



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE FÍSICA Y MATEMÁTICA

CARRERA DE BIOFÍSICA

“IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD PARA EL EQUIPO DE RAYOS X DIGITAL SIEMENS MULTIX SWING DEL DEPARTAMENTO DE IMAGENOLOGÍA DEL HOSPITAL DE ONCOLOGÍA DE LA UNIDAD ONCOLÓGICA SOLCA CHIMBORAZO”

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de:

BIOFÍSICO

AUTOR: DAVID GONZALO MORENO TREVIÑO

TUTOR: FREDDY BENALCÁZAR

Riobamba–Ecuador

2016

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE FÍSICA Y MATEMÁTICA

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de investigación: IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD PARA EL EQUIPO DE RAYOS X DIGITAL SIEMENS MULTIX SWING DEL DEPARTAMENTO DE IMAGENOLOGÍA DEL HOSPITAL DE ONCOLOGÍA DE LA UNIDAD ONCOLÓGICA SOLCA CHIMBORAZO, de responsabilidad del señor David Gonzalo Moreno Treviño, ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

FIRMA

FECHA

Dr. Freddy Benalcázar

**DIRECTOR DE TRABAJO
DE TITULACIÓN**

Nadia Gonzáles MSc.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Yo, David Gonzalo Moreno Treviño, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este trabajo y el patrimonio intelectual del Trabajo de Titulación pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

DAVID GONZALO MORENO TREVIÑO

TABLA DE CONTENIDO

HOJA DE CERTIFICACION.....	ii
PÁGINA DE RESPONSABILIDAD.....	iii
TABLA DE CONTENIDO.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	viii
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	ix
RESUMEN.....	x
SUMMARY.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	6
1 MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	6
1.1 Generalidades del Equipo de Rayos X.....	6
1.1.1 Equipos de rayos X para Radiología.....	6
1.1.1.1 Componentes de un equipo de radiología.....	6
1.1.2 Emisión y calidad de los rayos X.....	9
1.1.2.1 Por Frenamiento o Bremsstrahlung.....	9
1.1.2.2 Rayos X Característicos.....	11
1.1.3 Características de la imagen digital de rayos.....	12
1.1.4 Características del equipo de rayos X digital SIEMENS Multix Swing.....	12
1.1.4.1 Descripción del Equipo.....	12
1.1.4.2 Características técnicas.....	14
1.1.5 Control de Calidad.....	17
1.1.5.1 Protocolo de control de calidad.....	17
1.1.5.2 Aspectos Generales del Control y Garantía de Calidad en Radiodiagnóstico.....	19
1.1.5.3 Protección contra la radiación.....	21
1.1.5.4 Requerimientos de instrumentación para Control de Calidad.....	22
CAPÍTULO II.....	23
2 MARCO METODOLÓGICO.....	23
2.1 Descripción general de las pruebas del Protocolo de Control de Calidad del Equipo de Rayos X digital Siemens Multix Swing.....	23
2.1.1 INSPECCIÓN Y EVALUACIÓN VISUAL DE LA INSTALACIÓN.....	24
2.1.2 RADIACIÓN DE FUGA.....	25

2.1.3	RADIACIÓN DISPERSA.....	25
2.1.4	PARÁMETROS GEOMÉTRICO.....	25
2.1.5	CALIDAD DEL HAZ.....	26
2.1.6	TIEMPO DE EXPOSICIÓN.....	26
2.1.7	CONTROL AUTOMÁTICO EXPOSICIÓN (CAE).....	26
2.1.8	SISTEMA DIGITAL DE REGISTRO DE PANEL PLANO.....	27
CAPÍTULO III.....		28
3	IMPLEMENTACIÓN DE LAS PRUEBAS DESARROLLADAS EN EL PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD.....	28
3.1	Protocolo de Control de Calidad del Equipo de Rayos X digital Siemens Multix Swing de la unidad oncológica SOLCA Chimborazo.....	28
3.1.1	Presentación.....	28
3.1.2	Objetivo.....	28
3.1.3	Organización del Protocolo.....	28
3.1.3.1	Pruebas de control de calidad.....	29
CAPÍTULO IV.....		41
4	RESULTADOS.....	41
4.1	RESULTADOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOCOLO Y SU ANÁLISIS.....	41
4.1.1	Cronología de pruebas.....	41
4.1.2	Pruebas implementadas al equipo Multix Swing.....	41
4.1.2.1	Pruebas diarias.....	41
4.1.2.2	Pruebas Mensuale.....	49
4.1.2.3	Pruebas Semestrals.....	53
CONCLUSIONES.....		58
RECOMENDACIONES.....		60
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-4 Datos de la prueba Inspección y evaluación visual de la instalación	42
Tabla 2-4 Datos de la prueba Inspección visual del cableado del equipo	43
Tabla 3-4 Datos de la prueba Inspección visual del receptor de imagen	44
Tabla 4-4 Datos de la prueba Inspección visual del panel de control	45
Tabla 5-4 Datos de la prueba Verificación de partes móviles del equipo de rayos X.....	46
Tabla 6-4 Datos de la prueba comprobación de componentes del cabezal	47
Tabla 7-4 Datos de la prueba Inspección física de la camilla	48
Tabla 8-4 Valores obtenidos de la Radiación de Fuga.....	49
Tabla 9-4 Valores obtenidos de la Radiación de Dispersa.....	50
Tabla 10-4 Valores obtenidos del Control automático de la exposición en el mes de Julio	50
Tabla 11-4 Valores obtenidos del Control automático de exposición en el mes de Agosto	51
Tabla 12-4 Valores obtenidos de la Compensación para diferentes tensiones en el mes de Julio	52
Tabla 13-4 Valores obtenidos de la Compensación para diferentes tensiones en el mes de Agosto.....	52
Tabla 14-4 Valores obtenidos de la Compensación para diferentes espesores en el mes de Julio	52
Tabla 15-4 Valores obtenidos de la Compensación para diferentes espesores en el mes de Agosto.....	53
Tabla 16-4 Valores obtenidos de tiempo de exposición en el mes de Julio	53
Tabla 17-4 Valores obtenidos del tiempo de exposición en el mes de Agosto	54
Tabla 18-4 Valores obtenidos de la distancia foco-detector de imagen.....	54
Tabla 19-4 Valores obtenidos de la verificación de la perpendicularidad del haz rayos X	55
Tabla 20-4 Valores obtenidos de la Alineación de campo de luz-campo de radiación-campo de registro.....	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. a) Consola del operador del equipo (Izq.).b) Botonera de la consola. (Der.).....	6
Figura 2-1. Brazo de máquina de rayos X.....	7
Figura 3-1. Tubo de rayos X moderno, de ánodo giratorio.....	8
Figura 4-1. Mesa Radiográfica.....	9
Figura 5-1. Fenómeno de Bremsstrahlung.....	10
Figura 6-1. Espectro de longitud de onda vs. Intensidad de los Rayos X.....	11
Figura 7-1. Equipo de Rayos X Siemens Multix Swing	12
Figura 1-3. Aspecto visual bueno del cableado del equipo.....	30
Figura 2-3. Colocación del delantal plomado	35
Figura 3-3. Posicionamiento de los equipos para prueba.....	35
Figura 4-3. Valores registrados por el dosímetro mediante el software RADEX.....	36
Figura 5-3. Prueba indicador de la distancia foco-detector de imagen	37

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-4. Diagrama de pastel de la Inspección y evaluación de la instalación	42
Gráfico 2-4. Diagrama de barras de la Inspección visual del cableado del equipo.....	43
Gráfico 3-4. Diagrama de barras de la Inspección visual del receptor de imagen	44
Gráfico 4-4. Diagrama de barra de la Inspección visual del panel de control	45
Gráfico 5-4. Verificación de partes móviles del equipo.....	46
Gráfico 6-4. Diagrama de barras de la Comprobación de componentes del cabezal	47
Gráfico 7-4. Diagrama de barras de la Inspección física de la camilla	48

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ARCAL	Acuerdo Regional de Cooperación para la Promoción de la Ciencia y Tecnología Nucleares en América Latina y el Caribe
CAE	Control automático de exposición
CHR	Capa hemirreductora
DFD	Distancia foco-detector
DFI	Distancia foco-imagen
OIEA	Organismo Internacional de Energía Atómica
OMS	Organización Mundial de la Salud
OPS	Organización Panamericana de la Salud
POE	Personal ocupacionalmente expuesto
RD	Radiografía digital
SEFM	Sociedad Española de Física Médica
SEPR	Sociedad Española de Protección Radiológica
SGC	Sistema de gestión de la calidad
SOLCA	Sociedad de Lucha contra el Cáncer

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como finalidad la implementación de un protocolo de control de calidad para el equipo de Rayos X digital Siemens Multix Swing del Departamento de Imagenología del Hospital de Oncología de la Unidad Oncológica SOLCA Chimborazo, mediante pruebas que garanticen la adquisición de una imagen de alta calidad, una baja dosis para el paciente y el personal ocupacionalmente expuesto y la comprobación de la estabilidad de funcionamiento del equipo. En este departamento no se aplicaba ningún control de calidad al equipo, a parte de la verificación del estado de funcionamiento del mismo que realiza la entidad reguladora, es por esta razón que se propuso la ejecución de una serie de pruebas de control de calidad que evalúen el correcto funcionamiento del mismo. Esta investigación describe diferentes pruebas geométricas y de seguridad, que cronológicamente deben ser aplicadas con la utilización de materiales como fantoma, dosímetro, mandil plomado, entre otros, en función a las características del equipo y los instrumentos, materiales e insumos disponibles o de fácil acceso. Las pruebas de control de calidad al equipo fueron elaboradas tomando como referencia otros protocolos internacionales y nacionales ya aplicados, para establecer principalmente los niveles de tolerancia y las periodicidades de ejecución de las diferentes pruebas de control. Como resultado de todas las pruebas aplicadas se obtuvo que los parámetros evaluados se encontraban dentro de los criterios de calidad establecidos en el protocolo, al ser comparados con los rangos de tolerancia establecidos. Se concluye que el equipo funciona correctamente, permitiendo la adquisición de estudios de buena calidad que contribuyen a un diagnóstico adecuado y a una dosis baja para los pacientes y el personal ocupacionalmente, lo que establece una mejoría en la calidad del servicio que ofrece el departamento de Imagenología del Hospital. Se recomienda una capacitación completa del personal que llevará a cabo las pruebas de control de calidad, además de una completa aplicación del presente protocolo para garantizar que el equipo funcione de forma óptima.

Palabras claves: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS MÉDICAS>, <IMAGENOLOGÍA>, <FÍSICA MÉDICA>, <PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD>, <FANTOMA (INSTRUMENTO)>, <RAYOS X>.

SUMMARY

The purpose of the present work was the implementation of a quality control protocol for the Siemens Multix Swing digital X-ray equipment of the Imagenology Department of the Hospital of Oncology SOLCA Chimborazo, through tests that guarantee the acquisition of an image of quality, a low dose for the patient and the occupationally exposed personnel and the verification of the stability of operation of the equipment. In this department no quality control is applied to the equipment, other than the verification of the state of operation of the same that the regulator performs, it is for this reason that it was proposed the execution of a series of tests of quality control that evaluate The correct operation of the same. This research describes different geometric and safety tests, which chronologically must be applied in the use of materials such as phantom, dosimeter, lead, among others, depending on the characteristics of the equipment and the instruments, materials and supplies available or easily accessible. The proposals for quality control to the equipment were elaborated taking as a reference other already applied international and national protocols, to establish mainly the tolerance levels and the periodicities of execution of the different tests of control. As a result of all the tests applied it was obtained that the parameters evaluated were within the quality criteria established in the protocol, when compared with the established tolerance ranges. It is concluded that the equipment works correctly, allowing the acquisition of good quality studies that contribute to an adequate diagnosis and low dose for patients and staff occupationally, which establishes an improvement in the quality of service offered by the department of Imagenology of the hospital. A full training of the personnel that will carry out the quality control tests is recommended, in addition to a complete application of the present protocol to ensure that the equipment works optimally.

Key scope: <TECHNOLOGY AND MEDICAL SCIENCES>, <IMAGENOLOGY>, <MEDICAL PHYSICS>, <QUALITY CONTROL PROTOCOL>, <PHANTOM (INSTRUMENT)>, <X-RAYS>.

INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se realiza e implementa un Protocolo de Control de Calidad para el equipo de Rayos X digital Siemens Multix Swing del departamento de Imagenología de la unidad oncológica SOLCA Chimborazo, elaborado de acuerdo con normativas nacionales e internacionales actualizadas. El objetivo de un Protocolo de Control de Calidad en radiodiagnóstico es establecer normas para los controles de calidad actuales aplicados a equipos de radiodiagnóstico, de manera que contribuyan a alcanzar un uso eficiente de las radiaciones ionizantes y que permitan la obtención de imágenes de alta calidad diagnóstica con el menor riesgo posible para el paciente y para el personal ocupacionalmente expuesto.

El funcionamiento óptimo del equipo de rayos X depende de varios parámetros. Para que el rendimiento de los equipos de rayos X sea constante, deben realizarse controles frecuentes de la calidad que permitan:

- Garantizar el funcionamiento adecuado del equipo de rayos X.
- Reducir la exposición del paciente a la radiación.
- Evitar exposiciones dobles innecesarias.
- Reducir los costes de los servicios de radiología.

Lo ideal es evaluar de manera independiente cada uno de los diversos componentes de la cadena de radiodiagnóstico para identificar algún mal funcionamiento y recomendar su adecuado empleo.

Además, este protocolo permitirá definir de una manera sencilla cómo llevar a cabo las pruebas de control de calidad en este equipo de Rayos X. Consecuentemente, se hace referencia al material necesario para medir los principales parámetros, así como a los márgenes de tolerancia. En el caso de que las diferencias detectadas excedan de los márgenes de tolerancia establecidos, deben tomarse medidas para restablecer la situación de base.

El presente trabajo está estructurado de la siguiente manera:

- En el capítulo I se hace constar las generalidades del equipo de rayos X, detallando la producción de rayos X y características del equipo, se menciona también los aspectos generales del protocolo.

- En el capítulo II se presenta una descripción general de las diferentes pruebas de control calidad con su propósito, las cuales forman parte del protocolo a ser aplicado al equipo de rayos X digital Siemens Multix Swing del departamento de Imagenología de la unidad oncológica SOLCA Chimborazo.
- En el capítulo III se presenta la descripción específica de las pruebas de control de calidad del protocolo, las cuales están clasificadas en pruebas diarias, mensuales y semestrales, dando a conocer niveles de tolerancia, frecuencias, tiempo y personal responsable de ejecutar la prueba y el material requerido y metodología a aplicar.
- En el capítulo IV se presentan los resultados de la implementación de las diferentes pruebas planteadas en el protocolo, donde se hace una comparación de los valores obtenidos con las tolerancias establecidas en cada prueba.

En este trabajo se utilizó el Protocolo Español de Control de Calidad, propuesto por la Sociedad Española de Física Médica, de Protección Radiológica y de Radiología Médica y otros protocolos propuestos para equipos de Rayos X digital y equipos de grafía en general.

Antecedentes

El equipo de rayos X Siemens Multix Swing se encuentra funcionando desde el año 2010 en el área de imagenología del hospital, mediante el cual se obtienen imágenes radiográficas digitales las cuales serán utilizadas por el personal médico para el respectivo diagnóstico del paciente. En el momento de la instalación del equipo se realizaron todas las mediciones y calibraciones correspondientes para que funcione óptimamente. Adicionalmente, al equipo se le realiza mantenimiento técnico de rutina anualmente para asegurar que sigue funcionando correctamente.

