



Diseño de guía técnica para la caracterización y puesta en marcha de un equipo de rayos X

Autores:

Mayherlis Andrea Perez Redondo

Jhon Bairon Mejía Daniels

Trabajo de grado como prerrequisito para la obtención de grado de

Ingeniería Biomédica

Director(a):

Ing. Carlos Vega Pacheco

Facultad de Ingeniería

Programa de Ingeniería Biomédica

Barranquilla

2023



Diseño de guía técnica para la caracterización y puesta en marcha de un equipo de rayos X

Autores:

Mayherlis Andrea Perez Redondo

Jhon Bairon Mejía Daniels

Trabajo de grado como prerrequisito para la obtención de grado de

Ingeniería Biomédica

Director(a):

Ing. Carlos Vega Pacheco

Facultad de Ingeniería

Programa de Ingeniería Biomédica

Barranquilla

2023

DEDICATORIA

A Dios

Por ser la fuente de sabiduría y fortaleza, por iluminar nuestro camino y brindarnos la capacidad de llevar a cabo este proyecto de grado. Su guía y bendiciones han sido fundamentales en este viaje académico y personal.

A nuestras madres,

Por darle sentido a nuestras vidas, han sido fuentes inagotables de apoyo, inspiración y amor incondicional a lo largo de este arduo camino hacia la culminación de nuestro proyecto de grado, por ayudar en el proceso de construcción de nuestra formación y por expresar siempre su apoyo y dedicación a cada paso que dimos.

A nuestros padres,

Por ser los modelos que seguir, por educarnos como personas, por estar siempre a nuestro lado, sin importar las circunstancias. Su dedicación y amor incondicional nos han dado las bases para construir nuestras vidas. Este es un humilde homenaje a ustedes, nuestros pilares, con todo nuestro cariño y gratitud.

Este proyecto es un reflejo del esfuerzo, dedicación y trabajo en equipo que hemos invertido en él, y lo dedicamos a todos los que han contribuido de alguna manera. Esperamos que este trabajo sirva como un testimonio de nuestro compromiso con la excelencia y la pasión por el aprendizaje.

AGRADECIMIENTOS

Principalmente agradecerle a Dios,

A todos los profesores de la Facultad de Ingeniería de la Corporación Universitaria Reformada, les expresamos nuestro sincero agradecimiento ya que contribuyeron al logro de este proyecto. Su influencia perdurará en nuestras carreras y vidas, y estamos agradecidos por haber tenido la fortuna de ser sus estudiantes. Gracias por su inestimable contribución a nuestro éxito académico

A nuestro docente Carlos Vega Pacheco, excelente profesional físico medico quien apporto su experiencia laboral y amplio conocimiento en esta área ayudando en el correcto desarrollo de este proyecto, presentamos nuestro más profundo agradecimiento por su apoyo continuo y su contribución invaluable.

A la coordinadora del programa de Ingeniería Biomédica Claudia Bastos, por su compromiso, sabiduría y dedicación, han sido una fuente constante de inspiración y orientación para nosotros. Por su habilidad para impulsarnos a alcanzar nuestros mejores esfuerzos, su paciencia incansable ha sido fundamentales para nuestro éxito.

Por último, agradecer nuestras familias, cada logro que alcanzamos es un testimonio de la influencia positiva que cada uno de ellos han tenido en nuestras vidas. Gracias por ser la fuente constante de inspiración y por creer en nosotros incluso cuando dudábamos de nosotros mismos. Este proyecto está dedicado a ustedes en reconocimiento y gratitud por todo lo que han hecho por nosotros. Su amor y apoyo son el motor que impulsa nuestros logros.

¡Con amor y agradecimiento!

ÍNDICE

RESUMEN	ix
ABSTRACT.....	x
INTRODUCCION	2
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
OBJETIVOS	5
JUSTIFICACION	6
MARCOS DE REFERENCIA.....	8
MARCO TEORICO.....	8
Historia.....	8
Como Funciona Un Equipo De Rayos X.....	9
Antecedentes	10
MARCO CONCEPTUAL	14
Rayos X.....	14
Equipo De Rayos X	14
Factores De Exposición	16
Nota: Elaboración propia.....	16
Paciente	16
Receptor De La Imagen	18
Colimador	21
Nota: Elaboración propia.....	26
METODOLOGIA	26
Tipo de Investigación.....	27
Tipo de Estudio	27

Descripción De Las Pruebas	29
Prueba N° 1: Funcionamiento Mecánico (Movimientos Y Frenos).	29
Prueba N° 2: Señal Luminosa O Conexión A Señal Luminosa.....	30
Prueba N° 3: Paradas De Emergencia O Interruptores Del Haz.....	31
Prueba N° 4. Y Prueba N° 5: Perpendicularidad Del Eje Central Del Haz Con La Mesa Y El Receptor Y Coincidencia De Campo.....	32
Prueba N° 6: Uniformidad Y Artefactos Del Detector	35
IMPLEMENTACION.....	37
Pruebas en el equipo de Rayos X - TXR SHF-210.....	37
Prueba N°1: Funcionamiento Mecánico (Movimientos Y Frenos).	37
Prueba N° 2: Señal luminosa o conexión a señal luminosa.	38
Prueba N° 3: Paradas de emergencia o interruptores del haz.	38
Prueba N° 4. Perpendicularidad del eje central del haz con la mesa y el receptor Y Prueba N° 5 Coincidencia de campo	39
Prueba N°6 Uniformidad y artefactos del detector	39
Evidencias de Pruebas en el equipo de Rayos X - TXR SHF-210	40
Pruebas en el equipo de Rayos X - SHIMADZU RADSPEED FIT.....	43
Prueba N°1: Funcionamiento Mecánico (Movimientos Y Frenos).	43
Prueba N° 2 : Señal luminosa o conexión a señal luminosa.	43
Prueba N° 3: Paradas de emergencia o interruptores del haz.	43
Prueba N° 4. Perpendicularidad del eje central del haz con la mesa y el receptor Y prueba N° 5 coincidencia de campo	43
Prueba N°6 Uniformidad y artefactos del detector.....	44
Evidencias de Pruebas en el equipo de Rayos X - SHIMADZU RADSPEED FIT .	44
Pruebas en el equipo de rayos X - GE HealthCare	46
Prueba N°1: Funcionamiento mecánico (movimientos y frenos).	46

Prueba N° 2 : Señal luminosa o conexión a señal luminosa	46
Prueba N° 3: Paradas de emergencia o interruptores del haz.	46
Prueba N° 4. Perpendicularidad del eje central del haz con la mesa y el receptor Y	
prueba N° 5 coincidencia de campo	47
Prueba N°6 Uniformidad y artefactos del detector	47
Evidencias de Pruebas en el equipo de Rayos X - GE HealthCare	48
RESULTADOS.....	49
DISCUSION (ANALISIS DE RESULTADOS).....	50
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	50
REFERENCIAS.....	52
ANEXOS	55

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Problemas derivados de la falta de un protocolo para la caracterización y puesta en marcha de equipos de Rayos X.	3
Tabla 2. Categorías para la licencia de práctica médica.	12
Tabla 3. Parámetros importantes en la operación de un equipo de Rayos X.	16
Tabla 4. Definiciones importantes.	21
Tabla 5. Normas que regulan el programa de vigilancia radiológica en Colombia.	23
Tabla 6. Reguladores del programa de vigilancia radiológica internacionalmente.	26

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Roentgen en 1906, siendo director del Instituto de física de la Universidad de Múnich.....	9
Figura 2. Ejemplo de quipo de Rayos X, modelo GXR de piso	15
Figura 3. Ejemplo de receptor de imagen de rayos X modelo SkyPlate de Philips.....	18
Figura 4. Ejemplo colimador Modelo DRGEM MCR Estándar	21
Figura 5. Artefactos en imagen.....	36
Figura 6. Parada de Emergencia del equipo de Rayos X - TXR SHF-210.....	40
Figura 7. Imagen resultante de la prueba N4 al equipo de Rayos X - TXR SHF-210.....	40
Figura 8. Prueba N4en el equipo de Rayos X - TXR SHF-210.....	41
Figura 9. Imagen resultante de la prueba N5 del equipo de Rayos X - TXR SHF-210...	41
Figura 10. Imagen resultante de la prueba N5 del equipo de Rayos X - TXR SHF-210.	42
Figura 11. Imagen resultante de la prueba N1del equipo de Rayos X - TXR SHF-210..	42
Figura 12. Imagen resultante de la prueba N4 del equipo de Rayos X - SHIMADZU RADSPEED FIT.....	44
Figura 13. Prueba N4 del equipo de Rayos X - SHIMADZU RADSPEED FIT.	45
Figura 14. Prueba N4 del equipo de Rayos X - SHIMADZU RADSPEED FIT.	45
Figura 15. Imagen resultante de la prueba N4 del equipo de Rayos X - GE HealthCare.48	
Figura 16. Prueba N4 del equipo de Rayos X - GE HealthCare.....	48

LISTADO DE ANEXOS

Anexo 1. Formato De Pruebas Para Documento De Caracterización Y Puesta En Marcha De Equipo De Rayos X.....	55
Anexo 2. Guía de Caracterización y Puesta en Marcha de un equipo de Rx.	56

RESUMEN

El presente anteproyecto tiene como objetivo diseñar estructuralmente un protocolo como guía que contenga información generalizada en relación con la caracterización y la puesta en marcha de equipos de Rayos X. La información en esta guía será obtenida por medio de pruebas específicas proporcionaremos una caracterización que determinen los pasos a seguir para la correcta puesta en marcha de estos equipos. Los equipos con relación a radiaciones ionizantes son de vital importancia y de necesidad básica como parte de un buen servicio hospitalario. La dificultad y la compleja tecnología de estos equipos generan una necesidad de formar profesionales biomédicos que cuenten con el mayor conocimiento técnico para conservar cada uno de sus sistemas en estado óptimo de operación, convirtiendo en el propósito fundamental la correcta ejecución del proceso de operación de estos equipos.

Teniendo en cuenta lo descrito en la resolución 482 del 2018, emitida por el Ministerio de Salud y Protección Social, la cual tiene como finalidad reglamentar y regular el uso de equipos generadores de radiación ionizante y su control de calidad en las prácticas médicas; dispone como uno de los requisitos fundamentales para el otorgamiento de la licencia de práctica médica categoría I, que los prestadores de servicios deberán contar con un documento suministrado ya sea por el instalador del equipo o equipos en donde contenga todos los resultados de las pruebas de caracterización y puesta en marcha de dichos equipos. Por consiguiente, la presente investigación se propone la realización de una guía para que cualquier profesional con permiso y capacidades de instalar este tipo de equipos pueda generar dicho informe de manera correcta, teniendo un paso a paso de las pruebas iniciales recomendadas a este tipo de equipos.

Palabras claves: guía, rayos X, caracterización, puesta en marcha.

ABSTRACT

The present preliminary project aims to structurally design a protocol as a guide containing generalized information regarding the characterization and commissioning of X-ray equipment. The information in this guide will be obtained through specific tests, providing a characterization that outlines the steps to follow for the correct commissioning of these devices. Equipment related to ionizing radiation is of vital importance and a necessity as part of a good hospital service. The complexity and advanced technology of these devices create a need to train biomedical professionals with the highest technical knowledge to maintain each of their systems in optimal operating condition, making the fundamental purpose the correct execution of the operation process for these devices.

Considering what is described in Resolution 482 of 2018, issued by the Ministry of Health and Social Protection, which aims to regulate and oversee the use of ionizing radiation-generating equipment and their quality control in medical practices. It specifies that one of the fundamental requirements for granting a Category I medical practice license is that service providers must have a document provided either by the equipment installer or installers containing all the results of the characterization and commissioning tests of such equipment. Therefore, the present research aims to create a guide so that any professional with the necessary permissions and capabilities to install this type of equipment can generate this report correctly, following a step-by-step process for the recommended initial tests for such equipment.

Keywords: guide, X-rays, characterization, commissioning.

INTRODUCCION

Los equipos de rayos X, son equipos de alta complejidad y equipos que son de mucha importancia para ciertos diagnósticos para el ser humano, La complejidad de estos equipos crea una necesidad de instruir profesionales biomédicos capacitados correctamente para preservar cada uno de los sistemas de estos equipos en perfecto estado para su operación.

Por lo que con este proyecto buscamos generar una guía que apoye la emisión del documento de caracterización y puesta en marcha de un equipo de rayos X, esto describiendo distintas pruebas de funcionamiento inicial que nos permitan dar a priori un visto bueno para la correcta operación del equipo y a su vez preparar al equipo para recibir el control de calidad. Se conoce que el hardware está en las correctas condiciones, pero no se garantiza el funcionamiento integral del equipo, siendo este último la motivación para la generación de esta guía.

En este proyecto presenta una serie de pruebas, extraídas de los protocolos de seguridad radiológica y de calidad, como lo son el Arcal XLIX y el TECDOC-1958, los cuales son documentos acogidos en toda la región de América Latina y el Caribe, dejando claro la premisa de que los programas de control de calidad para exposiciones médicas deben incluir: mediciones de los parámetros físicos de los generadores de radiación y dispositivos de imagen en el momento en que se ponen en servicio, con la finalidad de verificar que los equipos de radiación ionizante de las instituciones puedan producir la información deseada para un diagnóstico oficial. (Organismo Internacional de Energía Atómica, 2021).

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los equipos de Rayos X son ampliamente utilizados en diversos campos, como la medicina, la industria y la investigación. La correcta caracterización y puesta en marcha de estos equipos son fundamentales para garantizar su funcionamiento seguro y eficiente. Sin embargo, la información generalizada y actualizada sobre este proceso es limitada y dispersa en la literatura.

La falta de un protocolo estandarizado y actualizado para la caracterización y puesta en marcha de equipos de Rayos X representa un desafío significativo en diversos campos. Esto conlleva a los siguientes problemas:

Tabla 1. *Problemas derivados de la falta de un protocolo para la caracterización y puesta en marcha de equipos de Rayos X.*

Problemas	
Falta de Estandarización	La ausencia de un protocolo estandarizado dificulta la consistencia y comparabilidad de los resultados obtenidos en la caracterización y puesta en marcha de equipos de Rayos X.
Riesgos para la Seguridad	La falta de pautas claras y actualizadas aumenta los riesgos de operación incorrecta y, por ende, los peligros para la seguridad de los pacientes, los trabajadores y el entorno.
Ineficiencia y Costos	La carencia de un protocolo eficiente puede resultar en una ineficiencia en la utilización de estos equipos y costos adicionales asociados a reparaciones y mantenimiento.

