis de resultados: guardar los valores de kVp los cuales se compararán según los parámetros de aceptación, los cuales son $\leq \pm 10\%$ para la exactitud y $< 10\%$ para repetibilidad.

Tolerancias y acciones correctivas: en caso de no estar dentro de los valores de aceptación, reportar a servicio de mantenimiento.

- **Capa Hemirreductora (CHR).**

Objetivo de la prueba: esta prueba tiene como objetivo verificar que el equipo cuente con la capa hemirreductora en estado óptimo de acuerdo con los requerimientos mínimos

Frecuencia: se recomienda realizar esta prueba una vez al año o después de realizar mantenimientos correctivos a nivel del generador de rayos X.

Instrumentación: Para la aplicación de esta prueba requerimos de un sistema dosimétrico calibrado, el cual podría ser una cámara de ionización de entre 30 y 120 cc de capacidad o un semiconductor, filtros de aluminio de alta pureza y una cinta métrica

Metodología: la prueba se realiza colocando el equipo en modo manual, seleccionar un valor de kVp y de mA, el paso siguiente es colocar el sistema dosimétrico a una distancia de 100 cm del foco del tubo, posteriormente se hace colimar de modo que el haz de radiación cubra la parte sensible del equipo, deja al equipo estabilizarse, seguido se realiza una exposición con un tiempo mínimo de 10 s y registrar la lectura, repetir la exposición con los mismos parámetros anteriormente seleccionados. Esto se debe realizar hasta que el valor de la lectura logre una atenuación de hasta el 50% del valor que se obtuvo sin el filtro.

Resultados y análisis de resultados: el valor de la capa deberá ser $> 2.2\text{mm}$.

Tolerancias y acciones correctivas: en caso de que el valor no esté dentro de los límites aceptables, se deberá reportar con el departamento de mantenimiento.

- **Valor del rendimiento del tubo de rayos X, repetibilidad y linealidad.**

Objetivo de la prueba:

Esta prueba tiene como objetivo evaluar la linealidad y repetibilidad del tubo de rayos x

Frecuencia: la frecuencia con la que se deberá realizar esta prueba es de una vez al año o después de realizar reparaciones en el equipo.

Instrumentación: la instrumentación recomendada para esta prueba es: un dosímetro de radiación de alta precisión (cámara de ionización o semiconductor), con calibración vigente, un barómetro y termómetro, lamina de Cu de 2 mm de espesor y una cinta métrica.

Metodología: el primer paso es colocar el sistema dosimétrico en una posición de arco de 90° nivelar el tubo de rayos x El detector de radiación debe estar a 30 cm del receptor de imagen y el tubo a una distancia de 100 cm entre el foco-detector

Resultados y análisis de resultados: Calcular el rendimiento dividiendo el promedio de las lecturas de la tasa de kerma por la corriente informada por el equipo.

Tolerancias y acciones correctivas: : en caso de que el valor no esté dentro de los límites aceptables, se deberá reportar con el departamento de mantenimiento.

- **Sistema de Colimación, tamaño de la imagen y distorsión.**

Objetivo de la prueba: esta prueba tiene como objetivo evaluar la simetría de los colimadores y la coincidencia del tamaño de campo de radiación, medido en relación al tamaño nominal.

Frecuencia: se recomienda la aplicación de esta prueba cada seis meses o después realizar cambios en el equipo.

Instrumentación: la instrumentación que se recomienda es un chasis cargado con película fotográfica, un marcador radiopaco, Regla o cinta métrica.

Metodología: para la metodología se recomienda cerrar completamente el colimador, para posteriormente abrirlo progresivamente cuando el equipo este en modo fluoroscopia, seleccionar el tamaño de campo máximo permitido por el equipo, posteriormente colocamos el marcador radiopaco en el centro del chasis y registrar los datos. A continuación, realizamos dos exposiciones en modo fluoroscopia. Se calcula la coincidencia del tamaño de campo de radiación con el valor normal y el valor de restricción. Con este valor determinamos la distancia de los centros y la desviación de los diámetros, para la distorsión,

Resultados y análisis de resultados: calcular la distorsión para cada tamaño de campo seleccionado y registrar los valores

Tolerancias y acciones correctivas: la coincidencia del tamaño del campo debe ser $\leq 2\%$ de la distancia foco-receptor de imagen, razón entre el diámetro de la imagen y el diámetro del campo

de radiación: Debe estar en un intervalo de 0,85 a 1,0. Para la distorsión: El valor máximo obtenido para la distorsión debe ser $\leq 10\%$.

- **Tasa de Dosis en la entrada del detector de imagen en modo scopia.**

Objetivo de la prueba: esta prueba tiene como objetivo comprobar la tasa de dosis en la superficie de entrada de detector cuando este funciona en modo control automático de brillo (CAB), este deberá permanecer constante para distintos espesores de los pacientes y dentro del margen de funcionamiento del CAB.

Frecuencia: Se recomienda que la prueba se realice cada año o después de realizar cambios o reparaciones en el equipo.

Instrumentación: la instrumentación a usarse es: un sistema dosimétrico calibrado con capacidad de detección de dosis inferiores a 1 μGy . Tres láminas de Cu de 1 mm de espesor, cinta métrica.

Metodología: para la metodología empezamos colocando el detector de radiación en el eje centrado hacia el haz de rayos x, posteriormente debemos medir la distancia del foco al detector y la distancia del foco a la superficie de entrada del detector. Abrimos el diafragma, haciendo que el haz cubra la mayor parte de superficie del detector y luego seleccionamos una técnica automática (CAB) para scopia en modo continuo, de no poseer este modo, seleccionar el modo de mayor frecuencia de pulso.

Realizar una exposición de al menos 5s y medir al menos en 2 ocasiones registrando los parámetros. Se deberá repetir las mediciones con los espesores de 2mm y 3mm.

Resultados y análisis de resultados: Para los cálculos empezamos con calcular el promedio de lecturas obtenidas, corrigiendo el factor de presión y temperatura y calibración, según las ecuaciones indicadas en el anexo.

Tolerancias y acciones correctivas: Para las tolerancias la tasa de dosis máxima para una magnificación de 25 cm y sin rejilla no debe ser $>0,8 \mu\text{Gy}$

Pruebas para equipos intervencionistas

- **Dosis por imagen en modo adquisición digital (modo cine).**

Objetivo de la prueba: esta prueba tiene como objetivo comprobar la dosis en la superficie de entrada del detector de imagen, cuando el equipo se encuentra en modo cine, y que permanezca constante para distintos espesores del paciente.

Frecuencia: se sugiere realizar esta prueba una vez al año o cuando el equipo ha sufrido modificaciones.

Instrumentación: para la realización de esta prueba requerimos del uso de un sistema dosimétrico calibrado con capacidad de detección de dosis inferiores a $1 \mu\text{Gy/s}$, tres láminas de Cu de 1 mm de espesor y una cinta métrica.

Metodología: la metodología indica que se debe colocar el detector de radiación centrado hacia el haz de rayos X, luego registramos las distancias del foco al detector y del foco a la superficie del detector, abrimos el diafragma haciendo que el haz llegue y cubra toda la superficie del detector. Seleccionamos 80 kVp y colocamos una lámina de 1 mm de Cu a la salida del colimador, realizamos una adquisición de 2s y una frecuencia de 30 imágenes por segundo registrando la intensidad. Repetir las pruebas con las láminas de 2mm y 3 mm.

Resultados y análisis de resultados: Para los resultados empezamos calculando el valor de las lecturas obtenidas y corregir por el factor de presión y temperatura, utilizando las ecuaciones indicadas en el anexo III, calculamos también la dosis de entrada al detector de imagen en modo cine.

Tolerancias y acciones correctivas: . Las tolerancias para la dosis de a la entrada de detector de imagen debe ser $<20 \mu\text{Gy/imagen}$ para un campo de 23 cm de diámetro.

- **Resolución espacial de alto contraste.**

Objetivo de la prueba: esta prueba tiene como finalidad evaluar la resolución espacial del sistema, a partir de la medida que se realiza al grupo de pares de líneas por milímetro (pl/mm).

Frecuencia: la frecuencia de esta prueba es anual o después de haber realizado mantenimientos correctivos en el equipo.