Dentro de un programa de aseguramiento de la calidad, “el control de calidad aplicado al radiodiagnóstico comprende las mediciones, la evaluación y el mantenimiento de niveles óptimos de todas las características que pueden definirse, medirse y controlarse”, según lo estipuló la Organización Mundial de la Salud (OMS), 1984. (ACOSTA, 2013)

En la última década se han realizado varios protocolos de control de calidad de equipos de radiodiagnóstico en general y de equipos específicos, los más comunes para tomógrafos, mamógrafos y equipos de radiografía. Algunos de los trabajos de este tipo son:

- El protocolo general de control de calidad para todos los equipos de radiodiagnóstico, realizado por la Universidad Complutense de Madrid, el cual es aplicado a nivel mundial para asegurar la confianza y máximo rendimiento de los equipos de este tipo.
- El llamado “Protocolo Español de Control de Calidad en Diagnóstico”, uno de los más importantes y más usados ya que cubre todo tipo de parámetros técnicos de todos los equipos de radiodiagnóstico que son usados actualmente, incluso los que no usan radiaciones ionizantes como es el caso los equipos de ecografía.
- El protocolo realizado por la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa Perú, en el cual se plantean pruebas de control de calidad para este tipo de equipos, que permiten verificar el desempeño y el estado de los mismos, para que se obtenga una mínima dosis entregada al paciente así como al personal ocupacionalmente expuesto. En este trabajo se analizó los parámetros de desempeño de los equipos de rayos X.

Además de éstas, existe producción teórica nacional de temática semejante, desarrollada incluso en la misma Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Entre estos se tiene: El Protocolo de Control de Calidad para el mamógrafo digital MELODY del Departamento de Imagenología del Hospital Provincial General Docente de Riobamba, publicado como tesis el 09 de enero del 2012 por la Biofísica Nataly Bonilla García.

Así como también el Protocolo de Control de Calidad para el mamógrafo analógico Siemens Mammomat 3000 Nova del Área de Imágenes del Hospital Oncológico Dr. Julio Enrique Paredes C. SOLCA de Ambato, publicado como tesis el 20 de julio del 2012 por el Biofísico Álvaro David Ruiz, o el Protocolo de Control de Calidad para tomografía, presentado por la Biofísica, Nathaly Chávez, realizado en el hospital del IESS de Riobamba y publicado en abril del 2011.

Estas y otras publicaciones, que si bien no son todas específicamente dirigidas a control de equipos de rayos X convencional, intentan, de manera común, contribuir a que se puedan planificar, organizar y llevar a cabo un programa de control de calidad en los servicios de diagnóstico por imagen.

Cabe recalcar, además, que en el hospital SOLCA de Chimborazo sí cuenta con un protocolo de seguridad para el uso de las radiaciones ionizantes, así como también sus instalaciones cuentan con paredes y ventanas plomadas, equipamiento de protección personal para sus profesionales, etc.

Justificación

En el hospital de SOLCA de Chimborazo, el departamento de Imagenología es un área esencial en el procedimiento de diagnóstico y evaluación del tratamiento de un paciente con cáncer, siendo los equipos de radiografía los más utilizados para la observación de estructuras, órganos y tejidos de los pacientes. Este tipo de equipos han ido evolucionando significativamente con el tiempo, ofreciendo una gran ventaja en el área de diagnóstico.

Los equipos de radiografía utilizan radiación ionizante en el proceso de obtención de la imagen, la cual es nociva para la salud en dosis no controladas, razón por la cual se deben aplicar procedimientos y normas de seguridad al trabajar con radiaciones ionizantes. Existen ciertas omisiones de procedimientos y de normas de seguridad por parte del personal que opera dichos equipos, además no se da prioridad a las ventajas que trae consigo la aplicación de pruebas de control de calidad a los equipos que se utilizan.

En el hospital de SOLCA de Chimborazo no se cuenta con pruebas de control de calidad para el equipo de radiografía digital SIEMENS MULTIX SWING que puedan ser ejecutadas por su personal. No se maneja en esta institución un registro en lo referente a control de calidad en radiodiagnóstico.

Al diseñar e implementar un protocolo de control de calidad, se dispone de elementos que permitan la aplicación de controles periódicos de los equipos, los cuales complementados con los procedimientos de mantenimiento preventivo garantizará el funcionamiento óptimo de este equipo, consecuentemente una excelente calidad de imagen y una dosis mínima impartida al paciente y al personal ocupacionalmente expuesto.

Objetivos

Objetivo General

Implementar un protocolo de control de calidad para el equipo de radiografía digital SIEMENS MULTIX SWING del departamento de Imagenología del Hospital de Oncología de la Unidad Oncológica SOLCA Chimborazo.

Objetivos Específicos

- Analizar protocolos nacionales e internacionales de control de calidad de equipos de radiología.
- Revisar las características técnicas del equipo de radiografía digital Siemens Multix Swing del departamento de Imagenología del Hospital de Oncología de la Unidad Oncológica SOLCA Chimborazo.
- Desarrollar las pruebas de control de calidad que se podrían aplicar al equipo de radiografía digital Siemens Multix Swing del Departamento de Imagenología del Hospital de Oncología de la Unidad Oncológica SOLCA Chimborazo.
- Diseñar y elaborar el protocolo de control de calidad tomando en consideración las normas ISO 9000:2008 y 14000 para el equipo de Rayos X digital Siemens Multix Swing del departamento de Imagenología del Hospital de Oncología de la Unidad Oncológica SOLCA Chimborazo.
- Implementar el protocolo de control de calidad para el control del equipo de Rayos X digital Siemens Multix Swing del departamento de Imagenología del Hospital de Oncología de la Unidad Oncológica SOLCA Chimborazo.
- Evaluar los resultados obtenidos con la implementación del protocolo de control de calidad al equipo de rayos X Digital Siemens Multix Swing en el Departamento de Imagenología del Hospital de Oncología de la Unidad Oncológica SOLCA Chimborazo.

CAPÍTULO I

1 MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1 Generalidades del Equipo de Rayos X

1.1.1 Equipos de rayos X para Radiología

Los equipos de rayos X se caracterizan por la energía de los rayos que producen y como estos son utilizados. Así, los equipos de rayos X que se usan para radiodiagnóstico presentan múltiples formas y tamaños. Estos equipos normalmente funcionan con voltajes de 25 a 150 kVp y con intensidades de corriente de tubo de 100 a 1200 mA. (GONZÁLEZ, 2014)

1.1.1.1 Componentes de un equipo de radiología

Consola del Operador: Es el elemento que le permite comprobar al técnico radiólogo los valores de corriente y tensión del tubo de rayos X, de forma que el haz de rayos X útil tenga la intensidad y capacidad de penetración apropiadas. (BECERRA, 2006)

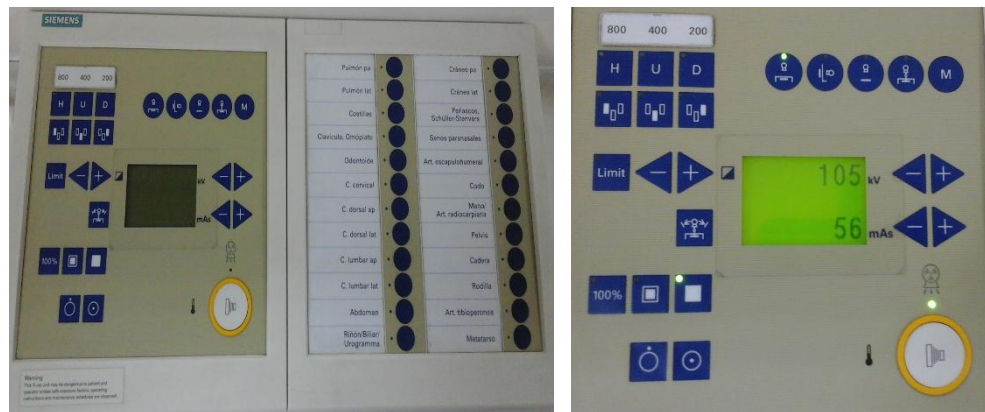


Figura 1-1. a) Consola del operador del equipo (Izq.).b) Botonera de la consola. (Der.)

Fuente: David Moreno

Generador de alta tensión: El generador de alta tensión es un dispositivo que se encarga de convertir la baja tensión que suministran las compañías eléctricas en un kilovoltaje de la forma de onda apropiada. Contiene tres partes principales:

- 1) el transformador de alta tensión

- 2) el transformador de filamento
- 3) los rectificadores

Estos 3 componentes están sumergidos en aceite. Aunque en la sección de alta tensión se genera calor, el aceite se usa fundamentalmente con fines de aislamiento. Las funciones de sus componentes dan como resultado una señal eléctrica apropiada para la producción de rayos x, con corriente y kilovoltaje adecuados. (GONZÁLEZ, 2014)

El tubo de rayos X: Es el lugar físico donde se producen los fotones de rayos X. Su estructura externa consta de tres partes:

- **Brazo o soporte:** Es el mecanismo de soporte diseñado para que el técnico radiólogo pueda manipular el tubo de rayos X con su revestimiento, ya que estos son muy pesados.



Figura 2-1. Brazo de máquina de rayos X.
Fuente: (SIEMENS, 2013)

- **La carcasa de protección:** Los rayos X son generados en forma isótropa, es decir, se emiten con la misma intensidad en todas las direcciones, cuando estos son generados en el tubo, serán útiles solo aquellos que se emitan por la sección especial del tubo de rayos X, llamada ventana, los cuales forman el haz útil, de lo contrario constituirán parte de la radiación de fuga, es decir, radiación indeseada tanto para fines de dosimetría como de calidad de imagen. La función de la carcasa de protección es impedir que los rayos X que no forman parte del haz útil se escapen y ocasionen una exposición innecesaria al paciente y al técnico radiólogo, estos rayos X se conocen como radiación de fuga.

Este revestimiento protector también consta de recintos de alto voltaje diseñados para proteger de las descargas eléctricas accidentales. Adicionalmente, proporciona un soporte al tubo de rayos X, protegiéndolo de daños causados por manipulación poco cuidadosa.

- **La envoltura de cristal o de metal:** Mantiene el vacío en el interior del tubo con el propósito de lograr una producción de rayos X más eficiente y proporcionar al tubo una vida útil más larga.

Estos componentes ofrecen soporte para permitir mover el tubo con facilidad, reducen la radiación de fuga y brindan sostén a las estructuras internas. La estructura interna del tubo está constituida por:

- **Cátodo:** Es el componente negativo del tubo de rayos X y contiene dos partes principales; el filamento, que emite electrones cuando se calienta, y la copa focalizadora, que es la estructura donde se incrusta el filamento y orienta la trayectoria de los electrones hacia el ánodo.

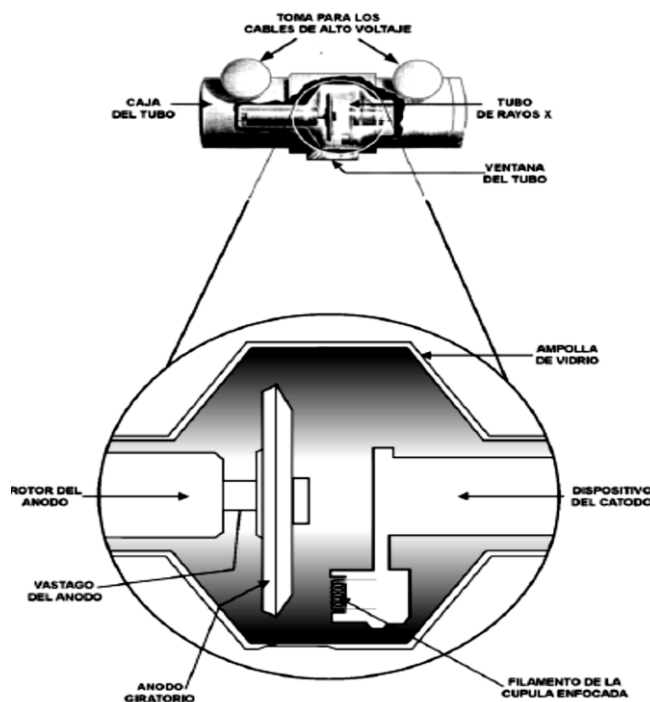


Figura 3-1. Tubo de rayos X moderno, de ánodo giratorio.
Fuente: (BROSED, 2012)

Mesa Radiográfica: Mesa flotante de por lo menos dos modos de posicionamiento, que suministra un diseño de pedestal. La mesa es angosta para facilitar los exámenes y tiene un pivote de piso que facilita el auto-posicionamiento.



Figura 4-1. Mesa Radiográfica
Fuente: (SIEMENS, 2013)

1.1.2 Emisión y calidad de los rayos X

Los rayos X se emiten a través de una ventana practicada en la envoltura de vidrio o metal, para formar un haz de energías diversas. La salida del tubo se caracteriza por la cantidad (número) de rayos X y la calidad (capacidad de penetración) del haz. (GONZÁLEZ, 2014)

Los factores que influyen sobre la calidad y cantidad de rayos X son: corriente instantánea mAs, tensión de pico kVp, distancia fuente-imagen y la filtración. La producción de rayos X se efectúa por dos efectos: Frenamiento o rayos X característicos.

1.1.2.1 Por Frenamiento o Bremsstrahlung

Al polarizarse el filamento que se halla en el cátodo y establecerse en él una corriente de calentamiento, se forma, debido al alto vacío, una nube de electrones en el filamento (SCRIBD, 2009). Al cerrarse el circuito en el momento del disparo, se polariza el ánodo, estableciéndose un campo eléctrico entre ánodo (positivo) y cátodo (negativo), y debido a este campo eléctrico todos los electrones de la nube serán acelerados hacia el ánodo. (SCRIBD, 2009)

Si bien todos los electrones acelerados adquieren la misma energía dependiendo ésta exclusivamente del potencial (kV) aplicado, en cada caso procederán a frenarse e interactuar con los átomos del blanco de manera distinta entregando su energía de un modo diferente, siguiendo cada uno su propia trayectoria. Para el conjunto se puede considerar que del 100% de la energía entregada por los electrones al interactuar con el blanco, el 99% en promedio se transforma en calor al frenarse los electrones y solo el 1% se emite en forma de fotones de rayos

X de energías variables y en espectro continuo entre cero y el valor máximo de energía de aceleración, tal como se describe en el punto siguiente. (SCRIBD, 2009)

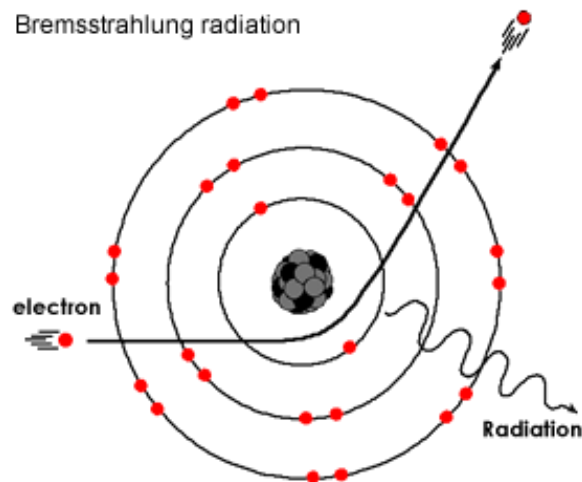


Figura 5-1. Fenómeno de Bremsstrahlung.
Fuente: (BROSED, 2012)

Para estudiar la interacción de los electrones en el blanco del tubo de rayos X, se puede describir tres casos:

En el menos probable de los casos, el electrón se encuentra brusca e inmediatamente con un electrón orbital del blanco produciéndose una violenta desaceleración por repulsión electrostática que motivará la inmediata entrega de su energía cinética con poco gasto de energía por frenado, transformándose el resto en un fotón de rayos X. (SCRIBD, 2009)

En mayor número de casos el proceso de frenado se produce en etapas antes de la colisión final, gastándose en las diferentes desviaciones aproximadamente el 50% de la energía cinética y emitiéndose fotones que solo tienen el 50% restante de la energía inicial del electrón. (SCRIBD, 2009)

Pero es mucho más frecuente todavía el caso de electrones que utilizan en el proceso de frenado casi toda su energía cinética (por ejemplo un 97%), emitiendo fotones de rayos X muy poco energéticos (3% de la energía). (SCRIBD, 2009)

Cabe aclarar que cada electrón tiene probabilidad de generar un fotón de una energía que podrá variar entre cero y el máximo de su energía cinética, conforme sea su trayectoria en el blanco.