Nota: Elaboración propia.

El problema por abordar es la necesidad de diseñar una guía, que sirva como protocolo estandarizado para eliminar como menciona (Pino Ortiz, 2021) estos problemas derivados de la falta de un protocolo bien definido que aumentan los niveles riesgos para la seguridad, debido a que la caracterización inadecuada de un equipo de Rayos X puede dar como resultado la exposición

no deseada a la radiación ionizante, lo que pone en peligro la salud de los pacientes, el personal y el público en general.

Sin un protocolo claro, los operadores de equipos de Rayos X pueden cometer errores, lo que lleva a la ineficiencia en el uso de estos equipos y a resultados de baja calidad. Los errores también pueden requerir tiempo y recursos adicionales para corregirse. Así mismo la falta de personal capacitado o de un protocolo estandarizado en muchos casos, puede resultar en problemas de cumplimiento regulatorio. Los reguladores y las autoridades de salud pueden requerir procedimientos estandarizados. (Pino Ortiz, 2021).

La solución propuesta comprende el diseño e implementación de una guía de caracterización y puesta en marcha de un equipo de rayos X, esta requiere una planificación cuidadosa y una atención meticulosa a los detalles. La guía resultante servirá como una valiosa herramienta para garantizar en forma de protocolo la seguridad y la calidad en el uso de equipos de Rayos X.

Esta base dio lugar a la siguiente interrogante problemática:

¿Es posible generar una guía en donde se describa la metodología de la realización de pruebas de caracterización y puesta en marcha de un equipo de Rx?

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Elaborar una guía técnica de caracterización y puesta en marcha de un equipo de Rx.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Diseñar estructuralmente una guía que describa el proceso adecuado para la correcta puesta en marcha de un equipo de Rx.
- Implementar las pruebas iniciales por los instaladores de los equipos de rayos X de acuerdo con los protocolos establecidos.
- Generar una guía aplicable a cualquier equipo de rayos X (Convencionales).
- Proporcionar consejos y mejores prácticas para la operación óptima y segura del equipo de Rx.

JUSTIFICACION

A nivel mundial más de 20 millones de trabajadores se exponen a radiaciones ionizantes, entre estos trabajadores se encuentran licenciados en radiología, personal médico y de enfermería que realiza labores relacionadas al radiodiagnóstico como para radioterapia y radiología intervencionistas y personas auxiliares de este tipo de servicios (Carrillo, A & Valeria, 2022).

El común emisor de radiación en una institución de salud es el equipo de Rx usado para obtener imágenes con fines de diagnóstico médico. Conociendo los efectos producidos por el mal manejo de estos equipos, deducimos que es una gran responsabilidad manipularlos. A pesar de ser un equipo muy riguroso de manejar, es escasa la información que los profesionales biomédicos tienen sobre los equipos de Rx en una institución de salud, normalmente en estas instituciones la información referente a un equipo de Rx es solo la proporcionada por el proveedor del equipo. Esto limita el adecuado desarrollo del área de Rx en instituciones de salud, debido a que los manuales de instalación y todo tipo de documentos previos a la instalación que es realizada por los fabricantes, en su mayoría esa documentación restringida y está protegida por derechos de autor, limitando su distribución, aquí el personal biomédico en las instituciones de salud se ve limitado en información al momento de trabajar con este equipo (Pino Ortiz, 2021).

Por lo tanto, este proyecto realizara la caracterización de un equipo de Rx. Lo cual se refiere al proceso técnico de evaluar y cuantificar las propiedades y parámetros de funcionamiento del equipo. Parecido a un control de calidad, pero este proceso prioriza conocimiento técnico y específico del equipo. Todo esto para establecer un protocolo que guíe el proceso adecuado para trabajar con estos equipos y así garantizar un efectivo funcionamiento del equipo. Por esto el diseño de una guía que recolectara la mayor cantidad de información con respecto a la emisión del documento de caracterización y puesta en marcha de un equipo de Rx es muy importante.

El físico médico en una institución de salud, encargado de la recopilación de documentos necesarios para obtener la aceptación y aprobación de la licencia de funcionamiento (Pino Ortiz, 2021). Por consiguiente en este proyecto se busca generar un protocolo estandarizado que describa las pruebas a realizar de los equipos de Rx presentando los procedimientos y formas en las que se puede realizar estas pruebas y así darles a conocer a las profesionales biomédicos de entidades e instituciones de salud que los profesionales biomédicos son capaces de realizar este proceso de puesta en marcha de un equipo de Rx, conociendo que es necesario contar con este documento para la obtención de la licencia de práctica médica para la utilización de este tipo de equipos de radiación ionizante en sus instalaciones.

Esta guía contendrá información relevante que ayudará en la evaluación de criterios al momento de poner en marcha el equipo. Además, se espera que los profesionales que consulten esta guía puedan comprender el proceso completo de instalación, poner en marcha el sistema y llevar a cabo las pruebas de calidad necesarias para asegurar la aceptación del servicio de radiología antes de su funcionamiento.

MARCOS DE REFERENCIA

MARCO TEORICO

Establece las bases necesarias para comprender la relevancia de este proyecto, destacando la importancia de la caracterización y puesta en marcha de equipos de Rayos X en un contexto contemporáneo. Además, explora una revisión teórica de documentos relacionado al tema de investigación para buscar referentes que ayuden a definir los procesos, protocolos, parámetros, características, factores importantes y las normativas pertinentes que respaldan la necesidad de desarrollar una guía robusta en el proceso de caracterización y puesta en marcha de un equipo de Rx.

Historia

En 1870 diferentes universidades iniciaron investigación relacionadas con rayos catódicos mediante un tubo de cristal el cual se encontraba vacío, conocidos como tubos de Crookes, haciendo honor al apellido de su creador, William Crookes. (Bushong, 2022). Esto abrió paso para que años después en 1895 por accidente, el físico Wilhelm Conrad Roentgen, que se encontraba estudiando los rayos catódicos en un tubo de descarga gaseosa de Crookes. Ubico uno de estos tubos en una caja de cartón negro, pero al trabajar con el Wilhelm noto que una pantalla de platino cianuro de bario cerca del tubo emitía una luz fluorescente siempre que entraba en funcionamiento el tubo de Crookes.

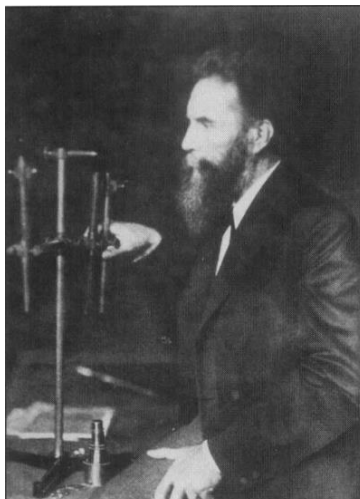


Figura 1. Roentgen en 1906, siendo director del Instituto de física de la Universidad de Múnich.

Nota. Figura obtenida de (Guerrero. L,1995)

Este optó por realizar unos experimentos adicionales en donde determinó que esta fluorescencia que emitía la pantalla se debía a una radiación invisible la cual era más penetrante que los rayos ultravioletas. Wilhelm los llamó “rayos X” ya que hasta ese momento eran de una naturaleza desconocida. (Universidad Nacional de Andalucía, 2016). Roentgen convencido de que tenía una gran invención en sus manos le tomó una radiografía a la mano de su esposa Anna Ludwig en la mano izquierda el 22 de diciembre de 1895. La imagen resultante los sorprendió y Röntgen llegó a la conclusión de que los Rayos X podrían tener importantes aplicaciones en medicina. (Universidad Nacional de Andalucía, 2016)

Desde su descubrimiento, los rayos X han tenido un enorme impacto en diversos campos, podemos resaltar que el más importante es en medicina con el radiodiagnóstico.

Como Funciona Un Equipo De Rayos X

Cuando se enciende un equipo de rayos X, lo que sucede es que fluye una corriente eléctrica baja a través de un filamento el cual se encuentra en el cátodo del equipo con el fin de empezar a calentarlo y prepararlo para la sacudida termina que exige la producción de este tipo de rayos. Lo

que sucede cuando el operador del equipo solicita emisión de rayos X en la consola, la corriente del filamento aumenta de manera brusca en un proceso llamado emisión termoiónica que consiste en la emisión de una ráfaga de electrones de los átomos del filamento. (Universidad Nacional de Andalucía, 2016).

Los electrones que viajan desde el cátodo hasta el ánodo constituyen la corriente que se presenta en el tubo de los rayos X, estos electrones entran en interacción con los átomos del material del cual este formado el Ánodo, que normalmente es un material como el tungsteno, en esta interacción los electrones ceden parte de su energía cinética a estos por lo que van disminuyendo su velocidad, esta energía casi que en un 99% se transforman en calor, y solo el 1% en radiación. En este proceso en donde los electrones disminuyen su velocidad y cambian su trayectoria, esa energía reaparece en forma de fotón de rayos X, y esta radiación se conoce como radiación de frenado o de bremsstrahlung. (Universidad Nacional de Andalucía, 2016).

Antecedentes

Debemos tener claro que trabajar con estos equipos conlleva un proceso de rigurosidad, el cual abarca una serie de normativas que se encargan de regular todo el relacionado a estos equipos. A nivel internacional existen muchas regulaciones, cuando se trata de equipos de Rx, hay varios países que establecieron requisitos y medidas obligatorias para la de protección del personal que se expone de radiaciones ionizantes, A nivel Internacional Europa cuenta con la Directiva 2013/59/Euratom del Consejo de la Unión Europea, o también conocida como la Directiva de Protección Radiológica Básica, establece los principios fundamentales para la protección de la salud de las personas contra los peligros derivados de la exposición a radiaciones ionizantes

(Álvarez, 2023). Cabe resaltar, que cada país es libre de adoptar las medidas necesarias para regular el tema de radiación ionizante.

En España existe el Real decreto 783/2001 el cual aprueba el reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizante (García Delgado, 2019). Además, cuentan con El Protocolo Español De Control De Calidad En Radiodiagnóstico, este establece los principios para la regulación de la calidad en equipos de radiodiagnóstico, para tener un correcto uso de las radiaciones ionizantes y así poder obtener imágenes con óptima calidad con el menor riesgo posible. Desde que iniciamos el proceso de captura de una complejión anatómica hasta que se da el diagnóstico de la imagen obtenida, existe una serie de procesos que deben ser ejecutados de la forma correcta, donde la posibilidad de un fallo debe ser la más mínima posible. Por esto los profesionales en radiodiagnóstico deberán consolidar que las imágenes que provienen de una institución de salud cuentan con la calidad idónea que permita obtener la información adecuada, con el menor costo posible y la menor exposición a radiación (Protocolo Español De Control De Calidad En Radiodiagnóstico, 2011).

A nivel regional en América latina hay varios países que disponen de documentos y normativa que regulan este proceso de calidad relacionados al funcionamiento para la correcta puesta en marcha de equipos como rayos X. América latina y el Caribe cuenta con protocolos que ayudan a los profesionales médicos en la puesta en funcionamiento de los equipos para asegurar obtener buenas imágenes y de óptima calidad para el diagnóstico, como lo es el documento “Protocolos de Control de Calidad para Radiodiagnóstico en América Latina y el Caribe”, este es un documento que describe a detalles cada uno de los procesos y las pruebas que los profesionales físicos y técnicos deben realizar a los equipos que emiten radiación ionizante en general (OIEA, 1958). Este documento contiene varios capítulos, los cuales explican los procedimientos para el

control de calidad y buena puesta en marcha de este tipo de equipos. En Argentina cuentan con la ley 17.557 decreto N°6320 de 1968, donde se establece todo lo relevante a la dosimetría personal (García Delgado, 2019).

A nivel local en Colombia, las instituciones de salud deben contar con varios documentos y requisitos para poder implementar servicios que trabajen con equipos de radiación ionizante, uno de esos requisitos es cumplir con una licencia de prácticas médicas, con esta licencia se faculta al prestador de servicios de salud en hacer uso de equipos generadores de radiación ionizante, ya sean fijos móviles, esto durante cierto periodo tiempo, tal y como lo establece la Resolución 482 de 2018. Esta norma entró en vigor desde el 1 de marzo del año 2019 emitida por el Ministerio de Salud y Protección Social. Según el equipo o categoría la licencia se entregará de la siguiente forma:

Tabla 2. *Categorías para la licencia de práctica médica.*

Categoría	Vigencia	Aplicación
Categoría I	5 años	- Radiología odontológica periapical - Densitometría ósea
Categoría II	4 años	- Radioterapia - Radiodiagnóstico de alta complejidad - Radiodiagnóstico de Media complejidad - Radiodiagnóstico de baja complejidad - Radiografías odontológicas panorámicas y tomografías orales.

Nota: Elaboración propia de la tabla, basado en la resolución 482 del 2018.

Entre todos los requisitos que hay que obtener y cumplir para la solicitud y obtención de la licencia de prácticas médicas, debemos contar con el documento de caracterización y puesta en marcha del equipo, que debe ser emitido por el instalador del equipo. (Ministerio de Salud y Protección Social, 2018)

Esta investigación busca generar una guía para que cualquier empresa o profesional encargado en la instalación de este tipo de equipos pueda emitir este documento de caracterización y puesta en marcha y especificar las pruebas que podrían realizarse para dar garantía del buen funcionamiento de estos equipos previos a su uso en el servicio, a vez, también les sirva a los prestadores de servicios en salud saber que pruebas le realizaron al equipo, como se emite este documento. En la aplicación médica, las prácticas que involucran la radiación ionizante son las responsables de la más alta exposición de la población de este tipo de radiación por eso a nivel internacional y nacional debe haber una reglamentación en protección radiológica principalmente en las exposiciones ocupacionales.