Instrumentación: los materiales a utilizarse son objeto de prueba de pares de líneas, una cinta métrica.

Metodología: el primer paso consiste en colocar el objeto de prueba en el centro de campo de radiación, posteriormente registramos la distancia del foco al detector, seleccionamos una técnica con el menor valor de kVp permitido por el equipo, registramos los parámetros.

Resultados y análisis de resultados: los cálculos se basan en el registro mayo de pl/mm que se pueda observar en el monitor para cada tamaño de campo, registrar los valores obtenidos para todos los monitores disponibles.

Tolerancias y acciones correctivas: los valores para tamaños de campo mayores a 25 cm la resolución será mayor a $0,8 \text{ pl/mm}$ y para tamaños menores o iguales a 25 cm la resolución deberá ser mayor a 1 pl/mm .

- **Umbral de sensibilidad a bajo contraste.**

Objetivo de la prueba: esta prueba tiene como objetivo evaluar el grado de sensibilidad que tiene el sistema para objetos de bajo contraste.

Frecuencia: se recomienda realizar esta prueba cada año y después de hacer modificaciones en el equipo.

Instrumentación: para la aplicación de la prueba utilizaremos un objeto de prueba a bajo contraste y un material atenuador como cobre de espesor aproximado a 1 mm, o lamias de aluminio de 0.25mm de espesor.

Metodología: Esta prueba empieza colocando el objeto a una distancia de 100 cm del tubo de rayos x, posesionar el material a la salida del tubo y realizar una exposición con parámetros de 70 kVp y 10 μ Gy para equipos DR (radiodiagnóstico digital) y 70 kVp con un miliamperaje comprendido entre 5 y 10 para equipos CR (radiodiagnóstico convencional).

Resultados y análisis de resultados: para analizar los resultados de esta prueba se deberá establecer una comparación con las recomendaciones del fabricante,

Tolerancias y acciones correctivas: en caso de no cumplir con los requisitos mínimos se deberá reportar el problema

- **Caracterización del equipo: Variación de la tasa de kerma en aire en la superficie de entrada y calidad de la imagen en función de los modos de operación, de la frecuencia de pulso, el grosor del paciente y el tamaño de campo.**

Objetivos de la prueba: Este conjunto de pruebas tiene como objetivo evaluar el ejercicio o desempeño del equipo al modificar los parámetros según requiera el desarrollo de la práctica médica, parámetros como la frecuencia de pulso, los modos de operación, grosor del paciente y el tamaño de campo.

Frecuencia: La frecuencia que se recomienda para la realización de esta prueba es de una vez cada año, o cuando se realicen mantenimientos que involucren el equipo en general o partes importantes como el sistema de comandos del equipo.

Instrumentación: Se requiere el uso de una cámara de ionización, láminas de PMMA de diferentes espesores (10, 20, 30 cm), Objeto de prueba de resolución de alto y bajo contraste y una cinta métrica.

Metodología: Para empezar, debemos tener en cuenta que esta prueba evaluará varios parámetros simultáneamente usando el mismo equipo experimental, pero cada una con un análisis diferente. Se empieza fijando la cámara en una lámina de acrílico posesionando la cámara en dirección hacia el haz de rayos X, colocamos la cama y el arco en C a grados, es necesario que la cámara sea cubierta por el campo irradiado, de no ser así utilizar una cámara de volumen menor. Colocar el

objeto de prueba sobre la lámina en la que se colocó la cámara y colocar otra lámina de PMMA encima del objeto, asegurando este al centro de las láminas. Se debe mantener la distancia del receptor de imagen a la superficie siempre a 5 cm y a distancia desde el punto focal hacia la superficie de entrada a 60 cm, registrar las distancias de la de la CI al receptor de imagen, del punto focal a la CI y del punto focal al isocentro determinado por la ubicación del objeto. A continuación, seleccionamos el menor tamaño de campo usando frecuencia de 15 fr/s e irradiar en modo normal, alta resolución y cine. Anotar los parámetros del protocolo usado, repetir el procedimiento para las láminas de 20 y 30 cm.

Calculo y Resultados: Corregir los valores de calibración de la cámara de presión y temperatura según las indicaciones del anexo y calcular las mediciones en modo cine.

Tolerancias: los valores permitidos para la tasa de dosis son en modo normal son ≤ 50 mGy/min y en alta tasa de dosis ≤ 100 mGy/min, para valores independientemente del espesor del paciente dosis ≤ 100 mGy/min y dosis ≤ 200 mGy/min.

- **Constancia de tasa de kerma.**

Objetivo de la prueba: Esta prueba tiene como objetivo comprobar el valor de la tasa de kerma en la entrada del maniquí y compararlos con los valores límites o especificados.

Frecuencia: Esta prueba se recomienda realizarla una vez cada año o después de realizar mantenimientos correctivos en el equipo.

Instrumentación: Para la realización de esta prueba requerimos del uso de una cámara de ionización o un semiconductor y ocho láminas de Cu de 30 x 30 cm.

Metodología: Empezamos por colocar el arco en C a 0^0 o 90^0 para posteriormente colocar las láminas de Cu en la mesa con la cámara de ionización en medio de dos láminas. Colocar el dosímetro bajo las láminas hacia el tubo, estas proyecciones se las realiza con la rejilla en todo momento, colocamos el detector en contacto con la primera lámina de Cu, hacia el tubo de rayos X, seleccionamos la distancia de foco al receptor, la misma que será de 100 cm con los parámetros de la intervención mayormente solicitada en el centro. Registrar las distancias, los parámetros de exposición y repetir la medida de la tasa de kerma para determinar la estabilidad, controlando la variación de los parámetros.

Calculo y análisis de resultados: corregir los valores medidos según los factores de la cámara de ionización, y los de presión y temperatura, según indicadas en el manual.

Posteriormente calculamos también para las mediciones en modo cine, la dosis por imagen.

Tolerancias: La tasa de kerma a la entrada del maniquí para fluoroscopia deberá ser <100 mGy/min. El índice de kerma a la entrada del maniquí para angiografía <2 mGy/frame; cardiaco <2 mGy/frame.

- **Verificación de la tasa de kerma en aire en el punto de referencia intervencionista.**

Objetivo de la prueba: Esta prueba tiene como objetivo verificar los valores de la tasa de kerma en el aire, mostrados por el equipo en el punto de referencia intervencionista.

Frecuencia: Se recomienda realizar esta prueba una vez por año, o después de realizar algún mantenimiento importante a nivel del equipo.

Instrumentación: Requerimos del uso de una cámara de ionización con su respectiva calibración, además láminas de Cu de diferentes espesores y una cintra métrica.

Metodología: el primer paso es localizar el isocentro del equipo de rayos X, posteriormente se mide una distancia de 15 cm desde el isocentro en dirección al tubo de rayos X y posesionamos el detector en ese punto, posteriormente seleccionamos el menor tamaño de campo posible (aproximadamente 17 cm) con una frecuencia de 15 fr/s, luego colocamos el equipo en modo normal y para la siguiente medición en modo cine. Registrar la frecuencia de los pulsos o registrar los parámetros del estudio seleccionado y la frecuencia del equipo. Colocar las láminas de Cu para hacer llegar al tubo a una tensión de 80 kVp. Registrar el valor de la tasa de kerma en aire (mGy/min) medido por el detector de radiación. Registrar el kVp y los valores de mA.

Calculo y análisis de resultados: Verificar si la tasa de kerma en aire medida por el detector, es igual a la indicada en el panel de comando, en caso de que no exista paridad, calcular el valor de la desviación.

Tolerancias: El valor de la desviación entre el valor nominal del equipo y el valor medido debe ser $\leq 20\%$

- **Determinación del factor de corrección del producto kerma de la cámara del equipo.**

Objetivo de la prueba: Esta prueba tiene como objetivo verificar los valores de producto kerma-área indicados por el equipo.

Frecuencia: se recomienda la realización de esta prueba cada seis meses o después de realizar cambios en el equipamiento.

Instrumentación: Requerimos de una cámara de ionización con respectiva calibración, un sistema de medición del producto kerma-área, externo o propio del equipo, casete con película radiográfica, láminas de Cu de diferentes espesores y una cinta métrica.