Aquellos fotones de muy baja energía, interaccionarán casi en un 95% con la envoltura de vidrio o metal del tubo por efecto fotoeléctrico y por esta razón no pasarán a formar parte del

haz útil. Este vidrio y el aceite de aislamiento constituyen el primer filtro del haz, denominado filtración propia o inherente del tubo, la cual resulta insuficiente para limitar los fotones de muy baja energía y de poco valor diagnóstico. Por esa razón se agregan filtros adicionales de aluminio después de la ventana del tubo, cuya función es atenuar aún más estos fotones denominados “blandos” y evitar que la piel del paciente actúe como filtro.

1.1.2.2 Rayos X Característicos

Durante el proceso de frenado algunos electrones alcanzan la energía justa del salto de banda u orbital (normalmente para los niveles K, L, M) de átomos del blanco. Estos electrones orbitales se excitan y pasan a un nivel energético superior y debido a la necesidad de estabilidad de los mismos, vuelven a su nivel original emitiendo esta diferencia de energía en forma de un fotón de un valor siempre igual y “característico” del material que constituye el blanco. En el caso del tungsteno o wolframio, se presentan picos de emisión de energías fijas comprendidas entre 60 y 65 keV que refuerzan el espectro continuo de emisión y se pueden observar en la figura siguiente. (SCRIBD, 2009)

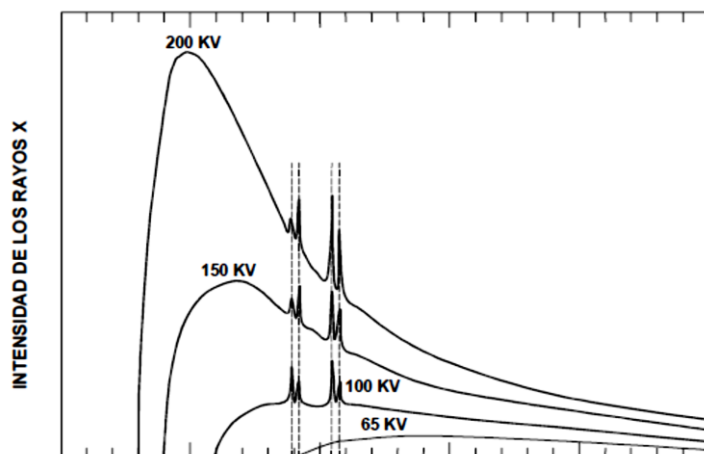


Figura 6-1. Espectro de longitud de onda vs. Intensidad de los Rayos X.
Fuente: (SCRIBD, 2009)

1.1.3 Características de la imagen digital de rayos X

La radiografía digital (RD) se refiere a las imágenes estáticas producidas con un haz de rayos X de barrido interceptado por una matriz lineal de detectores de radiación, o bien un haz de zona interceptado por placas fotoestimulables de elementos fosforescentes.

La imagen obtenida con el equipo de rayos X digital difiere de la manejada en Fluoroscopia y radiología. En las técnicas analógicas los rayos X forman una imagen directamente en el receptor. En cambio, cuando se usan técnicas digitales, los rayos X definen una imagen electrónica en el detector de radiación que es manipulada por un ordenador, almacenada temporalmente en la memoria del mismo y presentada a modo de una matriz de intensidades, donde cada punto de la matriz posee un rango dinámico de valores. Este proceso no requiere ningún método de revelado o escáner para digitalización de la imagen dando como resultado una disponibilidad inmediata de la imagen, además, ofrece una amplia gama de opciones de postprocesamiento, característica que permite reducir la dosis individual si es bien usada.

1.1.4 Características del equipo de rayos X digital SIEMENS Multix Swing

1.1.4.1 Descripción del Equipo

Multix Swing es una unidad de rayos X para el diagnóstico de todo el cuerpo. Permite hacer radiografías del cráneo, tórax, pelvis, esqueleto y extremidades con el paciente en decúbito y, con un soporte torácico en bipedestación. (SIEMENS, 2013)



Figura 7-1. Equipo de Rayos X Siemens Multix Swing
Fuente: (SIEMENS, 2013)

La unidad básica consta de una mesa de paciente con tablero flotante, una unidad con detector móvil y un soporte de columna dirigido para el emisor de rayos X, colimador y el brazo de control. La base es estable y no presenta vibraciones a más de que el sistema de rieles del soporte de columna forman una sola unidad.

El tablero flotante puede desplazarse manualmente y se detiene gracias a frenos electromagnéticos. El pedal ergonómico de la base de la mesa se usa para liberar los frenos electromagnéticos del tablero. Su amplia trayectoria y suave movimiento permiten un posicionamiento del paciente rápido y fácil. El tablero está equipado con raíles laterales con perfil en T para instalar accesorios.

La unidad del detector puede desplazarse manualmente bajo el tablero en dirección longitudinal y se detiene gracias a frenos electromagnéticos. El freno de la unidad del detector se libera con un pulsador en la empuñadura de control. Un acoplamiento mecánico permite que la unidad del detector siga el movimiento automáticamente. (SIEMENS, 2013)

El soporte de columna del brazo, soporte del tubo de rayos X y del emisor se desplaza por los rieles en paralelo al eje longitudinal de la mesa.

El emisor de rayos X está acoplado al brazo soporte giratorio del tubo. Puede desplazarse verticalmente y girarse alrededor del eje longitudinal del brazo soporte del tubo. Esto permite proyecciones verticales, horizontales y oblicuas. Las posiciones se bloquean electromagnéticamente.

El equipo utiliza un detector plano móvil para crear imágenes médicas mediante rayos X. Con el detector plano móvil se convierte la imagen de absorción en datos digitales. En función de estos datos, el sistema de imagen genera y muestra las imágenes radiográficas. La unidad del detector está acoplada al soporte del tubo, y por lo tanto, se mueve junto con el soporte. Para algunas exposiciones, como por ejemplo en vistas oblicuas, la unidad del detector se desplaza solo sin acoplamiento con el soporte.

Las imágenes aptas para el diagnóstico son almacenadas temporalmente por el sistema de imagen y están disponibles en formato DICOM 3.0 para poder transferirlas a una cámara láser o a una estación de trabajo para diagnóstico en la red.

1.1.4.2 Características técnicas

Generador

POLYDOROS ITS 30/55 E IT 30/55/65/80 son generadores de rayos de X de alta frecuencia para técnicas radiográficas diagnósticas.

Conexión de Alimentación

Tensión Nominal/	400 V -15%/-10%, 50/60 Hz trifásica (IT30/55)
Frecuencia de red	400 V +/-10%, 50/60 Hz trifásica (IT65/80)
	208 V trifásica +/- 10%/, 50/60 Hz a través de un transformador de adaptación (IT30/55)
Curva de alta tensión	Multipulso
Tensión del Tubo	de 46 kV a 120 kV con 7 valores fijos (46, 53, 60, 70, 80, 90, 120), adicionalmente 100 kV para la comprobación de la potencia nominal.

Detector

Tipo del detector	CXDI-50G (Canon)
Propósito	Radiografía General
Tamaño de píxel	160 μm x 160 μm
Tamaño de la matriz de	2.208 x 2.688 píxeles
Imagen	
Número de píxeles	Aprox.5,9 millones de píxeles
Rango dinámico	Aprox. 80 dB
Escala de grises	12 bits, valores de grises 4,096

Datos Eléctricos

Tensión de Entrada	115/230 V
Frecuencia de Entrada	50/60 Hz
Corriente de Entrada	2/1 A

Peso

Mesa de paciente	187 kg
Columna	120 kg
Brazo soporte de Tubo	25 kg
Carga máxima de accesorios	45 kg
Peso máx. del paciente	450 kg

Mesa

Altura de la mesa	75 cm (29.5 pulgadas)
-------------------	-----------------------

Tamaño del tablero

- Estándar (220 x 80) cm
- Breve (200 x 80) cm

Carrera del Tablero a la izquierda

- Estándar 60 cm
- Breve 50 cm

Carrera del tablero a la derecha

- Estándar 50 cm
- Breve 40 cm

Carrera transversal del tablero

- Estándar ± 12 cm
- Breve ± 12 cm

Altura máx. del paciente (sin cambiar de posición)

- Estándar 190 cm
- Breve 170 cm

Factor atenuación del sistema 2.10

Equivalente en Al de tablero ≤ 0.6 mm con 100 kV

Columna

Carrera

- Longitudinal 123 cm
- Vertical 149 cm

Giro del emisor de RX $\pm 90^\circ$ con posiciones de enclavamiento a 0° y a $\pm 90^\circ$

en torno al eje vertical

Rango de giro del $\pm 120^\circ$ con posiciones de enclavamiento a 0° y a $\pm 90^\circ$

emisor de RX

DFI hasta 116 cm al tablero

Distancia Tablero-Película

La distancia tablero-película es ≤ 70 mm

Condiciones Ambientales

Transporte

- Temperatura Ambiente de -20°C a $+60^\circ\text{C}$

- Humedad Relativa del 10% al 90%
- Intervalo de presión de 500 hPa a 1060 hPa

Funcionamiento

- Temperatura Ambiente de +10°C a +40°C
- Humedad Relativa del 20% al 75%
- Presión barométrica de 700 hPa a 1100 hPa

Almacenamiento

- Temperatura Ambiente de -20°C a +60°C
- Humedad Relativa del 10% al 90%
- Intervalo de presión de 500 hPa a 1060 hPa

1.1.5 Control de Calidad

1.1.5.1 Protocolo de control de calidad

Un protocolo se define como un conjunto de procedimientos destinados a estandarizar un comportamiento humano o sistemático artificial frente a una situación específica. (GUISHA, 2015) Así, la razón de este trabajo es el de diseñar, elaborar e implementar un conjunto de normas para estandarizar el proceso de control de calidad de un equipo de rayos X con el fin de mantener el funcionamiento del mismo en óptimas condiciones.

Existen varios protocolos internacionales relacionados con el control de calidad, los cuales pueden ser extendidos a radiodiagnóstico. Sin duda los de mayor trascendencia son:

- La norma ISO 9001:2008, la cual, en forma general especifica los requisitos para un Sistema de gestión de la calidad (SGC) que pueden utilizarse para su aplicación interna por las organizaciones, sin importar si el producto o servicio lo brinda una organización pública o empresa privada, cualquiera sea su tamaño, para su certificación o con fines contractuales.

Esta sirve principalmente como base para el diseño y estandarización de las normas de control de calidad de equipos médicos que permitirán mantener un óptimo ambiente de trabajo en un centro médico. (JLE, 2014)

- La norma ISO 14000, la cual trata de las medidas ambientales que se debe seguir; en este caso, mantener la radiación ambiental en niveles que sean aptos para el personal que labora en el ámbito de radiodiagnóstico o está relacionado al mismo y para cualquier otro tipo de personal que por determinadas circunstancias tengan que encontrarse en lugares aledaños a la sala de diagnóstico.
- El Protocolo Español sobre “Aspectos Técnicos del Control de Calidad en Radiodiagnóstico” de la Sociedad Española de Física Médica (SEFM) y la Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR), en el cual se establece criterios y pruebas para los controles de calidad en equipos de radiodiagnóstico que contribuyan a alcanzar un uso eficiente de las radiaciones ionizantes y que permitan la obtención de imágenes de alta calidad diagnóstica con el menor riesgo posible para el paciente y para el personal de operación. (DÍAZ, y otros, 2011)
- El “Protocolo de Organización, Desarrollo, Garantía de Calidad y Radioprotección en los Servicios de Radiología” de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la División de Desarrollo de Sistemas y Servicios de Salud de la Organización Panamericana de la Salud (OPS), el cual expone aspectos organizativos y técnicos de los servicios de radiología para lograr accesibilidad, excelencia y seguridad en la atención de radiodiagnóstico. (ARIAS, y otros, 1998)

También existen documentos guías desarrollados para los países de América Latina, donde se exponen los tópicos importantes del control de calidad de los equipos de rayos X. Entre estos están:

- El protocolo elaborado por la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa en Perú, en el que se plantean pruebas de control de calidad para equipos de radiodiagnóstico, a fin de verificar el desempeño y el estado de los mismos, brindar recomendaciones de uso, obtener el menor coste posible y una mínima dosis entregada al paciente como al personal ocupacionalmente expuesto.
- Los “Protocolos de Control de Calidad en Radiodiagnóstico” publicados por la OIEA para su proyecto CHI/6/017 de control de calidad de rayos X en diagnóstico médico, desarrollado para las instituciones públicas en el marco del ARCAL (Acuerdo Regional de

Cooperación para la Promoción de la Ciencia y Tecnología Nucleares en América Latina y el Caribe), donde a más de implementar dichos protocolos de control de calidad, se establecieron valores orientativos de dosis en exámenes de radiodiagnóstico, los que se asociaron a criterios de calidad de imagen. (UBEDA, y otros, 2007)

Estos son los fundamentos primordiales que servirán como base para la elaboración del protocolo de control de calidad.

1.1.5.2 Aspectos Generales del Control y Garantía de Calidad en Radiodiagnóstico.

Desde que se decide, por medio de rayos X, captar una estructura patológica en un paciente, hasta que se obtiene el diagnóstico por imagen de dicha estructura, se realiza una compleja actividad en la que participan diferentes procesos físicos, equipos y especialistas. A cada posible fallo en alguno de estos elementos cabe asociar un deterioro en la calidad de la imagen, en el diagnóstico final o un aumento en la dosis de radiación que recibe el paciente o el personal ocupacionalmente expuesto (POE). (ALCARAZ, 2003)

El personal que labora en una instalación de radiodiagnóstico debe organizarse para asegurar que las imágenes diagnósticas producidas por dicha instalación tengan una calidad suficientemente elevada que permita obtener en todo momento la información diagnóstica adecuada, con la mayor optimización de los recursos disponibles y con la mínima exposición del paciente y del POE a las radiaciones ionizantes. (ALCARAZ, 2003)

Algunas de las premisas que garantizan los procedimientos de control de calidad en radiodiagnóstico son:

- Realizar un esfuerzo organizado, lo cual requiere una participación real de todo el personal implicado en la instalación.
- Garantizar que los requisitos en cuanto a calidad de imagen, dosis recibida por el paciente se cumplan de forma continuada en el tiempo.
- Establecer y cumplir procedimientos para evaluar la calidad de las imágenes obtenidas en las diferentes instalaciones. En este sentido pueden realizarse simulaciones con objetos de prueba y maniqués o bien valoraciones sobre imágenes de pacientes.

- Los costos de las exploraciones deben ser los más bajos posibles pero a la vez se debe garantizar la seguridad del paciente, trabajadores y la vida útil del equipo. Estos costos incluyen los llamados directos (placas radiográficas, mantenimiento y amortización de los equipos, tiempo de especialista y personal técnico, etc.) y aquellos derivados del riesgo radiológico al paciente y al personal de operación.

La introducción de programas de garantía de calidad supone gastos derivados de la adquisición de la instrumentación apropiada para realizar los controles (incluyendo el material fungible utilizado), del tiempo invertido en realizar los controles y que suponen una interrupción en la utilización clínica de los equipos y del tiempo de personal especializado requerido para realizarlos controles y evaluar los resultados.

Los beneficios pueden concretarse en una mayor vida útil de los equipos, un uso más efectivo de las dosis impartidas a los pacientes, una disminución en el riesgo al personal de operación y una mayor capacidad para atender a pacientes, un menor consumo de material fungible y de número de paradas imprevistas. (ALCARAZ, 2003)

En cualquiera de los controles de los parámetros técnicos que se mencionan será imprescindible:

- Llevar un registro por escrito de los controles efectuados.
- Disponer de un manual de procedimientos de los controles a realizar. Es esencial que en dicho manual consten las tolerancias en los parámetros de control y la frecuencia con que se deben realizar las pruebas.
- Evaluar la eficacia del programa de garantía de calidad.