Es de mucha importancia antes de la puesta en servicio de un equipo de Rx, se le realizan distintas pruebas para comprobar su correcto funcionamiento, comprobar que las dosis emitidas se mantengan dentro de los rangos configurados por el operario y que no exista ningún tipo de fuga en las áreas colindantes.

Para la generación de la guía de este trabajo, describiremos ciertas pruebas que se le puede realizar a este tipo de equipos apoyándonos en el Protocolo de Control de Calidad en Radiodiagnóstico (Arcal 49) y IAEA (Tecdóc 1958) el cual describe el procedimiento de las pruebas mínimas que se deberían realizar para la aceptación y comisionamiento de equipos nuevos, así como también pruebas de constancia del buen uso de estos equipos las cuales son realizadas periódicamente. (IAEA Organismo Internacional de Energía Atómica, 2001)

Estos procedimientos que describiremos en la presente guía deben ir de la mano con los efectuados para el control de calidad del equipo, ya que este es de gran importancia para evaluar de manera correcta las características de los parámetros físicos por los cuales se rige la operación de estos equipos, siempre con la finalidad de asegurar que las exposiciones a dosis de radiación están dentro del rango seguro para el paciente y usuarios. (Restrepo Valencia, 2019).

MARCO CONCEPTUAL

El principal objetivo del radiodiagnóstico es obtener imágenes de óptima calidad para el diagnóstico con la menor exposición posible de radiación en el paciente, varios elementos básicos que hay que entender y analizar en el proceso radiológico y son:

Rayos X

Los rayos X se pueden definir como una forma de radiación electromagnética, las cuales son invisibles para el ojo humano, y que son capaces de atravesar cuerpos opacos. Normalmente la longitud de onda de este tipo de radiación oscila entre 15 a 0.01nm (Nanómetros), correspondiendo a frecuencias que oscilan entre los rangos de 30 a 30000 Hz. (Avilés & Rada Tellería, 2015).

Equipo De Rayos X

Este es el dispositivo encargado de la generación de radiación que permitirá la obtención de la imagen. La principal función de un equipo de Rayos X es ver fracturas, sin embargo, este complejo equipo no se limita solo a ver huesos rotos, desde una mamografía es posible detectar el cáncer de mama, otro claro ejemplo son las radiografías de tórax las cuales permiten detectar una neumonía. La complejidad de estos equipos crea una necesidad de instruir profesionales

biomédicos capacitados correctamente para preservar cada uno de los sistemas de estos equipos en perfecto estado para su operación. (Universidad Nacional de Andalucía, 2016).

Los equipos de rayos X, presentan diferentes tamaños y formas, según el espectro de la energía que disipa y la diversidad del examen a realizar. Este dispositivo está constituido por una ampolla de cristal donde se ha hecho vacío, conteniendo, además, dos electrodos los cuales están sometidos a una alta diferencia de potencial los cuales son llamados ánodos y cátodos, además tiene un tubo, que está montado en una carcasa revestida de plomo, encargado de enviar partículas de rayos x de forma controlada a través del cuerpo y las imágenes se registran en una computadora o en una película.

Los rayos X se clasifican según su capacidad y aplicación, nos enfocaremos en rayos X fijos; los cuales tienen diferentes usos, normalmente presentan diferentes características técnicas. Estos equipos normalmente trabajan en rangos desde los 100 a 1200 mA y alcanzan hasta los 250 KV.



Figura 2. Ejemplo de equipo de Rayos X, modelo GXR de piso

Nota. Figura obtenida de PromedCo Colombia. (s. f.). <https://www.promedco.com/catalogo-de-productos/gxr-de-piso/equipos-imagenes-diagnosticas>

Factores De Exposición

Hay ciertos parámetros que se deben tener en cuenta cuando se opera un equipo de rayos X para poder generar imágenes de mucha calidad creadas con este tipo de rayos, algunos de estos parámetros son:

Tabla 3. *Parámetros importantes en la operación de un equipo de Rayos X.*

Parámetros	
Pico de Kilo voltaje	Este parámetro es de los fundamentales, ya que es primordial para la calidad del haz que saldrá del tubo de Rayos X, eso quiere decir que es el parámetro que se encarga de determinar la penetración que sufre del haz primario al paciente. Esto teniendo en cuenta que si aumentamos el kVp aumentaría la energía del haz de Rayos X emitido, siendo este el principal controlador del contraste de la imagen. (Segovia, 2016)
Mili amperaje	El Ampere es la unidad de corriente eléctrica, teniendo en cuenta la relación Ampere = Coulomb por cada Segundo, en este caso siendo el responsable de la cantidad de Rayos X producidos. (Segovia, 2016)
Tiempo de Exposición	Nos referimos a tiempo de exposición al tiempo al cual es sometido el paciente al Haz de Rayos X, esto teniendo un claro objetivo el cual es lograr que este tiempo de exposición sea el menos prolongado posible. (Segovia, 2016)
Distancia Fuente-Objeto	Es la distancia que permite realizar un estudio radiográfico y el respectivo enfoque a la zona de estudio desde el tubo de Rx hasta el Paciente. (Segovia, 2016)

Nota: Elaboración propia.

Paciente

Cuando se empezó a mirar dentro del cuerpo humano la comunidad médica estaba muy emocionada por este gran avance ya que era posible conocer el interior del cuerpo humano sin un bisturí. En esa época se desconoce los graves efectos que producían los rayos X, muchos profesionales de la medicina, físicos y pacientes se enfermaron y otros incluso murieron, las

primeras medidas de protección tomadas en contra la radiación fueron la incorporación del tubo de Rx dentro de un armazón protector, que cubriera completamente él tubo para evitar la menor salida de radiación, además del uso de un colimador para que el haz de electrones se concentra, y la implementación de ropa protectora. Con el avance del tiempo se trabaja en la digitalización de las imágenes obtenidas y en la reducción recibida por el paciente y los trabajadores relacionados con el uso de estos equipos (Bolsico Romero, 2020).

El rol del paciente es fundamental ya que es el objeto de la imagen y filtro de la radiación. Debido a esto encontramos el término de seguridad radiológica, que es básicamente todos esos procesos que se deben llevar a cabo en busca de la protección del paciente. Además el paciente es la principal fuente de exposición a la radiación Ionizante para lo que respecta la población natural y las practicas medicas de la misma. (Consejo De Seguridad Nuclear, 1990)

Conociendo la importancia del paciente debemos especificar que todo proceso de instalación de equipos que emiten radiación ionizante debe cumplir requisitos que cuenten con las condiciones ideales para la buena práctica de actividades relacionadas a la exposición directa o indirecta de radiaciones ionizantes, todo esto con el fin exposiciones y aportar acciones de tipo correctivo en pro de las personas expuestas y la institución. Es necesaria la evaluación y el control en busca de prevenir la posibilidad de riesgo de exposición a radiaciones ionizantes emitidas por equipos como Rx. Por medio del Ministerio de salud y protección social, se plantean dos problemas fundamentales; primero uno centrado en la protección del trabajador y el segundo en relación con la regulación de estos temas relacionados a seguridad y salud en el trabajo de quienes trabajan cerca de la presencia de radiaciones ionizantes. (Moranchel, 2017).

Siempre se busca evitar emitirles dosis innecesarias a los pacientes que sometidos a rayos X, por eso según La Comisión Internacional De Protección Radiológica, recomienda los siguientes aspectos:

- Reducir las dosis absorbidas.
- Reducir tanto como sea posible la irradiación a otras partes del cuerpo.
- Tratar de evitar las repeticiones innecesarias de irradiaciones durante los procedimientos.

Receptor De La Imagen

Es el dispositivo que debe ser capaz de proporcionar una imagen de la mejor calidad posible con la menor fluencia energética de radiación indispensable para ello. Es el componente crucial que registra y captura la información de los rayos X que atraviesan el cuerpo humano. Esencialmente, el receptor de imagen convierte la radiación de rayos X que pasa a través del paciente en una imagen que puede ser interpretada por un médico. Es muy importante resaltar que, en cualquier tipo de examen se expone al paciente a rayos X, independientemente de la exposición a la radiación puede causar efectos que sean totalmente dañinos para su salud. (Ramírez, Ruiz García, & Hidalgo Rivas, 2022).



Figura 3. Ejemplo de receptor de imagen de rayos X modelo SkyPlate de Philips.

Nota. Figura obtenida de Philips. <https://www.philips.com.co/healthcare/resources/landing/skyplate>.

Seguridad Radiológica

Todo proceso de instalación de equipos que emiten radiación ionizante debe cumplir unos ciertos requisitos que cuenten con las condiciones ideales para la buena práctica de actividades relacionadas a la exposición directa o indirecta de radiaciones ionizantes, todo esto con el fin de exponer y aportar acciones de tipo correctivo en pro de las personas expuestas y la institución. Es necesaria la evaluación y el control en busca de prevenir la posibilidad de riesgo de exposición a radiaciones ionizantes emitidas por equipos como Rx. Por medio del Ministerio de salud y protección social, se plantan dos problemas fundamentales; primero uno centrado en la protección del trabajador y el segundo en relación con la regulación de estos temas relacionados a seguridad y salud en el trabajo de quienes trabajan cerca de la presencia de radiaciones ionizantes. (Manual De Protección Radiológica,2017)

Este tema de radiación ionizante es muy complejo y de mucho cuidado, puesto a que la exposición prolongada de este tipo de radiación hacia el ser humano son muy dañinas y perjudiciales para la salud, por eso a día de hoy contamos con muchas regulaciones para todo lo relacionado a la radiación ionizante; A nivel internacional existen muchas regulaciones, cuando se trata de equipos de Rx, hay varios países que establecieron requisitos y medidas obligatorias para la de protección del personal que se expone de radiaciones ionizantes, A nivel Internacional Europa cuenta con la Directiva 2013/59/Euratom del Consejo de la Unión Europea, o también conocida como la Directiva de Protección Radiológica Básica, establece los principios fundamentales para la protección de la salud de las personas contra los peligros derivados de la exposición a radiaciones ionizantes (Álvarez, 2023). Cabe resaltar, que cada país es libre de adoptar las medidas necesarias para regular el tema de radiación ionizante.

Normalmente para asegurar el correcto funcionamiento de un equipo de Rx en las instituciones de salud se tienen controles de calidad los que implica la medición y revisión de los parámetros de funcionamiento del tubo de rayos X, así como la evaluación de los niveles de exposición a la radiación tanto para el personal de trabajo como para el público cercano al equipo (Restrepo V, 2019).

Caracterización de un equipo de Rayos X

La OIEA en el protocolo de control de calidad de los aspectos físicos de la garantía de calidad en radioterapia, nos introduce el termino de caracterización como un proceso técnico de evaluar y cuantificar las propiedades y parámetros de funcionamiento de dicho equipo. Básicamente la identificación propia del haz de radiación. Esta identificación se realiza para asegurar que el equipo cumple con los estándares de calidad, precisión y seguridad necesarios para su uso en aplicaciones médicas, industriales u otras. La caracterización implica la medición y verificación de diversos aspectos, como la dosis de radiación emitida, la calidad de imagen producida, la estabilidad y precisión de los controles, la uniformidad de la exposición, entre otros.

Puesta en marcha equipo de Rayos X

También es importante resaltar que el proceso de puesta en marcha es la configuración inicial y verificación del correcto funcionamiento de dicho equipo antes de comenzar a utilizarlo para procedimientos radiológicos en un entorno clínico o de diagnóstico y está conformado por informe de calidad, configuraciones realizadas al sistema, Este proceso es esencial para garantizar la seguridad del paciente y la calidad de las imágenes radiológicas. La puesta en marcha se considera completa cuando se ha verificado que el equipo de rayos X está funcionando de manera segura y precisa de acuerdo con las especificaciones del fabricante y los requisitos normativos. A

partir de este punto, el equipo puede utilizarse para procedimientos radiológicos con la confianza de que se mantendrán altos estándares de seguridad y calidad en la atención al paciente (Pino Ortiz, 2021).

Colimador

Es el dispositivo que generalmente este hecho de plomo y que está situado a la salida del tubo de Rx que permite al usuario limitar el campo de radiación. (Organismo Internacional de Energía Atómica, 2021).



Figura 4. Ejemplo colimador Modelo DRGEM MCR Estándar

Nota. Figura obtenida de Sistemas de Radiología. <https://sistemasderadiologia.com.mx/colimador-drgem-mcr-estandar/>

Tenemos otras definiciones importantes que debemos tener en cuenta para la realización de las pruebas, las cuales describiremos a continuación:

Tabla 4. *Definiciones importantes.*

Definiciones

Kilo voltaje(kV)	El kilo voltaje(kV) es un parámetro que tiene alta relevancia, debido a que los rangos de energía que están dentro del espectro de rayos X dependen los fotones en el haz, los cuales dependen de la cantidad de (kV), y en consecuencia, aporta penetrabilidad del mismo haz (Castrillón, W., Morales., J & Garzo, W., 2020)
Haz de rayos X	El haz de rayos X es una corriente o un flujo de radiación electromagnética, que lo encontramos en el espectro en el rango de los rayos X, en donde vemos que este está formado por fotones de alta energía con longitudes de ondas muy cortas. (Haze,D. & Fauber, T., 2018)
Haz primario	Es el haz de rayos X el cual atraviesa la ventana del tubo y que normalmente sus dimensiones transversales estas limitadas con el colimador. (Organismo Internacional de Energía Atómica, 2021)
Artefactos	También son conocidos como artificio, distorsión o adición en una imagen que no tiene una región anatómica estudiada, este artefacto produce cuando se evidencia una alteración en la calidad de la imagen, creando una falsa patología y un falso diagnóstico, por lo que obtendríamos como resultados, una imagen la cual este distorsionada, con información faltante, con una mala praxis entre otros tipos de problemas encontrados. (Ramírez, D., Chahin, V. & León, M., 2023)
Campo de Radiación	Es la sección plana del haz de radiación perpendicular al eje del mismo. (Organismo Internacional de Energía Atómica, 2021)
Campo Luminoso	Sección del haz luminoso la cual esta perpendicular al eje del mismo, y que se utiliza para delimitar el haz de radiación. (Organismo Internacional de Energía Atómica, 2021)
Casetes	Estos son soportes rígidos los cuales se utilizan normalmente en radiografía convencional y radiografía CR(Computarizada) para el sistema de película de pantalla y las placas de imagen respectivamente. (Organismo Internacional de Energía Atómica, 2021)
Exactitud	Es el grado de concordancia entre el estado de una medición y el valor convencionalmente verdadero del mesurando. (Organismo Internacional de Energía Atómica, 2021)
Repetitividad	Es el grado de concordancia entre los resultados obtenidos de forma sucesiva de mediciones del mismo mesurando, trabajando siempre bajo las mismas condiciones de medición. (Organismo Internacional de Energía Atómica, 2021)

Nota: Elaboración propia.