Metodología: Para empezar, debemos colocar la cámara de ionización en la parte externa a la salida del tubo de rayos X, así obtendremos el valor kerma-área, colocamos la cámara de ionización en el centro del tubo de rayos X a una distancia mínima de 30 cm por encima de la mesa para evitar que la retro dispersión medida por el equipo. Posesionar la película sobre la mesa para determinar el tamaño de campo, registrar las distancias foco-cámara y foco*-película, seleccionar el tamaño de campo 10 x10 cm y realizar la exposición. Procesar la película y

determinas el área irradiada. Registrar los valores de P_{KA} según los factores de calibración además del valor del kerma en aire.

Tolerancias: no aplica.

Pese a que se ha pospuesto la aplicación de la normativa, es necesario entender la importancia de estos manuales. Son alrededor de veinte pruebas a considerarse para radiodiagnóstico, de las cuales se vio en la necesidad de realizar al menos tres pruebas. Las cuales se seleccionaron según la capacidad para desarrollar las pruebas y el equipamiento disponible. Estas pruebas tienen un limitante y es que en gran parte no se ha podido legalizar instituciones que se dediquen al desarrollo de manuales, debido a que ninguna logra adquirir el equipamiento por la fuerte inversión que demandan los equipos e instrumentos de medición, sumado a que es una normativa nueva en proceso de aplicación.

CONCLUSIONES

- Se evaluó el riesgo radiológico en el área de imagenología e intervencionismo mediante la aplicación de un levantamiento radiológico, utilizando como instrumento de medición un contador Geiger Müller, colocándolo en puntos de interés identificados en cada una de las salas, comprobando así que los niveles de atenuación de cada una de las salas se encuentran bajo los niveles que requiere la normativa nacional y la internacional.
- Proveer a las instituciones de un manual de control de calidad destinado a la protección radiológica del personal ocupacionalmente expuesto y el público es importante, ya se busca evitar accidentes por sobreexposición, por mala manipulación de los equipos, por mal estado de las salas, etc. De tal manera que se pueda evitar la mayor cantidad de accidentes dentro de las diferentes salas durante la realización de un estudio y mejorar los sistemas de atención dentro del centro médico.
- Capacitar al personal ocupacionalmente expuesto en materia de protección radiológica es importante, con el fin de evitar exposiciones innecesarias y además de entender parte de la señalética de seguridad, dando como resultado general un total de doce personas durante la charla.
- Analizar la normativa vigente es importante, ya que en el Reglamento de Seguridad Radiológica (Decreto Supremo No. 3640), y la normativa en proceso de aplicación el Anexo III- Manual de Control de Calidad Para Radiodiagnóstico y Radiología Intervencionista, entre otras, mediante sus directrices, se procedió a la elaboración de este trabajo de titulación corroborando con el análisis de datos para obtener resultados positivos en el desarrollo práctico de este trabajo.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda periódicamente capacitar a los miembros de área en la cual los equipos se encuentran en funcionamiento, desde el personal que se encarga del aseo del área hasta las auxiliares de enfermería y camilleros que usualmente acuden al área con el fin de aportar con su trabajo, desde medidas en caso de emergencia hasta protección radiológica con el fin de salvaguardar su integridad de una exposición innecesaria.
- Durante la realización de la toma de datos para el monitoreo radiológico, solicitar la presencia del oficial de seguridad radiológica de la institución para que corrobore la correcta obtención de las medidas, incluyendo la manipulación de los equipos.
- Considerar bibliografía vigente en otros países en cuanto a la elaboración de manuales, ya que de diferentes fuentes podemos obtener una mejor idea de lo que implica la elaboración de un manual, desde los estudios a realizar hasta la instrumentación requerida y estudios mínimos para la aprobación de dicho manual
- Corroborar la calibración vigente del equipo a utilizar para la realización del monitoreo radiológico, además que tenga el certificado del ente regulador encargado que, de autorizar un equipo para su funcionamiento, esto dará credibilidad a los estudios a realizar permitiendo su validez

BIBLIOGRAFÍA

BENGT KNAVE. "Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo: Radiaciones no ionizantes". EEUU, ISBM EDITORIAL, pp. 36-108.

BROSED, Antonio; & BROSED. "Fundamentos de física médica" VOL. I. SPAIN. 2004. pp. 258.

C., GABRIEL. ANÁLISIS DE LOS PROCEDIMIENTOS PARA EL ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD EN RADIODIAGNÓSTICO MÉDICO EN ECUADOR.(Trabajo de titulación) (Pregrado) ESPOCH, RIOBAMBA. 2020. p77-89.

CNEA. "RECOMENDACIONES PARA INTERVENCIONISMO". COLEGIO DE CARDIOLOGOS INTERVENCIONISTAS II, 2010, ESPAÑA. pp. 148-152.

NCPR REPORT NO. 147. *National & Radiation.*

CRISTIAN A. VÁSCONEZ. VALIDACIÓN DEL BLINDAJE ESTRUCTURAL DE LAS SALAS DE RADIODIAGNÓSTICO E INTERVENCIONISMO DEL HOSPITAL DE ESPECIALIDADES CARLOS ANDRADE MARÍN MEDIANTE LEVANTAMIENTO RADIOMÉTRICO BAJO EL PROTOCOLO IAEA/ARCAL XLIX. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO. (Trabajo de titulación) (Pregrado), RIOBAMBA. 2019.

CSIR. "Aspectos generales de la interacción con el medio biológico." CSN-2013 I, 2013, España, pp. 38.

CSN 1-5 2009. *DETECCIÓN Y DOSIMETRÍA DE LA RADIACIÓN.*

CUENCA, ROBERTO. "LA GÉNESIS DEL USO DE LAS RADIACIONES EN LA MEDICINA." COLOMBIA MEDICA 28 (1): 34-41. 1997.

[Consulta: 20 agosto 2021]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/283/28328107.pdf>

I 1-141REGLAMENTO DE SEGURIDAD RADIOLÓGICA ECUADOR. *REGLAMENTO DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS EN LOS ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES. 1979. "REGLAMENTO DE SEGURIDAD RADIOLÓGICA ECUADOR.*

OIEA-1958. PROTOCOLOS DE CONTROL DE CALIDAD PARA RADIODIAGNÓSTICO EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE.

G, SUSANA; & M;ANTONIA. “PROCEDIMIENTOS PARA LA MANIPULACION DE FUENTES NO ENCAPSULADAS UTILIZADAS EN LA INSTALACIÓN RADIACTIVA CENTRAL (IRC) DE LA FACULTAD DE MEDICINA (Trabajo de titulación) (Doctoral), DE LA UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID (UCM). 2013. pp. 1–71. [Consulta:12 Diciembre 2021]. Disponible en: <https://www.ucm.es/data/cont/docs/256-2013-11-26-2013PROCEDIMIENTOS%20DE%20PROTECCION%20RADIOL%20CENTRAL%20USUARIOS%20EN%20LA%20INSTALACION%20RADIATIVA%20CENTRAL.pdf>

ICPR-2007 PUBLICACIÓN 103. LAS RECOMENDACIONES DE LA ICPR.

ICRP-2011 PUBLICACIÓN ICRP 105. PROTECCIÓN RADIOLÓGICA EN MEDICINA. ANNALS OF THE ICRP.

IMERASE. “Radiaciones Ionizantes en las prácticas médicas ‘Primum non nocere.’” . Revista del Hospital Interzonal General de agudos (higa) eva perón Vol. 4, SPAIN. pp. 110-168. [Consulta:02 Diciembre 2021]. Disponible en: <https://www.saludcastillayleon.es/AulaPacientes/es/pruebas-diagnosticas/pruebas-diagnostico-imagen/radiaciones-ionizantes-medicina>

MEERNR 3-209-2020. Manual de Control de Calidad para Radiodiagnóstico y Radiología Intervencionista.

N., CHERRY ROBERT. ENCICLOPEDIA DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO. Tercera edición, Spain. enciclopedia, salud y seguridad 2018. pp. 224-290.