El equipamiento y su estado de funcionamiento en los servicios de radiodiagnóstico están sujetos a modificaciones, así que los programas de garantía de calidad deben ser lo suficientemente flexibles y adaptables a los cambios del propio servicio.

Por ello, también, es preciso disponer de procedimientos de seguimiento y estimación de la eficacia del propio programa de garantía de calidad. Los indicadores del éxito del programa podrán ser la reducción en el número de estudios rechazados o repetidos, la reducción en el número de paradas por averías en los equipos, la reducción en las dosis a los pacientes o la mejora en la calidad de la imagen. (ALCARAZ, 2003)

1.1.5.3 Protección contra la radiación

Protección del paciente contra la radiación

Garantice la máxima protección del paciente durante adquisiciones en la zona de sus órganos reproductores

Mantenga el campo de radiación lo más pequeño posible sin reducir el área de irradiación

Realice el examen sólo si estrictamente se requiere para fines de diagnóstico

Proceda con precaución en caso de mujeres que sea posible o se encuentren en estado de gestación.

Evite en lo posible la repetición de un examen mediante una buena elección de valores de tensión y tiempo, y buena comunicación con el paciente

Realizado por: David Moreno

Protección contra la radiación del POE

Manténgase en el área segura designada para realizar el disparo de rayos X con las puertas cerradas.

Nunca permanezca en la zona de exploración cuando se realiza el disparo. Si se necesita asistencia debe hacerlo un familiar del paciente y utilizando prendas de protección personal contra radiaciones ionizantes.

Utilice prendas de protección especialmente en zonas radiosensibles como tiroides y gónadas

Asegúrese que el equipo cumple todas las normas de control de calidad y mantenimiento técnico

Lleve consigo un dosímetro en todo momento mientras se encuentre en su zona y horario de trabajo. Este debe ser leído y controlado periódicamente

Realizado por: David Moreno

1.1.5.4 Requerimientos de instrumentación para Control de Calidad

En este apartado se describe detalladamente los instrumentos o materiales para las diferentes pruebas de control de calidad en instalaciones radiológicas. A continuación se presenta un listado de materiales.

Maniquí o fantoma.- Este instrumento se usa para simular la presencia de un paciente, sus dimensiones dependen de la prueba que se realice y es importante que su composición y densidad sea similar a la del cuerpo humano. Para el presente protocolo, se usará como fantoma un recipiente de agua cúbico de 30x30x30 cm³ el cual será llenado de agua según la necesidad. El recipiente será llenado según el espesor del maniquí que la prueba de control de calidad especifique.

Dosímetro.- Dispositivo que mide la tasa de dosis equivalente en unidades de mSv/h

Delantal plomado.- Delantal de caucho impregnado de plomo que se usa para proteger tanto al paciente como al operador del equipo de los efectos de la radiación ionizante en zonas no deseadas del cuerpo durante el examen radiológico. En este caso se usará este material para reemplazar láminas de plomo debido a que cumple con la misma función en la realización de las pruebas de control de calidad.

Medidor de tiempo de exposición.- Los medidores de exposición son utilizados en radiología diagnóstica, para evaluar el funcionamiento del equipo y para determinar los niveles de riesgo, tanto en pacientes como en los operadores asociados con los procedimientos que involucran exposiciones a rayos X. Este detector mide el tiempo de exposición de rayos X en unidades de ms (milisegundo).

Cinta métrica o regla graduada.- Instrumento que se usará para medir longitudes pequeñas.

Marcadores radio-opacos.- Pequeños objetos metálicos rectangulares cuya función será opacar el haz primario de rayos X para que sean visibles en la imagen.

Filtros de aluminio.- Juego de filtros de aluminio de pureza superior a 99,5% cuyos espesores son conocidos entre 1-4mm.

CAPÍTULO II

2 MARCO METODOLÓGICO

2.1 Descripción general de las pruebas del Protocolo de Control de Calidad del Equipo de Rayos X digital Siemens Multix Swing

El propósito de este protocolo es ofrecer una guía práctica para el control de calidad del equipo de Rayos X digital Siemens Multix Swing. Las pruebas que se describen tienen su fundamento en la bibliografía consultada de diferentes protocolos y normas de control de calidad, los cuales se analizaron y escogieron para obtener un protocolo aplicable en el Hospital de Oncología SOLCA Chimborazo.

Los sistemas de imágenes por rayos X tienen varios elementos, cada uno de los cuales está sujeto a variabilidad o cambios en el tiempo. Para producir una imagen radiográfica de calidad, todos los elementos del equipo deben proveer la función apropiada, de lo contrario, el producto final, es decir la imagen radiográfica puede no ser clínicamente aceptada.

Cada elemento en el complejo proceso de obtención de la imagen radiográfica puede desviarse de tal forma que la calidad de la imagen se vea degradada. Consecuentemente, para asegurar una óptima calidad de imagen con una mínima exposición a la radiación por parte del paciente y del personal de operación del equipo, es necesario medir y controlar todas las variables apropiadas en la cadena de formación de imágenes por rayos X.

Este documento se centra en las medidas específicas que se llevan a cabo para asegurar que un aspecto particular de un procedimiento es satisfactorio. El protocolo de control de calidad se debe iniciar desde el momento de su adquisición así como después de su instalación. Posterior a ello debe efectuarse pruebas para comparar su operación, las cuales se ejecutarán con una determinada periodicidad según el tipo de prueba y el parámetro que controla. Estos registros deben conservarse para detectar deficiencias cuando se presenten indicando la acción correctiva. (CCEEM, 1998)

El protocolo propuesto, además fue implementado en el Hospital de oncología SOLCA Chimborazo con el objetivo final de proveer al hospital de los resultados de control de calidad del equipo de rayos X Siemens Multix Swing frente a las distintas pruebas aplicadas, las cuales fueran adaptadas a las necesidades del hospital y a la organización particular de su servicio de radiodiagnóstico.

Este documento fue diseñado de modo que sea utilizado en las pruebas de control de calidad del equipo de rayos X digital Siemens Multix Swing las cuales deberían ser efectuadas periódicamente. Los resultados obtenidos son también útiles para definir los valores de referencia para las pruebas de control de calidad que se realizarán posteriormente.

A continuación se presenta las pruebas que se realizarán al equipo de Rayos X SIEMENS Multix Swing junto a su respectivo propósito, orientado a establecer un funcionamiento óptimo del equipo.

2.1.1 INSPECCIÓN Y EVALUACIÓN VISUAL DE LA INSTALACIÓN

El propósito de esta prueba es comprobar que todos los sistemas y accesorios componentes del equipo se encuentran en buen estado, verificando que los movimientos mecánicos y frenos del equipo y de sus dispositivos asociados se encuentran funcionando correctamente.

El sistema debe evaluarse antes del uso en el primer paciente, y después de esto, en una base diaria al iniciar la jornada para determinar la funcionalidad de todos los componentes y accesorios.

Debe prestarse atención a los aspectos que puedan ocasionar un riesgo a operadores o pacientes, tales como: cables raídos, bordes afilados expuestos, interconexiones sin funcionamiento, etc. Esto debe ser incluido como parte de una rutina diaria de precalentamiento. Esta rutina también proporciona una oportunidad de verificar la suficiente existencia de suministros y disponibilidad de accesorios.

- **Inspección visual del receptor de imagen**

El receptor de imagen no presentará vibraciones.

- **Inspección visual del panel de control**

El panel de control deberá funcionar de forma correcta.

- **Inspección visual del cableado del equipo**

El proceso nos permite visualizar que los cables de conexión a tierra del equipo no presentarán daños físicos y determinar alguna irregularidad que pueda poseer el sistema de cableado.

- **Verificación de partes móviles del equipo de rayos X**

Este proceso va a permitir una revisión de las partes móviles del equipo a través de lo cual se podrá determinar si alguna irregularidad existiera.

- **Comprobación de componentes del cabezal**

Observar y evaluar los componentes del cabezal como son la lámpara que habilita el haz lumínico y los colimadores del equipo de rayos X.

- **Inspección Física de la camilla**

En este proceso se evalúa el estado físico y funcionamiento mecánico de la camilla.

2.1.2 RADIACIÓN DE FUGA

Esta prueba permite evaluar y medir la radiación de fuga en el cabezal, la radiación generada en el tubo de rayos X que es nociva tanto para la calidad de la imagen como para dosimetría del paciente y personal ocupacionalmente expuesto.

2.1.3 RADIACIÓN DISPERSA

Se evalúa y mide la radiación dispersa, este tipo de radiación secundaria se origina cuando el paciente es irradiado y los átomos del mismo interactúan mediante efecto Compton y cambian la dirección de los fotones de rayos X.

2.1.4 PARÁMETROS GEOMÉTRICOS

Estas pruebas nos permiten evaluar la distancia entre el foco y detector de la imagen, alineación y centrado del campo de luz-campo de radiación-campo de registro. Son esenciales estas pruebas debido a que aseguran que la imagen obtenida no presente distorsiones.

- **Indicador de la distancia foco-detector de imagen**

Se evalúa el indicador de distancia foco-detector (DFD) de imagen, comprobando que las escalas indicadoras de distancia fuente-receptor de imagen son confiables dentro de la tolerancia establecida.

- **Verificación de la perpendicularidad del haz de rayos X**

Se verifica que el haz de rayos X sea perpendicular respecto a la camilla y detectores para evitar cualquier tipo de distorsión en las dimensiones de la imagen final.

- **Verificación de la coincidencia del campo de luz-campo de radiación-campo de registro**

En este procedimiento se comprueba la coincidencia entre el campo luminoso y el campo de radiación delimitado por el colimador, así como la perpendicularidad del haz de rayos X sobre el plano horizontal. La alineación entre el campo de luz y el campo de radiación permite al operador del equipo posicionar el campo para exponer sólo la

anatomía de interés. Un error de alineación puede resultar en exposiciones innecesarias o repetidas. La frecuencia de la prueba puede requerir aumento según el envejecimiento del sistema. Debe confirmarse la funcionalidad del campo de luz así como la suficiencia de la iluminación del campo.

2.1.5 CALIDAD DEL HAZ

La calidad del haz es la capacidad propia de la radiación de penetrar los materiales. La calidad del haz central tiene un impacto mayor en la dosis al paciente y un impacto un tanto más pequeño en la calidad de la imagen final; varía de acuerdo a la edad del tubo de rayos X debido a la deposición del material del blanco en el interior del tubo y a la rugosidad del blanco. Esta medida debe hacerse semestralmente y siempre que el tubo de rayos X o el colimador se reemplace o se repare.

- **Filtración: Capa Hemirreductora**

En esta prueba se determina la calidad del haz de radiación a la vez que se verifica que la filtración del tubo de rayos X es correcta.

2.1.6 TIEMPO DE EXPOSICIÓN

El tiempo de exposición determina la exactitud del tiempo de exposición indicado y verifica su reproducibilidad.

- **Exactitud del tiempo de exposición**

Esta prueba asegura que la lectura de tiempo de exposición es el adecuado para las exploraciones que se realizan con el equipo de rayos X.

- **Repetibilidad y reproducibilidad del tiempo de exposición**

Se mide la diferencia que puede existir al realizar varios disparos manteniendo el mismo kilovoltaje y se evalúa que el voltaje pico no varía entre cada disparo.

2.1.7 CONTROL AUTOMÁTICO EXPOSICIÓN (CAE)

El sistema CAE debe proveer idealmente una densidad óptica constante sin importar el valor de kV o mA seleccionado, o el espesor de paciente en estudio. Un dispositivo CAE determina automáticamente la exposición basándose en la detección de radiación por medio de un monitor de radiación ubicado bajo el detector de imagen. La señal del detector se usa para la descarga de

un capacitor hasta que alcanza un voltaje de referencia calibrado, luego de alcanzar ese valor se genera la señal de finalización de exposición. Dependiendo de las características del detector y de la calidad y sofisticación de la circuitería del CAE, así pueden variar considerablemente las capacidades del sistema.

El sistema CAE debe ser capaz de corregir la dependencia que tenga el detector y el receptor de imagen del kV, del endurecimiento del haz, y de las fallas de reciprocidad a tiempos de exposición largos. Algunas de las pruebas que se evalúan para el CAE son las descritas a continuación.

- **Ajuste del CAE para la posición central del selector. Repetibilidad del CAE**

La prueba evalúa las dosis impartidas a los pacientes.

- **Compensación del CAE para distintos espesores**

La prueba refleja la eficiencia que muestra la cámara central, tras mantener los valores dosimétricos y variar el espesor del maniquí. Por lo tanto, se comprueba que el control automático de exposición proporciona densidades ópticas similares para diferentes espesores.

- **Compensación del CAE para diferentes tensiones**

La prueba garantiza que el sistema de imagen en el momento de exposición se encuentra en función de la energía y no presente variaciones.

2.1.8 SISTEMA DIGITAL DE REGISTRO DE PANEL PLANO

- **Remanencia de la imagen previa**

Esta prueba permite evaluar el correcto funcionamiento de los detectores del equipo, asegurando que no se va presentando ningún tipo de vestigio de las imágenes obtenidas anteriormente.

- **Uniformidad de la imagen y artefactos en la imagen**

Estas pruebas se realizan para verificar que la densidad óptica de fondo, diferencia de densidades y calidad de imagen se encuentren dentro de los criterios de calidad establecidos por organismos nacionales e internacionales.

CAPÍTULO III

3 IMPLEMENTACIÓN DE LAS PRUEBAS DESARROLLADAS EN EL PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD

3.1 Protocolo de Control de Calidad del Equipo de Rayos X digital Siemens Multix Swing de la unidad oncológica SOLCA Chimborazo.

3.1.1 *Presentación*

El presente protocolo está basado principalmente en el Protocolo de Control de Calidad en Radiología elaborado por la Sociedad Española de Física Médica, aplicando los distintos conceptos de Protección y Seguridad Radiológica y pruebas de control de calidad al equipo de rayos X Siemens Multix Swing de la unidad oncológica SOLCA Chimborazo.

3.1.2 *Objetivo*

El objetivo de este Protocolo de Control de Calidad es describir cada prueba que se aplicará al equipo de rayos X, incluyendo el material necesario, rangos de tolerancia, el procedimiento detallado a seguir y la frecuencia con que se realizará cada prueba para comprobar su estado funcional, mecánico y dosimétrico.

3.1.3 *Organización del Protocolo*

El presente documento contiene una parte introductoria que comprende objetivos y la organización del protocolo de control de calidad.

Por otra parte, se describen las pruebas de control de calidad, las cuales están clasificadas según su periodicidad en pruebas diarias, mensuales y semestrales. En cada una de las pruebas presentadas en este protocolo se considera los materiales utilizados, tolerancias, procedimiento y método de cálculo. Adicionalmente, se presenta hojas de registro para cada una de las pruebas, las mismas que constan en la parte final del proyecto de tesis en la sección de anexos.

- **Tolerancia:** Se presenta el valor máximo/mínimo o rango aceptable de desviación que se puede permitir en la aplicación de la prueba correspondiente, lo que indicará que el

equipo de rayos X funciona correctamente, caso contrario se concluiría que el equipo no se encuentra en condiciones de funcionamiento apto para la realización de estudios radiológicos de pacientes hasta que sea revisado por personal técnico capacitado, quienes se encargarían de confirmar y revisar el origen del inconveniente en el funcionamiento del equipo.

- **Material necesario para realizar el control:** En este punto se indica la instrumentación y materiales necesarios para aplicar las pruebas del protocolo, a la vez que orienta sobre el procedimiento de medida aconsejado. Es importante destacar la especial trascendencia de contar con equipos de medida bien calibrados y de respuesta fiable.
- **Procedimiento:** Se detalla paso por paso la realización de la prueba correspondiente para obtener una medición o evaluación y compararla con la tolerancia de la prueba en cuestión.