MARCO LEGAL

El área de radiaciones ionizantes en el sector salud está regido por una serie de regulaciones, normas nacionales e internacionales y otros requisitos.

Nacionalmente hablando, las instituciones de salud deben cumplir una serie de requisitos y presentar documentos específicos para la implementación de servicios que involucran equipos de radiación ionizante. Uno de estos requisitos es la obtención de una licencia de prácticas médicas, la cual autoriza a los proveedores de servicios de salud a utilizar equipos generadores de radiación ionizante, ya sean fijos o móviles, durante un período determinado, como lo estipula la Resolución 482 de 2018. Esta regulación entró en efecto a partir del 1 de marzo de 2019 y fue emitida por el Ministerio de Salud y Protección Social. La entrega de la licencia varía de acuerdo al tipo de equipo o categoría de uso.

A nivel nacional también tenemos al Sistema General de Riesgos Laborales, el cual forma parte del Sistema General de Seguridad Social Integral de Colombia, establecido por la Ley 100 de 1993, y que a su vez es supervisado por el Ministerio de Salud y Protección Social y el Ministerio de Trabajo. La Ley 100 de 1993 lo denomina como el “Sistema General de Riesgos Profesionales” (Ley 100, 1993)

A partir de esto, tenemos una serie de normas que nos permiten regular el programa de vigilancia radiológica como:

Tabla 5. *Normas que regulan el programa de vigilancia radiológica en Colombia.*

Normativa

-
- | | |
|----------------------------------|--|
| Resolución 2400 de 1979 | Emitida por el Ministerio de Trabajo y Seguridad Social en el capítulo 2.3.5: habla de las radiaciones ionizantes y exige que “los trabajadores expuestos a radiación ionizante no deben sobrepasar los límites acordados por la Comisión Internacional de Protección Radiológica”. (Resolución 2400,1979) |
| Resolución 180052 de 2008 | Emitida por el Ministerio de Minas y Energía, es un documento que respalda la implementación del sistema de clasificación de las fuentes radiactivas. Este sistema proporciona el marco necesario para desarrollar estrategias de control en la seguridad tecnológica y física de las fuentes radiactivas, particularmente en contextos relacionados con la mejora de las medidas de seguridad física en relación con dichas fuentes y en la preparación y respuesta ante situaciones de emergencia radiológica (Ministerio de Minas y Energía, 2008) |
| Resolución 181778 de 2005 | Emitida por el Ministerio de Minas y Energía, en la cual se fijan las tarifas a cobrar por servicios de licenciamiento, vigilancia y control de usuarios de materiales radiactivos (Ministerio de Minas y Energía, 2005). |
| Resolución 181419 de 2004 | Emitida por el Ministerio de Minas y Energía, por su lado reglamenta la expedición de la Licencia de Importación de Materiales Radiactivos (Ministerio de Minas y Energía 2004) |
| Circular 18044 de 2007 | Emitida por el Ministerio de Minas y Energía, explica que para reportar Dosimetría de los Trabajadores Ocupacionalmente expuestos se exige un reporte de historial Dosimétrico (Ministerio de Minas y Energía, 2007) |
| Circular 18017 de 2009 | Emitida por el Ministerio de Minas y Energía, destaca la función fundamental del Oficial de Protección Radiológica en la planificación, ejecución y supervisión del Programa de Seguridad de la Instalación. Este programa se lleva a cabo en colaboración con los inspectores estatales de seguridad radiológica durante las inspecciones, garantizando la disponibilidad de la información requerida. La circular también enfatiza que el responsable de Protección Radiológica debe satisfacer los criterios de formación y otros requisitos necesarios para la acreditación del personal (Ministerio de Minas y Energía, 2009) |
| Circular 18007 de 2010 | Emitida por el Ministerio de Salud, en la cual se adoptan medidas para la protección de la salud en el funcionamiento de equipos de rayos X, y otros emisores de radiaciones ionizantes, así como el empleo de sustancias radiactivas (Ministerio de Salud,1984) |

- Resolución 13382 de 1984** Es la distancia que permite realizar un estudio radiográfico y el respectivo enfoque a la zona de estudio desde el tubo de Rx hasta el Paciente. (Segovia, 2016)
- Resolución 9031 de 1990** Emitida por el Ministerio de Salud establece procedimientos relacionados con el funcionamiento y operación de los equipos de rayos X y otros emisores de radiaciones ionizantes. Reglamenta el licenciamiento de toda fuente emisora de radiaciones ionizantes y los requisitos técnicos y de personal para dicho licenciamiento (Ministerio de Salud, 1990)
- Ley 9 de 1979** Aborda la protección de la salud y la seguridad de quienes trabajan con radiaciones ionizantes. En su Artículo 150, establece medidas para garantizar dicha protección tanto directa como indirectamente. El Artículo 151 establece la obligación de obtener una licencia del Ministerio de Salud para cualquier individuo que posea o utilice equipos generadores de radiaciones ionizantes. Por último, el Artículo 154 trata sobre la licencia necesaria del Ministerio de Salud para importar equipos de rayos X (Congreso de la República, 1979)
- Decreto 1769 de 1994(Presidencia de la república)** Habla del mantenimiento hospitalario, que se entiende como la actividad técnico-administrativa dirigida principalmente a prevenir averías, y a restablecer la infraestructura y la dotación hospitalaria a su estado normal de funcionamiento, así como las actividades tendientes a mejorar el funcionamiento de un equipo (Decreto 1769, 1994)

Nota: Elaboración propia.

Tabla 6. *Reguladores del programa de vigilancia radiológica internacionalmente.*

Reguladores	
Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP)	Es una organización independiente que emite recomendaciones y directrices sobre la protección radiológica de las personas y el medio ambiente. Sus publicaciones, como las "Recomendaciones de la ICRP", son ampliamente seguidas en todo el mundo.
Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA)	Organismo de las Naciones Unidas encargado de promover el uso pacífico de la energía nuclear y establecer normas de seguridad nuclear y radiológica. Sus normas de seguridad, como los "Estándares de Seguridad de la IAEA", son fundamentales para la regulación de la radiación a nivel internacional.
Convenio sobre la Seguridad Nuclear (CSN)	Tratado internacional establece un marco legal para la seguridad nuclear a nivel internacional. Incluye disposiciones relacionadas con la regulación y vigilancia radiológica en instalaciones nucleares.
Directiva Europea de Protección Radiológica (2013/59/Euratom)	En la Unión Europea, esta directiva establece normativas para la protección radiológica, incluyendo la vigilancia radiológica de trabajadores y la población en general.

Nota: Elaboración propia.

METODOLOGIA

Para llevar a cabo este proyecto de investigación, se implementará una metodología investigativa y práctica. Se realizará una referenciación bibliográfica basada en controles de calidad los cuales actualmente supervisan el correcto funcionamiento de un equipo de Rx en las instituciones de salud, se detallará los procesos de realización de pruebas específicas con el fin de obtener información generalizada de estos equipos. Luego se procederá a especificar cada una de las pruebas fundamentales que se pueden realizar a este tipo de equipo. Partiendo desde la investigación de todos los conceptos, desde cómo funcionan estos equipos de rayos x y la información que se debe tener en cuenta cuando se trabaja con estos equipos.

Por la parte práctica, teniendo en cuenta que actualmente no hay una guía estandarizada que ayude a la generación del documento de caracterización y puesta en marcha de equipos de rayos X, el cual es uno de los requisitos fundamentales para el otorgamiento de la licencia de práctica médica en donde se deben presentar los resultados de las pruebas de caracterización y puesta en marcha de dichos equipos. Después de determinar las pruebas se utilizará como referencia equipos de rayos X en instituciones de salud de barranquilla.

Tipo de Investigación

En la realización de este proyecto se definieron el tipo de investigación que se está empleando de la siguiente manera:

Investigación aplicada: Debido a que se busca el diseño de un nuevo producto que servirá a estandarizar un documento guía para la correcta la caracterización y puesta en marcha de un equipo de rayos X.

Investigación cualitativa: Parte de la metodología es realizar una investigación cualitativa la cual considerara información de fuentes bibliográficas sobre los documentos utilizados actualmente como guía o protocolo en la caracterización y puesta en marcha de un equipo de rayos X, también se tomó en consideración información secundaria, proporcionada por el profesional físico médico, y la información resultante del proceso de implementación.

Tipo de Estudio

Este es un modelo que busca la generación de conocimiento a través de la demostración de la importancia de contar con guías para la emisión de este tipo de documentos para la región, además en la investigación tendremos presente las reglamentaciones internacionales vigentes

específicamente en el tema de la radiación ionizante, que requisitos debemos cumplir para poder trabajar con este tipo de equipos, y tendremos en cuenta toda la normatividad y reglamentación vigente a nivel nacional y departamental. En la realización de este proyecto se definieron el tipo de investigación que se está empleando de la siguiente manera:

Investigación documental: Para la construcción de esta propuesta se inició con una búsqueda de información relacionada de este tipo de documento como; controles de calidad o protocolos. Para tomarlos como referencia durante la elaboración de la presente guía.

Investigación de Desarrollo: El enfoque principal es desarrollar una guía como producto. El proyecto busca crear un producto útil y aplicable, en este caso, un protocolo como una guía práctica y estandarizada para la caracterización y puesta en marcha de equipos de Rayos X.

Selección e implementación de las pruebas para la construcción de la guía.

El proceso de selección de las pruebas fue guiado por un profesional Físico Médico, con amplia experiencia en este campo, quien garantiza que estas pruebas son las ideales a realizar en la caracterización y puesta en marcha de un equipo de Rx. Debido a que estas pruebas se consideran como las más apropiadas para garantizar que un equipo de rayos X funcione correctamente. Todas estas pruebas deberán ser realizadas previo inicio de funcionamiento del equipo o después de realizar cambios en el sistema que puedan afectar en términos de protección radiológica.

Las pruebas que se indican a continuación están basadas en Manuales de Control de Calidad para Radiodiagnóstico y Radiología.

1. Funcionamiento Mecánico (Movimientos y Frenos).
2. Señal Luminosa o conexión a señal luminosa.

3. Paradas de emergencia o interruptores del haz.
4. Coincidencia de campos.
5. Perpendicularidad del eje central del haz con la mesa y el receptor.
6. Uniformidad Y Artefactos Del Detector

Descripción De Las Pruebas

Prueba N° 1: Funcionamiento Mecánico (Movimientos Y Frenos).

- **Objetivo:** Verificar que todos los movimientos y frenos del equipo de Rx funcionen correctamente y de acuerdo con las especificaciones del fabricante.
- **Referencia:** Metodología propuesta.
- **Materiales necesarios:**
 - Lista de verificación o protocolo de prueba proporcionado por el fabricante.
 - Personal calificado y entrenado.
- **Pasos del procedimiento:**
 1. **Preparación:** Asegurar que el equipo de Rx esté apagado y desconectado de la fuente de alimentación. Colocar el equipo en una posición adecuada para realizar las pruebas de movimiento y acceso a todos los componentes relevantes.
 2. **Inspección visual:** Realizar una inspección visual detallada de todo el equipo en busca de signos de daño o desgaste y asegurar de que no haya obstrucciones cerca de las partes móviles del equipo.
 3. **Verificación de movimientos:** Seguir las instrucciones del fabricante para mover cada

componente del equipo, como el brazo articulado del equipo, la mesa de rayos X y el colimador. Comprobar que los movimientos sean suaves y precisos, sin ruidos inusuales ni resistencia excesiva y asegurar de que todos los movimientos se puedan detener y bloquear en las posiciones deseadas.

4. **Prueba de frenos:** Verificar el funcionamiento de los frenos en cada componente móvil. Esto incluye frenos en el brazo articulado del equipo, la mesa de rayos X y el colimador. Hay que asegurar de que los frenos se activen y desactiven correctamente, manteniendo las posiciones de manera segura cuando están activados.
5. **Verificación de alineación:** Si el equipo tiene características de alineación automática o programas de posicionamiento predefinidos, verifica que estos funcionen correctamente. Utiliza herramientas de medición adecuadas para asegurarte de que los movimientos del equipo se alineen con precisión con las marcas de referencia.

Es importante realizar regularmente esta prueba de funcionamiento mecánico y frenos según el programa de mantenimiento preventivo del equipo, así como después de cualquier intervención de servicio importante. Esto garantizará que el equipo de Rx opere de manera segura y eficiente en todo momento.

Prueba N° 2: Señal Luminosa O Conexión A Señal Luminosa.

- **Objetivo:** Verificar que los indicadores luminosos y las señales visuales en el equipo de Rx estén operando correctamente y sean visibles en condiciones normales de iluminación.
- **Referencia:** Metodología propuesta.
- **Pasos del procedimiento:**

1. **Preparación:** Asegurar que el equipo de Rx esté conectado a una fuente de alimentación eléctrica y esté encendido en modo de espera o en funcionamiento. Verificar que la sala esté iluminada con luz ambiental normal, similar a las condiciones de funcionamiento habituales.
2. **Identificación de indicadores y señales luminosas:** Familiarízate con la ubicación y función de todos los indicadores luminosos y señales visuales en el equipo de Rx. Estos pueden incluir luces indicadoras de encendido, estado, fallos, exposición, entre otros.
3. **Inspección visual:** Realizar una inspección visual de todos los indicadores y señales luminosas y Comprobar que todas las luces estén encendidas y sean claramente visibles en condiciones de luz normal.
4. **Verificación de funciones:** Activar cada función o modo de operación del equipo que debería generar una señal luminosa o indicador visual. Hay que asegurar que las señales se enciendan y apaguen correctamente de acuerdo con el estado y la función del equipo. Verificar que las señales sean visibles desde las áreas de trabajo pertinentes, como la consola de control o la sala de examen.