OIEA. “PROTECCIÓN RADIOLÓGICA Y SEGURIDAD DE LAS FUENTES DE RADIACIÓN: NORMAS BÁSICAS INTERNACIONALES DE SEGURIDAD.” OIEA, 178. 2016.

PETER, ALEXANDER. FUNDAMENTOS DE RADIOBIOLOGÍA. Primera edición. Argentina, ACRIBIA. pp. 588.

RADCORP. INTRODUCTION TO RADIOLOGICALPHYSICS AND RADIATION DOSIMETRY. EEUU, ISBM EDITORIAL, pp.125

RADIOLÓGICA; ET AL . NOVENA EDICIÓN MANUAL DE RADIOLOGÍA PARA TÉCNICOS. SPAIN. 2010.

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCION. PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN RADIODIAGNÓSTICO. VOL. 7. Spain 2011. pp. 24-29.

RAUDALES DÍAZ; & ILSE RAQUEL. IMÁGENES DIAGNÓSTICAS: CONCEPTOS Y GENERALIDADES. REV. III FAC. Editorial CIENMÉD. 2014.

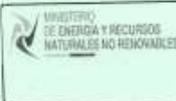
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN. "EFECTOS BIOLÓGICOS DE LA RADIACIÓN IONIZANTE." EFECTOS BIOLÓGICOS DE LA RADIACIÓN IONIZANTE 2018, Chile. [HTTP://WWW.CANCER.GOV/ESPANOL/RECURSOS/HOJAS-INFORMATIVAS/TRATAMIENTO/TRATAMIENTO-RADIOTERAPIA](http://www.cancer.gov/espagnol/recursos/hojas-informativas/tratamiento/tratamiento-radioterapia). 2013.

SAUCEDO-ALMAZÁN, VÍCTOR MANUEL EL, AND JOSÉ LUIS IS BARAJAS-ORTÍZ. "PROTECCIÓN RADIOLÓGICA." REVISTA DE SANIDAD MILITAR 58 (4): 302–15. 2017.

SERRETA, ANTONIO BROSED; & PEDRO RUIZ MANZANO. Fundamentos de Física Médica Vol. II. SEFM. Vol. II. Spain. 2004.

ANEXOS

ANEXO A: CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DEL INSTRUMENTO DE MEDICIÓN, CONTADOR GEIGER.

	SUBSECRETARÍA DE CONTROL Y APLICACIONES NUCLEARES	
---	---	---

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE DETECTORES DE RADIACIÓN

SUBSECRETARÍA DE CONTROL Y APLICACIONES NUCLEARES
LABORATORIO DE PATRONES SECUNDARIOS

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN No.: CAL 1885 - 2019

SOLICITANTE: MDRA ABRIL GABRIEL BENJAMIN	FECHA DE CALIBRACIÓN: 2020-01-07
DIRECCIÓN: Vasco de Contreras N34 - 154 y Lallement	
INSTRUMENTO: EQUIPO DIGITAL	Marca: INTERNATIONAL MEDCOM
	Modelo: INSPECTOR ALERT
	Serie: A033598
DETECTOR: GEIGER MÜLLER	

Condiciones ambientales durante la calibración:

Temperatura (°C): 22,2 Presión (mbar): 708,6 Humedad rel. (%): 56%

Instrumentos de Referencia:

Cámara de Ionización Marca - Modelo: PTW - PTW-32062 Serie No: 576

Electrómetro Marca - Modelo: PTW - UNIDOS Webline Serie No: 633

Revisión de Características del instrumento:	Condiciones de pruebas realizadas al instrumento:
Chequeo Mecánico: OK	Substracción de Background: SI
Chequeo Audio y/o Alarma: OK	Se determinó Linealidad: SI
Dispositivo de Calibración: DISPONIBLE	Fuentes de Calibración: OB6
	Atenuadores (mm): 22.0
	Rango en Escala Normal (X1): (0 - 1000) (uSv/h)

DATOS DE CALIBRACIÓN PARA TASAS DE DOSIS EQUIVALENTE POR RADIACIÓN GAMA CON CESIO 137				
ESCALA	FUENTE DE CALIBRADOR	TASA DE DOSIS EQUIVALENTE DE REFERENCIA	LECTURA PROMEDIO DEL INSTRUMENTO	FACTOR DEL INSTRUMENTO Para Incertidumbre k = 2
(0 - 1000) uSv/h	OB6	406,15 ± 4,90 uSv/h	407,22 uSv/h	1,00 ± 0,02

NOTA 1: LAS MEDICIONES REALIZADAS CON EL EQUIPO DEBEN SER OBLIGATORIAMENTE MULTIPLICADAS POR EL FACTOR INDICADO PARA DETERMINAR EL VALOR REAL

NOTA 2: NO MOVER O MANIPULAR EL DISPOSITIVO DE CALIBRACIÓN

El Laboratorio de Patrones Secundarios (LPS) del Ecuador, certifica que el instrumento ha sido calibrado bajo las normas y procedimientos establecidos por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), tomando como referencia el Reporte de Seguridad Serie 16: Calibración de Instrumentos para Monitoreo de Protección Radiológica.

Este certificado no puede ser reproducido sin la aprobación escrita del laboratorio.

Elaborado por: Carlos Cherrez Responsable del LPS: 

Fecha de Emisión: 2020-01-08


 SUBSECRETARÍA DE CONTROL Y APLICACIONES NUCLEARES
 Dirección de Aplicaciones Nucleares y Cooperación Técnica
 Laboratorio de Calibraciones Dosimétricas

Dirección: Av. 12 de Octubre N16-134 y pasaje Nicolás Arango (frente al parque El Artista), Quito - Ecuador
 Cella: (7040), Telf: 3970260-ext 2068 - 2026 - 2031
 Email: metrologia.arsenal@nrcn.gob.ec

Firma de Responsabilidad



ANEXO B: FOTOGRAFÍAS MONITOREO RADIOLOGICO





ANEXO C: CAPACITACION POE



ANEXO D: MANUAL DE CONTROL DE CALIDAD



ANEXO D: Manual de control de calidad

Manual de control de calidad



HOSPITAL PADRE CAROLLO UN CANTO A LA VIDA MANUAL DE CONTROL DE CALIDAD

IMAGENOLOGÍA E INTERVENCIONISMO

ELABORADO POR:

X

Stalin Patiño

APROBADO POR:

X

Miguel Sáez
Director del TC

Mediciones e informe realizado por: Stalin Patiño

Biof. Miguel Sáez M. Sc - Consultor

INDICE

1. DATOS GENERALES.....	4
1.1 Datos de la instalación	4
1.2 Información específica.....	5
2. JUSTIFICACION Y OBJETIVO DEL MANUAL.....	5
2.1 Justificación.....	6
2.2 Objetivo general.....	6
2.3 Objetivos específicos.....	6
3. DESCRIPCION DE LA PRACTICA.....	6
4. DESCRIPCION DE LOS EQUIPOS	7
5. CRITERIO TECNICO.....	9
6. DEFINICION DE LAS PRUEBAS.....	12
7. DEFINICION DE BARRERAS A SER MONITOREADAS.....	13
8. MONITOREO DEL ÁREA.....	16
9. INSPECCIÓN DE LAS INSTALACIONES.....	19
10. CAPACITACION AL PERSONAL.....	20
11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	22
12. BIBLIOGRAFÍA	

INDICE DE TABLAS

Tabla 1-4: Equipos del área de radiodiagnóstico

Tabla 2-4: Equipos de tomografía axial computarizada.

Tabla 3-4: Equipos de rayos x, arco en c.

Tabla 1-5: Limite de dosis en exposiciones planificadas.

Tabla 2-5: Limite de dosis en exposiciones planificadas.

Tabla 3-5: Factor de ocupación.

Tabla 1-6: Pruebas en Radiodiagnóstico.

Tabla 2-6: Lista de pruebas para Intervencionismo.

Tabla 1-7: Instalación 1.

Tabla 2-7: Instalación 2.

Tabla 3-7: Instalación 3.

Tabla 1-8: Tasa de dosis efectiva ambiental en los puntos críticos de la sala de RX de la instalación uno.

Tabla 2-8: Tasa de dosis efectiva ambiental en los puntos críticos de la sala de tomografía.