3.1.3.1 Pruebas de control de calidad

3.1.3.1.1 Pruebas Diarias

Inspección y Evaluación visual de la instalación

- **Tolerancia**

Todos los movimientos y frenos del equipo deben funcionar correctamente al igual que los controles e indicadores de la consola de operación del equipo.
- **Material**

No aplica
- **Procedimiento**
 - 1) Familiarizarse con el equipo radiológico sometido a prueba, sus controles y mandos. Realice la inspección visual de la instalación, examinando exteriormente el estado de todos los accesorios del equipo: mesa, soporte del tubo de rayos X, consola de operación del equipo y condiciones externas visuales de los cables de alto voltaje.
 - 2) Verifique la estabilidad del equipo en posición libre e inmóvil, la indicación externa de la localización del punto focal, el correcto funcionamiento mecánico del sistema de colimadores, la comprobación de los movimientos y frenos del soporte del tubo de rayos X y de la mesa radiológica. Realice la misma operación para el detector vertical.
 - 3) Compruebe los indicadores en el panel del generador como son: el funcionamiento del indicador de exposición, de selección del tamaño de punto focal y de los

parámetros electrotécnicos (diferencia potencial, corriente, tiempo de exposición o corriente instantánea o carga).

- 4) Anotar las observaciones en el formulario de registro establecido para pruebas diarias.

Inspección visual del cableado del equipo

- **Tolerancia**

Estimada por el responsable de realizar el control. Los cables no deben presentar daños físicos.

- **Material**

No aplica

- **Procedimiento**

- 1) Observar el cableado incluyendo los cables de conexión a tierra del equipo y comprobar su estado físico.
- 2) Anotar las observaciones en el formulario de registro establecido para pruebas diarias.



Figura 1-3. Aspecto visual bueno del cableado del equipo.

Realizado por: David Moreno

Inspección visual del receptor de imagen

- **Tolerancia**

Estimada por el responsable de realizar el control. El receptor de imagen no debe presentar vibraciones.

- **Material**

No aplica

- **Procedimiento**

- 1) Encender el equipo.
- 2) Observar si se presentan vibraciones en el receptor de imagen.

- 3) Anotar las observaciones en el formulario de registro establecido para pruebas diarias.

Inspección visual del panel de control

- **Tolerancia**

Estimada por el responsable de realizar el control. Todos los controles y comandos del panel de control deben funcionar correctamente.

- **Material**

No aplica

- **Procedimiento**

- 1) Encender el equipo radiográfico.
- 2) Seleccionar diferentes valores de miliamperaje por segundo, kilovoltaje, tamaño de punto focal y densidad en el panel de control.
- 3) Observar el estado de funcionamiento del panel de mandos.
- 4) Anotar las observaciones en el formulario de registro establecido para pruebas diarias.

Verificación de partes móviles del equipo de Rayos X

- **Tolerancia**

Estimada por el responsable de realizar el control. Todas las partes móviles deben cumplir sus funciones mecánicas sin la presencia de ruidos extraños.

- **Material**

No aplica

- **Procedimiento**

- 1) Inspeccionar el cabezal, brazo del equipo de rayos X, manipulando las partes móviles del equipo.
- 2) Anotar las observaciones en el formulario de registro establecido para pruebas diarias.

Comprobación de Componentes del Cabezal

- **Tolerancias**

Estimada por el responsable de realizar el control.

- **Material**

No aplica

- **Procedimiento**

- 1) Encender la lámpara que habilita el haz lumínico.

- 2) Manipular los colimadores del equipo de rayos X aumentando y disminuyendo el tamaño de campo para comprobar que ambos elementos se encuentren en óptimas condiciones.
- 3) Anotar las observaciones en el formulario de registro establecido para pruebas diarias.

Inspección física de la Camilla

- **Tolerancias**

Estimada por el responsable de realizar el control.

- **Material**

No aplica

- **Procedimiento**

- 1) Colocar la camilla en la posición central.
- 2) Obtener una imagen en su isocentro utilizando valores normales de diagnóstico; 80kV y 50mAs
- 3) Anotar las observaciones en el formulario de registro establecido para pruebas diarias.

3.1.3.1.2 Pruebas Mensuales

Control automático de la exposición (CAE)

Ajuste del CAE para la posición central del selector. Repetibilidad del CAE

- **Tolerancia**

El coeficiente de variación de las dosis obtenidas en los cuatro disparos será inferior al 10%.

- **Material**

Fantoma de agua

Dosímetro

- **Procedimiento**

- 1) Se coloca un fantoma de espesor de 20cm en la camilla donde será dirigido el haz de rayos X
- 2) Se coloca el detector en la camilla, junto al maniquí pero fuera del haz de rayos X
- 3) Se selecciona una tensión de 80kV.
- 4) Se realizan cuatro disparos midiendo y registrando la dosis obtenida de cada exposición en el respectivo formulario establecido.

- 5) Con los cuatro valores de dosis obtenidos, se procede a calcular el coeficiente de variación de la siguiente manera:

$$Cv = \frac{\sigma}{\bar{x}}$$

donde: \bar{x} es la media y σ es la desviación típica de las cuatro dosis medidas.

$$\bar{x} = \frac{D1 + D2 + D3 + D4}{4}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{(D1 - \bar{x})^2 + (D2 - \bar{x})^2 + (D3 - \bar{x})^2 + (D4 - \bar{x})^2}{3}}$$

- 6) Anotar el CV obtenido en el formulario de registro establecido para pruebas mensuales.

Compensación para diferentes tensiones

- **Tolerancia**

Las dosis obtenidas no deben diferir en más de $\pm 20\%$ respecto del valor promedio obtenido en la prueba anterior.

- **Material**

Fantoma

Dosímetro

- **Procedimiento**

- 1) Se reduce el nivel del agua del fantoma a 14 cm de espesor y se coloca de igual manera que la prueba anterior al igual que el detector.
- 2) Se hacen 4 exposiciones con distintos valores de tensión comprendidos en el rango diagnóstico, registrando la dosis obtenida de cada exposición en el respectivo formulario establecido.
- 3) Se procede a calcular el porcentaje que difiere cada valor de dosis respecto a la media de los valores de dosis obtenidos en la prueba anterior.

$$\% = \frac{Dosis - \bar{x}}{\bar{x}} \times 100$$

- 4) Anotar los valores obtenidos en el formulario de registro establecido para pruebas mensuales.

Compensación para diferentes espesores

- **Tolerancia**

Las dosis obtenidas no deben diferir en más de $\pm 20\%$ respecto del valor promedio obtenido en la primera prueba de CAE.

- **Material**

Fantoma

Dosímetro

- **Procedimiento**

- 1) Se selecciona el valor de tensión en 120 kV
- 2) La posición del fantoma y detector serán las mismas que las dos pruebas anteriores.
- 3) Se realizan 4 exposiciones variando el espesor del maniquí entre 8 y 20 cm, registrando la tasa de dosis obtenida de cada exposición en el respectivo formulario establecido.
- 4) Se procede a calcular el porcentaje que difiere cada valor de dosis respecto a la media de los valores de dosis obtenidos en la primera prueba de CAE.

$$\% = \frac{Dosis - \bar{x}}{\bar{x}} \times 100$$

- 5) Anotar los valores obtenidos en el formulario de registro establecido para pruebas mensuales.

3.1.3.1.3 Pruebas Semestrales

Radiación de fuga

- **Tolerancia**

La dosis medida debe ser menor a 1 mSv/h a un metro de la fuente.

- **Material**

Delantal plomado

Dosímetro

- **Procedimiento**

- 1) Colocar el delantal plomado en la camilla y bajar el cabezal de forma que se bloquee completamente el colimador para asegurar que no se emite radiación primaria.



Figura 2-3. Colocación del delantal plomado
Realizado por: David Moreno

- 2) Colocar el detector en la camilla a un 1m del cabezal.



Figura 3-3. Posicionamiento de los equipos para prueba de radiación de fuga
Realizado por: David Moreno

- 3) Hacer una exposición seleccionando el valor máximo de kilovoltaje y un valor de 60 mAs.
- 4) Anotar el valor obtenido en el formulario de registro establecido para pruebas semestrales.

Radiación dispersa

- **Tolerancia**

Su valor debe ser inferior a 1mSv/h a un metro de la fuente.

- **Material**

Fantoma

Dosímetro

- **Procedimiento**

- 1) Se coloca en la camilla el fantoma con 30cm de espesor bajo el haz primario a 1m de distancia y el dosímetro a 1m de distancia del fantoma.
- 2) Se realiza una exposición con valores de 80kV y 50mAs.
- 3) Anotar las observaciones en el formulario de registro establecido para pruebas semestrales.



Figura 4-3. Valores registrados por el dosímetro mediante el software RADEX
Realizado por: David Moreno

Exactitud y reproducibilidad del tiempo de exposición

- **Tolerancia**

Exactitud: Las diferencias entre el tiempo seleccionado y el tiempo medido no deben ser superiores al 10%

- **Material**

Medidor de tiempo de exposición.

- **Procedimiento**

- 1) Mantener fijos los valores de la tensión e intensidad a 80 kV y 100 mA.
- 2) Realizar una serie de 5 disparos, variando el tiempo desde valores del orden de 20 ms hasta 1 segundo, registrando en el respectivo formulario los valores obtenidos.
- 3) Se procede a calcular cada porcentaje de la diferencia entre el tiempo seleccionado y el tiempo medido

$$\% = \frac{t \text{ medido} - t \text{ seleccionado}}{t \text{ seleccionado}} \times 100$$

- 4) Anotar los valores obtenidos en el formulario de registro establecido para pruebas semestrales.

Indicador de la distancia foco-detector de imagen

- **Tolerancia**

La diferencia entre la distancia medida y la indicada será $< 2\text{cm}$.

- **Material**

Cinta métrica o medidor de distancia a láser.

- **Procedimiento**

1) Seleccione una distancia foco-detector igual a 100 cm.



Figura 5-3. Prueba indicador de la distancia foco-detector de imagen

Realizado por: David Moreno

2) Ya sea con la cinta métrica o con el medidor de distancia a láser, determine la distancia desde el colimador hasta la camilla en centímetros.

3) Reste el valor obtenido (x) de 100cm:

$$100\text{ cm} - x$$

4) El valor resultante no debe ser mayor a 2 cm

5) Tome nota de los valores obtenidos en el formulario de registro establecido para pruebas semestrales.

Verificación de la perpendicularidad del haz de rayos X

- **Tolerancia**

El porcentaje de diferencia entre las dos dimensiones debe ser $< 4\%$

- **Material**

Placa de plomo con círculo interior hueco de diámetro conocido.

- **Procedimiento**

- 1) Seleccione una distancia foco-detector igual a 100 cm.
- 2) Coloque la placa de plomo con hueco a la salida del colimador.
- 3) Centre el tubo sobre el detector perpendicularmente. Mida la distancia desde la mesa hasta la plancha de plomo con hueco situada a la salida del colimador.
- 4) Realice una exposición de 55 kVp y 10 mAs.
- 5) Obtenga una imagen radiográfica.
- 6) Mida el tamaño de la imagen del hueco de la placa de plomo obtenida.
- 7) Calcular el porcentaje de diferencia entre el diámetro del hueco conocido y el diámetro medido en la imagen obtenida.

$$\% = \frac{D \text{ medido} - D \text{ conocido}}{D \text{ conocido}} \times 100$$

- 8) Anotar los valores obtenidos en el formulario de registro establecido para pruebas semestrales.

Alineación y centrado de campo de luz-campo de radiación-campo de registro

- **Tolerancia**

Cualquier discrepancia de medida entre el haz lumínico y el haz de rayos X debe ser menor a 1cm.

- **Material**

Marcadores radio-opacos.

Regla

- **Procedimiento**

- 1) Centrar el tubo sobre la mesa a distancia de 1m.
- 2) Encender el haz lumínico, seleccionar un tamaño de campo de 30cmx20cm y delimitar su área con los marcadores radiopacos.
- 3) Seleccionar un valor de potencial de 55 kV y 10 mAs y realizar una exposición.
- 4) Sin procesar la imagen radiográfica todavía, ni mover los materiales, abrir los colimadores 5 cm a cada lado del rectángulo que formaba el haz lumínico delimitado por los marcadores radiopacos.
- 5) Realizar una segunda exposición con 45 kV y 5 mAs.
- 6) Procesar la imagen.
- 7) Mida las dimensiones del rectángulo respecto a los marcadores radiopacos y la distancia entre los bordes de la primera y segunda zona irradiada.

- 8) Anotar los valores obtenidos en el formulario de registro establecido para pruebas semestrales, para obtener el valor de discrepancia se debe restar de los valores de longitud fijos indicados en los pasos 2) y 4).

Filtración: capa hemirreductora

- **Tolerancia**

La filtración debe ser superior a 2,5 mm de Aluminio.

- **Material**

Dosímetro. Juego de filtros de aluminio de pureza superior a 99,5% cuyos espesores sean conocidos y permitan la medición de CHR entre 1-4mm. Cinta métrica y dispositivo para el posicionamiento de los filtros a la salida del colimador.

- **Procedimiento**

- 1) Coloque el dosímetro sobre la mesa radiológica a una altura mayor a 10cm para evitar la radiación retrodispersada.
- 2) Seleccione una distancia del foco del tubo de rayos X al detector de 100cm.
- 3) Seleccione un tamaño de campo de $10 \times 10 \text{ cm}^2$, centrado sobre el detector y coloque el dispositivo para el posicionamiento de los filtros.
- 4) Prepare el dosímetro para el trabajo y seleccione la opción de medición de exposición.
- 5) Seleccione en el mando del generador el valor de estación de potencial igual a 80kVp.
- 6) Realice una exposición sin filtro y anote la lectura del dosímetro.
- 7) Sin mover la geometría, coloque el filtro de menor espesor y realice otra exposición. Anote la lectura del dosímetro.
- 8) Repita el paso 7 agregando filtros al anterior e incrementando, por tanto, el espesor total hasta que logre una reducción de la lectura del dosímetro superior a la mitad de la lectura sin filtro.
- 9) Repita la exposición sin filtro. Tome nota del valor marcado por el dosímetro. Si el resultado obtenido discrepa menos del 5% de la lectura inicial sin filtro, se considera válido el experimento de atenuación. En caso contrario repita el experimento.
- 10) Anotar los valores obtenidos en el formulario de registro establecido para pruebas semestrales

Remanencia de la imagen previa

- **Tolerancias** Apreciación visual: no se apreciará imagen remanente.
- **Material** Lámina de Plomo.
- **Frecuencia** Anual/Inicial, tras cambios
- **Procedimiento**
 - 1) Obtener una imagen tipo escalón con baja dosis (50 kV; 1mAs y tapando una parte del detector con una lámina de plomo)
 - 2) Obtener una imagen, observando cuidadosamente si se aprecia la imagen previa en la resultante.
 - 3) Anotar los resultados obtenidos en el formulario de registro establecido para pruebas semestrales

Uniformidad de la imagen y artefactos en la imagen

- **Tolerancia**

La imagen debe verse totalmente nítida, los bordes del objeto metálico deben verse bien definidos en la imagen. Se debe observar una clara diferencia de tonalidad entre el objeto metálico y el resto de la imagen.

Material: Objeto metálico
- **Procedimiento**
 - 1) Obtener una imagen radiográfica con un objeto metálico en el centro, con valores de 55 kV y 10 mAs.
 - 2) Evaluar visualmente la imagen teniendo en cuenta los parámetros de tolerancia.
 - 3) Tome nota de los resultados en el formulario de registro establecido para pruebas semestrales.

CAPÍTULO IV

4 RESULTADOS

4.1 RESULTADOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOCOLO Y SU ANÁLISIS

El capítulo tiene como objetivo señalar y analizar los resultados obtenidos de la implementación de las diferentes pruebas de control de calidad del protocolo en el equipo de rayos X Siemens Multix Swing. Todas las pruebas se realizaron tal y como han sido descritas en los capítulos anteriores.

4.1.1 Cronología de pruebas

Las pruebas de control de calidad se encuentran clasificadas cronológicamente en pruebas diarias, mensuales y semestrales para que puedan ser realizadas ordenadamente.

Las pruebas diarias fueron realizadas durante 10 días, de esta manera se obtuvieron diez valores distintos en cada prueba. Las pruebas mensuales se realizaron durante los primeros días de los meses de julio y agosto, obteniendo de esta manera dos resultados distintos en cada prueba. Finalmente, las pruebas semestrales fueron realizadas una sola vez en el mes de julio.

En la implementación de cada una de las pruebas, se obtiene un punto de referencia a partir del cual se continuará la repetición de las mismas por el personal asignado por la institución.

4.1.2 Pruebas implementadas al equipo Multix Swing

4.1.2.1 Pruebas diarias

Inspección y evaluación visual de la instalación

El proceso permitió inspeccionar visualmente el estado físico de la instalación. Se comprobó visualmente que los componentes del equipo se encuentran en buen estado, además se evaluó

manualmente sus movimientos mecánicos, frenos del equipo y de sus dispositivos asociados para comprobar que se encuentran funcionando correctamente.

Tabla 1-4 Datos de la prueba Inspección y evaluación visual de la instalación

EVALUACIÓN	FRECUENCIA
BUEN ESTADO	9
MAL ESTADO	1

Realizado por: David Moreno

Inspección y evaluación visual de la instalación

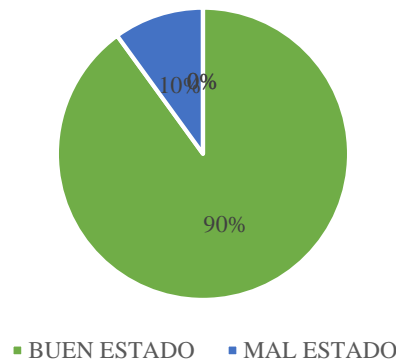


Gráfico 1-4. Diagrama de pastel de la Inspección y evaluación de la instalación

Realizado por: David Moreno

Evaluación: Se realizó la evaluación por diez días laborables, nueve de los cuales se comprobó el correcto funcionamiento de los movimientos mecánicos, frenos del equipo, controles e indicadores del panel de mando. En un día se encontró cajas vacías almacenadas en la sala de rayos X que podrían dificultar los procedimientos de obtención de imagen tanto para el paciente como para el personal del hospital. Este problema fue superado informando del inconveniente al personal responsable quien cambió de lugar las cajas que se encontraban en la sala de rayos X a un lugar apropiado.

Inspección visual del cableado del equipo

El proceso permitió visualizar y descartar irregularidades o daños físicos en el estado del sistema de cableado.

Tabla 2-4 Datos de la prueba Inspección visual del cableado del equipo

EVALUACIÓN	FRECUENCIA
BUEN ESTADO	10
MAL ESTADO	0

Realizado por: David Moreno

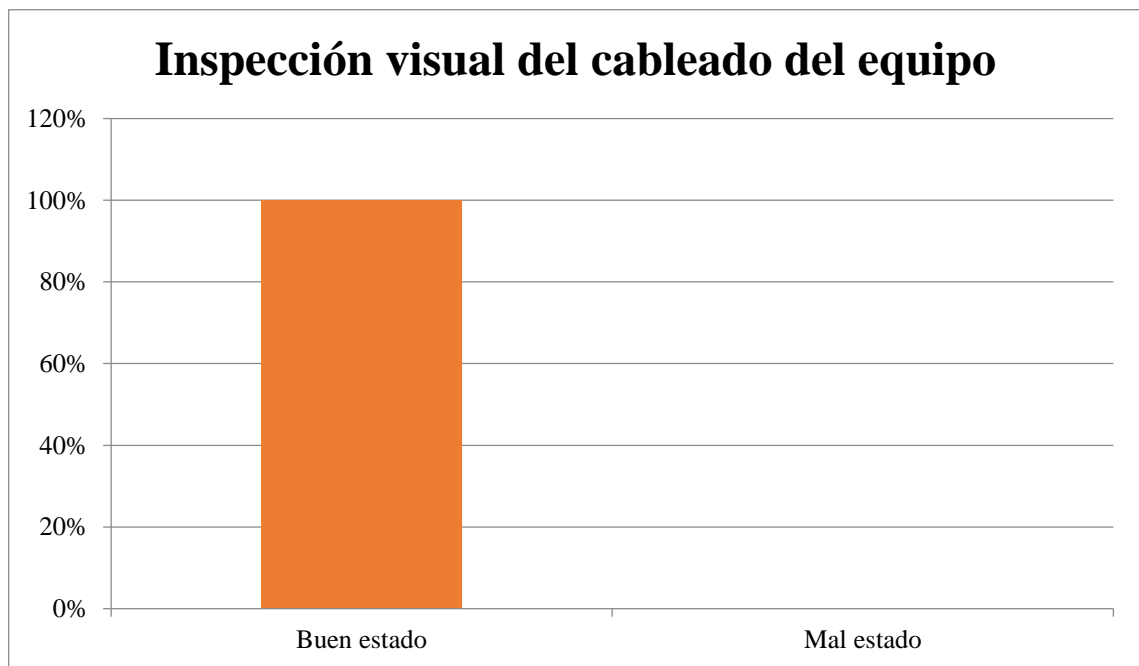


Gráfico 2-4. Diagrama de barras de la Inspección visual del cableado del equipo

Realizado por: David Moreno

Evaluación: En las diez pruebas realizadas se comprobó visualmente que el sistema de cableado del equipo, incluyendo los cables de conexión a tierra, se encuentran en buen estado y no se observa ningún daño físico en los mismos.

Inspección visual del receptor de imagen

El proceso permitió examinar visualmente el estado del receptor de imagen comprobando que este no presente ningún tipo de vibraciones.

Tabla 3-4 Datos de la prueba Inspección visual del receptor de imagen

EVALUACIÓN	FRECUENCIA
BUEN ESTADO	10
MAL ESTADO	0

Realizado por: David Moreno

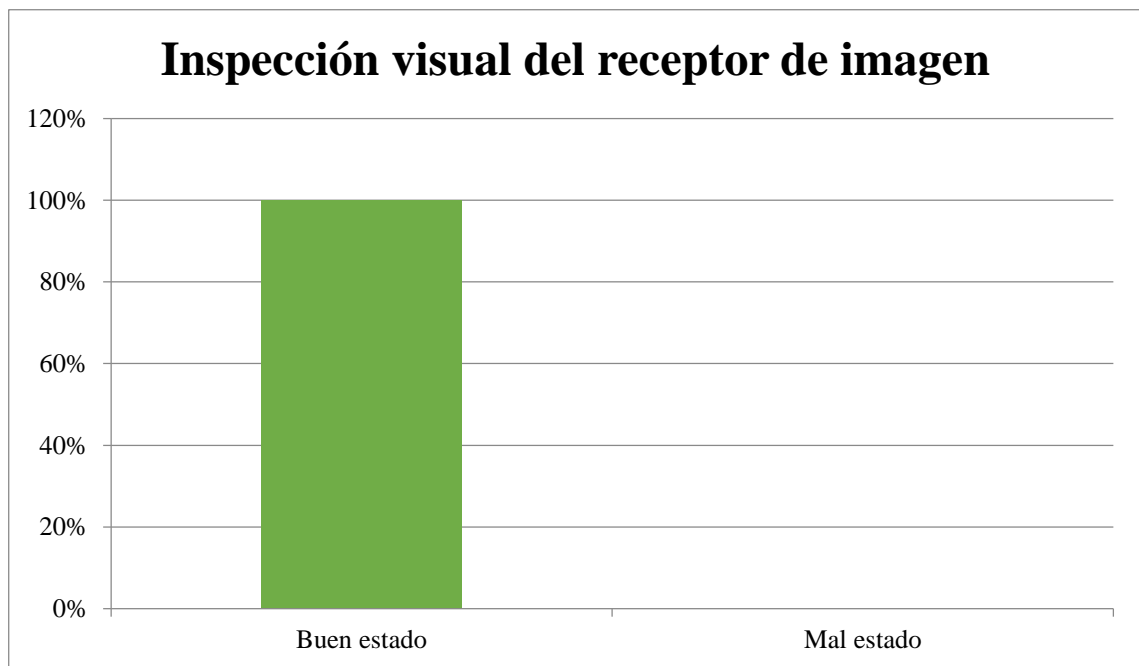


Gráfico 3-4. Diagrama de barras de la Inspección visual del receptor de imagen

Realizado por: David Moreno

Evaluación: Se realizó la evaluación por diez días laborables y en todas las pruebas, al encenderse el equipo, el receptor de imagen no muestra presencia de ningún tipo de vibraciones.

Inspección visual del panel de control

Se realizó una inspección para comprobar que el panel de control del equipo funciona correctamente, seleccionando distintos valores de mAs, kV, tamaño de punto focal, densidad.

Tabla 4-4 Datos de la prueba Inspección visual del panel de control

EVALUACIÓN	FRECUENCIA
BUEN ESTADO	10
MAL ESTADO	0

Realizado por: David Moreno

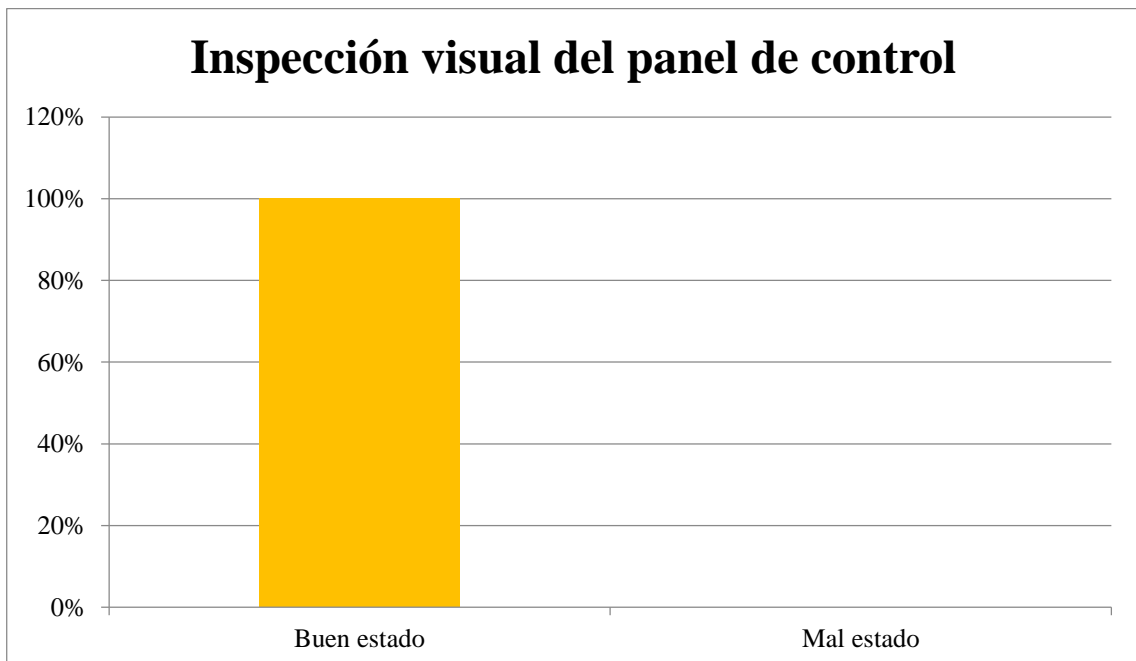


Gráfico 4-4. Diagrama de barra de la Inspección visual del panel de control

Realizado por: David Moreno

Evaluación: Se realizó la evaluación por diez días laborables, en todas las pruebas se comprobó que el panel de control del equipo funciona correctamente al elegir distintos valores y no se encontró ningún problema en la integridad física del panel de control ni en cada uno de los comandos.

Verificación de partes móviles del equipo de rayos X

Se evaluó el estado funcional de las distintas partes móviles del equipo, para descartar irregularidades en las funciones mecánicas de los mismos.

Tabla 5-4 Datos de la prueba Verificación de partes móviles del equipo de rayos X

EVALUACIÓN	FRECUENCIA
BUEN ESTADO	10
MAL ESTADO	0

Realizado por: David Moreno

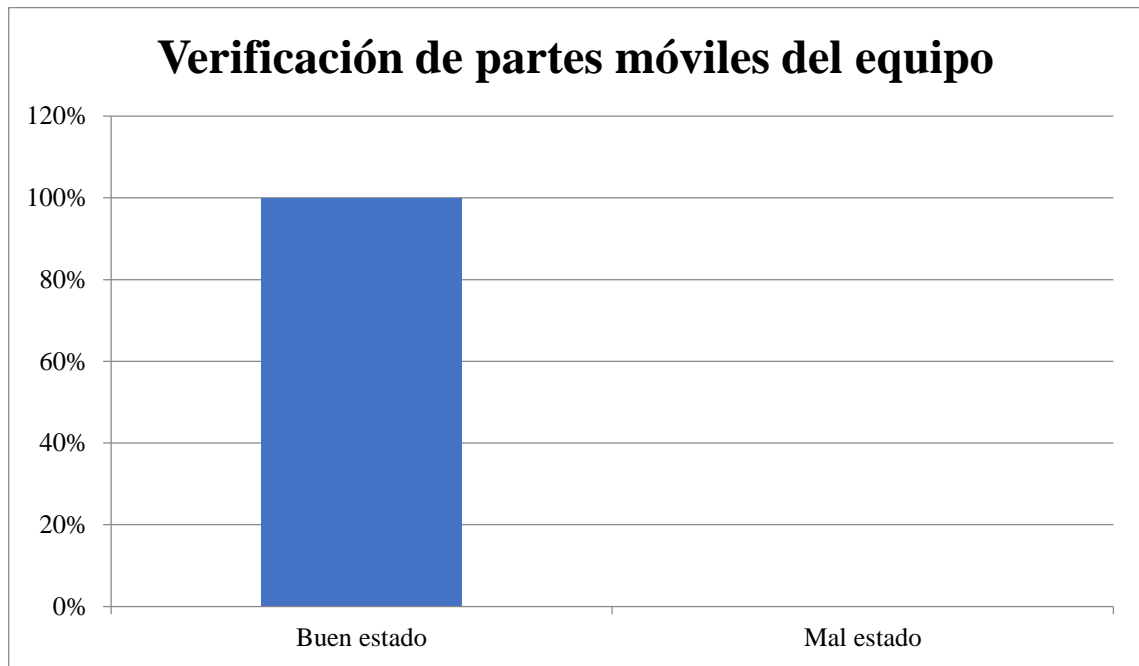


Gráfico 5-4. Verificación de partes móviles del equipo

Realizado por: David Moreno

Evaluación: En las diez pruebas realizadas, se comprobó que el movimiento del cabezal y brazo del equipo es correcto y no se observó la presencia de ninguna irregularidad.

Comprobación de componentes del cabezal

Mediante este proceso se evaluó el funcionamiento de los componentes del cabezal: lámpara y colimadores mediante la manipulación de los mismos.

Tabla 6-4 Datos de la prueba comprobación de componentes del cabezal

EVALUACIÓN	FRECUENCIA
BUEN ESTADO	10
MAL ESTADO	0

Realizado por: David Moreno

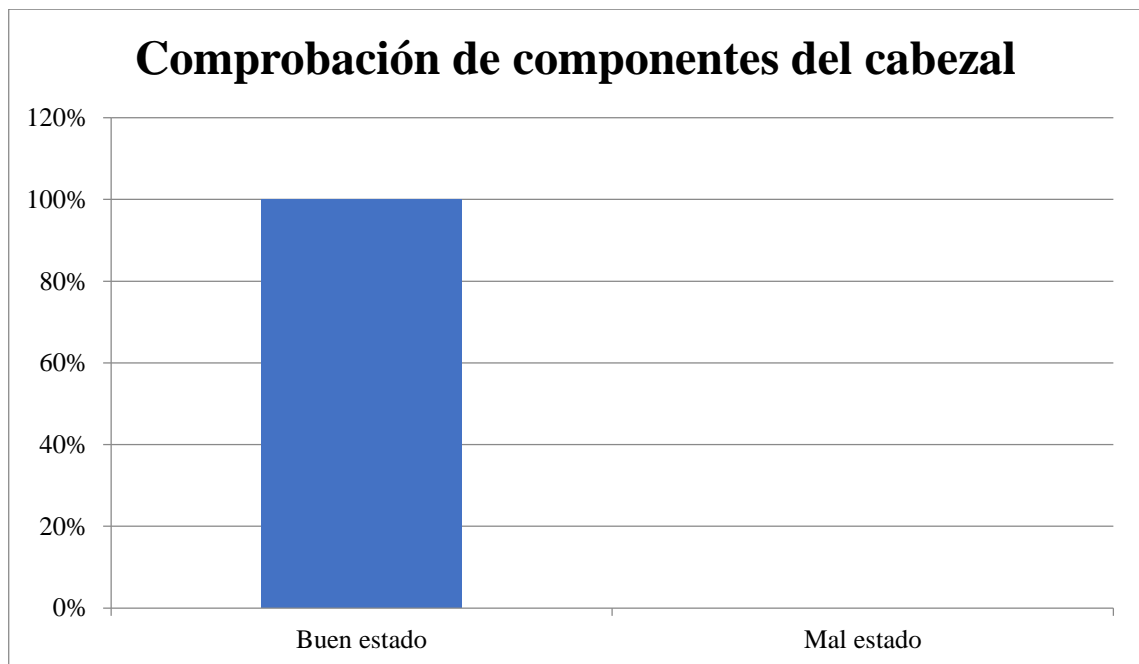


Gráfico 6-4. Diagrama de barras de la Comprobación de componentes del cabezal

Realizado por: David Moreno

Evaluación: En las diez pruebas realizadas, se comprobó que el foco funciona correctamente, se enciende y no se observa ninguna anomalía en la intensidad de la luz. Los colimadores funcionan correctamente al ser manipulados abriendo y cerrando el campo de luz.

Inspección física de la camilla

En esta prueba se descartó posibles daños en la superficie y en las funciones mecánicas de la camilla.

Tabla 7-4 Datos de la prueba Inspección física de la camilla

EVALUACIÓN	FRECUENCIA
BUEN ESTADO	10
MAL ESTADO	0

Realizado por: David Moreno

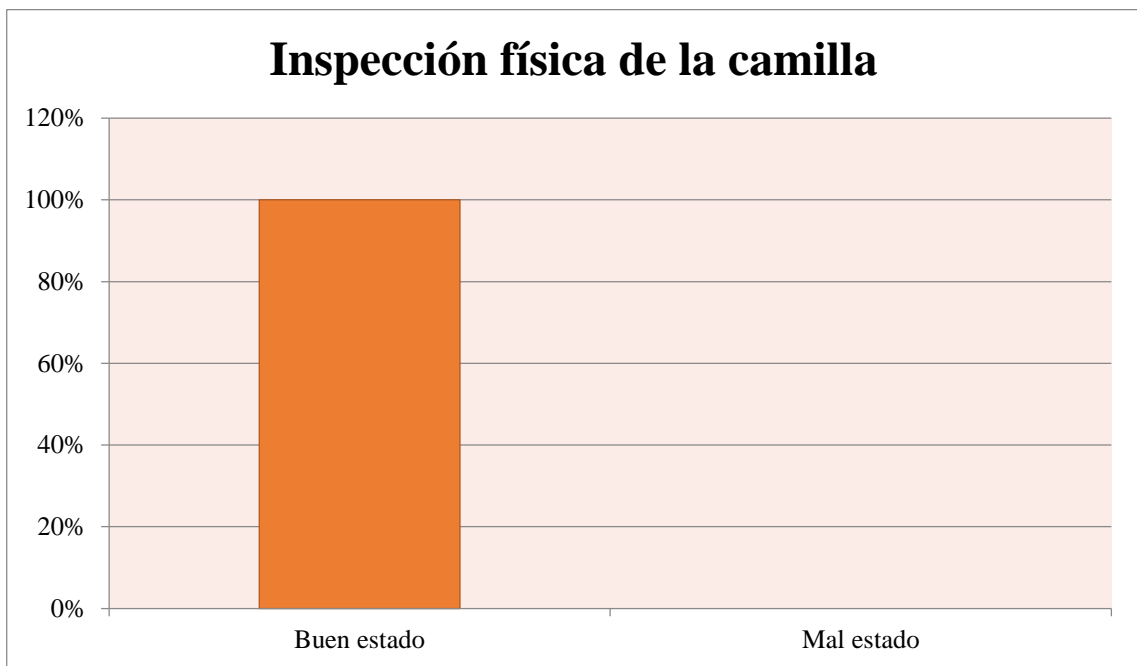


Gráfico 7-4. Diagrama de barras de la Inspección física de la camilla

Realizado por: David Moreno

Evaluación: En las diez pruebas realizadas, se observó que la camilla no presenta daños ni irregularidades tanto en su estado físico como en sus funciones mecánicas.

4.1.2.2 Pruebas Mensuales

Radiación de fuga

En esta prueba se midió la radiación de fuga generada en el tubo de rayos X. Se obtuvo en total dos mediciones, una al inicio de cada mes, obteniendo los resultados siguientes:

Tabla 8-4 Valores obtenidos de la Radiación de Fuga

Mes	Valor de radiación de fuga obtenido
Julio	0,165 mSv/h
Agosto	0,173 mSv/h

Realizado por: David Moreno

- **Julio:** En el mes de Julio el detector midió un valor de 165 $\mu\text{Sv/h}$ y se realizó la siguiente conversión para compararlo con el rango de tolerancia:

$$165 \mu\text{Sv/h} \times \frac{1 \text{ mSv/h}}{1000 \mu\text{Sv/h}} = 0,165 \text{ mSv/h}$$

- **Agosto:** En el mes de Agosto el detector midió un valor de 173 $\mu\text{Sv/h}$ y se realizó la siguiente conversión para compararlo con el rango de tolerancia:

$$173 \mu\text{Sv/h} \times \frac{1 \text{ mSv/h}}{1000 \mu\text{Sv/h}} = 0,173 \text{ mSv/h}$$

Evaluación:

En ambos casos, los valores medidos están dentro de la tolerancia establecida (1 mSv/h), por lo tanto el equipo cumple con la prueba de radiación de fuga.

Radiación Dispersa

En esta prueba se midió la radiación dispersa resultante de la interacción de los rayos X del haz primario con el fantoma. Se obtuvo en total dos mediciones, una al inicio de cada mes, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 9-4 Valores obtenidos de la Radiación de Dispersa

Mes	Valor de radiación de fuga obtenido
Julio	0,071 mSv/h
Agosto	0,069 mSv/h

Realizado por: David Moreno

- **Julio:** En el mes de Julio el detector midió un valor de 71 $\mu\text{Sv/h}$ y se realizó la siguiente conversión para compararlo con el rango de tolerancia:

$$71 \mu\text{Sv/h} \times \frac{1 \text{ mSv/h}}{1000 \mu\text{Sv/h}} = 0,071 \text{ mSv/h}$$

- **Agosto:** En el mes de Agosto el detector midió un valor de 69 $\mu\text{Sv/h}$ y se realizó la siguiente conversión para compararlo con el rango de tolerancia:

$$69 \mu\text{Sv/h} \times \frac{1 \text{ mSv/h}}{1000 \mu\text{Sv/h}} = 0,069 \text{ mSv/h}$$

Evaluación:

En ambos casos, los valores medidos están dentro de la tolerancia establecida (1 mSv/h), por lo tanto el equipo cumple con la prueba de radiación de fuga.

Control automático de la exposición (CAE)

Se evaluó el sistema CAE del equipo en dos diferentes ocasiones, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 10-4 Valores obtenidos del Control automático de la exposición en el mes de Julio

Exposición #	Dosis obtenida (mSv/h)
1	0,92
2	0,94
3	0,87
4	0,91

Realizado por: David Moreno

$$\bar{x} = \frac{0,92 + 0,94 + 0,87 + 0,91}{4} = 0,91$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{(0,92 - 0,91)^2 + (0,94 - 0,91)^2 + (0,87 - 0,91)^2 + (0,91 - 0,91)^2}{3}} = 0,029$$

$$Cv = \frac{0,029}{0,91} \times 100 = 3,187\%$$

Tabla 11-4 Valores obtenidos del Control automático de exposición en el mes de Agosto

Exposición #	Dosis obtenida (mSv/h)
1	0,88
2	0,90
3	0,93
4	0,90

Realizado por: David Moreno

$$\bar{x} = \frac{0,88 + 0,90 + 0,93 + 0,90}{4} = 0,903$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{(0,88 - 0,903)^2 + (0,90 - 0,903)^2 + (0,93 - 0,903)^2 + (0,90 - 0,903)^2}{3}} = 0,0206$$

$$Cv = \frac{0,0206}{0,903} \times 100 = 2,284\%$$

Evaluación:

En las dos pruebas realizadas en los meses de julio y agosto se obtuvo un coeficiente de variación que se encuentra dentro de la tolerancia (10%), por lo tanto el funcionamiento del control automático de exposición del equipo es satisfactorio.

CAE: *Compensación para diferentes tensiones*

Tabla 12-4 Valores obtenidos de la Compensación para diferentes tensiones en el mes de Julio

Exposición #	Dosis obtenida (mSv/h)	Diferencia respecto a $\bar{x} = 0,91$
1	0,75	17,58%
2	0,77	15,39%
3	0,86	5,5%
4	0,90	1,1%

Realizado por: David Moreno

Tabla 13-4 Valores obtenidos de la Compensación para diferentes tensiones en el mes de Agosto

Exposición #	Dosis obtenida (mSv/h)	Diferencia respecto a $\bar{x} = 0,903$
1	0,82	9,19%
2	0,83	8,08%
3	0,89	1,44%
4	0,95	5,21%

Realizado por: David Moreno

Evaluación: Los valores de dosis obtenidos no difieren en más del 20% respecto a los valores promedio de la prueba del CAE anterior, por lo tanto, el control automático de exposición del equipo funciona satisfactoriamente en el parámetro de compensación para diferentes tensiones.

CAE: *Compensación para diferentes espesores*

Tabla 14-4 Valores obtenidos de la Compensación para diferentes espesores en el mes de Julio

Exposición #	Dosis obtenida (mSv/h)	Diferencia respecto a $\bar{x} = 0,91$
1	0,93	2,2%
2	0,93	2,2%
3	0,95	4,4%
4	0,96	5,5%

Realizado por: David Moreno

Tabla 15-4 Valores obtenidos de la Compensación para diferentes espesores en el mes de Agosto

Exposición #	Dosis obtenida (mSv/h)	Diferencia respecto a $\bar{x} = 0,903$
1	0,92	1,88%
2	0,92	1,88%
3	0,92	1,88%
4	0,93	2,99%

Realizado por: David Moreno

Evaluación: Los valores de dosis obtenidos no difieren en más de 20% respecto a los valores promedio obtenidos en la primera prueba del CAE, por lo tanto, el control automático de exposición del equipo funciona satisfactoriamente respecto del parámetro de compensación para diferentes espesores.

4.1.2.3 Pruebas Semestrales

Exactitud y reproducibilidad del tiempo de exposición

Se evaluó la exactitud del tiempo de exposición comparando el tiempo seleccionado en el panel de control del equipo y el tiempo medido mediante un medidor de tiempo de exposición obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 16-4 Valores obtenidos de tiempo de exposición en el mes de Julio

Tiempo seleccionado	Tiempo medido	Porcentaje de diferencia
20 ms	19 ms	5%
100 ms	97 ms	3%
400 ms	383 ms	4,25%
700 ms	672 ms	4%
1 s	942 ms	5,8%

Realizado por: David Moreno

Tabla 17-4 Valores obtenidos del tiempo de exposición en el mes de Agosto

Tiempo seleccionado	Tiempo medido	Porcentaje de diferencia
20 ms	19 ms	5%
100 ms	95 ms	5%
400 ms	375 ms	6,25%
700 ms	677 ms	3,29%
1 s	946 ms	5,4%

Realizado por: David Moreno

Evaluación:

Se realizó la prueba dos veces, en cada una se obtuvo 5 valores de tiempo medido los cuales se mantuvieron dentro de la tolerancia al ser comparados con los tiempos seleccionados en el panel de control del equipo, por lo tanto, el equipo cumple con la prueba de exactitud y reproducibilidad del tiempo de exposición.

Indicador de la distancia foco-detector de imagen

En esta prueba se evaluó el indicador de la distancia foco-detector de imagen utilizando un medidor de distancia a láser, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 18-4 Valores obtenidos de la distancia foco-detector de imagen

Distancia medida	Diferencia respecto al valor indicado en el equipo
100,02 cm	0,02 cm

Realizado por: David Moreno

Evaluación: La diferencia entre el valor teórico y el valor obtenido de la medición es 0,02 cm, muy por debajo del valor máximo tolerable (2cm) por lo que se concluye que el indicador de distancia foco-detector de imagen funciona correctamente.

Verificación de la perpendicularidad del haz de rayos X

En esta prueba se verifica que el haz de rayos X sea perpendicular respecto a la camilla y detectores para evitar cualquier tipo de distorsión en las dimensiones de la imagen final. Se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 19-4 Valores obtenidos de la verificación de la perpendicularidad del haz rayos X

Valor medido	Porcentaje de diferencia respecto al diámetro del hueco de la lámina
5,18cm	3,6%

Realizado por: David Moreno

$$Diferencia = \frac{5,18 \text{ cm} - 5 \text{ cm}}{5 \text{ cm}} \times 100 = 3,6\%$$

Evaluación: El porcentaje de diferencia calculado entre los dos valores es 3,6%, valor menor al máximo tolerable de 4% por lo que se concluye que la característica de perpendicularidad del haz de rayos X es correcta y cumple con su función.

Alineación de campo de luz-campo de radiación-campo de registro

En esta prueba se evaluó la alineación de los distintos campos en busca de discrepancias entre los mismos obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 20-4 Valores obtenidos de la Alineación de campo de luz-campo de radiación-campo de registro

Dimensión medida		Valor obtenido	Discrepancia
Rectángulo interno	Superior	40,2 cm	0,2 cm
	Inferior	40,2 cm	0,2 cm
	Derecho	30,3 cm	0,3 cm
	Izquierdo	30,3 cm	0,3 cm
Distancia entre bordes de las zonas irradiadas	Superior	5,1 cm	0,1 cm
	Inferior	5,1 cm	0,1 cm
	Derecho	5,1 cm	0,1 cm
	Izquierdo	5,1 cm	0,1 cm

Realizado por: David Moreno

Evaluación: En cada medición y comparación entre el campo de luz y campo de radiación se encontraron discrepancias, sin embargo, estas discrepancias se encuentran dentro de la tolerancia, por lo tanto, el equipo de rayos X cumple con la prueba de alineación de campo de luz-campo de radiación-campo de registro.

Filtración: Capa Hemirreductora

En esta prueba se evaluó la calidad del haz de radiación, además se verificó la correcta filtración del tubo de rayos X obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 20-4 Valores obtenidos de la prueba de Filtración: Capa Hemirreductora

Dosis sin filtro: 2,47 Sv		
Grosor del filtro	Dosis con filtro	Grosor total
1,2 mm	1, 52 Sv	1,2 mm
1,4 mm	1,32 Sv	2,6 mm
1,6 mm	1,1 Sv	4,2 mm

Realizado por: David Moreno

Evaluación: La medida del grosor total de los filtros cuando se obtuvo un valor de dosis superior a la mitad del valor inicial medido en la exposición sin filtro fue de 4,2 mm, valor superior al valor mínimo permitido de 2,5 mm por lo tanto se concluye que la filtración del tubo de rayos X es correcta, además de que se verificó la calidad del haz de radiación.

Remanencia de la imagen previa

En esta prueba se verificó que no existe ningún tipo de vestigio de imágenes previas al momento de obtener una imagen radiográfica.

Evaluación: En la imagen final no se observó ningún tipo de vestigio de la imagen anterior, la imagen resultante se encontró perfectamente uniforme por lo tanto ningún tipo de cálculo extra fue necesario.

Uniformidad de la imagen y artefactos en la imagen

Se verificaron distintos parámetros de la calidad de la imagen, además se evaluó la posible presencia de artefactos en la imagen.

Evaluación: La imagen se observó totalmente nítida sin ningún tipo de artefacto en la misma. Los bordes del objeto metálico estaban bien definidos y se diferenciaban del resto de la imagen, por lo tanto, se concluye que la prueba de uniformidad de imagen se cumple satisfactoriamente.

CONCLUSIONES

- Se realizó una revisión bibliográfica de protocolos nacionales e internacionales de control de calidad en equipos de radiología, lo cual permitió contar con una guía para elaborar el Protocolo de Control de Calidad del equipo de rayos X SIEMENS Multix Swing del departamento de Imagenología del Hospital de Oncología SOLCA Chimborazo.
- Se revisó las características técnicas del equipo de rayos X SIEMENS Multix Swing del departamento de Imagenología del Hospital de Oncología SOLCA Chimborazo y en el transcurso de esta actividad se realizó una selección de las pruebas de control de calidad que son aplicables al equipo.
- Se desarrollaron las pruebas de control de calidad a aplicarse al equipo de rayos X SIEMENS Multix Swing del Departamento de Imagenología del Hospital de Oncología SOLCA Chimborazo.
- Se diseñó y elaboró el protocolo de control de calidad en base a los parámetros de los protocolos revisados y tomando en consideración también las normas ISO 9000:2008 y 14000 para el equipo de rayos X digital SIEMENS Multix Swing en función de la necesidad del Hospital de oncología SOLCA Chimborazo con el propósito de comprobar que el equipo funciona en óptimas condiciones.
- Se implementó el protocolo de control de calidad al equipo de rayos X SIEMENS Multix Swing del Departamento de Imagenología del Hospital de Oncología SOLCA Chimborazo.
- El análisis y evaluación de los resultados obtenidos en la implementación del protocolo de control de calidad del equipo de rayos X SIEMENS Multix Swing arrojó los siguientes resultados:
 - Todas las comprobaciones visuales: inspección de la instalación, receptor de imagen, panel de control, cableado del equipo, verificación de partes móviles, comprobación de componentes del cabezal e inspección física de la camilla, fueron evaluadas con un estado de funcionamiento “bueno”.
 - Las pruebas realizadas de radiación de fuga y radiación dispersa dieron como resultado valores de tasas de dosis promedio de 0,169 mSv/h y 0,07 mSv/h respectivamente, valores que están debajo muy por debajo del valor máximo permisible de 1mSv/h.

- Las pruebas correspondientes a Control Automático de Exposición CAE, dieron como resultado un valor de coeficiente de variación promedio de 2,74% el cual es menor al valor máximo permisible de 10%, con lo que se comprobó un correcto funcionamiento del CAE del equipo de rayos X. De igual manera en las pruebas de CAE de compensación para diferentes tensiones y compensación para diferentes espesores se obtuvo diferentes valores de porcentaje de discrepancia, los cuales en general estuvieron debajo del valor de tolerancia máximo de 20%.
- En las pruebas geométricas, se obtuvo un valor medido en la prueba de distancia foco-detector de imagen de 5,18 cm con un porcentaje de diferencia de 3,6%, comprobando que se encuentra debajo del valor máximo permisible de 4%. En la prueba de alineación de campo de luz-campo de radiación-campo de registro se obtuvo diferencias entre 0,1 cm y 0,3 cm los cuales en su totalidad se encuentran debajo del valor máximo permisible de 1cm.
- En las pruebas de exactitud del tiempo de exposición, los porcentajes de diferencia entre el tiempo seleccionado en la consola del operador y el tiempo medido, se encuentran en el rango de 3% - 5,8%, valores que en su totalidad son inferiores al máximo valor permisible de 10%.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda a los directivos del Hospital de oncología SOLCA Chimborazo fomentar y apoyar la aplicación de la totalidad del protocolo de control de calidad implementado para el equipo de rayos X digital Siemens Multix Swing para comprobar el correcto funcionamiento de cada uno de sus parámetros y componentes, garantizando óptimos resultados en la toma de imágenes de radiodiagnóstico y a la vez asegurando la protección del personal ocupacionalmente expuesto, público y pacientes.
- Se recomienda reportar al personal administrativo del Hospital y al servicio técnico de Siemens cualquier valor obtenido fuera del rango de tolerancias al aplicar las pruebas del protocolo, lo que permitirá corregir a tiempo las anomalías detectadas con la aplicación del protocolo de control de calidad implementado.
- Se recomienda una capacitación constante en la ejecución de las pruebas de control de calidad al personal encargado del Departamento de Imagenología, lo que permitirá lograr la aplicación precisa del protocolo implementado.

BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA, N. 2013. Proyectos Regionales ARCAL-OIEA. [En línea] 21 de Enero de 2013. [Citado el: 23 de Julio de 2015.] http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te_1517s_web.pdf.

ALCARAZ, Miguel. 2003. Universidad de Murcia. *Universidad de Murcia*. [En línea] 15 de noviembre de 2003. <https://webs.um.es/mab/miwiki/lib/exe/fetch.php?id=temas&cache=cache&media=t11.pdf>.

ARIAS, César, BORRÁS, Cari y CASTELLANOS, Jorge. 1998. *Organización, Desarrollo, Garantía de Calidad y Radioprotección en los Servicios de Radiología*. Washington D.C. : BORRÁS E.D., 1998.

BECERRA, Alonso. 2006. cdigital.uv.mx/bitstream. [En línea] Julio de 2006. cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/32697/1/becerrajosafatalonso.pdf.

BLANCO, S. 2013. Programa Regional del OIEA para América Latina. [En línea] 2013.

BROSED, Antonio. 2012. *Fundamentos de Física Médica*. [ed.] Pedro Ruiz. ADI Servicios Editoriales. Madrid : s.n., 2012. Vol. 2.

CASTILLO, R., CEA, C. y DÍAZ, J. 2005. Protocolos de control de calidad en equipos de Radiodiagnóstico estacionario con fluoroscopia. El Salvador : Facultad de Ingeniería, Enero de 2005.

CCEEM. 1998. Control de Calidad de equipos de Radiografía. [En línea] 05 de Mayo de 1998. [Citado el: 19 de Junio de 2015.]

CHAIMAN, M. 1977. Basic Quality control in diagnostic Radiology. New York : American Association of Physicists in Medicine, 1977.

CIRAJ, O., KOSUTIC, D. y MARKOVIC, S. 2002. *Quality Assurance in Diagnostic Radiology with X-rays*. [ed.] Koicki S. Belgrade : s.n., 2002. págs. 321-324.

DÍAZ, Manuel, TORRES, Ricardo y CARRERA, Francisco. 2011. *Protocolo Español de Control de Calidad en Radiodiagnóstico*. Madrid : Senda S.A., 2011.

GONZÁLEZ, M. 2014. Universidad Autonoma del Estado de Hidalgo. [En línea] 21 de enero de 2014. http://www.uaeh.edu.mx/docencia/P_Presentaciones/icsa/assignatura/16Radiografia.pdf.

GUISHA, Daniela. 2015. repositorio.uta.edu.ec. [En línea] Junio de 2015. <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/10784/1/GUISHA%20VERGARA%20DANI%20ELA%20FERNANDA.pdf>.

JLE. 2014. jleditora.com.do. [En línea] 2014. <http://jleditora.com.do/certificacion-iso-9001/>.

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA. 2006. Control de Calidad en Radiografía. Viena : OIEA, 2006.

SCRIBD. 2009. Rayos X. [En línea] Junio de 2009. <http://es.scribd.com/doc/219787213/rayos-x#scribd>.

SIEMENS. 2013. *Manual del Operador siemens Multix Swing*. Munich : Siemens AG, 2013.

UBEDA, Carlos, y otros. 2007. Garantía de calidad y protección radiológica en las exposiciones médicas en Europa. Un ejemplo a seguir. 2007. Vol. 13, 4, págs. 208-212.

ANEXOS

Anexo A. Preparación de los materiales



Anexo B. Evaluación de los datos obtenidos por el dosímetro en la prueba de radiación dispersa



Anexo C. Posicionamiento del cabezal para la prueba de radiación de fuga



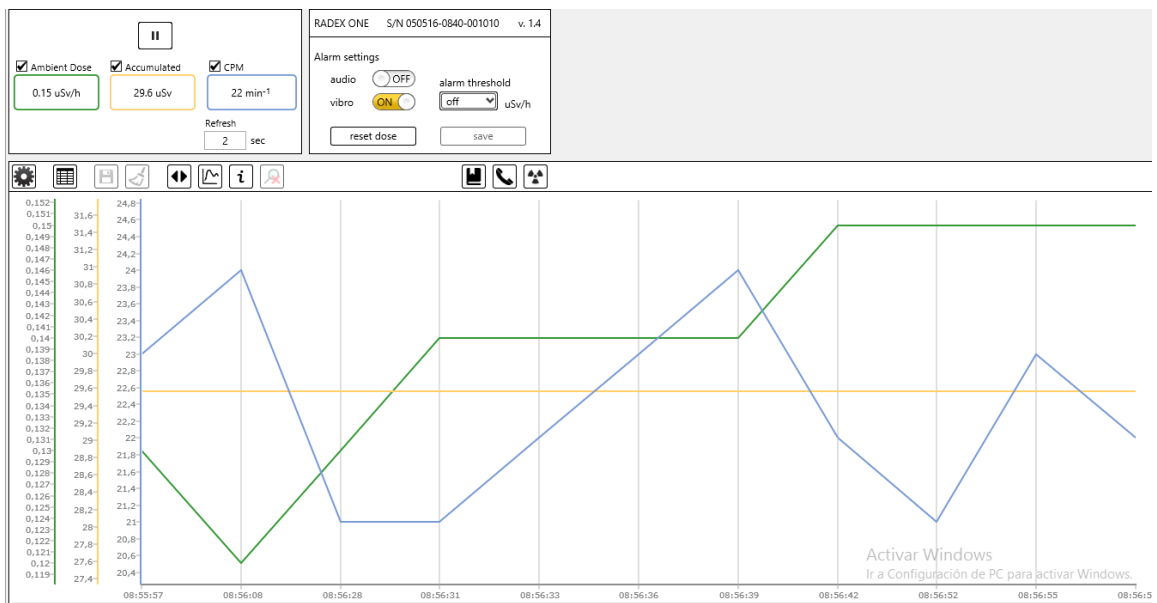
Anexo D. Acumulación de cajas vacías en la sala de rayos X, como consecuencia se califica como “malo” en una de las pruebas de inspección y evaluación de la instalación.



Anexo E. Medición de la distancia foco-detector en la prueba de Indicador de la distancia foco-detector de imagen.



Anexo F. Dosis registrada por el dosímetro en las distintas pruebas efectuadas



Anexo G. Hojas de registro



HOSPITAL DE ONCOLOGÍA SOLCA CHIMBORAZO
RIOBAMBA- ECUADOR

REGISTRO DEL CONTROL DE CALIDAD DEL EQUIPO DE RAYOS X SIEMENS MULTIX SWING

PRUEBAS DIARIAS

DATOS INFORMATIVOS	Fecha:	Informe No.-
	Responsable:	Firma de responsabilidad:
INSPECCIÓN Y EVALUACIÓN VISUAL DE LA INSTALACIÓN		
ESTADO		OBSERVACIONES:
MALO <input type="checkbox"/>	BUENO <input type="checkbox"/>	
INSPECCIÓN VISUAL DEL RECEPTOR DE IMAGEN		
ESTADO		OBSERVACIONES:
MALO <input type="checkbox"/>	BUENO <input type="checkbox"/>	
INSPECCIÓN VISUAL DEL PANEL DE CONTROL		
ESTADO		OBSERVACIONES:
MALO <input type="checkbox"/>	BUENO <input type="checkbox"/>	
INSPECCIÓN VISUAL DEL CABLEADO DEL EQUIPO		
ESTADO		OBSERVACIONES:
MALO <input type="checkbox"/>	BUENO <input type="checkbox"/>	
VERIFICACIÓN DE PARTES MÓVILES DEL EQUIPO DE RAYOS X		
ESTADO		OBSERVACIONES:
MALO <input type="checkbox"/>	BUENO <input type="checkbox"/>	
COMPROBACIÓN DE COMPONENTES DEL CABEZAL		
ESTADO		OBSERVACIONES:
MALO <input type="checkbox"/>	BUENO <input type="checkbox"/>	
INSPECCIÓN FÍSICA DE LA CAMILLA		
ESTADO		OBSERVACIONES:
MALO <input type="checkbox"/>	BUENO <input type="checkbox"/>	

**HOSPITAL DE ONCOLOGÍA SOLCA CHIMBORAZO****RIOBAMBA- ECUADOR**

REGISTRO DEL CONTROL DE CALIDAD DEL EQUIPO DE RAYOS X SIEMENS MULTIX SWING

PRUEBAS MENSUALES

DATOS INFORMATIVOS	Fecha:	Informe No.-
	Responsable:	Firma de responsabilidad:

RADIACIÓN DE FUGA

TASA DE DOSIS MEDIDA [mSv/h]	OBSERVACIONES:

RADIACIÓN DISPERSA

TASA DE DOSIS MEDIDA [mSv/h]	OBSERVACIONES:

CONTROL AUTOMÁTICO DE EXPOSICIÓN (CAE) Repetibilidad

EXPOSICIÓN	TASA DE DOSIS MEDIDA [mSv/h]	Coefficiente de Variación	OBSERVACIONES:
1			
2			
3			
4			
5			
\bar{x} del CAE =			

CAE Compensación para diferentes tensiones

EXPOSICIÓN	TASA DE DOSIS MEDIDA [mSv/h]	Comparación con \bar{x} del CAE	OBSERVACIONES:
1			
2			
3			
4			

CAE Compensación para diferentes espesores

EXPOSICIÓN	TASA DE DOSIS MEDIDA [mSv/h]	Comparación con \bar{x} del CAE	OBSERVACIONES:
1			
2			
3			
4			

**HOSPITAL DE ONCOLOGÍA SOLCA CHIMBORAZO****RIOBAMBA- ECUADOR**

REGISTRO DEL CONTROL DE CALIDAD DEL EQUIPO DE RAYOS X SIEMENS MULTIX SWING

PRUEBAS SEMESTRALES

DATOS INFORMATIVOS	Fecha:	Informe No.-
	Responsable:	Firma de responsabilidad:

Indicador de la distancia foco-detector de imagen

Distancia medida	Diferencia respecto al valor indicado en el equipo	OBSERVACIONES:

Verificación de la perpendicularidad del haz de rayos X

Valor medido	Porcentaje de diferencia respecto al diámetro del hueco de la lámina	OBSERVACIONES:

Alineación de campo de luz-campo de radiación-campo de registro

Dimensión medida		Valor obtenido	Discrepancia	OBSERVACIONES:
Rectángulo interno	Superior			
	Inferior			
	Derecho			
	Izquierdo			
Distancia entre bordes de las zonas irradiadas	Superior			
	Inferior			
	Derecho			
	Izquierdo			

Exactitud y Reproducibilidad del tiempo de Exposición			
Tiempo Seleccionado	Tiempo Medido	Porcentaje de Diferencia	OBSERVACIONES:
20 ms			
100 ms			
400 ms			
700 ms			
1 s			
Capa Hemirreductora			
Dosis sin filtro:			OBSERVACIONES:
Grosor del filtro	Dosis con filtro	Grosor total	
Remanencia de la imagen previa			
Existencia de algún vestigio de la imagen anterior			OBSERVACIONES:
SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>		
Uniformidad de la imagen y artefactos en la imagen			
Nitidez de la imagen			OBSERVACIONES:
BUENO <input type="checkbox"/>	MALO <input type="checkbox"/>		
Presencia de artefactos			
SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>		