Prueba N° 3: Paradas De Emergencia O Interruptores Del Haz.

- **Objetivo:** Verificar que las paradas de emergencia o interruptores del haz en el equipo de Rx funcionen adecuadamente y sean efectivos para detener el haz de radiación en situaciones de emergencia o peligro.
- **Referencia:** Metodología propuesta.
- **Pasos del procedimiento:**

1. Identificación de las paradas de emergencia o interruptores del haz. Por lo general, se encuentran en lugares fácilmente accesibles para el operador.

2. Prueba de las paradas de emergencia:

- Activar cada parada de emergencia o interruptor del haz, siguiendo las instrucciones del fabricante.

- Observa si la activación de la parada de emergencia detiene inmediatamente el haz de radiación. Debe haber una interrupción instantánea de la emisión de radiación.

3. Restablecimiento: Siga las instrucciones del fabricante para restablecerla o volver a habilitar el equipo.

Realizar esta prueba de paradas de emergencia es esencial para garantizar la seguridad del personal y de los pacientes, ya que permite detener de manera inmediata el haz de radiación en situaciones de emergencia o peligro, minimizando la exposición a la radiación no deseada.

Prueba N° 4. Y Prueba N° 5: Perpendicularidad Del Eje Central Del Haz Con La Mesa Y El Receptor Y Coincidencia De Campo

- **Objetivo:** Evaluar la desviación entre el campo luminoso y el campo real de radiación y la perpendicularidad del eje central del haz de radiación con relación al plano del receptor de imagen.
- **Indicador:** ángulo entre el rayo central y el plano de medida; diferencias entre los bordes del campo indicado y el campo de radiación

- **Referencia:** Protocolo de control de calidad en unidades radiografía general – Arcal XIX.

- **Instrumentación recomendable:**

- a. Dispositivo para evaluación del colimador, puede ser placa con marcas radiopacas con ejes ortogonales a escala y dos círculos concéntricos.
- b. Dispositivo para prueba de alineación del rayo Central, puede ser cilindro en acrílico con una esfera radiopaca en sus caras superior e inferior.
- c. Chasis con medidas de referencia de 24cm x 30 cm, que conste con pantallas simples y cargado.
- d. Cinta métrica.

- **Procedimiento de prueba:**

- a. Se debe verificar que la simetría y la intensidad del campo luminoso sean los adecuados para la realización de esta prueba.
- b. Colocar el chasis cargado sobre el plano de medida, es decir, el receptor de imagen.
- c. Colocar el dispositivo de evaluación del colimador sobre el chasis.
- d. Colocar el tubo encima del chasis y verificar que se encuentre nivelado en relación al plano de medida.
- e. Posicionar el tubo a una distancia foco-película de 100 cm.

- f. Registrar en el formato elegido por la institución o profesional la distancia utilizada.
- g. Centrar el campo luminoso en el centro el dispositivo mencionado en el literal (a) y ajustar el campo para que coincida con el rectángulo demarcado en la placa.
- h. Colocar el dispositivo para prueba de alineación del rayo Central sobre el objeto mencionado en el literal (a) haciendo coincidir el centro de los dos objetos.
- i. Realizar una prueba de exposición con una técnica radiográfica apropiada.
- j. Ajustar el colimador de forma que el campo luminoso sea mayor que el anterior, alcanzando los límites de la placa o del chasis. Repetir la exposición con los mismos parámetros.
- k. Revelar la película y verificar si la imagen es la adecuada y que caso de que esta no sea la correcta, repetir la prueba configurando otros parámetros de exposición.
- l. Registrar en la película revelada la fecha y código de referencia del equipo, así como el nombre de la institución.

- **Procedimiento de cálculo:**

Para esta prueba se utilizan las medidas directas dada por los indicadores.

- **Interpretación de resultados:**

- a. Perpendicularidad del rayo central:
 - Se debe verificar que la localización de la imagen de la esfera en la superficie superior del cilindro acrílico se encuentre del círculo externo. ($< 3^\circ$)

- Registrar en el cuadro de resumen de evaluación si el ángulo medido es superior o igual a 3°

b. Coincidencia de campo:

- Se debe verificar que la distancia máxima entre los bordes del campo visual y el campo de radiación sea de aproximadamente $\leq 2\%$ de la distancia del foco-película utilizada y comprobar que la suma total de las diferencias entre los bordes es $\leq 4\%$ de la distancia foco-película.
- Registrar en el cuadro de resumen de evaluación si los valores obtenidos están fuera de los niveles aceptables.

Prueba N° 6: Uniformidad Y Artefactos Del Detector

- **Objetivo:** Evaluar e identificar la fuente de los artefactos visualizados en las imágenes radiográficas digitales. Verificar la uniformidad de la imagen.
- **Referencias:** Protocolos de Control de Calidad para Radiodiagnóstico en América Latina y el Caribe (IAEA-TECDOC-1958)
- **Instrumentación recomendable:** Cilindro acrílico, Cinta métrica, Software para análisis de imágenes (Software pueden ser los propios del equipo)
- **Procedimiento de prueba:**
 - a. Fijar la distancia foco-detector mayor a 100 cm.
 - b. Realizar una exposición configurando el equipo con el kV mínimo permitido, el

tiempo de exposición mínimo permitido por el equipo y el mA mínimo permitido por el equipo.

- c. Se recomienda realizar 3 irradiaciones sobre el cassette, donde la primera exposición se haga con los valores ya definidos, la segunda exposición se haga con un valor de +10 kV sobre el valor inicial, y la 3ra exposición con un valor de +20 kV con respecto al valor inicial establecido.
- d. Procesar el cassette IP y utilizando el mismo casete hacer una nueva exposición con el chasis rotado en 180° para reducir el efecto talón (efecto anódico)
- e. Se recomienda realizar la evaluación para todos los cassettes IP disponibles.

- **Procedimiento de cálculo:**

- a. Artefactos: Inspeccionar las imágenes para identificar artefactos.

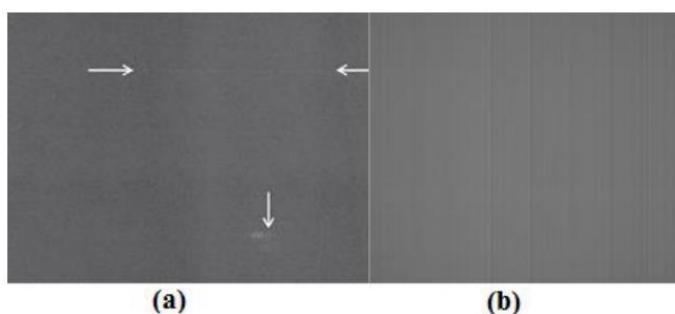


Figura 5. Artefactos en imagen

Nota. Figura obtenida del Protocolo de Control de Calidad para Radiodiagnóstico en América Latina y el Caribe, TEC-DOC 1958. Figura. 5. (a) Imagen en sistema CR con artefactos, (b) Imagen en sistema DR que muestra el comportamiento del umbral de saturación atribuido a la imagen anterior.

IMPLEMENTACION

Las pruebas descritas anteriormente son la base de esta guía, se escogieron pruebas que garantizan que un equipo de rayos X funcione de manera segura, precisa y eficiente desde el momento de su instalación inicial. Cuentan con instrucciones detalladas y directrices específicas aplicables a los equipos de rayos X convencionales. Se implementaron a tres equipos de rayos X en diferentes instituciones de salud a continuación se describirá el proceso de ejecución de las pruebas en cada uno de los equipos.

Pruebas en el equipo de Rayos X - TXR SHF-210

Prueba N°1: Funcionamiento Mecánico (Movimientos Y Frenos).

Se realizó la prueba en esta se verificaron los frenos, brazo articulado del Rx, la mesa de rayos X y el colimador, se activaron y desactivaron correctamente, manteniendo las posiciones de manera segura, esto demuestra que los frenos están en buen estado y son efectivos para detener el movimiento cuando sea necesario. Durante la prueba se escucharon ruidos inusuales en el brazo articulado de rayos X, como chirridos y crujidos, esto debido a el tiempo del equipo, está un poco antiguo el equipo.

La mesa de rayos X y el colimador son suaves, precisos y no presentaron resistencia inusual, esto indica que el funcionamiento mecánico es adecuado y que los componentes se mueven de manera eficiente.

Prueba N° 2: Señal luminosa o conexión a señal luminosa.

Durante la prueba todos los indicadores luminosos, como las luces de encendido, estado y exposición, funcionaron adecuadamente. Esto significa que los indicadores fueron visibles y proporcionaron información útil sobre el estado y el funcionamiento del equipo.

Las señales luminosas son claramente visibles en condiciones normales de iluminación ambiental, esto es un resultado positivo y los indicadores son fáciles de leer para el personal en general. Las señales luminosas se activaron correctamente cuando se realizaron funciones específicas del equipo, como la exposición de rayos X, esto indica que la conexión a la señal luminosa está funcionando adecuadamente.

Prueba N° 3: Paradas de emergencia o interruptores del haz.

Este equipo tenía una parada de emergencia la cual trabajo de forma efectiva ya que se activó de manera inmediata y detuvo el haz de radiación de forma eficaz cuando se presionaron. Esto mostro que los dispositivos de seguridad cumplen su función principal, es una señal positiva de que el sistema de seguridad está operando adecuadamente y puede proteger contra la exposición no deseada a la radiación.

Después de activar la parada de emergencia, el haz se detuvo de inmediato y se reinició de manera controlada siguiendo los procedimientos adecuados, esto indica que los interruptores y las paradas de emergencia funcionan como se esperaba.

Prueba N° 4. Perpendicularidad del eje central del haz con la mesa y el receptor Y Prueba N° 5 Coincidencia de campo

Primero para esta prueba se realizó el procedimiento de Prueba N° 4. Perpendicularidad del eje central del haz con la mesa y el receptor mencionado en la descripción de pruebas. Esta prueba confirmó que el campo de radiación de este equipo coincide con el área del receptor de imágenes, mostrando un resultado positivo. Debido a que la totalidad de la radiación incidida se registró en el receptor.

Para esta prueba se realizó el procedimiento de la Prueba N° 5 Perpendicularidad del eje central del haz con la mesa y el receptor mencionado en la descripción de pruebas. Esta prueba garantizó que el haz de radiación del equipo de rayos X; TXR SHF-210 está adecuadamente alineado y se proyecta de manera precisa sobre el receptor de imágenes de este equipo, lo que es esencial para obtener imágenes radiográficas de alta calidad como se muestra en la figura 7. Además, el eje central del haz está alineado de manera perpendicular con el receptor de imágenes el cual puede ser un detector de imagen digital o una película radiográfica.

Prueba N°6 Uniformidad y artefactos del detector

Esta prueba mostro una imagen radiográfica con una apariencia uniforme en términos de intensidad de los píxeles o elementos de imagen en todo el detector. Pero se hallaron artefactos visibles, como líneas, sombras o patrones extraños que no estén relacionados con las estructuras anatómicas bajo examen. Estos artefactos pueden afectar negativamente la calidad de la imagen y la interpretación del diagnóstico.

Evidencias de Pruebas en el equipo de Rayos X - TXR SHF-210



Figura 6. Parada de Emergencia del equipo de Rayos X - TXR SHF-210.

Nota. Imagen de autoría propia.



Figura 7. Imagen resultante de la prueba N4 al equipo de Rayos X - TXR SHF-210.

Nota. Imagen de autoría propia.

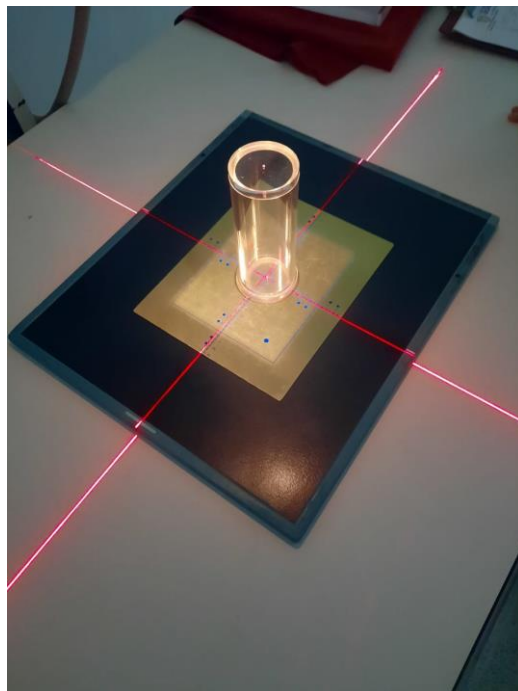


Figura 8. Prueba N4 en el equipo de Rayos X - TXR SHF-210.

Nota. Imagen de autoría propia.

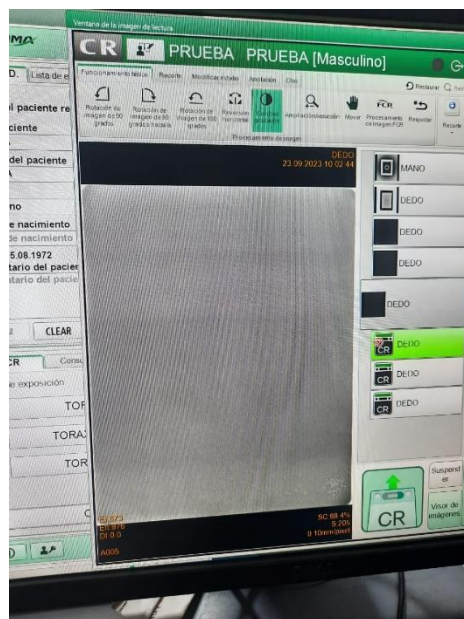


Figura 9. Imagen resultante de la prueba N5 del equipo de Rayos X - TXR SHF-210.

Nota. Imagen de autoría propia.



Figura 10. Imagen resultante de la prueba N5 del equipo de Rayos X - TXR SHF-210.

Nota. Imagen de autoría propia.



Figura 11. Imagen resultante de la prueba N1 del equipo de Rayos X - TXR SHF-210.

Nota. Imagen de autoría propia.