Tabla3-8: Tasa de dosis efectiva ambiental en los puntos críticos de la sala de quirófano 3.

Tabla1-9: Estado de las instalaciones.

Tabla 1-12 Tabulación de notas obtenidas post aplicación del test de entendimiento.

INDICE DE FIGURAS

Figura 1-12. Promedio de datos según la pregunta.

1. DATOS GENERALES

1.1 Datos de la instalación

Representante legal: **MARCELA CRUZ**

<i>Razón Social:</i>	HOSPITAL PADRE CAROLLO UN CANTO A LA VIDA
<i>RUC:</i>	1791197054001
<i>Dirección:</i>	Av. Rumichaca S33-10 y Matilde Álvarez
<i>Tipo de prácticas:</i>	Radiodiagnóstico Médico e Intervencionismo
<i>Teléfono:</i>	0987480004
<i>Correo Electrónico:</i>	rayosx@fundaciontierranueva.org.ec
<i>Modalidad:</i>	Rayos X, Tomografía, Arco en C
<i>Ciudad:</i>	Quito

1.2 Información específica

Práctica: Radiodiagnóstico

Tipo de equipo: Tomografía

Ubicación de los equipos: Planta Baja y Segunda Planta.

Mediciones e informe realizado por: Stalin Patino

Biof. Miguel Sáez M. Sc - Consultor

2. JUSTIFICACION Y OBJETIVO DEL MANUAL

2.1 Justificación

En los últimos años, el gobierno del Ecuador por medio del MERNNR se encargan de monitorear constantemente las diferentes entidades que emplean radiaciones ionizantes con fines investigativos y médicos, en Física Medica, el uso de la radiación ionizante no descarta el riesgo de exposición innecesaria al que están expuestos los miembros del Personal Ocupacionalmente Expuesto (POE) y los pacientes que a diario se someten a exposición directa e indirecta. Debido a esto se implementan protocolos de radioprotección y manuales para el uso en los equipos médicos con el fin de proteger la integridad de todas las personas inmersas durante la realización de un estudio. Por ello, es un requisito para el ente regulador demostrar que las instalaciones y el equipamiento de las instituciones médicas se encuentran en correcto funcionamiento (IMERASE 2015).

El hospital Padre Carollo un Canto a la Vida cuenta con un área de radiodiagnóstico y una sala de intervencionismo, en las cuales se realizan una cantidad considerable de estudios semanalmente. Este tipo de instalaciones deben ofrecer seguridad en protección radiológica, garantizando que la dosis de radiación al que está expuesto un paciente, no exceda los límites establecidos a nivel nacional e internacional, para el público y para el POE, por tal motivo, el presente trabajo de titulación tiene como finalidad, la aplicación de pruebas entre las cuales consta la determinación de la tasa de dosis ambiental en las salas de imagenología e intervencionismo.

Esta institución médica al no contar con normativa interna relacionada al Anexo III: Manual de control de calidad para radiodiagnóstico y radiología intervencionista, y como institución médica necesita estar vigente con las normativas nacionales e internacionales se justifica la realización del mismo bajo el nombre de "IMPLEMENTACIÓN DE UN MANUAL DE CONTROL DE CALIDAD EN EL ÁREA DE RADIODIAGNÓSTICO E INTERVENCIONISMO DEL HOSPITAL PADRE CAROLLO UN CANTO A LA VIDA".

2.2 Objetivo General

Implementar un manual de control de calidad en el área de radiodiagnóstico e intervencionismo del Hospital Padre Carollo Un Canto a La vida, para dar cumplimiento a los requisitos del legislativo y que permita corroborar la buena práctica médica con los métodos de protección durante su uso.

2.3 Objetivos Específicos

- Evaluar el riesgo radiológico mediante la aplicación de un levantamiento radiológico para así comprobar que los niveles de radiación ionizante se encuentren bajo los límites establecidos.
- Proveer a la institución de un manual de control de calidad para los trámites de renovación de licencias institucionales, puesto en vigencia en el presente año, así la institución cumplirá con los requerimientos de la normativa.
- Concientizar a los coordinadores del área de imagen para que por medio de ello se entienda el riesgo al que está expuesto el POE y el público.

3. DESCRIPCION DE LA PRACTICA

- Radiodiagnóstico médico por imagen de Rayos X, en la modalidad equipo de Rayos X convencional, en la modalidad Tomografía Computarizada.
- Intervencionismo, quirófano con cirugías guiadas por imagen de Rayos X, en la modalidad de Arco en C.

4. DESCRIPCION DE LOS EQUIPOS

En las tablas a continuación, se muestran los equipos evaluados en el centro médico Hospital Padre Carollo un Canto a la Vida:

Tabla 1-4: Equipos del área de radiodiagnóstico

EQUIPO CONVENCIONAL DE RAYOS X	
Marca	Shimadzu
Modelo	Radspeed
Serie	3M5262A280006



Realizado por: Patiño, Stalin, 2021.

Tabla 2-4: Equipos de tomografía axial computarizada.

EQUIPO DE TOMOGRAFÍA AXIAL COMPUTARIZADA	
Marca	Neusoft
Modelo	4541 101 12353
Serie	NDLRN120005



Realizado por: Patiño, Stalin, 2021.

Tabla 3-4: Equipos de rayos x, Arco en c.

EQUIPO DE RAYOS X ARCO EN C	
Marca	MedisonXray Co. Ltd.
Modelo	MCA-6200
Serie	MX62C12118077



Realizado por: Patiño Stalin, 2021.

5. CRITERIO TÉCNICO

Tomando en cuenta las recomendaciones emitidas por el Organismo Internacional de Energía Atómica (IAEA), mediante las normas básicas de seguridad en el Anexo III: Manual de Control de Calidad para Radiodiagnóstico y Radiología Intervencionista, destinado a la protección de las personas y medio, se delimitan los índices de dosis para el personal ocupacionalmente expuesto y para el público en general como se muestra a continuación:

Tabla 2-5: Limite de dosis en exposiciones planificadas.

Limite	POE	Público
Dosis efectiva	20 mSv por año, promediado en periodos de cada 5 años	1 mSv en un año
Dosis equivalente anual:		
Cristalino	20mSv	15mSv
Piel	500mSv	50mSv
Manos y pies	500mSv	---

Fuente: (OIEA 2016)

Realizado por: Patiño Stalin, 2021.

Tabla 2-5: Limite de dosis en exposiciones planificadas.

Órgano o Tejido	Limite de dosis	Dosis máxima permitida
Cuerpo entero, medula ósea, gónadas.	5 rem/año 3 rem/trimestre	50 mSv/año 30 mSv/trimestre
Piel, hueso, tiroides.	30 rem/año 15 rem/trimestre	300 mSv/año 150 mSv/trimestre
Manos, pies, antebrazos, tobillos.	75 rem/año 40 rem/trimestre	750 mSv/año 400 mSv/trimestre
Todos los órganos del cuerpo	8 rem/trimestre	150 mSv/año 80 mSv/trimestre
Personal femenino en edad reproductiva	1.25 rem/trimestre	12.5 mSv/trimestre
Mujer en estado de embarazo	1 rem/periodo de embarazo	10 mSv/periodo de embarazo
Miembro del público en general	10% de los limites establecidos para el POE	10% de los limites establecidos para el POE

Fuente:(De et al. 1979)

Realizado por: Patiño Stalin, 2021.

De la misma manera se debe tomar en cuenta la cantidad de pacientes que son atendidos semanalmente en cada una de las áreas. Delimitar las zonas supervisadas y controladas de las salas donde se realizan los procedimientos.

Según las indicaciones de la Norma Internacional NCPR No.147, los blindajes en Radiodiagnóstico van en función en donde permanece el personal ocupacionalmente expuesto y el público en general.

5.1 Identificación de áreas controladas y no controladas

Las clasificaciones de las zonas de trabajo son en función del riesgo a exponerse a radiaciones ionizantes, estas zonas por lo general son señalizadas, ya que existe un riesgo constante de exposición, estas se dividen en dos tipos de zonas: zonas controladas y zonas supervisadas, (OIEA, 2004).

La identificación de los diferentes tipos de zonas es un importante paso para la realización del monitoreo radiológico, puesto que de partiendo de la determinación de las zonas podremos señalar los puntos críticos para el posterior monitoreo.

Clasificación de las zonas.

Las zonas se clasifican en dos:

1. **Zona controlada:** La zona controlada está definida como un área de acceso restringido o limitado, este tipo de área demanda que el área establezca protocolos destinados a la protección radiológica del POE y del público, un ejemplo de esta es la sala donde se encuentra el equipo generador de rayos X (Council and Radiation 2005).
2. **Zona no controlada:** La zona no controlada está definida como las áreas o sectores en los cuales hay menor riesgo de exposición a RI del POE y del público, es decir todas las áreas que no sean identificadas como zonas controladas. Como ejemplo tenemos pasillos colindantes, áreas adyacentes, etc. (Council and Radiation 2005).

5.2 Factor de ocupación

El factor de ocupación se encarga de considerar un factor importante como el tiempo de estancia de una persona durante la cual el equipo está en desarrollo de un estudio, este se encuentra definido como la fracción de un día de 8 horas, (2000 horas al año) (Council and Radiation 2005).

Tabla 3-5: Factor de ocupación

Ocupación	Ubicación	T
Integral	Consultorio, recepción	1
Parcial	Espera, vestidor, corredores internos	1/4
Eventual	Corredores colindantes, baños, escaleras	1/16
Esporádico	Jardines cercanos, cuartos oscuro/máquinas	1/32

Fuente: (Anexo III, 2020)

Realizado por: Patiño, Stalin, 2021.

6. DEFINICION DE LAS PRUEBAS

Tabla 1-6: Pruebas en Radiodiagnóstico.

PRUEBA	OBJETIVOS DE LA PRUEBA	OBSERVACIÓN
Levantamiento Radiométrico	Verificar las condiciones de blindaje de las salas, como principio de protección radiológica.	Aplicado
Inspección de las instalaciones	Comprobar el buen estado de los equipos como de las salas, mediante una inspección visual, dando garantías del correcto funcionamiento de los equipos.	Aplicado
Capacitación del personal a cargo de las áreas	Exponer a los diferentes encargados de las áreas de imagenología y de quirófano, los riesgos de una exposición innecesaria.	Aplicado

Fuente: (MEERNR 2020).

Realizado por: Patiño, Stalin, 2021.

Tabla 2-6: Lista de pruebas para Intervencionismo.

Prueba	Objetivos de la prueba	Observación
Evaluación de las condiciones ambientales.	Verificar las condiciones de blindaje de las salas, obteniendo datos de las salas colindantes para verificar la atenuación de las paredes de las salas.	Aplicado
Inspección de las instalaciones	Comprobar el buen estado de los equipos como de las salas, mediante una inspección visual, dando garantías del correcto funcionamiento de los equipos.	Aplicado
Capacitación del personal a cargo de las áreas	Exponer a los diferentes encargados de las áreas de imagenología y de quirófano, los riesgos de una exposición innecesaria.	Aplicado

Fuente: (MEERNR 2020).

Realizado por: Patiño, Stalin, 2021.

7. DEFINICION DE BARRERAS A SER MONITOREADAS

Identificar de los puntos de interés es un estudio centrado en el diseño estructural de las salas junto con un análisis que conlleva en buscar los puntos de interés en base a la ubicación de los equipos dentro de las inmediaciones de las áreas y las zonas donde miembros del POE y el público pudieran estar expuestos a radiación.

Para el área de Imagenología (sala 1), en la cual se ubica el equipo de rayos x, se escogieron siete puntos de interés los cuales son presentados a continuación:

- **Instalación 1:**

Tabla 1-7: Instalación 1.

PUNTO	UBICACIÓN	TIPO DE ZONA COLINDANTE
A	Sala de rayos x II	No Controlada
B	Puerta corredor	No Controlada
C	Pared corredor	No controlada
D	Sala recepción de pacientes	No controlada
E	Cabina de control	Controlada
F	Puerta vestidor	No controlada
G	Vestidor	No controlada

Realizado por: Patiño, Stalin, 2021.



Gráfico 1-7: Croquis de los puntos de interés de la sala 1 del área de imagenología.

Realizado por: Patiño Stalin, 2021.

- **Instalación 2**

Para el área de Imagenología (sala 3), en la cual se ubica el equipo de tomografía, se escogieron siete puntos de interés los cuales son presentados a continuación:

Tabla 2-7: Instalación 2.

PUNTO	UBICACIÓN	TIPO DE ZONA COLINDANTE
A	Ventana sala de control	Controlada
B	Sala de mandos	Controlada
C	Pasillo emergencias	No controlada
D	Pared corredor	No controlada
E	Puerta corredor	No Controlada
F	Sala Rayos x II	No Controlada
G	Puerta control	No Controlada

Realizado por: Patiño Stalin, 2021.

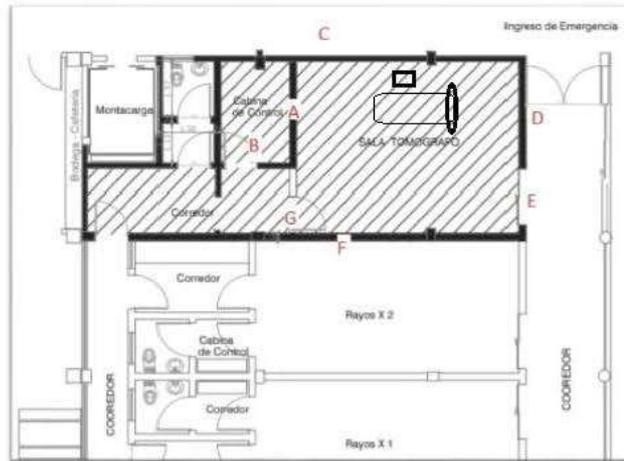


Gráfico 2-7: Croquis de los puntos de interés de la sala 3 del área de imagenología.

Realizado por: Patiño Stalin, 2021.

- **Instalación 3**

Para el área de Quirófano (sala 3), en la cual se ubica el arco en C, se escogieron siete puntos de interés los cuales son presentados a continuación:

Tabla 3-7: Instalación 3.

PUNTO	UBICACIÓN	TIPO DE ZONA COLINDANTE
A	Pared Quirófano II	No controlada
B	Puerta corredor	No controlada
C	Pared corredor	No controlada
D	Zona de disparos	Controlada
E	Pared salida de emergencia	No controlada

Realizado por: Patiño, Stalin, 2021.

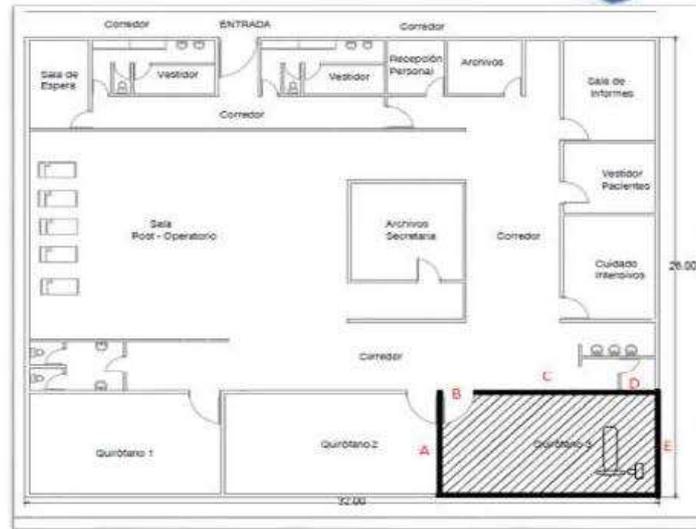


Gráfico 3-7: Croquis de los puntos de interés de la sala 3 del área de Quirófano.

Realizado por: Patiño, Stalin, 2021.

8. MONITOREO DEL ÁREA

Los puntos de monitoreo se definieron según la proximidad con las barreras (puertas, ventanas, paredes), y el nivel de prioridad según la ubicación del POE y del público.

Se realizaron disparos a máximas condiciones según el tipo de equipamiento, y se utilizó como medio dispersor un botellón de agua de 20 litros.