Pruebas en el equipo de Rayos X - SHIMADZU RADSPEED FIT

Prueba N°1: Funcionamiento Mecánico (Movimientos Y Frenos).

En esta prueba tuvo un resultado positivo ya que los movimientos del equipo, como el brazo articulado del equipo de rayos X, la mesa de rayos X y el colimador, son suaves y precisos. No hay resistencia inusual, ruidos inusuales ni dificultades al realizar movimientos. Esto indica que los componentes mecánicos funcionan de manera óptima. Los frenos en el brazo articulado del equipo de rayos X, la mesa de rayos X y el colimador se activan y desactivan correctamente. Mantienen las posiciones de manera segura cuando están activados y permiten el movimiento cuando se desactivan.

Prueba N° 2 : Señal luminosa o conexión a señal luminosa.

Las señales luminosas se activaron de manera apropiada y los indicadores luminosos fueron claramente visibles en condiciones de iluminación ambiental normal.

Prueba N° 3: Paradas de emergencia o interruptores del haz.

Las paradas de emergencia o los interruptores del haz se activaron de manera inmediata en este equipo y detuvieron el haz de radiación de forma eficaz durante esta prueba.

Prueba N° 4. Perpendicularidad del eje central del haz con la mesa y el receptor Y prueba

N° 5 coincidencia de campo

Durante esta prueba se garantizó que el haz de radiación estaba correctamente alineado con la mesa y el receptor de imágenes, y se evidenció que la imagen radiográfica capturada correspondía con precisión a la de prueba.

Prueba N°6 Uniformidad y artefactos del detector

En la imagen de prueba, no se hallaron artefactos visibles, o patrones extraños que no están relacionados con las estructuras de prueba y mostraron una imagen radiográfica con una apariencia uniforme.

Evidencias de Pruebas en el equipo de Rayos X - SHIMADZU RADSPEED FIT

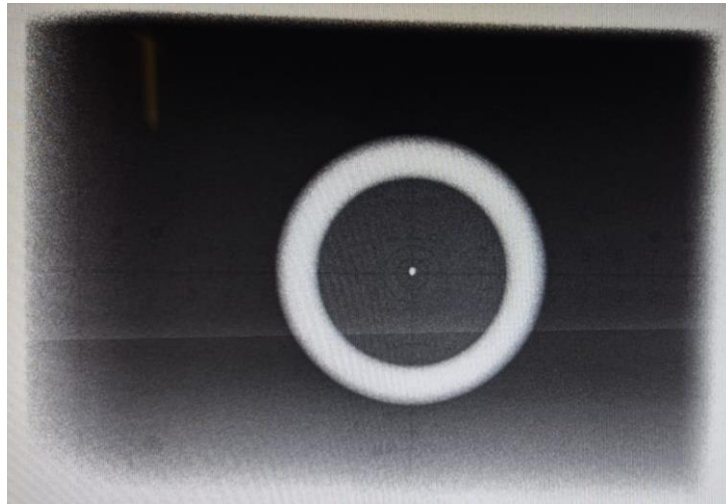


Figura 12. Imagen resultante de la prueba N4 del equipo de Rayos X - SHIMADZU RADSPEED FIT.

Nota. Imagen de autoría propia

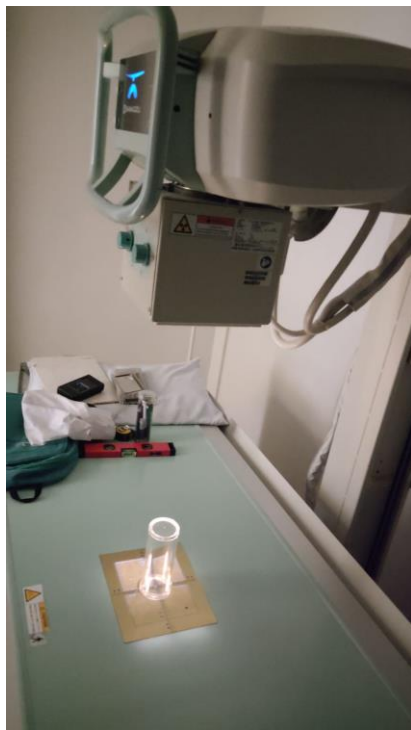


Figura 13. Prueba N4 del equipo de Rayos X - SHIMADZU RADSPEED FIT.

Nota. Imagen de autoría propia.

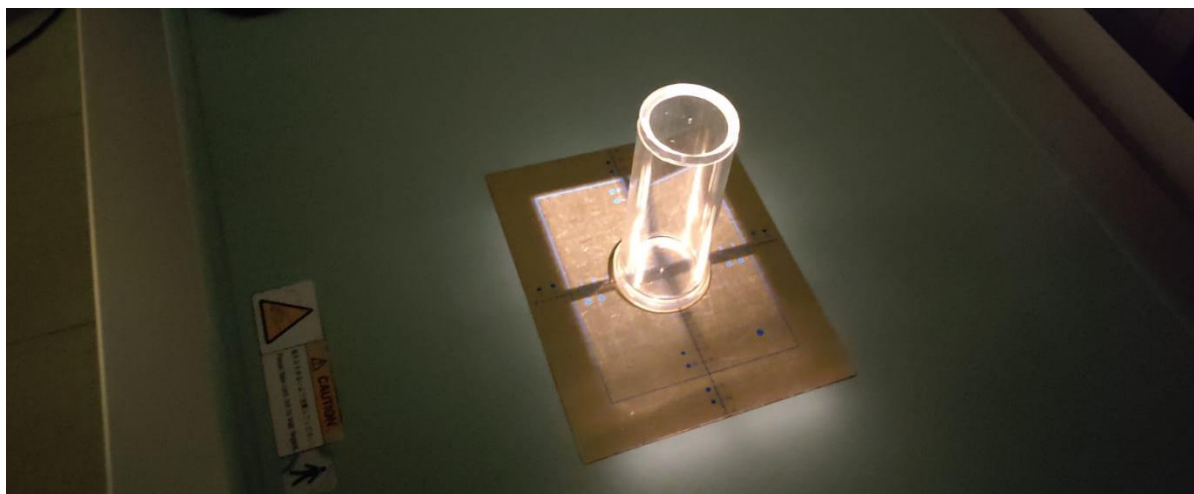


Figura 14. Prueba N4 del equipo de Rayos X - SHIMADZU RADSPEED FIT.

Nota. Imagen de autoría propia.

Pruebas en el equipo de rayos X - GE HealthCare

Prueba N°1: Funcionamiento mecánico (movimientos y frenos).

El resultado de esta prueba presento que el rendimiento mecánico y los sistemas de control del equipo de rayos X de GE Healthcare operaron con una precisión excepcional que aseguro su funcionamiento de manera óptima y confiable. Este nivel de precisión es esencial para garantizar la calidad y la seguridad en los procedimientos radiográficos.

Prueba N° 2 : Señal luminosa o conexión a señal luminosa.

Se obtuvo un resultado favorable todas las señales luminosas, que abarcan desde las luces de encendido hasta los indicadores de estado, fallos o exposición, operaron de manera óptima y se encendieron en concordancia con las acciones ejecutadas en el equipo, podemos.

Prueba N° 3: Paradas de emergencia o interruptores del haz.

Durante esta prueba se evidenció que el sistema de seguridad está funcionando de manera eficiente, lo que implica que tiene la capacidad de salvaguardar de manera efectiva contra la exposición no planificada o indeseada a la radiación. Esto es de suma importancia, ya que garantiza que las medidas de protección radiológica están en su lugar y operan de manera consistente para prevenir cualquier exposición no intencionada a niveles peligrosos de radiación, lo que, a su vez, asegura la seguridad de los operadores, pacientes y cualquier persona en el entorno del equipo radiológico.

Prueba N° 4. Perpendicularidad del eje central del haz con la mesa y el receptor Y prueba N° 5 coincidencia de campo

Durante esta prueba los resultados confirmaron que el eje central del haz de radiación está adecuadamente alineado de manera perpendicular con la superficie de la mesa de rayos X. Este hallazgo implica que el haz de radiación incide de manera precisa y directa sobre la mesa. Este resultado asegura que el equipo de rayos X está calibrado de manera adecuada, lo que es esencial para la obtención de imágenes médicas de alta calidad y para el bienestar de los pacientes.

Prueba N°6 Uniformidad y artefactos del detector

Esta prueba presento una imagen radiográfica en la que se evidencio una apariencia uniforme en lo que respecta a la intensidad de los píxeles o elementos de imagen a lo largo de todo el detector es un indicador clave de la calidad de la imagen radiológica. Los resultados de estas pruebas ofrecen datos esenciales para evaluar el estado del detector. Además, permiten determinar si es necesario implementar medidas correctivas con el objetivo de asegurar el funcionamiento óptimo del equipo de GE Healthcare. Mantener una uniformidad en la intensidad de la imagen es esencial para garantizar que las estructuras anatómicas se representen de manera precisa en las radiografías, lo que contribuye directamente a un diagnóstico confiable y a la calidad del cuidado del paciente.

Evidencias de Pruebas en el equipo de Rayos X - GE HealthCare



Figura 15. Imagen resultante de la prueba N4 del equipo de Rayos X - GE HealthCare.

Nota. Imagen de autoría propia.



Figura 16. Prueba N4 del equipo de Rayos X - GE HealthCare.

Nota. Imagen de autoría propia.

RESULTADOS

Para llegar a este resultado final primero se implementaron pruebas iniciales de acuerdo con los protocolos establecidos, esto en compañía de un profesional en esta área. La implementación de estas pruebas ayudo al proceso de selección para establecer las más idóneas en la guía.

El resultado final sería una guía técnica exhaustiva y detallada que se convertirá en un recurso imprescindible para una amplia gama de profesionales en el ámbito de la atención médica. Esta guía se diseña para beneficiar al personal de salud, que incluye radiólogos, tecnólogos en radiología y médicos que dependen de imágenes diagnósticas precisas, así como a los técnicos biomédicos encargados del mantenimiento y la gestión de equipos de rayos X.

La guía desempeñaría un papel fundamental en la mejora de la calidad general de la atención médica y puede servir como una valiosa fuente de consejos y mejores prácticas para la operación óptima y segura del equipo de Rayos X. Al proporcionar pautas claras y procedimientos detallados para la caracterización y puesta en marcha de los equipos de rayos X. La guía se presenta en el apartado (Anexo 2).

Luego de tener la guía diseñada se implementó a 3 equipos de rayos X, en cada uno de los equipos las pruebas indicaron resultados positivos, lo cual ayudo a demostrar que esta guía es lo suficientemente genérica para ser aplicable a una amplia gama de equipos de rayos X convencionales.

DISCUSION (ANALISIS DE RESULTADOS)

En última instancia, luego del diseño de esta guía técnica se valida como un gran recurso que fomentaría la calidad y la seguridad en la prestación de atención médica, mejorando la experiencia del paciente y contribuyendo al éxito de los profesionales de la salud en su misión de diagnóstico y tratamiento de enfermedades.

En resumen, la guía técnica propuesta tiene un impacto positivo en la calidad de atención médica, la seguridad del paciente y la eficiencia operativa en el ámbito de la radiología médica. Proporciona un marco sólido para el personal de salud y los técnicos y profesionales biomédicos, lo que se traduce en una atención médica más precisa y segura. Además, al facilitar el cumplimiento normativo y la optimización de recursos, la guía contribuye al éxito general de las prácticas médicas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De este proyecto podemos concluir que:

El objetivo principal del proyecto se ha alcanzado con éxito, ya que se ha logrado desarrollar una guía general que facilita la instalación y puesta en marcha de un equipo de radiografía. Esta guía estará disponible para los profesionales biomédicos y personal que trabajan en instituciones de salud, lo que les permitirá realizar un análisis adecuado al utilizar equipos de rayos X. Además, contribuye a una comprensión más profunda de la importancia de las imágenes médicas en un diagnóstico preciso de los pacientes, haciendo hincapié en la relevancia de una puesta en marcha correcta que contribuya al funcionamiento adecuado del equipo de rayos X.

A pesar de la ausencia de un formato predefinido para los informes requeridos al solicitar una licencia de práctica médica, este trabajo les permitirá a los profesionales biomédico de un hospital o clínica a adquirir conocimientos relevantes y realizar pruebas específicas. Esto los capacitará para elaborar un informe completo que incluya información precisa. Este informe tendrá como finalidad establecer normativas y regulaciones para supervisar y controlar la utilización de equipos de radiación ionizante y garantizar la calidad en las prácticas médicas.

REFERENCIAS


- Avilés, I., & Rada Tellería, M. A. (2015). Instalación de equipo de rayos X Centro de salud "María Auxiliadora" urbanización Huajara Oruro. La Paz, Bolivia: Universidad Mayor de San Andrés.
- Ávila Carrillo, Valeria Patricia. (2022). Alteraciones clínicas en la salud del personal expuesto a radiaciones ionizantes en los hospitales. *Revista San Gregorio*, 1(50), 133-147.
<https://doi.org/10.36097/rsan.v0i50.2028>
- IAEA (2014). *Establishing and Maintaining a Radiation Protection Programme*. Vienna: International Atomic Energy Agency
- Pino Ortiz, OF, & Salazar López, C. (2021). *Guía Técnica para la Planificación, Instalación y Puesta en Marcha de un Sistema de Tomografía de Cuarta Generación (Tesis doctoral, ESPOL. FIEC.)*.
- Bushong, S. C. (2022). *Manual de radiología para técnicos: Física, biología y protección radiológica*. Elsevier Health Sciences.
- Universidad Nacional de Andalucía. (2016). *Fundamentos de física médica*. Andalucía: Servicios editoriales.
- Álvarez, A. M. H. (2023). Nuevo Reglamento sobre protección de la salud ante los riesgos de las radiaciones ionizantes. *Alfa*, (53), 44-51.
- García Delgado, J. S. (2019). *Evaluación, propuesta de mejoramiento y actualización del departamento de radiológica de las clínicas veterinarias de la UCC de acorde a la resolución 482 de 2018*. Bucaramanga: Universidad Cooperativa de Colombia.
- Sociedad Española de Física Médica, Sociedad Española de Protección Radiológica, Sociedad Española de Radiología Médica. (2011). *Protocolo español de control de calidad en radiodiagnóstico*.
- DEL OIEA, (1958). *Protocolos de Control de Calidad para Radiodiagnóstico en América Latina y el Caribe*. www-pub.iaea.org, 2-38.


- Ministerio de Salud y Protección Social. (2018). Por la cual se reglamenta el uso de equipos generadores de radiación ionizante, su control de calidad, la prestación de servicios de protección radiológica y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial No. 50.515 .
- IAEA Organismo Internacional de Energía Atómica. (07 de 23 de 2001). Protocolos de Control de Calidad en Radiodiagnóstico. Implementación de las normas básicas de seguridad internacionales en las prácticas médicas. ARCAL 49.
- Restrepo Valencia, J. I. (2019). Implementación de protocolos de control de calidad en equipos de rayos X. Cali: Universidad del Valle.
- Avilés, I., & Rada Tellería, M. A. (2015). Instalación de equipo de rayos X Centro de salud “María Auxiliadora” urbanización Huajara Oruro. La Paz, Bolivia: Universidad Mayor de San Andrés.
- Segovia, M. A. (2016). Implementación de un protocolo de control de calidad para el equipo de rayos X ecoview 9 del área de imagenología del hospital Iess de Riobamba según las normas iso 9001. Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Bolsico Romero, Á. (2020). Pruebas de aceptación en equipos de Rayos X.
- Consejo De Seguridad Nuclear. (1990). Aspectos técnicos de seguridad y protección radiológica de instalaciones médicas de rayos X para diagnóstico. Guía de seguridad N.º 5.11. Madrid, España.
- Moranchel, I. L. (2017). Protección radiológica. Síntesis (Madrid, España).
- Ramírez, L. B., Ruiz García, V., & Hidalgo Rivas, A. (2022). Avances en odontoestomatología. El uso de rayos X en odontología y la importancia de la justificación de exámenes radiográficos. España: Avances Ediciones.
- Ramos N, Oswaldo, & Villarreal U, Manuel. (2013). Disminución de la dosis de radiación en el radiodiagnóstico. Revista chilena de radiología, 19(1), 5-11.
<https://dx.doi.org/10.4067/S0717-93082013000100003>.

- Organización Internacional de Energías Atómicas. (2021). Protocolos de Control de Calidad para Radiodiagnóstico en América Latina y el Caribe. Colección de documentos técnicos del OIEA. TECDOC-1958
- Ramírez, D., Chahin, V. & León, M. (2023). Sistema de detección de artefactos en angiografías mediante técnicas de procesamiento de imágenes e inteligencia artificial. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12749/20322>
- Castrillón-Giraldo, W. S., Morales-Aramburo, J., & Jaramillo-Garzón, W. (2020). Control de calidad en equipos de rayos X en intervencionismo. *Revista Colombiana de Cardiología*, 27, 88-95.
- Hazen, D. C. y Fauber, T. L. (2018). *Radiation Protection in Medical Radiography*. Elsevier. ISBN: 978-0323287803.
- Serie GXR-S Radiología | PromedCo Colombia. (s. f.). <https://www.promedco.com/catalogo-de-productos/gxr-de-piso/equipos-imagenes-diagnosticas>
- SkyPlate detector de rayos X | Philips. (s. f.). Philips. Recuperado 13 de octubre de 2023, de <https://www.philips.com.co/healthcare/resources/landing/skyplate>
- Sistemas de Radiología. Colimador DRGEM MCR Estándar. (2019). *Radiología Medica, Sistemas de Radiología*. <https://sistemasderadiologia.com.mx/colimador-drgem-mcr-estandar/>

ANEXOS

Anexo 1. Formato De Pruebas Para Documento De Caracterización Y Puesta En Marcha De Equipo De Rayos X.

		FORMATO DE PRUEBAS PARA DOCUMENTO DE CARACTERIZACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE EQUIPO DE RAYOS X			FORMATO V.01	
DATOS DE LA INSTITUCION		RAZON SOCIAL	REPRESENTANTE LEGAL	CIUDAD/DEPARTAMENTO	DIRECCION	
DATOS DEL EQUIPO		MARCA	MODELO	SERIE	FABRICANTE	FECHA DE ADQUISICION
DESCRIPCION PROCEDIMIENTO A REALIZAR						
Se mostraran los resultados de las distintas pruebas iniciales, físicas y cualitativas al equipo, con la finalidad de sustentar lo descrito en el documento de Caracterización y Puesta en Marcha de equipos de rayos X.						
Prueba 1. FUNCIONAMIENTO MECÁNICO (MOVIMIENTOS Y FRENOS).						
Descripcion de prueba y resultados:						
Prueba 2. SEÑAL LUMINOSA O CONEXIÓN A SEÑAL LUMINOSA.						
Descripcion de prueba y resultados:						
Prueba 3. PARADAS DE EMERGENCIA O INTERRUPTORES DEL HAZ.						
Descripcion de prueba y resultados:						
Prueba 4. PERPENDICULARIDAD DEL EJE CENTRAL DEL HAZ CON LA MESA Y EL RECEPTOR						
Descripcion de prueba y resultados:						

	FORMATO DE PRUEBAS PARA DOCUMENTO DE CARACTERIZACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE EQUIPO DE RAYOS X	FORMATO V.01
---	---	---------------------

Prueba 5. COINCIDENCIA DE CAMPO	
Descripción de prueba y resultados:	

Prueba 6. UNIFORMIDAD Y ARTEFACTOS DEL DETECTOR			
ARTEFACTOS EN LA IMAGEN	SI		NO
UNIFORMIDAD	SI		NO
Conclusiones de prueba:			

ACCIONES CORRECTIVAS:

CONCLUSIONES FINALES:

ANEXOS:

Anexo 2. Guía de Caracterización y Puesta en Marcha de un equipo de Rx.



**GUÍA TÉCNICA PARA LA CARACTERIZACIÓN Y PUESTA
EN MARCHA DE UN EQUIPO DE RAYOS X**

Facultad de ingeniería, Ingeniería Biomédica

Barranquilla Atlántico

2023

TABLA DE CONTENIDO

1 OBJETIVO	3
2 ALCANCE	3
3 TÉRMINOS Y DEFINICIONES.....	3
4 ¿QUE ES LA GUIA TECNICA DE CARACTERIZACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE UN EQUIPO DE RX?	5
5 INTRODUCCIÓN	5
6 PRUEBAS	6
6.1 DESCRIPCIÓN DE LAS PRUEBAS	6
6.1.1 PRUEBA N° 1: FUNCIONAMIENTO MECÁNICO (MOVIMIENTOS Y FRENOS)	6
6.1.2 PRUEBA N° 2 : SEÑAL LUMINOSA O CONEXIÓN A SEÑAL LUMINOSA.	7
6.1.3 PRUEBA N° 3: PARADAS DE EMERGENCIA O INTERRUPTORES DEL HAZ.	8
6.1.4 PRUEBA N° 4. Y PRUEBA N° 5: PERPENDICULARIDAD DEL EJE CENTRAL DEL HAZ CON LA MESA Y EL RECEPTOR Y COINCIDENCIA DE CAMPO	8
6.1.6 PRUEBA N°6: UNIFORMIDAD Y ARTEFACTOS DEL DETECTOR.....	10
7 ANEXOS	11
7.1 FORMATOS.....	11

1 OBJETIVO

Esta guía técnica busca proporcionar un conjunto detallado de instrucciones, procedimientos y recomendaciones para la correcta caracterización y puesta en marcha de equipos de Rayos X. Esta guía tiene como propósito principal garantizar la seguridad, precisión y eficiencia en la operación de los equipos de Rayos X, así como la obtención de resultados confiables. Se busca servir como una herramienta de referencia esencial para profesionales de la salud, técnicos, investigadores y otros usuarios involucrados en la utilización de equipos de Rayos X en diversas aplicaciones.

2 ALCANCE

La guía está diseñada para ser utilizada por profesionales y técnicos en los campos de la medicina. También puede ser útil para ingenieros biomédicos, físicos médicos, y otros expertos relacionados. Se centra en equipos de Rayos X convencionales utilizados en diversos entornos, incluyendo radiografía médica, radioterapia y control de calidad industrial. La guía proporcionará instrucciones detalladas sobre la caracterización de equipos de Rayos X y los procedimientos relevantes. Esta guía no aborda el mantenimiento técnico y las reparaciones de equipos de Rayos X, ya que esto suele requerir habilidades especializadas y puede variar según el fabricante y el modelo del equipo.

3 TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Rayos X: Los rayos X se pueden definir como una forma de radiación electromagnética, las cuales son invisibles para el ojo humano, y que son capaces de atravesar cuerpos opacos. Normalmente la longitud de onda de este tipo de radiación oscila entre 15 a 0.01nm (Nanómetros), correspondiendo a frecuencias que oscilan entre los rangos de 30 a 30000 Hz. (Aviles & Rada Telleria, 2015)

Equipo de rayos X: Este es el dispositivo encargado de la generación de radiación que permitirá la obtención de la imagen. La principal función de un equipo de Rayos X es ver fracturas, sin embargo, este complejo equipo no se limita solo a ver huesos rotos, desde una mamografía es posible detectar el cáncer de mama, otro claro ejemplo son las radiografías de tórax las cuales permiten detectar una neumonía. (Universidad Nacional de Andalucía, 2016)

Receptor De La Imagen: Es el dispositivo que debe ser capaz de proporcionar una imagen de la mejor calidad posible con la menor fluencia energética de radiación

indispensable para ello. Es el componente crucial que registra y captura la información de los rayos X que atraviesan el cuerpo humano. (Ramirez, Ruiz Garcia, & Hidalgo Rivas, 2022).

Caracterización de un equipo de Rayos X: La OIEA en el protocolo de control de calidad de los aspectos físicos de la garantía de calidad en radioterapia, nos introduce el termino de caracterización como un proceso técnico de evaluar y cuantificar las propiedades y parámetros de funcionamiento de dicho equipo.

Puesta en marcha equipo de Rayos X: el proceso de puesta en marcha es la configuración inicial y verificación del correcto funcionamiento de dicho equipo antes de comenzar a utilizarlo para procedimientos radiológicos en un entorno clínico o de diagnóstico y está conformado por informe de calidad, configuraciones realizadas al sistema, Este proceso es esencial para garantizar la seguridad del paciente y la calidad de las imágenes radiológicas. (Pino Ortiz, 2021).

Kilovoltaje(kV): El kilovoltaje(kV) es un parámetro que tiene alta relevancia, debido a que los rangos de energía que están dentro del espectro de rayos X, dependen los fotones en el haz, los cuales dependen de la cantidad de (kV), y en consecuencia, aporta penetrabilidad del mismo haz (Castrillon, W., Morales., J & Garzo, W., 2020)

Haz de rayos X: El haz de rayos X es una corriente o un flujo de radiación electromagnética, que lo encontramos en el espectro en el rango de los rayos X, en donde vemos que este está formado por fotones de alta energía con longitudes de ondas muy cortas. (Haze,D. & Fauber, T., 2018)

Haz primario: Es el haz de rayos X el cual atraviesa la ventana del tubo y que normalmente sus dimensiones trasversales esta limitadas con el colimador. (Organismo Internacional de Energía Atómica, 2021)

Artefactos: También son conocidos como artificio, distorsión o adición en una imagen que no tiene una región anatómica estudiada, este artefacto produce cuando se evidencia una alteración en la calidad de la imagen, creando una falsa patología y un falso diagnóstico, por lo que obtendríamos como resultados, una imagen la cual este distorsionada, con información faltante, con una mala praxis entre otros tipos de problemas encontrados. (Ramires, D., Chahin, V. & Leon, M., 2023)

Campo de Radiación: Es la sección plana del haz de radiación perpendicular al eje del mismo. (Organismo Internacional de Energía Atómica, 2021)

Campo Luminoso: Sección del haz luminoso la cual esta perpendicular al eje de este, y que se utiliza para delimitar el haz de radiación. (Organismo Internacional de Energía Atómica, 2021)

Casetes: Estos son soportes rígidos los cuales se utilizan normalmente en radiografía convencional y radiografía CR(Computarizada) para el sistema de película de pantalla y las placas de imagen respectivamente. (Organismo Internacional de Energía Atómica, 2021)

Colimador: Es el dispositivo que generalmente este hecho de plomo y que está situado a la salida del tubo de rx que permite al usuario limitar el campo de radiación. (Organismo Internacional de Energía Atómica, 2021)

Exactitud: Es el grado de concordancia entre el estado de una medición y el valor convencionalmente verdadero del mesurando. (Organismo Internacional de Energía Atómica, 2021)

Repetitividad: Es el grado de concordancia entre los resultados obtenidos de forma sucesiva de mediciones de este mesurando, trabajando siempre bajo las mismas condiciones de medición. (Organismo Internacional de Energía Atómica, 2021)

4 ¿QUE ES LA GUIA TECNICA DE CARACTERIZACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE UN EQUIPO DE RX?

Es un documento que ofrece un modelo para realizar el correcto proceso de puesta en marcha de un equipo de Rayos X de manera segura y eficiente, asegurando su uso adecuado en diversas aplicaciones, como el diagnóstico médico. Al seguir las instrucciones minuciosas contenidas en esta guía técnica de caracterización y puesta en marcha, se reducen los riesgos, se garantiza la precisión de las mediciones y se promueve la seguridad de todas las personas que participan en el proceso.

5 INTRODUCCIÓN

Con esta guía se busca orientar a todo profesional biomédico a conocer la importancia del documento de caracterización y puesta en marcha de un equipo, en nuestro caso de un equipo de rayos X, el cual consiste en la realización de ciertas pruebas iniciales a los equipos, las cuales nos arrojaran resultados con los que podremos dar el visto bueno para la entrada al servicio, además de tener en cuenta, que el documento de caracterización y puesta en marcha es requisito para la obtención de la licencia de prácticas médicas de una institución, según podemos ver en la Resolución 482 de



2018, por lo que es muy importante para las instituciones conocer y saber la necesidad de contar con este documento.

6 PRUEBAS

Las pruebas que se indican a continuación están basadas en Manuales de Control de Calidad para Radiodiagnóstico y Radiología.