Según la estadística del HOSPITAL PADRE CAROLLO, en la sala dese estiman la siguiente cantidad de estudios, según el tipo de equipo:

- Sala de Rayos X convencional, con alrededor de 150 exámenes realizados semanalmente y con parámetros de 90 Kv y 40 mA.
- Sala de Tomografía Computarizada con alrededor de 80 exámenes realizados cada semana, y con parámetros de 120 kV y de 35 mA.
- Sala de Intervencionismo, presente en alrededor de 50 intervenciones cada semana y con parámetros de 100 kV y 120 mA.

Mediciones e informe realizado por: Stalin Patiño

Biof. Miguel Sáez M. Sc - Consultor

Tabla 1-8: Tasa de dosis efectiva ambiental en los puntos críticos de la sala de RX de la instalación uno.

PUNTO DE INTERES	TASA DE DOSIS EN $\mu\text{Sv/h}$	VOLTAJE (kVp)	mAs	FACTOR DE USO (U)	FACTOR DE OCUPACION (T)	NÚMERO DE PACIENTES/SEMANA	m ² m	LECTURA HAZ ($\mu\text{Sv/mA.m}$)	CARGA DE TRABAJO	DOSIS SEMANAL ($\mu\text{Sv/Sem}$)	DOSIS (mSv/Sem)	DOSIS (mSv/año)	LÍMITE DE DOSIS (mSv/año)	BLINDAJE
SALA DE RAYOS X II	0,204	90	40	1	1	150	0,6667	0,3040	100,0	30,00	0,031	1,530	20	CORRECTO
PUERTA CORRIDOR	0,232	90	40	1	0,25	150	0,6667	0,3480	100,0	8,70	0,009	0,430	20	CORRECTO
PARED CORRIDOR	0,265	90	40	1	0,25	150	0,6667	0,3075	100,0	9,94	0,010	0,497	20	CORRECTO
SALA DE RECEPCIÓN PACIENTES	0,13	90	40	1	1	150	0,6667	0,1950	100,0	19,50	0,020	0,975	20	CORRECTO
PUERTA VENTIDOR	0,184	90	40	1	0,312	150	0,6667	0,2760	100,0	8,61	0,008	0,431	20	CORRECTO
PUERTA DE MANDOS	0,246	90	40	1	1	150	0,6667	0,3080	100,0	30,00	0,037	1,845	20	CORRECTO
SALA DE MANDOS	0,19	90	40	1	1	150	0,6667	0,2850	100,0	28,50	0,029	1,425	20	CORRECTO

Realizado por: Patiño, Stalin, 2021.

Mediciones e informe realizado por: Stalin Patiño

Biof. Miguel Sáez M. Sc - Consultor

Tabla 2-8: Tasa de dosis efectiva ambiental en los puntos críticos de la sala de tomografía.

LOCACION	TASA DE DOSIS EN $\mu\text{Sv/h}$	VOLTAJE (kVp)	mAs	Tiempo por estudio	FACTOR DE USO (U)	FACTOR DE OCUPACION (T)	NÚMERO DE Estudios/semana	lectura +Tc ($\mu\text{Sv/h}$)	Lectura (mSv/mA. min)	Carga de trabajo (mA.min/semana)	DOSIS SEMANAL ($\mu\text{Sv/Semana}$)	DOSIS (mSv/Sem)	DOSIS (mSv/año)	Límite de Dosis (mSv/año)	BLINDAJE
Ventana sala de control	0,0074	120	35	37	1	1	80	0,0071	0,0541650	2150,3333	8,95	0,01	0,45	20	CORRECTO
Sala de mandos	0,000	120	35	37	1	1	80	0,0000	0,0000000	2150,3333	0,00	0,00	0,00	20	CORRECTO
Pasillo emergencias	0,0173	120	35	37	1	1	80	0,0173	0,0190917	2150,3333	21,78	0,02	1,09	20	CORRECTO
Pared corredor	0,0122	120	35	37	1	1	80	0,0122	0,0071167	2150,3333	15,26	0,02	0,77	20	CORRECTO
Puerta corredor	0,0428	120	35	37	1	1	80	0,0428	0,0249667	2150,3333	53,89	0,05	2,69	20	CORRECTO
Sala de Rx 2	0,000	120	35	37	1	1	80	0,0000	0,0000000	2150,3333	0,00	0,00	0,00	20	CORRECTO
Puerta control	0,0581	120	35	37	1	1	80	0,0581	0,0338917	2150,3333	73,15	0,07	3,66	20	CORRECTO

Realizado por: Patiño, Stalin, 2021.

Mediciones e informe realizado por: Stalin Patiño

Biof. Miguel Sáez M. Sc - Consultor

Tabla 3-8: Tasa de dosis efectiva ambiental en los puntos críticos de la sala de quirófano 3.

PUNTO DE INTERESES	TASA DE DOSIS EN (μSv/h)	VOLTAJE (KVp)	mAs	FACTOR DE USO (U)	FACTOR DE OCUPACION (O)	NUMERO DE PACIENTES/semana	mA*min	Lectura fact (mSv/mA*min)	Carga de trabajo	DOSIS SEMANAL (μSv/semana)	DOSIS (mSv/Seño)	DOSIS (mSv/Año)	Límite de Dosis (mSv/año)	BIENESTAR
Pared Quirófano II	0,103	90	5	1	0,25	50	0,033	1,230	4,167	1,29	0,013	0,06	20	CORRECTO
Puerta exterior	0,103	90	5	1	0,25	50	0,033	1,000	4,167	2,00	0,013	0,10	20	CORRECTO
Pared corredor	0,101	90	5	1	0,25	50	0,033	1,2120	4,167	1,20	0,013	0,06	20	CORRECTO
Zona de diparos	0,104	90	5	1	1	50	0,033	2,3880	4,167	9,95	0,010	0,50	20	CORRECTO
Pared sala de lavado	0,077	90	5	1	0,25	50	0,033	0,9000	4,167	0,94	0,009	0,05	20	CORRECTO

Realizado por: Patricio Salas, 2021.

Mediciones e informe realizado por: Stalin Patino

Biof. Miguel Saiz M. Sc - Consultor

9. INSPECCIÓN DE LAS INSTALACIONES

Tabla 1-9. Estado de las instalaciones.

Instalación	Observaciones	Conclusiones
Sala 1: Rayos X convencional	<ul style="list-style-type: none"> • Equipo en buen estado • Generador en perfectas condiciones • Cables en buen estado • Instalaciones limpias • Señalética colocada • Dosimetría revisada • Indumentaria en buen estado. 	Aprobado
Sala 3: Tomografía computarizada	<ul style="list-style-type: none"> • Equipo en buen estado • Foco señalizador en buen estado • Generador en perfectas condiciones • Cables en buen estado • Instalaciones limpias • Señalética colocada • Dosimetría revisada • Indumentaria de protección en buen estado 	Aprobado
Sala 3: Intervencionismo	<ul style="list-style-type: none"> • Equipo en buen estado • Uso de dosimetría por parte del personal • Generador en perfectas condiciones • Cables en buen estado • Instalaciones limpias • Señalética colocada • Indumentaria de protección en uso y buen estado 	Aprobado

Realizado por: Patilio Stalin, 2021.

La Tabla 1-11 indica la instalación, los parámetros evaluados y el grado de aceptación de las instalaciones.

10. CAPACITACION AL PERSONAL

Capacitación al personal

La capacitación giró en torno a entender el conocimiento de los colaboradores del área en el tema de las radiaciones.

Las diapositivas usadas para la capacitación son adjuntadas en el anexo

Establecimiento del cuestionario

Para establecer las preguntas, partimos de lo enseñado durante la charla, las preguntas giran en torno a la protección radiológica.

Pregunta 1

Seleccione al menos dos aplicaciones de las Radiaciones Ionizantes

Respuesta

Medicina, Industria.

Pregunta 2

Seleccione los 2 tipos de interacción de la Radiación Ionizante con el Tejido Biológico

Respuesta

Acción Directa y Acción Indirecta

Pregunta 3

Seleccione la Definición Correcta para Efecto Estocástico

Respuesta

Suelen aparecer tras la exposición a pequeñas y prolongadas dosis de Radiación Ionizante, además, se los relaciona con la manifestación del Cáncer Radio-Inducido y las Mutaciones Genéticas.

Pregunta 4

Seleccione de entre las siguientes opciones los tres principios de Protección Radiológica

Respuesta

Blindaje, Tiempo y Distancia

Tabla 1-12 Tabulación de notas obtenidas post aplicación del test de entendimiento.

	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Pregunta 4
Participante 1	1	1	1	1
Participante 2	1	1	1	1
Participante 3	1	1	1	1
Participante 4	1	1	1	1
Participante 5	1	1	1	1

Mediciones e informe realizado por: Stalin Patino

Biof. Miguel Sáez M. Sc - Consultor

Participante 6	0,5	0	1	1
Participante 7	1	0	1	1
Participante 8	1	0	1	0
Participante 9	1	0	1	0
Participante 10	1	0	1	1
Participante 11	0,5	0	1	0
Participante 12	0,5	0	1	1
TOTAL	10,5	5	12	9

Realizado por: Patilio Stalin, 2021.

Resultados de la aplicación del test

	Promedio
Pregunta 1	0,875
Pregunta 2	0,41666667
Pregunta 3	1
Pregunta 4	0,75
TOTAL	3,04166667

Resumen	Sobre 100%
Nota Total	76,0416667
Observación	Bueno



Figura 1-12. Promedio de datos según la pregunta.

11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Se evaluó el riesgo radiológico en el área de imagenología e intervencionismo mediante la aplicación de un levantamiento radiológico, utilizando como instrumento de medición un contador Geiger Müller, colocándolo en puntos de interés identificados en cada una de las salas, comprobando así que los niveles de atenuación de cada una de las salas se encuentran bajo los niveles que requiere la normativa nacional y la internacional.
- Se revisó el estado de los equipos en parámetros técnicos comprobando el correcto funcionamiento de los mismos, comprobando así que en esta institución médica se brinda las garantías requeridas en cuanto a equipamiento y seguridad radiológica dentro de sus salas.
- Se proveyó a la institución de un manual de control de calidad destinado a la protección radiológica del personal ocupacionalmente expuesto y el público, con la finalidad de evitar accidentes por sobreexposición, por mala manipulación de los equipos, por mal estado de las salas, De tal manera que se pueda evitar la mayor cantidad de accidentes dentro de las diferentes salas durante la realización de un estudio

RECOMENDACIONES

- Se recomienda periódicamente capacitar a los miembros de área en la cual los equipos se encuentran en funcionamiento, desde el personal que se encarga del aseo del área hasta las auxiliares de enfermería y camilleros que usualmente acuden al área con el fin de aportar con su trabajo, desde medidas en caso de emergencia hasta protección radiológica con el fin de salvaguardar su integridad de una exposición innecesaria.
- Durante la realización de la toma de datos para el monitoreo radiológico, solicitar la presencia del oficial de seguridad radiológica de la institución para que corrobore la correcta obtención de las medidas, incluyendo la manipulación de los equipos.
- Considerar bibliografía vigente en otros países en cuanto a la elaboración de manuales, ya que de diferentes fuentes podemos obtener una mejor idea de lo que implica la elaboración de un manual, desde los estudios a realizar hasta la instrumentación requerida y estudios mínimos para la aprobación de dicho manual.
- Corroborar la calibración vigente del equipo a utilizar para la realización del monitoreo radiológico, además que tenga el certificado del ente regulador encargado que, de autorizar un equipo para su funcionamiento, esto dará credibilidad a los estudios a realizar permitiendo su validez.

12. BIBLIOGRAFÍA

- Bengt Knave. 1998. "Radiaciones No Ionizantes." In *Enciclopedia de Salud y Seguridad En El Trabajo*, 36.
- Brosed, Antonio, and Antonio Brosed. 2004. *Fundamentos de Física Médica Vol. I. Spain*.
- C., Gabriel. 2020. "ANÁLISIS DE LOS PROCEDIMIENTOS PARA EL ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD EN RADIODIAGNÓSTICO MÉDICO EN ECUADOR." *Epoch*, 77.
- CNEA. 2010. "RECOMENDACIONES PARA INTERVENCIONISMO." *Colegio de Cardiólogos Intervencionistas I*: 15.
- Council, National, and O N Radiation. 2005. *NCPR REPORT No. 147*.
- Cristian A. Vásquez. 2019. "VALIDACIÓN DEL BLINDAJE ESTRUCTURAL DE LAS SALAS DE RADIODIAGNÓSTICO E INTERVENCIONISMO DEL HOSPITAL DE ESPECIALIDADES CARLOS ANDRADE MARÍN MEDIANTE LEVANTAMIENTO RADIOMÉTRICO BAJO EL PROTOCOLO IAEA/ARCAL XLIX." ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.
- CSIR. 2013. "ASPECTOS GENERALES DE LA INTERACCIÓN CON EL MEDIO BIOLÓGICO." *CSN-2013 I*: 38.
- CSN. 2009. "Detección y Dosimetría de La Radiación," 1–5.
- Cuenca, Roberto. 1997. "La Génesis Del Uso de Las Radiaciones En La Medicina." *Colombia Medica* 28 (1): 34–41.
- De, Ministerio, Reglamento D E Seguridad Contra, Incendios E N Los, and Establecimientos Industriales. 1979. "Reglamento De Seguridad Radiológica Ecuador" I: 1–141.
- Documentos, D E, and Cnicos D E L Oiea. 1958. *Protocolos de Control de Calidad Para Radiodiagnóstico En América Latina y El Caribe*.
- G, Susana M, Antonia. 2013. "PROCEDIMIENTOS PARA LA MANIPULACION DE FUENTES NO ENCAPSULADAS UTILIZADAS EN LA INSTALACIÓN RADIATIVA CENTRAL (IRC) DE LA FACULTAD DE MEDICINA DE LA UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID (UCM)." *UCM I*: 1–71.
- ICPR. 2007. "Publicación 103 Las Recomendaciones de La ICPR."
- ICRP. 2011. *Publicación ICRP 105: Protección Radiológica En Medicina. Annals of the ICRP*.
- IMERASE. 2015. "Radiaciones Ionizantes En Las Prácticas Médicas 'Primum Non Nocere.'" *Inmanencia. Revista Del Hospital Interzonal General de Agudos (HIGA) Eva Perón* 4: 8.
- MEERNR. 2020. "Manual de Control de Calidad Para Radiodiagnóstico y Radiología Intervencionista" 3: 209.
- N., Cherry Robert. 2020. *ENCICLOPEDIA DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO. ENCICLOPEDIA DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL T.*
- OIEA. 2016. "Protección Radiológica y Seguridad de Las Fuentes de Radiación: Normas Básicas

- Internacionales de Seguridad." *Olea*, 178.
- Peter, Alexander. 1964. "Fundamentos de Radiobiología." *Acribia* I: 588.
- Radiation, Introduction to Radiological Physics and. 1986. *INTRODUCTION TO RADIOLOGICAL PHYSICS AND RADIATION DOSIMETRY*. EEUU.
- Radiológica, Biología Y Protección, and Stewart Carlyle Bushong. 2010. *NOVENA EDICIÓN MANUAL de RADIOLOGÍA Para TÉCNICOS*. Spain.
- RADIOLOGICA, SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCION. 2011. *PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN RADIODIAGNÓSTICO. PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN RADIODIAGNÓSTICO*. Vol. 7.
- Raudales Díaz, Ilse Raquel. 2014. "Imágenes Diagnósticas: Conceptos y Generalidades." *Rev. Fac. Cienc. Méd. (Impr.)*, 35-43.
- Salud, Institutos Nacionales de. 2013. "Efectos Biológicos de La Radiación Ionizante." <http://www.cancer.gov/espanol/recursos/hojas-informativas/tratamiento/tratamiento-radioterapia>.
- Saucedo-Almazán, Victor Manuel el, and José Luis is Barajas-Ortiz. 2017. "Protección Radiológica." *Revista de Sanidad Militar* 58 (4): 302-15.
- Serreta, Antonio Brosed, and Pedro Ruiz Manzano. 2004. *Fundamentos de Física Médica Vol. II. SEFM*. Vol. II. Spain.