1. Funcionamiento Mecánico (Movimientos y Frenos).
2. Señal Luminosa o conexión a señal luminosa.
3. Paradas de emergencia o interruptores del haz.
4. Coincidencia de campos.
5. Perpendicularidad del eje central del haz con la mesa y el receptor.
6. Uniformidad Y Artefactos Del Detector

6.1 DESCRIPCIÓN DE LAS PRUEBAS

6.1.1 PRUEBA N° 1: FUNCIONAMIENTO MECÁNICO (MOVIMIENTOS Y FRENOS)

- **Objetivo:** Verificar que todos los movimientos y frenos del equipo de Rx funcionen correctamente y de acuerdo con las especificaciones del fabricante.
- **Referencia:** Metodología propuesta.
- **Materiales necesarios:**
 - Lista de verificación o protocolo de prueba proporcionado por el fabricante.
 - Personal calificado y entrenado.
- **Pasos del procedimiento:**
 1. **Preparación:** Asegurar que el equipo de Rx esté apagado y desconectado de la fuente de alimentación. Colocar el equipo en una posición adecuada para realizar las pruebas de movimiento y acceso a todos los componentes relevantes.
 2. **Inspección visual:** Realizar una inspección visual detallada de todo el equipo en busca de signos de daño o desgaste y asegurar de que no haya obstrucciones cerca de las partes móviles del equipo.
 3. **Verificación de movimientos:** Seguir las instrucciones del fabricante para mover cada componente del equipo, como el brazo en C, la mesa de rayos X y el colimador. Comprobar que los movimientos sean suaves y precisos, sin ruidos inusuales ni resistencia excesiva y asegurar de que todos los movimientos se puedan detener y bloquear en las posiciones deseadas.
 4. **Prueba de frenos:** Verificar el funcionamiento de los frenos en cada

componente móvil. Esto incluye frenos en el brazo en C, la mesa de rayos X y el colimador. Hay que asegurar de que los frenos se activen y desactiven correctamente, manteniendo las posiciones de manera segura cuando están activados.

5. **Verificación de alineación:** Si el equipo tiene características de alineación automática o programas de posicionamiento predefinidos, verifica que estos funcionen correctamente. Utiliza herramientas de medición adecuadas para asegurarte de que los movimientos del equipo se alineen con precisión con las marcas de referencia.

Es importante realizar regularmente esta prueba de funcionamiento mecánico y frenos según el programa de mantenimiento preventivo del equipo, así como después de cualquier intervención de servicio importante. Esto garantizará que el equipo de Rx opere de manera segura y eficiente en todo momento.

6.1.2 PRUEBA N° 2 : SEÑAL LUMINOSA O CONEXIÓN A SEÑAL LUMINOSA.

- **Objetivo:** Verificar que los indicadores luminosos y las señales visuales en el equipo de Rx estén operando correctamente y sean visibles en condiciones normales de iluminación.
- **Referencia:** Metodología propuesta.
- **Pasos del procedimiento:**
 1. **Preparación:** Asegurar que el equipo de Rx esté conectado a una fuente de alimentación eléctrica y esté encendido en modo de espera o en funcionamiento. Verificar que la sala esté iluminada con luz ambiental normal, similar a las condiciones de funcionamiento habituales.
 2. **Identificación de indicadores y señales luminosas:** Familiarízate con la ubicación y función de todos los indicadores luminosos y señales visuales en el equipo de Rx. Estos pueden incluir luces indicadoras de encendido, estado, fallos, exposición, entre otros.
 3. **Inspección visual:** Realizar una inspección visual de todos los indicadores y señales luminosas y Comprobar que todas las luces estén encendidas y sean claramente visibles en condiciones de luz normal.
 4. **Verificación de funciones:** Activar cada función o modo de operación del equipo que debería generar una señal luminosa o indicador visual. Hay que asegurar que las señales se enciendan y apaguen correctamente de acuerdo con el estado y la función del equipo. Verificar que las señales sean visibles desde las áreas de trabajo pertinentes, como la consola de control o la sala de examen.

6.1.3 PRUEBA N° 3: PARADAS DE EMERGENCIA O INTERRUPTORES DEL HAZ.

- **Objetivo:** Verificar que las paradas de emergencia o interruptores del haz en el equipo de Rx funcionen adecuadamente y sean efectivos para detener el haz de radiación en situaciones de emergencia o peligro.
- **Referencia:** Metodología propuesta.
- **Pasos del procedimiento:**
 1. Identificación de las paradas de emergencia o interruptores del haz. Por lo general, se encuentran en lugares fácilmente accesibles para el operador.
 2. Prueba de las paradas de emergencia:
 - Activar cada parada de emergencia o interruptor del haz, siguiendo las instrucciones del fabricante.
 - Observa si la activación de la parada de emergencia detiene inmediatamente el haz de radiación. Debe haber una interrupción instantánea de la emisión de radiación.
 3. Restablecimiento: Siga las instrucciones del fabricante para restablecerla o volver a habilitar el equipo.

Realizar esta prueba de paradas de emergencia es esencial para garantizar la seguridad del personal y de los pacientes, ya que permite detener de manera inmediata el haz de radiación en situaciones de emergencia o peligro, minimizando la exposición a la radiación no deseada.

6.1.4 PRUEBA N° 4. Y PRUEBA N° 5: PERPENDICULARIDAD DEL EJE CENTRAL DEL HAZ CON LA MESA Y EL RECEPTOR Y COINCIDENCIA DE CAMPO

- **Objetivo:** Evaluar la desviación entre el campo luminoso y el campo real de radiación y la perpendicularidad del eje central del haz de radiación con relación al plano del receptor de imagen.
- **Indicador:** ángulo entre el rayo central y el plano de medida; diferencias entre los bordes del campo indicado y el campo de radiación
- **Referencia:** Protocolo de control de calidad en unidades radiografía general – Arcal XIIX.
- **Instrumentación recomendable:**
 - a. Dispositivo para evaluación del colimador, puede ser placa con marcas radiopacas con ejes ortogonales a escala y dos círculos concéntricos.
 - b. Dispositivo para prueba de alineación del rayo Central, puede ser cilindro en acrílico con una esfera radiopaca en sus caras superior e inferior.
 - c. Chasis con medidas de referencia de 24cm x 30 cm, que conste con pantallas simples y cargado.
 - d. Cinta métrica.

- **Procedimiento de prueba:**

- a. Se debe verificar que la simetría y la intensidad del campo luminoso sean los adecuados para la realización de esta prueba.
- b. Colocar el chasis cargado sobre el plano de medida, es decir, el receptor de imagen.
- c. Colocar el dispositivo de evaluación del colimador sobre el chasis.
- d. Colocar el tubo encima del chasis y verificar que se encuentre nivelado en relación al plano de medida.
- e. Posicionar el tubo a una distancia foco-película de 100 cm.
- f. Registrar en el formato elegido por la institución o profesional la distancia utilizada.
- g. Centrar el campo luminoso en el centro el dispositivo mencionado en el literal (a) y ajustar el campo para que coincida con el rectángulo demarcado en la placa.
- h. Colocar el dispositivo para prueba de alineación del rayo Central sobre el objeto mencionado en el literal (a) haciendo coincidir el centro de los dos objetos.
- i. Realizar una prueba de exposición con una técnica radiográfica apropiada.
- j. Ajustar el colimador de forma que el campo luminoso sea mayor que el anterior, alcanzando los límites de la placa o del chasis. Repetir la exposición con los mismos parámetros.
- k. Revelar la película y verificar si la imagen es la adecuada y que caso de que esta no sea la correcta, repetir la prueba configurando otros parámetros de exposición.
- l. Registrar en la película revelada la fecha y código de referencia del equipo, así como el nombre de la institución.

- **Procedimiento de cálculo:**

Para esta prueba se utilizan las medidas directas dada por los indicadores.

- **Interpretación de resultados:**

- a. Perpendicularidad del rayo central:
 - Se debe verificar que la localización de la imagen de la esfera en la superficie superior del cilindro acrílico se encuentre del círculo externo. ($<3^\circ$)
 - Registrar en el cuadro de resumen de evaluación si el ángulo medido es superior o igual a 3°
- b. Coincidencia de campo:
 - Se debe verificar que la distancia máxima entre los bordes del campo visual y el campo de radiación sea de aproximadamente $\leq 2\%$ de la distancia del foco-película utilizada y comprobar que la suma total de las diferencias



entre los bordes es $\leq 4\%$ de la distancia foco-película.

- Registrar en el cuadro de resumen de evaluación si los valores obtenidos están fuera de los niveles aceptables.

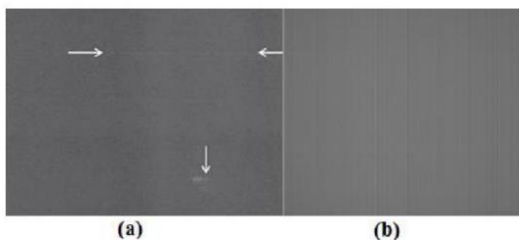
•

6.1.6 PRUEBA N°6: UNIFORMIDAD Y ARTEFACTOS DEL DETECTOR

- **Objetivo:** Evaluar e identificar la fuente de los artefactos visualizados en las imágenes radiográficas digitales. Verificar la uniformidad de la imagen.
- **Referencias:** Protocolos de Control de Calidad para Radiodiagnóstico en América Latina y el Caribe (IAEA-TECDOC-1958)
- **Instrumentación recomendable:** Lámina de Cu de 1 mm de espesor. Vamos a variar esto porque tendríamos que comprar la lámina, Cinta métrica, Software para análisis de imágenes (Ejemplo ImageJ)
- **Procedimiento de prueba:**
 - a. Fijar la distancia foco-detector mayor a 100 cm.
 - b. Realizar una exposición configurando el equipo con el kV mínimo permitido, el tiempo de exposición mínimo permitido por el equipo y el mA mínimo permitido por el equipo.
 - c. Se recomienda realizar 3 irradiaciones sobre el cassette, donde la primera exposición se haga con los valores ya definidos, la segunda exposición se haga con un valor de +10 kV sobre el valor inicial, y la 3ra exposición con un valor de +20 kV con respecto al valor inicial establecido.
 - d. Procesar el cassette IP y utilizando el mismo casete hacer una nueva exposición con el chasis rotado en 180° para reducir el efecto talón (efecto anódico)
 - e. Se recomienda realizar la evaluación para todos los cassettes IP disponibles.

Procedimiento de cálculo:

- a. Artefactos: Inspeccionar las imágenes para identificar artefactos.



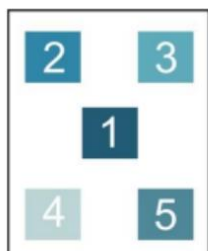
Fuente: TEC-DOC 1958. Protocolos de Control de Calidad para Radiodiagnóstico en América Latina y el Caribe

Figura. 01. (a) Imagen en sistema CR con artefactos, (b) Imagen en sistema DR que muestra el comportamiento del umbral de saturación atribuido a la imagen anterior.

- b. Uniformidad:
- c. Utilizando el software marcar 5 regiones de interés (ROI: Region of interest), el cual coloca una en el centro y otra en las cuatro esquinas, tal como lo veremos en la figura 2. Los resultados nos deben arrojar que el área de cada ROI debe ser igual y de aproximadamente 1 cm².
- d. Determinar el valor medio del pixel (VMP) de cada ROI.
- e. Calcular la diferencia entre los valores de cada ROI de los extremos con respecto al centro según la siguiente ecuación:

$$VMP = 100 X \frac{|ROI_i - ROI_c|}{ROI_c}$$

En donde VMP es el valor medio del pixel, ROI_i es el ROI en las regiones de la periferia y ROI_c es el ROI de la región central.




Fuente: TEC-DOC 1958. Protocolos de Control de Calidad para Radiodiagnóstico en América Latina y el Caribe


Figura 2. Esquema de una imagen con indicación de los ROIs.

- f. **Tolerancias:**
- a. Artefactos: No es aceptable la presencia de marcas en la imagen.
- b. Uniformidad: La diferencia porcentual entre cada ROI periférico contra el valor del ROI central debe ser < +/- 10% para CR y < +/- 5% para DR.

7 ANEXOS

7.1 FORMATOS

 FORMATO DE PRUEBAS PARA DOCUMENTO DE CARACTERIZACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE EQUIPO DE RAYOS X		FORMATO V.01			
DATOS DE LA INSTITUCION	RAZON SOCIAL	REPRESENT ANTE LEGAL	CIUDAD/DE PARTAMEN TO	DIRECCION	
DATOS DEL EQUIPO	MARCA	MODELO	SERIE	FABRICANTE	FECHA DE ADQUISICION
DESCRIPCION PROCEDIMIENTO A REALIZAR					
Se mostraran los resultados de las distintas pruebas iniciales, físicas y cualitativas al equipo, con la finalidad de sustentar lo descrito en el documento de Caracterización y Puesta en Marcha de equipos de rayos X.					
Prueba 1. FUNCIONAMIENTO MECÁNICO (MOVIMIENTOS Y FRENOS).					
Descripción de prueba y resultados:					
Prueba 2. SEÑAL LUMINOSA O CONEXIÓN A SEÑAL LUMINOSA.					
Descripción de prueba y resultados:					
Prueba 3. PARADAS DE EMERGENCIA O INTERRUPTORES DEL HAZ.					
Descripción de prueba y resultados:					
Prueba 4. PERPENDICULARIDAD DEL EJE CENTRAL DEL HAZ CON LA MESA Y EL RECEPTOR					
Descripción de prueba y resultados:					

	FORMATO DE PRUEBAS PARA DOCUMENTO DE CARACTERIZACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE EQUIPO DE RAYOS X	FORMATO V.01
---	--	--------------

Prueba 5. COINCIDENCIA DE CAMPO

 Descripción de prueba y resultados:

Prueba 6. UNIFORMIDAD Y ARTEFACTOS DEL DETECTOR

ARTEFACTOS EN LA IMAGEN	SI		NO	
UNIFORMIDAD	SI		NO	

 Conclusiones de prueba:

ACCIONES CORRECTIVAS:

CONCLUSIONES FINALES:

ANEXOS: