



IAEA / ARCAL XLIX

IMPLEMENTACION DE LAS NORMAS BASICAS DE SEGURIDAD INTERNACIONALES
EN LAS PRACTICAS MEDICAS

PROTOSCOLOS DE CONTROL DE CALIDAD EN RADIODIAGNÓSTICO

TABLA DE CONTROL DE REVISIONES

Revisión número	Págs.	Fecha de aprobación	Autor(es)	Revisor	Copias controladas emitidas	Comentarios

NOTA: Los protocolos serán publicados en español y en portugués para su distribución

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLOS DE CONTROL DE CALIDAD EN RADIODIAGNOSTICO	ARCAL XLIX	
		Revisión 1	Pag. 3/100

INDICE

CAPÍTULO 1. GENERALIDADES.....	6
1.1 INTRODUCCIÓN	6
1.2 OBJETIVO	6
1.3 CAMPO DE APLICACIÓN.....	7
1.4 DEFINICIONES	7
1.5 RESPONSABILIDADES	7
1.6 REFERENCIAS.....	7
CAPÍTULO 2. PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD EN RADIOGRAFIA GENERAL.....	8
2.1 LEVANTAMIENTO RADIOMÉTRICO (PRUEBA 1).....	8
2.2 RADIACIÓN DE FUGA (PRUEBA 2)	11
2.3 PERPENDICULARIDAD DEL RAYO CENTRAL (PRUEBA 3) Y COINCIDENCIA DEL CAMPO LUMINOSO CON EL CAMPO DE RADIACIÓN (PRUEBA 4)	12
2.4 EXACTITUD Y REPETIBILIDAD DEL VALOR NOMINAL DE LA TENSIÓN DEL TUBO (PRUEBA 5)	13
2.5 RENDIMIENTO, REPETIBILIDAD Y LINEALIDAD DE LA EXPOSICIÓN (PRUEBA 6).....	15
2.6 EXACTITUD Y REPETIBILIDAD DEL TIEMPO DE EXPOSICIÓN (PRUEBA 7).....	16
2.7 REPETIBILIDAD DEL CAE (PRUEBA 8)	17
2.8 CAPA HEMIRREDUCTORA (PRUEBA 9)	18
2.9 PUNTO FOCAL (PRUEBA 10).....	20
2.10 RESOLUCIÓN DE ALTO CONTRASTE (PRUEBA 11)	22
2.11 BAJO CONTRASTE (PRUEBA 12).....	23
2.12 DOSIS EN LA SUPERFICIE DEL PACIENTE (PRUEBA 13).....	24
CAPÍTULO 3. PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD DE RADIOGRAFIA INTRA-ORAL.....	27
3.1 LEVANTAMIENTO RADIOMÉTRICO (PRUEBA 1)	27
3.2 RADIACIÓN DE FUGA (PRUEBA 2).....	29
3.3 SISTEMA DE COLIMACIÓN (PRUEBA 3).....	30
3.4 REPETIBILIDAD Y EXACTITUD DEL TIEMPO DE EXPOSICIÓN (PRUEBA 4).....	31
3.5 EXACTITUD Y REPETIBILIDAD DE LA TENSIÓN (PRUEBA 5).....	32
3.6 CAPA HEMIRREDUCTORA (PRUEBA 6).....	33
3.7 RENDIMIENTO, REPETIBILIDAD Y LINEALIDAD DE LA EXPOSICIÓN	34
3.8 HERMETICIDAD DE LA CAJA DE REVELADO	35
3.9 DOSIS DE ENTRADA EN LA PIEL.....	36
3.10 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE IMAGEN.....	38
CAPÍTULO 4. PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD EN MAMOGRAFÍA	39
4.1 LEVANTAMIENTO RADIOMÉTRICO (PRUEBA 1)	39
4.2 RADIACIÓN DE FUGA (PRUEBA 2).....	41
4.3 SISTEMA DE COLIMACIÓN (PRUEBAS 3 Y 4).....	42
4.4 DETERMINACIÓN DE LA DISTANCIA FOCO – PELÍCULA (PRUEBA 5).....	43

 ARCAL/IAEA	PROTOSCOLOS DE CONTROL DE CALIDAD EN RADIODIAGNOSTICO	ARCAL XLIX	
		Revisión 1	Pag. 4/100

4.5	EXACTITUD Y REPETIBILIDAD DEL VALOR NOMINAL DE LA TESIION DEL TUBO (PRUEBA 6)	44
4.6	CAPA HEMIRREDUCTORA (PRUEBA 7)	45
4.7	RENDIMIENTO, REPETIBILIDAD Y LINEALIDAD DE LA EXPOSICIÓN (PRUEBA 8)	46
4.8	EXACTITUD Y REPETIBILIDAD DE LOS TIEMPOS DE EXPOSICIÓN (PRUEBA 9).....	48
4.9	EVALUACION DEL CONTROL AUTOMATICO DE EXPOSICIÓN - CAE (PRUEBA 10)	49
4.10	EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE IMAGEN (PRUEBA 11)	51
4.11	DOSIS DE ENTRADA EN LA PIEL (PRUEBA 12)	52

CAPÍTULO 5. CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE FLUOROSCOPIA 54

5.1	LEVANTAMIENTO RADIOMÉTRICO (PRUEBA 1)	54
5.2	RADIACIÓN DE FUGA (PRUEBA 2).....	56
5.3	SISTEMA DE COLIMACIÓN Y TAMAÑO DE LA IMAGEN (PRUEBA 3, 4 Y 5)	57
5.4	EXACTITUD Y REPETIBILIDAD DEL VALOR NOMINAL DE LA TENSIÓN DEL TUBO (PRUEBA 6)	59
5.5	REPETIBILIDAD Y LINEALIDAD DE LA TASA DE KERMA EN AIRE Y RENDIMIENTO DEL TUBO (PRUEBA 7)	61
5.6	FILTRACIÓN TOTAL DEL HAZ (PRUEBA 8)	63
5.7	TIEMPO DE FLUOROSCOPIA (PRUEBA 9).....	64
5.8	EVALUACIÓN DEL CONTROL AUTOMÁTICO DE BRILLO, CAB (PRUEBA 10).....	65
5.9	TASA DE DOSIS MÁXIMA EN LA ENTRADA DEL IIR (PRUEBA 11)	67
5.10	TASA DE DOSIS MÁXIMA EN LA ENTRADA DE LA PIEL DEL PACIENTE (PRUEBA 12)	68
5.11	AJUSTE DEL MONITOR - ESCALA DE GRISES (PRUEBA 13)	69
5.12	RESOLUCIÓN DE ALTO CONTRASTE (PRUEBA 14)	70
5.13	BAJO CONTRASTE (PRUEBA 15)	71

CAPÍTULO 6. PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD EN TOMOGRAFIA AXIAL COMPUTARIZADA 72

6.1	LEVANTAMIENTO RADIOMÉTRICO (PRUEBA 1)	72
6.2	RADIACIÓN DE FUGA (PRUEBA 2).....	74
6.3	COINCIDENCIA DE LOS INDICADORES LUMINOSOS Y COINCIDENCIA DEL INDICADOR LUMINOSO INTERNO CON EL HAZ DE RADIACIÓN (PRUEBA 3)	75
6.4	ALINEACIÓN DE LA MESA AL “GANTRY” Y COINCIDENCIA DEL INDICADOR LUMINOSO SAGITAL CON EL EJE LONGITUDINAL DE LA MESA (PRUEBA 4)	76
6.5	DESPLAZAMIENTOS ANGULARES (INCLINACIÓN) DEL GANTRY (PRUEBA 5)	77
6.6	DESPLAZAMIENTO LONGITUDINAL DE LA MESA (PRUEBA 6)	78
6.7	EVALUACIÓN DE LA REPETIBILIDAD Y LINEALIDAD DE LA EXPOSICIÓN (PRUEBA 7)	79
6.8	ESPESOR DE CORTE (PRUEBA 8).....	80
6.9	RUIDO, VALOR MEDIO, UNIFORMIDAD DEL NÚMERO CT Y DEPENDENCIA DEL NÚMERO DE CT CON EL TAMAÑO DEL PACIENTE Y CON EL ALGORITMO DE RECONSTRUCCIÓN (PRUEBA 9)	81
6.10	RESOLUCIÓN DE BAJO CONTRASTE (PRUEBA 10).....	83
6.11	RESOLUCIÓN DE ALTO CONTRASTE (RESOLUCIÓN ESPACIAL – PRUEBA 11)	84
6.12	DOSIS DE RADIACIÓN (PRUEBA 12).....	84

CAPÍTULO 7. PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD DE CUARTO OSCURO 87

7.1	EVALUACIÓN VISUAL DEL CUARTO OSCURO Y VERIFICACIÓN DE SU NIVEL DE RADIACIÓN (PRUEBAS 1, 2, 3, 4, 5)	87
-----	---	----

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLOS DE CONTROL DE CALIDAD EN RADIODIAGNOSTICO	ARCAL XLIX	
		Revisión 1	Pag. 5/100

7.2	PRUEBA DE VELO DE LAS PELÍCULAS POR LUCES DE SEGURIDAD Y LUZ BLANCA (PRUEBA 6).....	90
7.3	PROCESAMIENTO MANUAL (PRUEBA 7)	91
7.4	PROCESAMIENTO AUTOMÁTICO (PRUEBA 8)	92

CAPÍTULO 8. PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD DE SISTEMAS DE RECEPCIÓN Y VISUALIZACIÓN DE IMAGEN 96

8.1	SISTEMA DE RECEPCIÓN DE LA IMAGEN.....	96
8.2	VELOCIDAD PELÍCULA-PANTALLA.....	97
8.3	SISTEMAS DE VISUALIZACIÓN (NEGATOSCOPIOS).....	98

 ARCAL/IAEA	PROTOSCOLOS DE CONTROL DE CALIDAD EN RADIODIAGNOSTICO	ARCAL XLIX	
		Revisión 1	Pag. 6/100

CAPÍTULO 1. GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

La aplicación médica, entre todas las prácticas que involucran radiación ionizante, es responsable de la más alta contribución de la exposición de la población. Sin embargo, tradicionalmente la reglamentación en protección radiológica se ha orientado principalmente hacia las exposiciones ocupacionales, olvidando que en el campo de las aplicaciones médicas existe un gran potencial de reducción de dosis. Por ese motivo, organismos internacionales como la Comisión Internacional de Protección Radiológica, la Organización Mundial de la Salud, la Organización Panamericana de la Salud y el Organismo Internacional de Energía Atómica, entre otros, aúnan esfuerzos para proponer recomendaciones y normas básicas que sean referencia para todos los países y que permitan la aplicación óptima de las técnicas radiológicas en búsqueda de un mayor beneficio para el paciente y la sociedad con una mejoría de la calidad de la imagen y reducción efectiva de la exposición médica, ocupacional y de la población.

Para la aplicación de esas recomendaciones y normas, en particular en América Latina, se ha identificado la falta de personal calificado, guías y protocolos de protección radiológica y de garantía de calidad, a pesar del gran número de instalaciones radiológicas que existe en la región. El proyecto ARCAL XLIX pretende dar su aporte a la solución del problema proponiendo mecanismos concretos de implantación de las Normas Básicas de Seguridad en la región, proponiendo en particular protocolos de control de calidad para cada uno de los campos de aplicación de la radiología, los cuales deben ser puestos en marcha inicialmente en los Centros de Referencia seleccionados en cada uno de los países participantes.

Los protocolos propuestos serán entonces, aplicados, evaluados y perfeccionados con el objetivo final de proveer a la región de protocolos unificados, adaptados a sus necesidades, a la organización particular de sus servicios de radiodiagnóstico, a la vez que el personal involucrado se capacita en cursos regionales y en reuniones de evaluación y análisis.

Este documento fue diseñado de modo que permita su utilización en las pruebas mínimas de aceptación y comisionamiento de equipos nuevos como también en las pruebas de constancia efectuadas periódicamente. Las pruebas de aceptación y comisionamiento de los equipos deben confirmar la conformidad con la reglamentación técnica nacional (o con las guías del Arcal XLIX) y con los patrones del fabricante. Los resultados obtenidos son también útiles para definir los valores de base (o referencia) para las pruebas de constancia o acompañamiento del desempeño de cada equipo

1.2 OBJETIVO

Establecer la metodología que será adoptada, siguiendo los criterios establecidos en las Normas Básicas de Seguridad (NBS), en el programa de garantía de calidad y protección radiológica de las unidades de radiodiagnóstico de los hospitales de la región.

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLOS DE CONTROL DE CALIDAD EN RADIODIAGNOSTICO	ARCAL XLIX	
		Revisión 1	Pag. 7/100

1.3 CAMPO DE APLICACIÓN

Los procedimientos propuestos son aplicables a unidades de radiodiagnóstico médico y dental.

1.4 DEFINICIONES

Los términos adoptados en estos protocolos son aquellos definidos en los documentos de la IEC, ISO, ICRU, NBS, ARCAL XX y en el manual elaborado en el marco de ARCAL XLIX.

1.5 RESPONSABILIDADES

- a) Implementación inicial: Director General del Hospital de Referencia y el Coordinador del Proyecto ARCAL XLIX en cada país participante.
- b) Aplicación: Físicos Médicos y profesionales equivalentes capacitados en pos-grado.

1.6 REFERENCIAS

Las referencias utilizadas para la elaboración de este protocolo se encuentran listadas en el Anexo 1.

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE RADIOGRAFIA GENERAL	ARCAL XLIX – TP-002	
		Revisión 1	Pag. 8/100

CAPÍTULO 2. PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE RADIOGRAFIA GENERAL

2.1 LEVANTAMIENTO RADIOMÉTRICO (PRUEBA 1)

2.1.1 Alcance

- a) Objetivo: Evaluar los niveles de exposición ocupacional y del público.
- b) Indicador: Equivalente de dosis ambiental en mSv/año, u otra magnitud relacionada con la dosis efectiva, establecida por la autoridad reguladora local.
- c) Referencia: ARCAL XX.
- d) Frecuencia mínima: En la aceptación de la sala, cada cuatro años y después de modificaciones que afecten la protección radiológica

2.1.2 Instrumentación

- a) Cámara de ionización de gran volumen (1800cc);
- b) Electrómetro (rango 1 fC a 999 nC, exactitud $\pm 5\%$, reproducibilidad $\pm 1\%$);
- c) Simulador con dimensiones del tórax de un adulto típico;
- d) Cinta métrica;
- e) Soporte para fijación del simulador al bucky mural.

2.1.3 Metodología

2.1.3.1 Elaboración del croquis de la instalación

- a) Elaborar el esquema (croquis) de la sala de rayos x y sus áreas adyacentes (a escala, sí posible);
- b) Representar en el croquis el generador, tubo de rayos X, mesa del paciente, biombo, consola de comando, puertas y ventanas. Identificar estos ítems con números y referirlos en la leyenda;
- c) Anotar el tipo de las áreas adyacentes (Ej.: cuarto oscuro, sala de espera, corredor, sala de lectura, estacionamiento, recepción, baños, etc.);
- d) Identificar con letras mayúsculas en el croquis los puntos de interés situados dentro y fuera de la sala donde individuos del público y/o miembros del equipo del servicio puedan estar expuestos a radiación.

2.1.3.2 Parámetros de operación

- a) Seleccionar la tensión de tubo más alta utilizada en los exámenes de rutina;
- b) Desactivar el CAE, si hubiera;
- c) Para mediciones en modo de tasa, seleccionar un tiempo igual o superior a 1s y la menor corriente disponible. Si no fuera posible utilizar estos tiempos, seleccionar el mAs más alto que permita el generador y realizar las medidas en modo de dosis integrada;
- d) Seleccionar el tamaño de campo más amplio permitido por el colimador;
- e) Registrar los parámetros de operación, los datos del simulador, de la cámara de ionización (incluyendo datos de la calibración), y de la magnitud y unidad de lectura utilizada.

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE RADIOGRAFIA GENERAL	ARCAL XLIX – TP-002	
		Revisión 1	Pag. 9/100

2.1.3.3 Medición del haz primario (no utilizar simulador)

- a) Dirigir el haz de rayos x hacia una de las barreras primarias a ser evaluadas (dirección en la cual pueda haber receptor de imagen). La distancia foco-película deberá ser la más frecuente en los exámenes de rutina del Servicio;
- b) Asegurar la selección adecuada de la escala de medición del instrumento;
- c) Posicionar el cámara de ionización, de acuerdo con la geometría descrita en el manual de operación, en el primer punto seleccionado, (detrás de la barrera primaria, aproximadamente a 15 cm de distancia);
- d) Realizar una exposición con los parámetros preseleccionados. Repetir la medida en un punto adyacente para garantizar el registro del mayor nivel de radiación. Si la medida se realiza en modo de lectura integrada, puede ser necesario realizar integrar más de una exposición en el mismo punto (en este caso, anotar el valor de la razón de la lectura integrada por el número de disparos);
- e) Anotar en el formulario el mayor valor medido para el punto en cuestión y la dirección seleccionada;
- f) Repetir el mismo procedimiento para los otros puntos de las barreras alcanzadas por el haz primario.

2.1.3.4 Medición del haz secundario

- a) Colocar el simulador en la mesa de examen (o en el bucky mural o en el lugar donde pueda haber un receptor de imagen);
- b) Colocar el tubo de rayos-x a las distancias más utilizadas en los procedimientos de rutina; dirigir el haz hacia el centro del simulador;
- c) Colocar la cámara de ionización de acuerdo con la geometría descrita en el manual de operación en el primer punto de medición (detrás de la barrera secundaria, aproximadamente a 15 cm de distancia);
- d) Realizar una exposición con los parámetros preseleccionados. Repetir la medida en un punto adyacente para garantizar el registro del mayor nivel de radiación. Si la medida se realiza en modo de lectura integrada, puede ser necesario integrar más de una exposición en el mismo punto (en este caso, anotar el valor de la razón de la lectura integrada por el número de disparos).
- e) Registrar el mayor valor medido en el campo correspondiente a la dirección del haz primario (horizontal o vertical);
- f) Repetir el mismo procedimiento para las otras direcciones de uso clínico del tubo y localizaciones seleccionadas en el ítem 2.1.3.1

2.1.3.5 Definición de los parámetros de cálculo

- a) Definir los factores de uso (U) de acuerdo con la fracción da carga de trabajo durante la cual el local donde se realiza la medida es alcanzado por el haz primario. Para fines de orientación, los valores promedios representativos de instalaciones de radiografía general son: 0,7 para el piso y 0,3 para la pared (bucky mural);
- b) Definir los factores de ocupación (T) a partir de la estimación realista de la ocupación de los individuos más expuestos en el área en cuestión, durante un período de uso de la instalación. Los valores presentados en la Tabla 2.1 podrán ser usados para fines de orientación;

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE RADIOGRAFIA GENERAL	ARCAL XLIX – TP-002	
		Revisión 1	Pag. 10/100

- c) Determinar la carga de trabajo semanal (W), expresado en mAmin/semana, para las condiciones máximas de rutina. Para las instalaciones nuevas, considerar, por lo menos, un período de 5 años de vida útil de la instalación. Valores conservativos típicos de W presentados en la Tabla 2.2 pueden ser utilizados como orientación. Para la obtención de valores más reales aplicar la siguiente fórmula:

$$W = \frac{N_R It}{60}$$

Donde N_R es el número de radiografías por semana, It es el mAs promedio por radiografía.

Para un dado número de pacientes, la carga de trabajo depende de varios factores tales como la distancia foco-película, la tensión del tubo y la combinación película pantalla. En la Tabla 2.2 se considera una combinación película-pantalla regular (velocidad 200).

Tabla 2.1: Factores de ocupación (T)

Ocupación	Local	T
Integral	Consultorio, recepción	1
Parcial	Espera, vestidor, Circulación interna	1/4
Eventual	Circulación externa, baños, escaleras	1/16
Esporádico	Jardines cercados, casa de máquinas	1/32

Tabla 2.2: Ejemplos de carga de trabajo semanal máxima (W)

Equipo	Número de Pacientes/día	W (mA.min/sem)		
		100 kVp	125 kVp	150 kVp
Radiografía General	24	320	160	80
Radiografía de Tórax	60	160	80	-

2.1.4 Procedimiento de cálculo

Para cada punto seleccionado, los cálculos deberán seguir las siguientes etapas:

- Multiplicar la mayor lectura obtenida por el factor de calibración del instrumento y por el factor de conversión para la magnitud de interés;
- Transformar el valor obtenido en mSv/mAmin (considerando la corriente o el mAs usado);
- Multiplicar el resultado por W (mA.min/sem) $\times U \times T$.

Nota: Para expresar el valor obtenido en mSv/año, multiplique el resultado por 50 semanas / año.

2.1.5 Interpretación de resultados, conclusiones y recomendaciones

- Comparar los valores obtenidos con los niveles de restricción de dosis establecidos en el ARCAL XX (Tabla 2.3) o con los valores adoptados en la reglamentación local;
- Indicar si (S) o no (N) la aceptación del nivel de radiación en cada punto. En caso de que exista algún punto con nivel no aceptable, informar el resultado de la evaluación en campo correspondiente en la ficha;
- Recomendaciones posibles: adicionar un blindaje, reducir la ocupación, cambiar la posición del equipo, etc.

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE RADIOGRAFIA GENERAL	ARCAL XLIX – TP-002	
		Revisión 1	Pag. 11/100

Nota: Si el haz estuviera parcialmente blindado, el espesor de la barrera secundaria adicional puede calcularse en número de capas hemirreductoras (CHR) para la energía del haz: $m = 1,44 \ln(R)$, donde R es la razón entre el nivel semanal medido y el nivel aceptable y m es el número de capas hemirreductoras necesarias.

Tabla 2.3: Niveles de Restricción de Dosis (ARCAL XX)

Área Controlada	0,10 mSv / sem ó 5,0 mSv / año
Área Libre	0,01 mSv / sem ó 0,5 mSv / año

2.2 RADIACIÓN DE FUGA (PRUEBA 2)

2.2.1 Alcance

- a) Objetivos: Evaluar la radiación de fuga de la coraza del tubo de rayos x;
- b) Indicadores: Tasa de kerma en aire a la máxima carga que pueda soportar el tubo durante 1 hora y promediando sobre un área que no exceda los 100 cm²;
- c) Referencia: Arcal XX;
- d) Frecuencia mínima: Inicial y después de cambios.

2.2.2 Instrumentación

- a) Chasis cargados;
- b) Placa de Plomo;
- c) Cámara de ionización de placas paralelas con un área de 100 cm²(volumen de 180 cc);
- d) Electrómetro (rango 1 fC a 999 nC, exactitud $\pm 5\%$, reproducibilidad $\pm 1\%$).

2.2.3 Metodología

- a) Cerrar completamente el colimador. Dependiendo del tipo y estado del colimador, se deberá bloquear la salida del mismo con una placa de plomo;
- b) Cubrir la coraza del tubo con chasis cargados, identificando la posición de cada uno;
- c) Seleccionar el máximo kVp y un valor de corriente y tiempo razonable (cuidando no dañar el tubo). Registrar los mismos;
- d) Realizar una exposición;
- e) Procesar las películas;
- f) Observar películas y detectar puntos con mayor ennegrecimiento que manifiesten presencia de radiación de fuga;
- g) Colocar la cámara de ionización a 1 metro de distancia del foco en la dirección de cada punto en que se haya detectado ennegrecimiento. Se deberá tomar las medidas de protección pertinentes;
- h) Realizar la exposición;
- i) Registrar las lecturas obtenidas en cada punto.

2.2.4 Cálculos

- a) Transformar las lecturas obtenidas a mGy/h;

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE RADIOGRAFIA GENERAL	ARCAL XLIX – TP-002	
		Revisión 1	Pag. 12/100

- b) Corregir las lecturas para la corriente máxima que puede soportar el tubo durante 1 hora, según los requisitos de ensayos de fuga, aplicando la siguiente fórmula:

$$L_R = \frac{I_f}{I_e} L_o$$

Donde L_R es la tasa de radiación de fuga, I_f es el valor de corriente máxima del tubo especificada por el fabricante (si se mantuviese durante una hora de forma continua), I_e es la corriente empleada en las mediciones y L_o es la lectura convertida para mGy/h.

2.2.5 Interpretación de resultados y conclusiones

- a) Tolerancia: ≤ 1 mGy/h a 1 m del foco.
- b) Registrar en la ficha de resumen en caso de no-conformidad.

2.2.6 Recomendaciones y acciones correctivas

Contacta con el fabricante y suspender el uso clínico del equipo hasta que se reemplace el conjunto coraza / tubo.

2.3 PERPENDICULARIDAD DEL RAYO CENTRAL (PRUEBA 3) Y COINCIDENCIA DEL CAMPO LUMINOSO CON EL CAMPO DE RADIACIÓN (PRUEBA 4)

2.3.1 Alcance

- a) Objetivos: Evaluar la desviación entre el campo luminoso y el campo real de radiación y la perpendicularidad del eje central del haz de radiación con relación al plano del receptor de imagen;
- b) Indicadores: ángulo entre el rayo central y el plano de medida; diferencias entre los bordes del campo indicado y el campo de radiación;
- c) Referencia: IEC 6060-1;
- d) Frecuencia mínima: Inicial, semestral y después de cambios.

2.3.2 Instrumentación

- a) Dispositivo para evaluación del colimador (placa con marcas radiopacas con ejes ortogonales a escala y dos círculos concéntricos – objeto de prueba 3);
- b) Dispositivo para prueba de alineación del rayo central (cilindro de acrílico con esferas radiopacas en sus caras superior e inferior – objeto de prueba 4);
- c) Chasis (preferiblemente 24cm \times 30cm) con pantallas simples y cargado;
- d) Cinta métrica.

2.3.3 Metodología

- a) Verificar si la simetría y la intensidad del campo luminoso son adecuados para la realización de esta prueba (registrar en el cuadro de resumen de la evaluación en caso de la no-conformidad);
- b) Colocar el chasis cargado sobre el plano de medida (receptor de imagen);

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE RADIOGRAFIA GENERAL	ARCAL XLIX – TP-002	
		Revisión 1	Pag. 13/100

- c) Colocar el objeto de prueba 3 sobre el chasis;
- d) Colocar el tubo encima del chasis y verificar si se encuentra nivelado en relación con el plano de medida;
- e) Posicionar el tubo a una distancia foco-película de 100 cm;
- f) Registrar en la ficha la distancia utilizada;
- g) Centrar el campo luminoso en el centro del objeto de prueba 3 y ajustar el campo para que coincida con el rectángulo demarcado en la placa;
- h) Colocar el objeto de prueba 4 sobre objeto de prueba 3 haciendo coincidir el centro de los dos objetos;
- i) Realizar la exposición con una técnica radiográfica apropiada;
- j) Ajustar el colimador de forma que el campo luminoso sea mayor que el anterior, alcanzando los límites de la placa o del chasis. Repetir la exposición con los mismos parámetros;
- k) Revelar la película y verificar si la imagen es adecuada; en caso contrario repetir la prueba con otros parámetros de exposición;
- l) Registrar en la película la fecha y el código de referencia del equipo y de la institución / sector.

2.3.4 Cálculos

Medida directa de los indicadores.

2.3.5 Interpretación de los resultados y conclusiones

- a) Perpendicularidad del rayo central
 - Verificar si la localización de la imagen de la esfera en la superficie superior del cilindro se encuentra dentro del círculo externo ($< 3^\circ$);
 - Registrar en el cuadro de resumen de evaluación si el ángulo medido es superior o igual a 3° .
- b) Coincidencia del campo luminoso con el campo de radiación
 - Verificar si la distancia máxima entre los bordes del campo visual (marcas en el objeto de prueba) y el campo de radiación es $\leq 2\%$ de la distancia foco-película utilizada y si la suma total de las diferencias entre los bordes es $\leq 4\%$ de la distancia foco-película;
 - Registrar en el cuadro de resumen de evaluación si los valores obtenidos están fuera de los niveles aceptables.

2.3.6 Recomendaciones y acciones correctivas

En caso de no-conformidad, contactar con el encargado del servicio de mantenimiento del equipo.

2.4 EXACTITUD Y REPETIBILIDAD DEL VALOR NOMINAL DE LA TENSIÓN DEL TUBO (PRUEBA 5)

2.4.1 Alcance

- a) Objetivo: Evaluar la exactitud y repetibilidad de la indicación de la tensión del tubo en el selector para cualquier corriente de tubo seleccionada
- b) Indicador: tensión de tubo
- c) Referencia: IEC 6167-6, Protocolo Español

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE RADIOGRAFIA GENERAL	ARCAL XLIX – TP-002	
		Revisión 1	Pag. 14/100

d) Frecuencia mínima de la prueba: inicial, anual y después de los cambios

2.4.2 Instrumentación

- a) Kilovoltímetro (rango 50 a 150 kV, exactitud ± 1 kV; reproducibilidad $\pm 1\%$)
- b) Cinta métrica

2.4.3 Metodología

- a) Definir 4 valores de kV (Ej. 60, 80, 90, 110 kV) y 3 valores de corriente de tubo comúnmente utilizados (Ej. 100, 300, 500 mA);
- b) Anotar en la ficha los valores escogidos;
- c) Posicionar el instrumento de medida sobre la mesa (u otro soporte adecuado);
- d) Nivelar el tubo de rayos X;
- e) Colocar el tubo a una distancia foco-instrumento de acuerdo con las recomendaciones del manual de operación del instrumento utilizado;
- f) Ajustar el tamaño y el centro del campo;
- g) Realizar 4 exposiciones para el kV y mA más utilizado clínicamente y anotar los valores de kV medidos;
- h) Realizar una exposición para los otros kV y mA escogidos y anotar los valores de kV medidos.

2.4.4 Procedimiento de cálculo

- a) Exactitud:
 - Determinar para cada valor de kV seleccionado la desviación máxima obtenida entre los valores nominales y los valores medidos para los 3 valores de mA;

$$\text{Desvio Máximo}(\%) = 100 \frac{kV_{ind} - kV_{med}}{kV_{ind}}$$

donde kV_{ind} es el valor nominal; kV_{med} es el valor medido más discrepante.

- Anotar en la ficha los valores obtenidos.
- b) Repetibilidad
 - Dentro de los cuatro valores medidos para un mismo kV, tomar los dos más discrepantes (k_1 y k_2) y calcular:

$$\text{Desvio Máximo}(\%) = 100 \frac{kV_1 - kV_2}{(kV_1 + kV_2)/2}$$

Nota: En algunos casos, puede ser necesario tomar un mínimo de 10 lecturas y calcular el coeficiente de variación.

- Anotar en la ficha los valores obtenidos.

2.4.5 Interpretación de los resultados y conclusiones

Exactitud y repetibilidad:

- a) Límite de tolerancia: $\pm 10\%$
- b) Si uno de los desvíos obtenidos fuera superior a $\pm 10\%$, registrar en el cuadro de resumen de la ficha.

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE RADIOGRAFIA GENERAL	ARCAL XLIX – TP-002	
		Revisión 1	Pag. 15/100

2.4.6 Recomendaciones y acciones correctivas

En caso de no-conformidad, contactar con el encargado del servicio de mantenimiento del equipo.

2.5 RENDIMIENTO, REPETIBILIDAD Y LINEALIDAD DE LA EXPOSICIÓN (PRUEBA 6)

2.5.1 Alcance

- a) Objetivo: Evaluar la constancia del kerma en aire para un mAs dado, y la linealidad y intensidad del rendimiento en 80kV.
- b) Indicador: kerma en aire
- c) Referencia: Arcal XX
- d) Frecuencia mínima de la prueba: inicial, anual y después de cambios.

2.5.2 Instrumentación

- a) Cámara de ionización (volumen de 30 a 120 cc)
- b) Electrómetro (rango 1 fC a 999 nC, exactitud $\pm 5\%$, reproducibilidad $\pm 1\%$)
- c) Cinta métrica

2.5.3 Metodología

- a) Seleccionar una tensión de 80 kV (valor medido) y, si es posible, 4 valores distintos de corriente y tiempo (o mAs) cubriendo el rango útil;
- b) Anotar los valores en la ficha;
- c) Alinear el tubo y posicionarlo a la distancia foco-cámara recomendada por el fabricante del instrumento de medida y anotar el valor en la ficha;
- d) Ajustar el tamaño y centro del campo;
- e) Realizar una exposición para el primer mAs seleccionado y anotar las medidas en la ficha, repetir 3 veces más;
- f) Repetir la etapa anterior para los demás mAs seleccionados.

2.5.4 Procedimiento de cálculo

- a) Repetibilidad:
 - Dentro de las cuatro lecturas para la misma corriente y tiempo, tomar las dos mas discrepantes (L_{mayor} y L_{menor}) y calcular la desviación máxima:

$$repetibilidad(\%) = 100 \times \frac{L_{mayor} - L_{menor}}{(L_{mayor} + L_{menor}) / 2}$$

- b) Linealidad
 - Calcular el valor medio de las lecturas obtenidas para cada mAs y registrar en la ficha;
 - Calcular los rendimientos para cada mAs dividiendo cada valor medio obtenido por el mAs correspondiente y registrar los valores;
 - Tomar los dos valores de rendimiento más discrepantes (R_1 y R_2) y calcular:

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE RADIOGRAFIA GENERAL	ARCAL XLIX – TP-002	
		Revisión 1	Pag. 16/100

- $100 \times \frac{R_1 - R_2}{R_1 + R_2}$

- Anotar en la ficha el valor obtenido

c) Rendimiento

- Calcular el valor medio de los rendimientos obtenidos para los diferentes valores de mAs;
- Corregir el resultado del rendimiento para una distancia de 1,0 m. Registrar este valor en mGym^2/mAs . Si el valor de kV medido es diferente de 80 kV, corregir el rendimiento por $(80/\text{kV})^2$.

2.5.5 Interpretación de los resultados y conclusiones

a) Repetibilidad

- Límite de tolerancia: $\pm 10\%$;
- Si el desvío fuera superior a $\pm 10\%$, registrar en el cuadro de resumen de la ficha.

b) Linealidad

- Límite de tolerancia: $\pm 20\%$
- Si el desvío entre dos valores fuera superior a $\pm 20\%$, registrar en el cuadro de resumen de la ficha.

c) Rendimiento

- Tolerancia:
- Generador trifásico o multipulso: entre 50 y $100\text{mGym}^2/\text{mAs}$
- Generador monofásico con rectificación de onda completa: entre 25 y $60\text{mGym}^2/\text{mAs}$
- Anotar en el cuadro de resumen de la ficha en el caso en que encuentre valores inaceptables.

2.5.6 Recomendaciones y acciones correctivas

En caso de no-conformidad, contactar con el encargado del servicio de mantenimiento del equipo.

2.6 EXACTITUD Y REPETIBILIDAD DEL TIEMPO DE EXPOSICIÓN (PRUEBA 7)

2.6.1 Alcance

- Objetivo: Evaluar la exactitud y la repetibilidad del indicador de tiempo de exposición
- Indicador: tiempo de emisión de haz.
- Referencia: Arcal XX
- Frecuencia mínima de la prueba: inicial, anual después de cambios.

2.6.2 Instrumentación

- Medidor de tiempo de exposición (rango 1 ms a 99 s, exactitud $\pm 5\%$, reproducibilidad $\pm 1\%$)
- Cinta métrica

2.6.3 Metodología

- Definir 3 valores de tiempo comúnmente utilizados;

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE RADIOGRAFIA GENERAL	ARCAL XLIX – TP-002	
		Revisión 1	Pag. 17/100

- b) Nivelar el tubo de rayos X;
- c) Colocar el instrumento de medida sobre la mesa y posicionar el tubo en la distancia foco-instrumento recomendada por el fabricante;
- d) Ajustar el tamaño y el centro del campo;
- e) Realizar la exposición para cada tiempo escogido;
- f) Anotar las lecturas en la ficha;
- g) Repetir las medidas 3 veces más;
- h) Repetir el procedimiento para cada tiempo seleccionado.

2.6.4 Procedimiento de cálculo

- a) Exactitud
 - Utilizando la fórmula siguiente, determinar para cada valor de tiempo seleccionado el desvío máximo obtenido:

$$Desvio\ Máximo(\%) = 100 \frac{T_{ind} - T_{med}}{T_{ind}}$$

donde: T_{ind} es el valor seleccionado; T_{med} es el valor medido más discrepante

- Anotar los desvíos en la ficha.
- b) Repetibilidad
 - Para cada valor de tiempo seleccionado, tomar las dos más discrepantes (L_{mayor} y L_{menor}) y calcular la desviación máxima:

$$repetibilidad(\%) = 100 \times \frac{L_{mayor} - L_{menor}}{(L_{mayor} + L_{menor}) / 2}$$

2.6.5 Interpretación de los resultados y conclusiones

- a) Exactitud
 - Límites de Tolerancia: $\pm 10\%$ para tiempos superiores a 20 ms y $\pm 15\%$ para tiempos menores que 20 ms
 - Registrar en el cuadro de resumen si fuera obtenido por lo menos un valor inaceptable.
- b) Repetibilidad:
 - Límites de Tolerancia: $\pm 10\%$
 - Registrar en el cuadro de resumen si fuera obtenido por lo menos un valor inaceptable.

2.6.6 Recomendaciones y acciones correctivas

En caso de no-conformidad, contactar con el encargado del servicio de mantenimiento del equipo.

2.7 REPETIBILIDAD DEL CAE (PRUEBA 8)

2.7.1 Alcance

- a) Objetivo: evaluar la constancia (repetibilidad) del sistema de control automático de exposición;
- b) Indicador: kerma en aire;

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE RADIOGRAFIA GENERAL	ARCAL XLIX – TP-002	
		Revisión 1	Pag. 18/100

- c) Referencia: Arcal XX;
- d) Frecuencia mínima de la prueba: inicial, anual y después de cambios.

2.7.2 Instrumentación

- a) Cámara de ionización (volumen de 30 a 120 cc);
- b) Electrómetro (rango 1 fC a 999 nC, exactitud $\pm 5\%$, reproducibilidad $\pm 1\%$);
- c) Filtro de cobre de 1,5 mm u otro material [15 cm de acrílico o 3 cm de aluminio] que simule la atenuación del paciente;
- d) Cinta métrica.

2.7.3 Metodología

- a) Seleccionar una tensión comúnmente utilizada;
- b) Posicionar el simulador o el filtro entre la salida del haz y la cámara de ionización de forma que cubra el sensor del CAE;
- c) Anotar en la ficha el valor de kV y el valor del espesor utilizado;
- d) Irradiar la cámara de ionización 4 veces y anotar las lecturas en la ficha.

2.7.4 Procedimiento de cálculo

Tomar las dos lecturas más discrepantes (L_{mayor} y L_{menor}) y calcular la desviación máxima:

$$repetibilidad(\%) = 100 \times \frac{L_{mayor} - L_{menor}}{(L_{mayor} + L_{menor}) / 2}$$

2.7.5 Interpretación de los resultados y conclusión

- a) Límite de Tolerancia: $\pm 10\%$
- b) Registrar en el cuadro de resumen si el desvío fuera superior a 10%.

2.7.6 Recomendaciones y acciones correctivas

En caso de no-conformidad, contactar con el encargado del servicio de mantenimiento del equipo.

2.8 CAPA HEMIRREDUCTORA (PRUEBA 9)

2.8.1 Alcance

- a) Objetivo: Verificar si la filtración total del haz está en correspondencia con los requisitos mínimos;
- b) Indicador: Capa Hemirreductora;
- c) Referencia: ARCAL XX;
- d) Frecuencia mínima de la prueba: inicial, anual y después de cambios.

2.8.2 Instrumentación

- a) Cámara de ionización (volumen de 30 a 120 cc);

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE RADIOGRAFIA GENERAL	ARCAL XLIX – TP-002	
		Revisión 1	Pag. 19/100

- b) Electrómetro (rango 1 fC a 999 nC, exactitud ± 5%, reproducibilidad ± 1%);
- c) Conjunto apropiado de filtros de aluminio (2,5 y 3 mm);
- d) Cinta métrica.

2.8.3 Metodología

- a) Seleccionar una tensión de 90 kV (valor medido, sí posible);
- b) Colocar la cámara a 30cm de la mesa y posicionar el tubo a aproximadamente 1 m de distancia foco-cámara;
- c) Colimar el haz de manera que se cubra exactamente el volumen sensible de la cámara,
- d) Seleccionar una técnica apropiada y realizar una exposición;
- e) Anotar la lectura en la ficha (repetir una o dos veces);
- f) Posicionar el filtro (3 mmAl para trifásico; 2,5 mmAl para 2 pulsos) próximo a la salida del colimador) y realizar la exposición con los mismos parámetros (2 ó 3 veces).

2.8.4 Procedimiento de cálculo

- a) Calcular la razón entre el valor de la lectura con filtro (L) y la lectura sin filtro (Lo);
- b) Calcular el valor de CHR a partir de la siguiente expresión:

$$CHR = \frac{-F \ln 2}{\ln \frac{L}{L_0}}$$

donde F es el espesor del filtro utilizado (mmAl)

- c) Anotar el valor calculado en la ficha.

2.8.5 Interpretación de los resultados y conclusión

- a) Comparar el valor de la CHR obtenido con los valores indicados en la Tabla 2.4 (kV medido);
- b) Para valores intermedios de kVp se debe aplicar la siguiente interpolación lineal:

$$CHR = (CHR_2 - CHR_1) \frac{kV - kV_1}{kV_2 - kV_1} + CHR_1$$

- c) Indicar en el cuadro de resumen (ítem 4a) de la ficha en el caso de encontrar un valor de CHR inferior al indicado para la tensión de tubo utilizada (valor medido).

Tabla 2.4. Valores mínimos de CHR en función de la fase y tensión del tubo

KVp	CSR (mmAl)	
	2 pulsos	multipulso o trifásico
70	2,1	2,3
80	2,3	2,6
90	2,5	3,0
100	2,7	3,2
110	3,0	3,5
120	3,2	3,9
130	3,5	4,1

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE RADIOGRAFIA GENERAL	ARCAL XLIX – TP-002	
		Revisión 1	Pag. 20/100

2.8.6 Recomendaciones y acciones correctivas

En caso de no-conformidad, contactar al servicio de mantenimiento del equipo.

2.9 PUNTO FOCAL (PRUEBA 10)

2.9.1 Alcance

- a) Objetivo: Evaluar si las dimensiones del punto focal coinciden con los valores nominales o valores de base.
- b) Indicador: Dimensión de imagen del patrón de estrella o pares de líneas del patrón de barras
- c) Referencia: ARCAL XX
- d) Frecuencia mínima de la prueba: inicial, anual y después de cambios

2.9.2 Instrumentación

- a) Dispositivo para medir tamaño del punto focal consistente en patrón estrella (de 1,5° ó 2°) o patrón de barras;
- b) Chasis cargado (sin pantalla);
- c) Marcadores de plomo;
- d) Cinta métrica;
- e) Lupa;
- f) Medidor de nivel;
- g) Placa de plomo (mayor o igual a la mitad del tamaño del chasis).

2.9.3 Metodología

- a) Verificar con el nivel si el tubo de rayos X está nivelado con la mesa;
- b) Colocar el chasis cargado (sin pantalla) sobre la mesa.
- c) Posicionar la estrella sobre el soporte (o debajo del colimador) de tal forma que el haz central de rayos X incida perpendicularmente en el plano de la estrella y pase por su centro. La distancia película-estrella debe ser aproximadamente igual a la mitad de la distancia foco-película, para tener una magnificación aproximada de 2 (para medidas con patrón de barras RMI, usar magnificación de 4/3);
- d) Blindar la mitad de la película con la placa de plomo para poder utilizar la misma película para evaluar el foco fino y el foco grueso;
- e) Ajustar el colimador de forma que el patrón de estrella quede totalmente dentro del campo;
- f) Seleccionar el foco fino y un valor de tensión entre los más utilizados de manera rutinaria (se sugiere emplear 75 kVp y una corriente igual a la mitad del valor máximo) y cerca de 10 mAs para obtener una densidad óptica próxima de 1,5 en la región correspondiente a los espacios de la estrella. Registrar los datos en la ficha; Identificar el foco en la película con los marcadores de plomo;
- g) Realizar la exposición con la técnica seleccionada;
- h) Repetir el procedimiento para el foco grueso utilizando la parte no expuesta de la película y blindando la parte ya irradiada;

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE RADIOGRAFIA GENERAL	ARCAL XLIX – TP-002	
		Revisión 1	Pag. 21/100

- i) Procesar la película e identificarla con los datos de la institución, equipo, sala, fecha y técnica utilizada.

2.9.4 Procedimiento de cálculo

2.9.4.1 Patrón de estrella

- a) Observar la película con la lupa, desde afuera hacia adentro y medir la mayor distancia o diámetro (d) entre los puntos donde la imagen del patrón de estrella se hace borrosa, en los ejes perpendicular y paralelo al eje cátodo-ánodo;
- b) Determinar el factor de magnificación (M):

$$M = \frac{D_{FP}}{D_{FE}}$$

donde DFP es la distancia del punto focal a la superficie de la película y DFE es la distancia del punto focal a la superficie del patrón de estrella.

- c) Calcular el tamaño del punto focal en las direcciones perpendicular y paralela al eje ánodo – cátodo usando:

$$f = \left(\frac{\pi\theta}{180^\circ} \right) \times \frac{d}{M - 1}$$

donde: θ corresponde al ángulo del patrón de estrella usado;

- d) Registrar en la ficha los valores obtenidos.

2.9.4.2 Patrón de barras

- a) Identificar en la imagen (con la lupa) el menor grupo de barras paralelas al eje ánodo-cátodo donde se diferencien claramente las tres barras;
- b) Repetir este procedimiento para los grupos perpendiculares al eje ánodo-cátodo;
- c) Determinar la dimensión mayor del punto focal a partir de la tabla proporcionada por el fabricante del patrón de barras.

Nota: Para comprobar la magnificación requerida, mida la distancia entre los centros de los dos orificios visualizados en la imagen. Con una magnificación de 4/3, la distancia entre estas debe ser 8 cm. La distancia foco película usada puede ser calculada por la fórmula $DFP = 15,2 \times M/(M-1)$, donde M es la magnificación medida. La diferencia entre el valor de DFP calculado a los 61 cm requeridos para esta prueba debe ser < 2% de DFP (1,2 cm). En caso contrario, ajuste el DFP y repita la prueba. Para evaluaciones de consistencia, la magnificación debe ser siempre la misma.

2.9.5 Interpretación de resultados, conclusión y recomendaciones

- a) Comparar los valores obtenidos con los valores nominales, usando la Tabla 2.5, o con los valores de base establecidos para el tubo en las pruebas de aceptación.
- b) Considerar cambiar el tubo en casos de tamaños de punto focal muy deteriorados.

Notas (sobre la Tabla 2.5):

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE RADIOGRAFIA GENERAL	ARCAL XLIX – TP-002	
		Revisión 1	Pag. 22/100

- Los valores de tolerancia para el ancho (f_L) son definidos como: 50% para $f < 0,8$; 40% para el intervalo $0,8 < f < 1,5$; y 30% para valores nominales arriba de 1,5;
- Para tamaño nominal mayor o igual a 0,3 mm, la tolerancia para el largo del foco (f_C) esta dado por el valor del ancho dividido por 0,7. El tamaño efectivo del punto focal (f_{ef}) está dado por la raíz cuadrada del producto $f_C \times f_L \times 0,7$.

Tabla 2.5. Tamaños recomendados del punto focal – NEMA

Valor Nominal (mm)	Dimensiones Máximas Toleradas (mm)	
	Ancho	Largo
0,10	0,15	0,15
0,15	0,23	0,23
0,20	0,30	0,30
0,30	0,45	0,65
0,40	0,60	0,85
0,50	0,75	1,10
0,60	0,90	1,30
0,70	1,10	1,50
0,80	1,20	1,60
0,90	1,30	1,80
1,0	1,40	2,00
1,1	1,50	2,20
1,2	1,70	2,40
1,3	1,80	2,60
1,4	1,90	2,80
1,5	2,00	3,00
1,6	2,10	3,10
1,7	2,20	3,20
1,8	2,30	3,30
1,9	2,40	3,50
2,0	2,60	3,70
2,2	2,90	4,00
2,4	3,10	4,40
2,6	3,40	4,80
2,8	3,60	5,20
3,0	3,90	5,60

2.10 RESOLUCIÓN DE ALTO CONTRASTE (PRUEBA 11)

2.10.1 Alcance

- Objetivo: Verificar la resolución espacial del sistema radiográfico;
- Indicadores: Número de pares de líneas por milímetro (pl/mm) visibles;
- Referencia:
- Frecuencia mínima de la prueba: Inicial, anual y después de cambios.

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE RADIOGRAFIA GENERAL	ARCAL XLIX – TP-002	
		Revisión 1	Pag. 23/100

2.10.2 Instrumentación

- a) Patrón de barras u otro dispositivo para medir resolución espacial;
- b) Chasis con película.

2.10.3 Metodología

- a) Seleccionar los factores de exposición y posicionar el tubo de rayos X y el objeto de prueba de acuerdo a las recomendaciones del fabricante;
- b) Colocar el chasis dentro del porta-chasis;
- c) Realizar una exposición de acuerdo con las recomendaciones del fabricante;
- d) Procesar la película;
- e) Identificar en la película el grupo que contenga el mayor número de pares de líneas por mm que se puede observar claramente. Utilizando las instrucciones del fabricante del dispositivo, determinar la resolución.
- f) Repetir el procedimiento retirando la rejilla.

2.10.4 Procedimiento de cálculo

No se aplica.

2.10.5 Interpretación de los resultados y conclusiones

Comparar los valores de resolución obtenidos con los siguientes valores:

2.10.6 Recomendaciones y acciones correctivas

xxx

2.11 BAJO CONTRASTE (PRUEBA 12)

2.11.1 Alcance

- a) Objetivo: Evaluar el límite de sensibilidad de bajo contraste;
- b) Indicadores: Imagen de estructuras u objetos de baja atenuación;
- c) Referencia:
- d) Frecuencia mínima de la prueba: Inicial, anual y después de cambios

2.11.2 Instrumentación

- a) Dispositivo de prueba para bajo contraste para radiografía (ej. relieves o cavidades cilíndricas con diámetro de 5 mm u objetos de tamaño equivalente)
- b) Atenuadores recomendados por el fabricante del dispositivo.

2.11.3 Metodología

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE RADIOGRAFIA GENERAL	ARCAL XLIX – TP-002	
		Revisión 1	Pag. 24/100

- a) Colocar el objeto de prueba sobre la mesa de exámenes en el centro del campo de rayos x;
- b) Colocar el chasis dentro del porta-chasis;
- c) Seleccionar los factores de exposición y posicionar el atenuador de acuerdo a las instrucciones del fabricante
- d) Identificar la estructura de menor atenuación y registrar en la ficha.

2.11.4 Interpretación de los resultados y conclusiones

Verificar si las estructuras del dispositivo son visibles cuando la atenuación del haz difiere en 1 % o menos, de la obtenida en el medio donde estén situadas.

2.11.5 Recomendaciones y acciones correctivas

En caso de no-conformidad, contactar con el encargado del servicio de mantenimiento del equipo.

2.12 DOSIS EN LA SUPERFICIE DEL PACIENTE (PRUEBA 13)

2.12.1 Alcance

- a) Objetivo: estimar la dosis de entrada en la piel en los exámenes más frecuentes.
- b) Indicador: kerma en aire en la superficie de la piel o lectura de TLD;
- c) Referencia:
- d) Frecuencia mínima de la prueba: inicial, anual y después de cambios.

2.12.2 Instrumentación

- a) TLDs (LiF-MCP) calibrados para kerma en aire para las energías de los haces usados en de los exámenes más frecuentes o,
- b) Cámara de ionización calibrada en kerma en aire para las energías de los haces usados en de los exámenes más frecuentes (volumen de 30 a 120cc) con,
- c) Electrómetro (rango 1 fC a 999 nC, exactitud $\pm 5\%$, reproducibilidad $\pm 1\%$)

2.12.3 Metodología

- a) TLD
 - Posicionar 3 TLDs en la superficie de la piel del paciente en el centro del campo de radiación, siempre que estos no interfieran en las imágenes;
 - Registrar los parámetros técnicos del examen y las características del paciente y los códigos de los TLDs correspondientes;
 - Realizar la exposición;
 - Retirar los TLDs y enviarlos para la lectura.
 - Repetir la prueba con otros pacientes (Nota. Para esta prueba con TLD, se debe usar cerca de 10 pacientes por tipo de examen)
 - Repetir los incisos anteriores para otros exámenes realizados en la sala
- b) Cámara de ionización
 - Nivelar el tubo de rayos x;

- Colocar la cámara de ionización en la posición correspondiente a la superficie de la entrada de la piel del paciente (*);
- Reproducir las condiciones de irradiación del paciente;
- Registrar la técnica seleccionada para el respectivo examen;
- Realizar la exposición;
- Anotar las lecturas en la ficha;
- Repetir los incisos anteriores para otros exámenes realizados en la sala.

* Para determinar la posición de la cámara se considera el espesor de la región de interés de un paciente estándar. (Ej. Columna lumbar AP, abdomen AP y tórax PA: 23 cm; cráneo lateral 15 cm)

2.12.4 Procedimiento de cálculo

- TLDs
 - Valor medio de las lecturas en cada examen multiplicado por el factor de calibración.
- Cámara de ionización
 - El valor de la dosis en la superficie de la piel es dado por:

$$D_s = K_{aire} \times F_{TP} \times F_q \times BSF$$

donde K_{aire} es la lectura del kerma en aire; F_{TP} es la corrección para la temperatura y presión; F_q es la corrección por la calidad de la radiación; BSF es el factor de retro-dispersión en agua o tejido blando para la geometría y calidad de radiación correspondiente (pudiéndose considerar $BSF=1,4$ para la mayoría de los casos)

La corrección por densidad del aire se obtiene por $F_{TP} = (P_0/P) \times (273,15 + T)/(273,15 + T_0)$

Donde P_0 y T_0 , son la presión y temperatura de referencia a la que fue calibrado la cámara en el Laboratorio Patrón Secundario; P y T , la presión y temperatura del aire del local donde es medida el kerma en aire.

2.12.5 Interpretación de los resultados y conclusiones

- Los datos obtenidos se comparan con los niveles de referencia (orientativos) de radiodiagnóstico ofrecidos por las NBS y ARCAL XX (Tabla 2.6) o los valores adoptados en el país. (Nota: Dentro del proceso de optimización, la propia Institución puede establecer sus valores de referencia);
- Este estudio caracterizará la exposición médica de los pacientes en el servicio y servirá de indicador integral del sistema de garantía de calidad implementado.

Tabla 2.6 - Niveles de referencia (orientativos) de dosis aplicables en radiografía diagnóstica a un paciente adulto típico

Examen	Proyección	Dosis de entrada en superficie por radiografía (mGy)
Columna vertebral lumbar	AP	10
	LAT	30
	ASL	40
Abdomen, urografía y colecistografía intravenosas	AP	10
Pelvis	AP	10

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE RADIOGRAFIA GENERAL	ARCAL XLIX – TP-002	
		Revisión 1	Pag. 26/100

Articulación de la cadera	AP	10
Tórax	PA	0,4
	LAT	1,5
Columna vertebral torácica	LAT	7
	AP	20
Cráneo	PA	5
	LAT	3

Notas: PA: Proyección postero-anterior; LAT: Proyección lateral; ASL: Proyección de la articulación sacro-lumbar; AP: Proyección antero-posterior.

Estos valores son aplicables a una combinación placa–pantalla convencional con una sensibilidad relativa de 200. Para las combinaciones placa–pantalla de alta sensibilidad (400–600), los valores deberán dividirse por un factor de 2 a 3.

2.12.6 Recomendaciones y acciones correctivas

Observar la variación de este indicador con el tiempo, y en caso de sobrepasar injustificadamente los valores de referencia investigar las posibles causas y tomar las medidas correctivas necesarias.

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE RADIOGRAFIA INTRA-ORAL	ARCAL XLIX – TP-003	
		Revisión 1	Pag. 27/100

CAPÍTULO 3. PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD DE RADIOGRAFIA INTRA-ORAL

3.1 LEVANTAMIENTO RADIOMÉTRICO (PRUEBA 1)

3.1.1 Alcance

- a) Objetivo: Evaluar los niveles de exposición ocupacional y del público
- b) Indicador: Equivalente de dosis ambiental en mSv/año, u otra magnitud relacionada con la dosis efectiva, establecida por la autoridad reguladora local.
- c) Referencia:
- d) Frecuencia mínima: durante la aceptación de la sala, cada cuatro años y después de modificaciones que afecten la protección radiológica

3.1.2 Instrumentación

- a) Cámara de ionización y electrómetro (monitor de área de alta sensibilidad, preferiblemente con los dos controles de operación: integración y tasa) para haces de radiodiagnóstico.
- b) Simulador de cabeza de un adulto típico
- c) Cinta métrica.

3.1.3 Metodología

3.1.3.1 Elaboración del croquis de la instalación

- a) Diseñar el esquema (croquis) de la sala de rayos x y sus áreas adyacentes (a escala, sí posible).
- b) Representar en el croquis el tubo de rayos X, la cadera, el biombo, las puertas y las ventanas.
- c) Indicar la naturaleza de las áreas adyacentes: cámara oscura, pasillos, salas adyacentes, sala de espera, recepción, baños, etc.
- d) Identificar con letras mayúsculas los puntos de interés situados dentro y fuera de la sala.
- e) Identificar con números el visor, el equipo, ventana y puntos importantes y señalarlo en el cuadro de leyenda.

3.1.3.2 Parámetros de operación

- a) Seleccionar la mayor técnica utilizada en los exámenes de rutina;
- b) Para mediciones en modo de tasa, seleccionar un tiempo igual o superior a 1s;
- c) Registrar los parámetros de operación, los datos del monitor de área (incluyendo datos de la calibración), del simulador y de la unidad de lectura utilizada.

3.1.3.3 Medidas de radiación dispersa

- a) Colocar el simulador en la posición usual de la cabeza del paciente.
- b) Colocar el localizador en contacto con el maniquí y orientado hacia la posición frontal con relación al paciente.

- c) Posicionar la cámara de ionización, de acuerdo con la geometría descrita en el manual de operación, en el primer punto seleccionado, (detrás de la barrera secundaria, aproximadamente a 15 cm de distancia);
- d) Realizar la exposición con los parámetros preseleccionados.
- e) Repetir la medición en un punto adyacente para garantizar el registro del mayor nivel de radiación.
- f) Registrar el mayor valor medido en la ficha.
- g) Repetir la medida para los otros puntos seleccionados.
- h) Repetir el mismo procedimiento para las otras dos posiciones del tubo (derecha oblicua e izquierda oblicua con relación al paciente).

3.1.3.4 Definición de los parámetros de cálculo

- a) Considerando que solo existe radiación dispersa el factor de uso es igual a 1.
- b) Definir los factores de ocupación (T) a partir de la estimación realista de la ocupación de los individuos más expuestos en el área en cuestión, durante un período de uso de la instalación. Los valores presentados en la Tabla 3.1 podrán ser usados para fines de orientación.
- c) Determinar la carga de trabajo semanal (W), expresado en mAmin/semana, para las condiciones máximas de rutina. Para las instalaciones nuevas, considerar, por lo menos, un período de 5 años de vida útil de la instalación. Para la obtención de valores más realistas aplicar la siguiente fórmula:

$$W = \frac{N_R It}{60}$$

Donde N_R es el número de radiografías por semana, It es el mAs promedio por radiografía.

Tabla 3.1: Factores de ocupación (T)

Ocupación	Local	T
Integral	Consultorio, recepción	1
Parcial	Espera, vestidor, Circulación interna	1/4
Eventual	Circulación externa, baños, escaleras	1/16
Esporádico	Jardines cercados, casa de máquinas	1/32

3.1.4 Procedimiento de cálculo

- a) Para cada punto seleccionado multiplicar la mayor lectura obtenida por el factor de calibración del instrumento y por el factor de conversión para la magnitud de interés;
- b) Expresar el valor obtenido en mSv/mAmin;
- c) Multiplicar el resultado obtenido por W (mA.min/sem) $\times U \times T$

Nota: para expresar el valor encontrado en mSv/año, multiplicar el resultado por 50 semanas/año

3.1.5 Interpretación de resultados y conclusiones

- a) Comparar los valores obtenidos con los niveles de restricción de dosis establecidos en el ARCAL XX (Tabla 3.2).

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE RADIOGRAFIA INTRA-ORAL	ARCAL XLIX – TP-003	
		Revisión 1	Pag. 29/100

- b) Señalar con S o N la aceptación del nivel de radiación en cada punto. En caso de que exista algún punto con niveles no aceptables, señalar la no-conformidad en el resumen de la evaluación en la ficha.
- c) Recomendaciones posibles: adicionar un blindaje, reducir la ocupación, cambiar la posición del equipo, etc.

Tabla 3.2: Niveles de Restricción de Dosis (ARCAL XX)

Área Controlada	0,10 mSv / sem o 5,0 mSv / año
Área Libre	0,01 mSv / sem o 0,5 mSv / año

Nota: Si el haz estuviera parcialmente blindado, el espesor de la barrera secundaria adicional puede calcularse en número de capas hemirreductoras (CHR) para la energía del haz: $m = 1,44 \ln (R)$, donde R es la razón entre el nivel semanal medido y el nivel aceptable y m es el número de capas hemirreductoras necesarias.

3.2 RADIACIÓN DE FUGA (PRUEBA 2)

3.2.1 Alcance

- a) Objetivos: Evaluar la radiación de fuga de la coraza del tubo de rayos X.
- b) Indicadores: Kerma en aire, a la máxima carga que pueda soportar el tubo durante 1 hora y promediando sobre un área que no exceda los 100 cm²
- c) Referencia:
- d) Frecuencia mínima de la prueba: Inicial y después de cambios.

3.2.2 Instrumentación

- a) Chasis cargados
- b) Placa de plomo
- c) Cámara de ionización adecuada para su medida

3.2.3 Metodología

- a) Remover el localizador y bloquear la salida del colimador con una placa de plomo;
- b) Cubrir la coraza del tubo con chasis cargados, identificando la posición de cada uno;
- c) Realizar una exposición;
- d) Procesar las películas;
- e) Observar películas y detectar puntos con mayor ennegrecimiento que manifiesten presencia de radiación de fuga
- f) Identificar en la ficha de datos los puntos de medida alrededor del cabezal;
- g) Colocar la cámara de ionización en el primer punto seleccionado a una distancia de 1 m;
- h) Realizar la exposición y registrar la lectura obtenida;
- i) Repetir el procedimiento para cada punto seleccionado.

3.2.4 Cálculos

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE RADIOGRAFIA INTRA-ORAL	ARCAL XLIX – TP-003	
		Revisión 1	Pag. 30/100

- a) Transformar las lecturas obtenidas a mGy/h;
- b) Corregir las lecturas para la corriente máxima que puede soportar el tubo durante 1 hora, según los requisitos de ensayos de fuga.

3.2.5 Interpretación de resultados y conclusiones

- a) Límite de Tolerancia: 0,25 mGy/h a 1 m del foco.
- b) Registrar en la ficha de resumen en caso de no-conformidad.

3.2.6 Recomendaciones y acciones correctivas

Suspender el uso clínico del equipo hasta que se reemplace el conjunto coraza / tubo

3.3 SISTEMA DE COLIMACIÓN (PRUEBA 3)

3.3.1 Alcance

- a) Objetivo: evaluar el sistema de colimación del equipo.
- b) Indicador: distancia foco piel, diámetro y posición del centro del campo de radiación.
- c) Referencia:
- d) Frecuencia: anual, inicial o posterior a cambios.

3.3.2 Instrumentación

- a) Película radiográfica.
- b) Cinta métrica.

3.3.3 Metodología

- a) Registrar la distancia foco piel (definida pelo tamaño del localizador);
- b) Colocar la película radiográfica en contacto con el localizador;
- c) Señalizar el borde del localizador sobre la película;
- d) Seleccionar un tiempo de exposición;
- e) Exponer la película;
- f) Procesar la película;
- g) Medir el diámetro de la zona irradiada;
- h) Evaluar la posición del centro del campo de radiación en relación con los bordes del localizador

3.3.4 Procedimiento de cálculo

Medida directa de los indicadores.

3.3.5 Interpretación de los resultados y conclusiones

Tolerancia:

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE RADIOGRAFIA INTRA-ORAL	ARCAL XLIX – TP-003	
		Revisión 1	Pag. 31/100

- Distancia foco piel: ≥ 20 cm para tensiones de tubo superiores a 60 kV y ≥ 18 cm para tensiones de tubo iguales o inferiores a 60 kV;
- Diámetro del campo: ≤ 6 cm. (y no inferior a 4 cm);
- El campo de radiación deberá ser homogéneo y estar centrado.

3.3.6 Recomendaciones y acciones correctivas

Cuando el resultado de la prueba no sea aceptable deberá contactarse al servicio de mantenimiento o el fabricante.

3.4 REPETIBILIDAD Y EXACTITUD DEL TIEMPO DE EXPOSICIÓN (PRUEBA 4)

3.4.1 Alcance

- Objetivo: evaluar la repetibilidad y la exactitud del indicador del tiempo de exposición.
- Indicador: tiempo de exposición
- Referencia:
- Frecuencia: Anual, inicial o posterior a cambios

3.4.2 Instrumentación

Medidor de tiempo de exposición.

3.4.3 Metodología

- Definir tres valores de tiempo de exposición comúnmente utilizados;
- Colocar el medidor debajo del localizador según las instrucciones del fabricante;
- Seleccionar un tiempo de exposición;
- Efectuar la exposición y registrar el tiempo de exposición medido;
- Repetir la medida tres veces más;
- Realizar la medida para los otros tiempos seleccionados;
- Registrar las lecturas en la ficha.

3.4.4 Procedimiento de Calculo

- Exactitud
 - Determinar para cada valor de tiempo seleccionado la desviación máxima obtenida entre los valores nominales y los valores medidos.

$$\text{Desvio Máximo}(\%) = 100 \frac{T_{ind} - T_{med}}{T_{ind}}$$

donde T_{ind} es el valor nominal; T_{med} es el valor medido más discrepante.

- Anotar en la ficha los valores obtenidos.

- Repetibilidad

- Para cada valor de tiempo seleccionado tomar los dos valores más discrepantes (L_{mayor} , L_{menor}) y determinar:

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE RADIOGRAFIA INTRA-ORAL	ARCAL XLIX – TP-003	
		Revisión 1	Pag. 32/100

$$repetibilidad(\%)=100 \times \frac{L_{mayor} - L_{menor}}{(L_{mayor} + L_{menor})/2}$$

3.4.5 Interpretación de los resultados y conclusiones

- Tolerancia: $\leq \pm 10\%$ para ambas pruebas.
- Registrar en la ficha si se encuentra al menos un valor no aceptable.

3.4.6 Recomendaciones y acciones correctivas

Cuando el resultado de la prueba no sea aceptable deberá contactarse al servicio de mantenimiento.

3.5 EXACTITUD Y REPETIBILIDAD DE LA TENSIÓN (PRUEBA 5)

3.5.1 Alcance

- Objetivo: evaluar la exactitud y repetibilidad de la tensión del tubo de rayos x;
- Indicador: tensión de tubo;
- Referencia:
- Frecuencia: Anual, inicial o posterior a cambios.

3.5.2 Instrumentación

Medidor de kV

3.5.3 Metodología

- Colocar el medidor debajo del localizador según las instrucciones del fabricante.
- Seleccionar un tiempo de exposición y registrar el kVp del equipo;
- Efectuar la exposición.
- Registrar la lectura.
- Repetir la medida tres veces más.

3.5.4 Procedimiento de Cálculo

- Exactitud
 - Determinar la desviación máxima utilizando la siguiente relación:

$$Desvio \text{ Máximo}(\%) = 100 \frac{kV_{ind} - kV_{med}}{kV_{ind}}$$

donde, kV_{ind} es el valor seleccionado y kV_{med} es el valor medido más discrepante.

- Registrar la desviación en la ficha.
- Repetibilidad
 - Dentro de los cuatro valores medidos para un mismo kV, tomar los dos mas discrepantes y calcular:

	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE RADIOGRAFIA INTRA-ORAL	ARCAL XLIX – TP-003	
		Revisión 1	Pag. 33/100

$$\text{Desvio Máximo}(\%) = 100 \frac{kV_1 - kV_2}{(kV_1 + kV_2)/2}$$

3.5.5 Interpretación de los resultados y conclusiones

- a) Tolerancia: $\leq \pm 10\%$ para ambas pruebas;
- b) Registrar en la ficha si se encuentra al menos un valor no aceptable.

3.5.6 Recomendaciones y acciones correctivas

Cuando el resultado de la prueba no sea aceptable deberá contactarse al servicio de mantenimiento.

3.6 CAPA HEMIRREDUCTORA (PRUEBA 6)

3.6.1 Alcance

- a) Objetivo: verificar si la filtración total está en correspondencia con los requisitos mínimos;
- b) Indicador: capa hemirreductora;
- c) Referencia:
- d) Frecuencia: Inicial, anual y posterior a cambios.

3.6.2 Instrumentación

- a) Cámara de ionización
- b) Conjunto de filtros de aluminio apropiado (.
- c) Cinta métrica

3.6.3 Metodología

- a) Colocar la cámara a la distancia foco-cámara recomendada por el fabricante.
- b) Seleccionar una técnica apropiada y realizar la exposición.
- c) Registrar la lectura en la ficha (repetir una o dos veces).
- d) Posicionar el filtro (1,5 mm Al para equipos con tensión < 70 kVp y de 2,5 mm Al para $kV \geq 70$ kVp) a la salida del localizador y realizar la exposición de la cámara con los mismos parámetros (repetir una vez).

3.6.4 Procedimiento de Cálculo

- a) Calcular la razón entre el valor de la lectura con filtro (L) y la lectura sin filtro (L_0).
- b) Calcular el valor de la CHR a partir de la siguiente expresión:

$$CHR = \frac{-F \ln 2}{\ln \frac{L}{L_0}}$$

donde F es el espesor del filtro utilizado (mmAl)

- c) Anotar el valor calculado en la ficha.

3.6.5 Interpretación de los resultados y conclusiones

- Comparar el valor de la CHR obtenido con los valores indicados en la Tabla 3.3 (kV medido);
- Para valores intermedios de kVp se debe aplicar la interpolación lineal
- Registrar en la ficha si se encuentra al menos un valor no aceptable.

Tabla 3.3. Valores mínimos de CHR en función de la tensión del tubo

kVp	CSR (mm Al)
51	1,2
60	1,3
70	1,5
71	2,1
80	2,3
90	2,5

3.6.6 Recomendaciones y acciones correctivas

Cuando el resultado de la prueba no sea aceptable deberá contactarse al servicio de mantenimiento. Suspender el uso clínico del equipo cuando identificado que no hay filtro en la salida del haz.

3.7 RENDIMIENTO, REPETIBILIDAD Y LINEALIDAD DE LA EXPOSICIÓN

3.7.1 Alcance

- Objetivo: evaluar la constancia del kerma en aire para un tiempo dado, la linealidad y el valor del rendimiento;
- Indicador: kerma en aire;
- Referencia:
- Frecuencia: Anual, inicial o posterior a cambios.

Nota: Esta prueba puede ser usada en sustitución a la prueba de tiempo de exposición.

3.7.2 Instrumentación

- Cámara de ionización;
- Cinta métrica.

3.7.3 Metodología

- Seleccionar 3 valores distintos de tiempo en el rango utilizado.
- Registrar en la ficha los valores los tiempo escogidos;
- Colocar la cámara de acuerdo con las recomendaciones del fabricante
- Realizar la exposición para el primer tiempo seleccionado y registrar la lectura.
- Repetir la medida tres 3 veces.
- Repetir el procedimiento para los otros tiempos seleccionados.

	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE RADIOGRAFIA INTRA-ORAL	ARCAL XLIX – TP-003	
		Revisión 1	Pag. 35/100

3.7.4 Procedimiento de Cálculo

a) Repetibilidad

- Tomar los valores más discrepantes y determinar:

$$repetibilidad(\%) = 100 \times \frac{L_{mayor} - L_{menor}}{(L_{mayor} + L_{menor}) / 2}$$

b) Linealidad

- Calcular el valor medio de las lecturas obtenidas para cada tiempo y registrar en la ficha;
- Calcular los rendimientos para cada tiempo dividiendo cada valor medio obtenido por el mAs correspondiente y registrar los valores;
- Tomar dos valores consecutivos de rendimiento (R_1 y R_2) y calcular:

$$100 \times \frac{R_1 - R_2}{R_1 + R_2}$$

- Anotar en la ficha el valor obtenido

c) Rendimiento

- Calcular el valor medio de los rendimientos obtenidos para los diferentes valores de mAs;
- Corregir el resultado del rendimiento para una distancia de 1,0 m. Registrar este valor en $\mu\text{Gym}^2/\text{mAs}$.

3.7.5 Interpretación de los resultados y conclusiones

a) Repetibilidad:

- Tolerancia: $\leq \pm 10 \%$
- Si el coeficiente de variación fuera superior a $\pm 10 \%$, registrar la no-conformidad en la ficha.

b) Linealidad:

- Limite de tolerancia: $\pm 20 \%$
- Si la desviación de dos valores consecutivos fuera superior a $\pm 10 \%$, registrar la no-conformidad en la ficha.

c) Rendimiento

- Tolerancia: De forma orientativa, entre 10 e 25 $\mu\text{Gym}^2/\text{mAs}$ para equipos con tensiones de tubo entre 50 y 70 kV.
- Registrar en la ficha si se encuentra valor no aceptable.

3.7.6 Recomendaciones y acciones correctivas

Cuando el resultado de la prueba no sea aceptable deberá contactarse al servicio de mantenimiento.

3.8 HERMETICIDAD DE LA CAJA DE REVELADO

3.8.1 Alcance

- Objetivo: detectar posibles entradas de luz en la caja de revelado.
- Indicador: Imagen radiográfica

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE RADIOGRAFIA INTRA-ORAL	ARCAL XLIX – TP-003	
		Revisión 1	Pag. 36/100

- c) Referencia:
- d) Frecuencia: inicial, semestral y posterior a cambios.

3.8.2 Instrumentación

- a) Película radiográfica periapical
- b) Objeto radiopaco.

3.8.3 Metodología

- a) Colocar la película radiográfica debajo del cilindro localizador a una distancia de 0,3 a 0,4 m del foco del tubo de rayos x;
- b) Seleccionar un pequeño tiempo de exposición (el menor disponible en el equipo).
- c) Exponer la película;
- d) Abrir la película en la caja de revelado y colocar sobre ésta el objeto radiopaco por 5 minutos;
- e) Procesar la película.

3.8.4 Procedimiento de Cálculo

Observación directa de la imagen.

3.8.5 Interpretación de los resultados y Conclusiones

Si existe entrada de luz en la caja de revelado se observará la imagen del objeto radiopaco.

3.8.6 Recomendaciones y acciones correctivas

Si existe entrada de luz en la caja de revelado, ésta deberá ubicarse en un lugar adecuado o en caso contrario se deberá cubrirla apropiadamente con revestimiento opaco para evitar la entrada de luz.

3.9 DOSIS DE ENTRADA EN LA PIEL

3.9.1 Alcance

- a) Objetivo: estimar la dosis de entrada en la piel en los exámenes más frecuentes.
- b) Indicador: kerma en la superficie de la piel.
- c) Referencia:
- d) Frecuencia: anual.

3.9.2 Instrumentación

- a) TLD o cámara de ionización calibrados para kerma en aire para las energías de equipos de radiografía periapical;
- b) Fantoma dental

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE RADIOGRAFIA INTRA-ORAL	ARCAL XLIX – TP-003	
		Revisión 1	Pag. 37/100

3.9.3 Metodología

a) TLD

- Posicionar el 3 TLDs en la superficie del fantoma en el centro del campo de radiación.
- Registrar los parámetros técnicos del examen, las características del fantoma y el código del los TLDs correspondiente.
- Realizar la exposición.
- Retirar los TLDs y enviarlo para su lectura.

b) Cámara de ionización

- Colocar la cámara de ionización en la posición correspondiente a la superficie de la entrada de la piel del paciente.
- Reproducir las condiciones de irradiación del paciente.
- Registrar la técnica seleccionada.
- Realizar la exposición (repetir una o dos veces)
- Registrar las lecturas en la ficha.

3.9.4 Procedimiento de cálculo

a) TLD

- Valor medio de las lecturas multiplicado por el factor de calibración

b) Cámara de ionización

- El valor de la dosis en la superficie de la piel esta dada por:

$$D_s = K_{\text{aire}} \times F_{\text{TP}} \times F_q \times BSF$$

donde, K_{aire} es la lectura del kerma en aire; F_{TP} es la corrección para la temperatura y presión; F_q es la corrección por la calidad de la radiación; BSF es el factor de retrodispersión en el agua o tejido equivalente para la geometría y calidad de la radiación correspondiente (pudiéndose considerar $BSF = 1,2$).

La corrección por densidad del aire se obtiene por $F_{\text{TP}} = (P_0/P) \times (273,15 + T)/(273,15 + T_0)$

Donde P_0 y T_0 , son la presión y temperatura de referencia a la que fue calibrado la cámara en el Laboratorio Patrón Secundario; P y T , la presión y temperatura del aire del local donde es medida el kerma en aire.

3.9.5 Interpretación de los resultados y conclusiones

- a) Los datos obtenidos se comparan con los niveles de referencia (orientativos) de radiodiagnóstico ofrecidos por las NBS o Arcal XX. (7,0 mGy para películas tipo D y 3,5 mGy para películas tipo E)
- b) Dentro del proceso de optimización, la propia Institución deberá establecer sus valores de referencia.
- c) Este estudio caracterizará la exposición individual y servirá de indicador integral del programa de garantía de calidad implementado.

3.9.6 Recomendaciones y acciones correctivas

Observar la variación de este indicador con el tiempo, y en caso de sobrepasar injustificadamente los valores de referencia investigar las posibles causas y tomar las medidas correctivas necesarias.

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE RADIOGRAFIA INTRA-ORAL	ARCAL XLIX – TP-003	
		Revisión 1	Pag. 38 /100

3.10 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE IMAGEN

3.10.1 Alcance

- a) Objetivo: Evaluar los parámetros de la calidad de la imagen radiográfica
- b) Indicador: Niveles de densidad óptica e imagen de fantoma.
- c) Referencia:
- d) Frecuencia: semanal.

3.10.2 Instrumentación

- a) Kit de control de calidad de imagen (escalera de aluminio y fantoma dental);
- b) Películas radiográficas;
- c) Densitometro;
- d) Cinta métrica.

3.10.3 Metodología

- a) Posicionar el fantoma dental sobre una película nova;
- b) Centralizar el haz e realizar una exposición usando una técnica usual;
- c) Repetir usando la escalera de aluminio;
- d) Revelar las películas con soluciones nuevas (preparadas en el día anterior) usando la correspondiente tabla de temperatura y tiempo recomendada por el fabricante
- e) Medir las densidades ópticas en la imagen de la escalera y anotar los resultados.

3.10.4 Procedimiento de cálculo

Esta prueba es realizada para evaluar cualitativamente la degradación de la imagen.

3.10.5 Interpretación de los resultados y conclusiones

Las imágenes de referencia obtenidas y los datos de densidad óptica deberán ser usados para comparación con imágenes obtenidas en condiciones de rutina.

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE MAMOGRAFIA	ARCAL XLIX – TP-004	
		Revisión 1	Pag. 39/100

CAPÍTULO 4. PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD EN MAMOGRAFÍA

4.1 LEVANTAMIENTO RADIOMÉTRICO (PRUEBA 1)

4.1.1 Alcance

- a) Objetivo: Evaluar los niveles de exposición ocupacional y del público
- b) Indicador: Equivalente de dosis ambiental en mSv/año, u otra magnitud relacionada con la dosis efectiva, establecida por la autoridad reguladora local.
- c) Referencia ARCAL XX
- d) Frecuencia mínima: inicial, cada cuatro años y después de modificaciones que afecten la protección radiológica.

4.1.2 Instrumentación

- a) Cámara de ionización (volumen de 1800 cc)
- b) Electrómetro (rango 1 fC a 999 nC, exactitud \pm 5%, reproducibilidad \pm 1%)
- c) Simulador de mama comprimida de 4,5 cm de espesor;
- d) Cinta métrica.

4.1.3 Metodología

4.1.3.1 Elaboración del croquis de la instalación

- a) Elaborar el esquema (croquis) de la sala de mamografía,
- b) Representar en el croquis el tubo de rayos x, biombo, consola de comando, puertas y ventanas. Identificarlos con números y referirlos en la leyenda.
- c) Identificar con letras mayúsculas en el croquis los puntos de interés, situados dentro y fuera de la sala donde individuos del público y/o miembros del equipo del servicio puedan estar expuestos a radiación.

4.1.3.2 Procedimiento de medición

- a) colocar el simulador en la posición usual de la mama.
- b) Definir tres posiciones del tubo para las cuales se realizarán las mediciones (cráneo caudal, oblicua lateral derecha y oblicua lateral izquierda).
- c) Colocar el compresor en contacto con el simulador y direccional el tubo para la primera posición.
- d) Posicionar la cámara de ionización de acuerdo con la geometría descrita en el manual de operación) en el primer punto de medida.
- e) Realizar la exposición sin el CAE, con un tiempo de exposición de 1 s y el mayor valor de kV disponible para rutina;
- f) Repetir la medición en un punto adyacente para garantizar el registro del mayor nivel de radiación
- g) Anotar en la ficha el mayor valor medido;
- h) Repetir la medida para los otros puntos seleccionados;
- i) Repetir el mismo procedimiento para otras dos posiciones del tubo

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE MAMOGRAFIA	ARCAL XLIX – TP-004	
		Revisión 1	Pag. 40/100

4.1.3.3 Definición de los parámetros de cálculo

- Considerando que solo existe radiación dispersa el factor de uso es igual a 1.
- Definir los factores de ocupación (T) a partir de la estimación realista de la ocupación de los individuos más expuestos en el área en cuestión, durante un período de uso de la instalación. Los valores presentados en la Tabla 4.1 podrán ser usados para fines de orientación;
- Determinar la carga de trabajo semanal (W) para las condiciones máximas de rutina. Para las instalaciones nuevas, considerar, por lo menos, un periodo de 5 años de vida útil de la instalación. Para la obtención de valores más reales aplicar la siguiente fórmula:

$$W = \frac{N_R I t}{60}$$

Donde N_R es el número de radiografías por semana, $I t$ es el mAs promedio por mamografía.

Tabla 4.1: Factores de ocupación (T)

Ocupación	Local	T
Integral	Consultorio, recepción	1
Parcial	Espera, vestidor, circulación interna	1/4
Eventual	Circulación externa, baños, escaleras	1/16
Esporádico	Jardines cercados, casa de máquinas	1/32

4.1.4 Procedimiento de cálculo

- Seleccionar la mayor lectura obtenida para cada punto.
- Multiplicar por el factor de calibración del instrumento y por el factor de conversión para la magnitud de interés;
- Transformar el valor obtenido a mSv/mAmin (considerando la corriente o el mAs usado).
- Multiplicar el resultado por W (mAmin/ sem) x U x T.

Nota: En caso de que desee expresar el valor en mSv/año, multiplique el resultado por 50 semanas /año

4.1.5 Interpretación de resultados, conclusiones y recomendaciones

- Comparar los valores obtenidos con los niveles de restricción de dosis establecidos en el ARCAL XX (Tabla 4.2) o con los valores adoptados en la reglamentación local;
- Indicar si (S) o no (N) la aceptación del nivel de radiación en cada punto. En caso de que exista algún punto con nivel no aceptable, informar el resultado de la evaluación en campo correspondiente en la ficha;
- Recomendaciones posibles: adicionar un blindaje, reducir la ocupación, cambiar la posición del equipo, etc.

Tabla 4.2: Niveles de Restricción de Dosis (ARCAL XX)

Área Controlada	0,10 mSv / sem ó 5,0 mSv / año
Área Libre	0,01 mSv / sem ó 0,5 mSv / año

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE MAMOGRAFIA	ARCAL XLIX – TP-004	
		Revisión 1	Pag. 41/100

4.2 RADIACIÓN DE FUGA (PRUEBA 2)

4.2.1 Alcance

- a) Objetivos: evaluar la radiación de fuga de la coraza del tubo de rayos x;
- b) Indicadores: Tasa de kerma en aire, a la máxima carga que pueda soportar el tubo durante 1 hora y promediando sobre un área que no exceda los 100 cm²
- c) Referencia: Protocolo Español, ARCAL XX
- d) Frecuencia mínima de la prueba: Inicial y después de cambios.

4.2.2 Instrumentación

- a) Chasis cargados
- b) Plomo (placa, delantal plomado, etc.)
- c) Cámara de ionización de placas paralelas con un área de 100 cm² (volumen de 180 cc)
- d) Electrómetro (rango 1 fC a 999 nC, exactitud ± 5%, reproducibilidad ± 1%)

4.2.3 Metodología

- a) Cerrar completamente el colimador.
- b) Dependiendo del tipo y estado del colimador, se deberá bloquear la salida del mismo con plomo (placa o delantal)
- c) Cubrir el cabezal del tubo con chasis cargados, identificando la posición de cada uno.
- d) Seleccionar el máximo KVp y un valor de corriente y tiempo razonable (cuidando no dañar el tubo). Registrar los mismos;
- e) Realizar una exposición;
- f) Procesar las películas;
- g) Observar películas y detectar puntos con mayor ennegrecimiento que manifiesten presencia de radiación de fuga;
- h) Colocar la cámara de ionización a 100 cm del foco en la dirección de cada punto en que se haya detectado ennegrecimiento;
- i) Realizar la exposición;
- j) Registrar las lecturas obtenidas en cada punto.

4.2.4 Cálculos

- a) Transformar las lecturas obtenidas a mGy/h;
- b) Corregir los resultados para la corriente máxima que puede soportar el tubo durante 1 hora, según los requisitos de ensayos de fuga, aplicando la siguiente fórmula:

$$L_R = \frac{I_f}{I_e} L_o$$

Donde L_R es la tasa de radiación de fuga, I_f es el valor de corriente máxima del tubo especificada por el fabricante (si se mantuviese durante una hora de forma continua), I_e es la corriente empleada y L_o es la lectura convertida para mGy/h.

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE MAMOGRAFIA	ARCAL XLIX – TP-004	
		Revisión 1	Pag. 42/100

4.2.5 Interpretación de resultados y conclusiones

- a) Límite de Tolerancia: 1mGy/h a 1 m del foco
- b) Registrar en la ficha de resumen en caso de no-conformidad

4.2.6 Recomendaciones y acciones correctivas

Contacta con el fabricante y suspender el uso clínico del equipo hasta que se reemplace el conjunto coraza / tubo.

4.3 SISTEMA DE COLIMACIÓN (PRUEBAS 3 Y 4)

4.3.1 Alcance

- a) Objetivo: Evaluar la coincidencia entre el haz luminoso y el campo de radiación, y evaluar el alineamiento entre el campo de radiación, el receptor de imagen y los bordes de la bandeja de compresión.
- b) Indicador: Distancia entre los bordes del campo de radiación y el campo luminoso y la distancia entre los bordes del campo de radiación, el de la película y de la bandeja de compresión.
- c) Frecuencia mínima: inicial, anual y tras cambios
- d) Referencia: ACR 1999

4.3.2 Instrumentación

- a) Cinco objetos radiopacos, cuatro de un mismo tamaño y el otro más grande
- b) Dos chasis de mamografía cargados
- c) Regla métrica

4.3.3 Metodología

- a) Colocar un chasis sobre el soporte de la mama, de forma tal que sobresalga del borde del receptor de imagen a nivel de la pared torácica aproximadamente 2 cm.
- b) Colocar el otro chasis en el porta chasis.
- c) Quitar el compresor (Este debe ser eliminado antes de colocar los objetos radiopacos, para asegurar una buena demarcación de los bordes del campo luminoso)
- d) Encender las luces de colimación y colocar los objetos radiopacos de forma tal que estos coincidan con los bordes del campo luminoso
- e) Colocar el compresor y situarlo aproximadamente a 6 cm por encima del soporte
- f) Coloque el quinto objeto radiopaco en la superficie inferior del dispositivo de compresión, tangente al borde de la pared torácica
- g) Efectuar una exposición en modo manual
- h) procesar la película según recomendaciones del fabricante
- i) Repetir el procedimiento para las colimaciones disponibles

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE MAMOGRAFIA	ARCAL XLIX – TP-004	
		Revisión 1	Pag. 43/100

NOTA: En caso de que el equipo no permita irradiaciones sin fuerza de compresión, colocar un objeto de espesor suficiente en la parte lateral del soporte, fuera del soporte de mama y accionar el compresor.

4.3.4 Procedimiento de cálculo

- a) Utilizando la pelicular colocada sobre el soporte, medir la desviación entre los bordes del campo de rayos X y los de la imagen de los objetos radiopacos.
- b) Sobreponer ambas películas para determinar la desviación entre los bordes del receptor de imagen y el campo de radiación.

4.3.5 Interpretación de los resultados y conclusiones

- a) Tolerancias:
 - Coincidencias: la suma de las distancias entre bordes de todos los lados deberá ser menor o igual a 4% de la distancia foco-película de prueba
 - Alineación del campo de radiación con el borde la película
 - $< \pm 3$ mm en el lado correspondiente a la pared torácica
 - $< \pm 5$ mm en los lados restantes
 - Alineación entre el borde (de la pared toxica) de la bandeja de compresión y el borde del receptor de imagen: verificar si la distancia entres estos bordes (medida en la película inferior en el quinto objeto radiopaco) es menor que 1% de la distancia foco película. Además la sombra de la pared (vertical) de la bandeja de compresión no debe aparecer en la imagen de la película
- b) Anotar los resultados en la ficha

4.3.6 Recomendaciones y acciones correctivas

En caso de detectar no-conformidad contactar al encargado del servicio de mantenimiento.

4.4 DETERMINACIÓN DE LA DISTANCIA FOCO – PELÍCULA (PRUEBA 5)

4.4.1 Alcance

- a) Objetivo: Evaluar el indicador de distancia fuente-recepto de imagen (DFI)
- b) Indicador: Desviación entre valor indicado y valor medido
- c) Frecuencia mínima: Inicial y tras cambios
- d) Referencia: Protocolo Español

4.4.2 Instrumentación

Cinta métrica

4.4.3 Metodología

Medir con la cinta métrica la distancia entre el foco indicado en el equipo y el recepto de imagen.

 ARCAL/IAEA	PROCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE MAMOGRAFIA	ARCAL XLIX – TP-004	
		Revisión 1	Pag. 44/100

4.4.4 Procedimiento de cálculo

Determinar la desviación porcentual entre el valor medido y el valor indicado

4.4.5 Interpretación de los resultados y conclusiones

- a) Tolerancia: $< \pm 2\%$
- b) Registrar los resultados en la ficha correspondiente.

4.4.6 Recomendaciones y acciones correctivas

En caso de detectar no conformidades contactar con el encargado del servicio de mantenimiento.

4.5 EXACTITUD Y REPETIBILIDAD DEL VALOR NOMINAL DE LA TESIION DEL TUBO (PRUEBA 6)

4.5.1 Alcance

- a) Objetivo: Comprobar la exactitud y repetibilidad de la tensión del tubo de rayos X
- b) Indicador: Tensión del tubo
- c) Frecuencia: Inicial, anual y posterior a cambios
- d) Referencia: IEC 6167-6, Protocolo Español

4.5.2 Instrumentación

- a) Kilovoltímetro (rango 20 a 35 kV, exactitud $\pm 1\text{kV}$, reproducibilidad $\pm 1\%$)
- b) Cinta métrica

4.5.3 Metodología

- a) Definir 4 valores de kV comúnmente utilizados;
- b) Anotar en la ficha los valores escogidos;
- c) Posicionar el instrumento de medida sobre el soporte de la mama;
- d) Colocar el tubo a una distancia foco-instrumento de acuerdo con las recomendaciones del manual de operación del instrumento utilizado;
- e) Ajustar el tamaño y el centro del campo;
- f) Sin el CAE, realizar 4 exposiciones para el primero valor de kV y anotar los valores medidos;
- g) Realizar una exposición para los otros kV escogidos y anotar los valores medidos;

4.5.4 Procedimiento de Cálculo

- a) Exactitud
 - ◆ Determinar para cada valor de kV seleccionado la desviación máxima obtenida entre los valores nominales y los valores medidos.

	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE MAMOGRAFIA	ARCAL XLIX – TP-004	
		Revisión 1	Pag. 45/100

$$\text{Desvio Máximo}(\%) = 100 \frac{kV_{ind} - kV_{med}}{kV_{ind}}$$

Donde kV_{ind} es el valor nominal; kV_{med} es el valor medido más discrepante.

- ◆ Anotar en la ficha los valores obtenidos.

b) Repetibilidad

- Dentro de los cuatro valores medidos para un mismo kV, tomar los dos más discrepantes (kV_1 y kV_2) y calcular:

$$\text{Desvio Máximo}(\%) = 100 \frac{kV_1 - kV_2}{(kV_1 + kV_2)/2}$$

Nota: En algunos casos, puede ser necesario tomar un mínimo de 10 lecturas y calcular el coeficiente de variación.

- Anotar en la ficha los valores obtenidos.

4.5.5 Interpretación de resultados y conclusiones

a) Tolerancia:

- Repetibilidad: $\leq \pm 2\%$
- Exactitud: $\leq \pm 5\%$

b) Anotar en el cuadro de resumen de la ficha si existe al menos un valor fuera de la tolerancia.

4.5.6 Recomendaciones y acciones correctivas

En caso de detectar no conformidades contactar con el encargado del servicio de mantenimiento.

4.6 CAPA HEMIRREDUCTORA (PRUEBA 7)

4.6.1 Alcance

- a) Objetivo: Verificar si la filtración total del haz está en correspondencia con los requisitos mínimos
- b) Indicador: Capa hemirreductora
- c) Referencia: Protocolo ACR, ARCAL XX
- d) Frecuencia: Inicial, anual y después de cambios

4.6.2 Instrumentación

- a) Cámara de ionización (volumen de 5 a 35 cc)
- b) Electrómetro (rango 1 fC a 999 nC, exactitud $\pm 5\%$, reproducibilidad $\pm 1\%$)
- c) Conjunto de filtros de aluminio de 0,1 mm de alta pureza;
- d) Cinta métrica

4.6.3 Metodología

- a) Seleccionar modo de operación manual y una tensión de 28 kV (valor medido) para un valor dado de mAs y una combinación Mo/Mo.

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE MAMOGRAFIA	ARCAL XLIX – TP-004	
		Revisión 1	Pag. 46/100

- b) Colocar la cámara de ionización a 5cm (como mínimo) sobre el soporte, centrada (derecha-izquierda) y a 4 cm de la pared torácica, de manera que el volumen sensible de la cámara quede inmerso completamente dentro del campo de radiación.
- c) Colimar el haz para cubrir el volumen sensible de la cámara.
- d) Situar el compresor* en la mitad de la distancia foco-cámara.
- e) Realizar la exposición y registrar la lectura en la ficha (repetir una o dos veces).
- f) Posicionar 0,3 mmAl sobre el compresor y realizar la exposición con los mismos parámetros (2 ó 3 veces).
- g) Posicionar el segundo filtro (0,4 mm Al) e repetir el ítem anterior.
- h) Repetir este procedimiento para las combinaciones de filtros y ánodos disponibles en el equipo.

*En caso de que el valor dado por el fabricante haya sido determinado sin compresor la medida debe realizarse reproduciendo estas condiciones.

4.6.4 Procedimiento de cálculo

- a) Calcular el valor de la CHR, a partir de la siguiente expresión.

$$CHR = \frac{F_b \ln\left(\frac{2L_a}{L_o}\right) - F_a \ln\left(\frac{2L_b}{L_o}\right)}{\ln\left(\frac{L_a}{L_b}\right)}$$

donde F_a y F_b son los espesores de filtros utilizados, L_a y L_b son las lecturas respectivamente medidas, y L_o es la lectura sin filtro de prueba.

- b) Anotar el valor calculando en la ficha.

4.6.5 Interpretación de los resultados y conclusiones

- a) Tolerancia: Verificar si la capa hemirreductora se encuentra dentro de los siguientes intervalos en mmAl.
 - Sin compresor : $kVp/100 \leq CHR \leq kVp/100 + C$;
 - Con compresor: $kVp/100 + 0.03 \leq CHR \leq kVp/100 + 0,02 + C$;
Donde $C = 0.10$ para Mo/Mo; 0.17 para Mo/Rh y 0.20 para Rh/Rh
- b) Registrar en el cuadro resumen de la ficha si el valor de la CHR no cumple con la tolerancia.

4.6.6 Recomendaciones y acciones correctivas

En caso de detectar no-conformidad contactar con el encargado del servicio de mantenimiento.

4.7 RENDIMIENTO, REPERTIBILIDAD Y LINEALIDAD DE LA EXPOSICIÓN (PRUEBA 8)

4.7.1 Alcance

- a) Objetivo: Evaluar la constancia del kerma en aire para un mAs dado, la linealidad y el valor de rendimiento.

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE MAMOGRAFIA	ARCAL XLIX – TP-004	
		Revisión 1	Pag. 47/100

- b) Indicador: kerma en aire.
- c) Frecuencia: Inicial, anual y tras cambios.
- d) Referencia: Protocolo Español

4.7.2 Instrumentación

- a) Cámara de ionización (volumen de 5 a 35cc)
- b) Electrómetro (rango 1fC a 999nC, exactitud $\pm 5\%$, reproducibilidad $\pm 1\%$).
- c) Cinta métrica.

4.7.3 Metodología

- a) Definir tres valores de mAs más utilizados en la rutina.
- b) Colocar la cámara de ionización a 5 cm (como mínimo) sobre el soporte, centrada (derecha-izquierda) y a 4 cm de la pared torácica, de manera que el volumen sensible de la cámara quede completamente dentro del campo de radiación.
- c) Seleccionar el modo manual.
- d) Seleccionar el control de densidades más usado, la combinación Mo/Mo y una tensión de 28 kV.
- e) Seleccionar el primer valor de mAs elegido.
- f) Realizar una exposición y registrar la lectura en la ficha.
- g) Repetir inciso e y f para un total de 4 exposiciones.
- h) Repetir el procedimiento para los otros valores de mAs.

4.7.4 Procedimiento de Cálculo

- a) Repetibilidad
 - Tome los dos valores más discrepantes (L_{mayor} y L_{menor}) y calcule la desviación máxima:

$$repetibilidad(\%) = 100 \times \frac{L_{mayor} - L_{menor}}{(L_{mayor} + L_{menor})/2}$$

- b) Linealidad
 - Calcular el valor medio de las lecturas obtenidas para cada mAs y registrar en la ficha;
 - Calcular los rendimientos para cada mAs dividiendo cada valor medio obtenido por el mAs correspondiente y registrar los valores;
 - Tomar dos valores consecutivos de rendimiento (R_1 y R_2) y calcular:
$$100 \times (R_1 - R_2) / (R_1 + R_2)$$
 - Anotar en la ficha el valor obtenido
- c) Rendimiento
 - Calcular el valor medio de los rendimientos obtenidos para los diferentes valores de mAs;
 - Corregir el resultado del rendimiento para una distancia de 1,0 m. Registrar este valor en $\mu\text{Gym}^2/\text{mAs}$.

4.7.5 Interpretación de resultados y conclusiones

- a) Repetibilidad:
 - Tolerancia: $\leq \pm 10\%$

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE MAMOGRAFIA	ARCAL XLIX – TP-004	
		Revisión 1	Pag. 48/100

- Registrar en el cuadro de resumen de la ficha en caso de encontrar valores fuera de tolerancia;
- b) Linealidad
 - Tolerancia: $\leq \pm 10\%$
 - Registrar en el cuadro resumen de la ficha si en caso de encontrar valores fuera de tolerancia;
- c) Rendimiento
 - Tolerancia: Según especificaciones del fabricante.
 - Anotar en el cuadro de resumen de la ficha en caso de encontrar valores fuera de tolerancia.

4.7.6 Recomendaciones y acciones correctivas

En caso de detectar no conformidades contactar con el encargado del servicio de mantenimiento.

4.8 EXACTITUD Y REPETIBILIDAD DE LOS TIEMPOS DE EXPOSICIÓN (PRUEBA 9)

4.8.1 Alcance

- a) Objetivo: Evaluar la exactitud y repetibilidad del indicador de tiempo de exposición.
- b) Indicador: Tiempo de exposición.
- c) Frecuencia mínima: Inicial, anual y después de cambios.
- d) Referencia: protocolo Español.

4.8.2 Instrumentación

- a) Medidor de tiempo de exposición (rango 1 ms a 99 s, exactitud $\pm 5\%$, reproducibilidad $\pm 1\%$)
- b) Cinta métrica

4.8.3 Metodología

- a) Definir 3 valores de tiempo en el rango comúnmente utilizados;
- b) Colocar el medidor de tiempo de exposición sobre el soporte y centrarlo en el haz según las instrucciones del fabricante.
- c) Colocar el modo manual, seleccionar una tensión nominal (aproximadamente 28kV) y uno de los valores de tiempo definidos.
- d) Realizar la exposición y registrar la lectura. Repetir más 3 veces;
- e) Realizar 4 medición para los otros tiempos seleccionado.

4.8.4 Procedimiento de cálculo

- a) Repetibilidad
 - Para cada valor de tiempo seleccionado, determinar la desviación:

$$repetibilidad(\%) = 100 \times \frac{L_{mayor} - L_{menor}}{(L_{mayor} + L_{menor}) / 2}$$

donde L_{mayor} y L_{menor} son los valores de las lecturas de los tiempos más discrepantes.

- Registrar las desviaciones en la ficha.

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE MAMOGRAFIA	ARCAL XLIX – TP-004	
		Revisión 1	Pag. 49/100

b) Exactitud

- Determinar para cada valor de tiempo seleccionado la desviación máxima entre los valores nominales y medidos utilizando la siguiente relación:

$$Desvio\ Máximo(\%) = 100 \frac{T_{ind} - T_{med}}{T_{ind}}$$

donde: T_{ind} el valor nominal; T_{med} el valor medido más discrepante del nominal.

- Registrar las desviaciones en la ficha.

4.8.5 Interpretación de resultados y conclusiones

a) Exactitud:

- Tolerancia: $\leq \pm 10\%$ para tiempos superiores o iguales a 200 ms y $\leq \pm 15\%$ para tiempos menores que 200 ms
- Registrar en el cuadro de resumen de la ficha en caso de encontrar valores fuera de tolerancia.

b) Repetibilidad:

- Tolerancia: $\leq \pm 10\%$
- Registrar en el cuadro de resumen de la ficha en caso de encontrar valores fuera de tolerancia.

4.8.6 Recomendaciones y acciones correctivas

En caso de detectar no conformidades contactar con el encargado del servicio de mantenimiento.

4.9 EVALUACION DEL CONTROL AUTOMATICO DE EXPOSICIÓN - CAE (PRUEBA 10)

4.9.1 Alcance

- Objetivo: Evaluar el selector de densidades, la repetibilidad del CAE, la compensación para diferentes tensiones y espesores.
- Indicador: Densidad óptica
- Frecuencia mínima: Inicial, anual y después de cambios.
- Referencia: ACR 1999 y Protocolo Español.

4.9.2 Instrumentación

- Simulador de acrílico o material equivalente consistente al menos de tres láminas de espesor variable y que permitan simular espesores de mama de 2, 4, y 6 cm.
- Objetos radiopacos para identificación de placas.
- Chasis cargados o cámara de ionización (volumen de 5 a 35 cc, rango de 20 a 35 kV)
- Electrómetro (rango 1 fC a 999 nC, exactitud $\pm 5\%$, reproducibilidad $\pm 1\%$)
- Densitómetro (rango de 0,00 a 4,00 DO).

4.9.3 Metodología

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE MAMOGRAFIA	ARCAL XLIX – TP-004	
		Revisión 1	Pag. 50/100

- a) Seleccionar el modo de exposición automática del equipo. En el control de densidades seleccione la posición 0.
- b) Seleccionar la posición del sensor del CAE usada con más frecuencia.
- c) Seleccionar el foco y mA usado rutinariamente.
- d) Colocar el chasis cargado en el receptor de imagen
- e) Colocar un objeto radiopaco para identificar la película.
- f) Colocar un simulador de 4 cm de espesor en la misma posición que ocupa la mama del paciente. Verificar que el simulador cubra completamente la zona activa de los sensores del CAE.
- g) Seleccionar la tensión más usada clínicamente y exponer cuatro películas en las mismas condiciones (repetibilidad).
- h) Seleccionar otras dos tensiones usadas clínicamente y exponer una película para cada una (compensación para diferentes tensiones).
- i) Exponer películas usando los siguientes espesores de simulador 2, 4 y 6 cm, manteniendo la tensión mas usada clínicamente (compensación para diferentes espesores).
- j) Exponer películas para las diversas posiciones del control de densidades, manteniendo la tensión mas usada clínicamente (evaluación del control de densidades).
- k) Procesar las películas según recomendaciones del fabricante.
- l) Medir las densidades ópticas en el centro de la imagen del simulador y registrar estos valores en la ficha.

Nota: En caso de no tener disponibilidad del número necesario de películas, puede realizarse esta prueba empleando una cámara de ionización.

4.9.4 Procedimiento de calculo

Para las pruebas de compensación para diferentes tensiones y espesores, calcular los desvíos entre las densidades ópticas y el valor promedio del respectivo grupo;

$$\text{Desvío} = DO - DO_{\text{promedio}}$$

4.9.5 Interpretación de los resultados y conclusiones

- a) Compensación por espesores.
 - Tolerancia: La densidad óptica de la película debe permanecer constante dentro de un rango de ± 0.15
 - Registrar en el cuadro de resumen de la ficha en caso de encontrar valores fuera de tolerancia.
- b) Compensación por voltajes.
 - Tolerancia: La densidad óptica de la película debe permanecer constante dentro de un rango de ± 0.15
 - Registrar en el cuadro de resumen de la ficha en caso de encontrar valores fuera de tolerancia.
- c) Incrementos de DO por paso del selector de densidades
 - Tolerancia: La densidad óptica de la película deberá incrementarse en un rango entre 0,1 y 0,2 DO por paso.
 - Registrar en el cuadro de resumen de la ficha en caso de encontrar valores fuera de tolerancia.

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE MAMOGRAFIA	ARCAL XLIX – TP-004	
		Revisión 1	Pag. 51/100

d) Repetibilidad:

- Tolerancia: $\leq \pm 5\%$
- Registrar en el cuadro de resumen de la ficha en caso de encontrar valores fuera de tolerancia.

4.9.6 Recomendaciones y acciones correctivas

En caso de detectar no conformidades contactar con el encargado del servicio de mantenimiento.

4.10 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE IMAGEN (PRUEBA 11)

4.10.1 Alcance

- a) Objetivo: Evaluar los parámetros de la calidad de la imagen radiográfica
- b) Indicador: Tamaño de objetos visibilizados en un fantoma de mama.
- c) Frecuencia mínima: Inicial, mensual y después de cambios.
- d) Referencia: ACR

4.10.2 Instrumentación

- a) Fantoma de mama (ACR-MAP)
- b) densitómetro
- c) Chasis cargado
- d) Lupa de 2X o mayor

4.10.3 Metodología

- a) Coloque el chasis cargado en el porta-chasis
- b) Colocar el fantoma sobre el soporte, de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.
- c) Baje la paleta de compresión hasta el límite superior del fantoma.
- d) Verifique que el fantoma cubra la segunda cámara detectora del CAE
- e) Seleccionar los factores de técnica más usada clínicamente (blanco, filtro, kVp, rejilla, ajuste del control de densidad, etc.), para equipos que trabajan en modo manual o semi-automático
- f) Realizar una exposición
- g) Registrar en la ficha la técnica empleada
- h) Procesar la película en la procesadora de película específico para mamografía
- i) Mida las densidades ópticas de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.
- j) Visualizar la película con la lupa en un negatoscopio con una luminancia de 3000 a 3500 nit, colocando una máscara en el área del negatoscopio que no esté ocupado por la película, y en una sala donde la iluminación ambiental sea aproximadamente de 50 lux.
- k) Registre todas los datos en la ficha

4.10.4 Procedimiento de Cálculo

No se aplica.

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE MAMOGRAFIA	ARCAL XLIX – TP-004	
		Revisión 1	Pag. 52/100

4.10.5 Interpretación de los resultados y conclusiones

- a) Determinar el número de objetos de cada grupo que sean visibles en la película, iniciando con el de mayor tamaño.
 - Fibrillas: Para las fibrillas parcialmente visualizados con tamaño mayor que la mitad, dar la puntuación de 0,5. Fibrillas fuera de la posición son artefactos. Si encontrar una o más artefactos tipo fibrilla, sustraer la ultima fibrillas registrada
 - Microcalcificaciones: Registre cada grupo como 1 si son visibles 4-6 microcalcificaciones; registre como 0,5 si son visibles 2-3 microcalcificaciones. Si encontrar artefactos tipo microcalcificaciones, sustraer uno por uno del ultimo grupo registrado con 0,5 ó 1.
 - Masas: Registre cada masa visible como 1; Registre como 0.5 si la masa estuviera visible mas la borda no es circular. o en forma de media luna. Masas fuera de posición son artefactos; sustraer de la ultima masa registrada con 0,5 ó 1.
 - Registrar en la ficha los valores obtenidos
- b) Determinar la DO del fondo del a imagen del fantoma y las DO del disco de acrílico colocado sobre el objeto de prueba y un punto adyacente (izquierdo o derecho perpendicular al eje ánodo – cátodo)
- c) Tolerancias:
 - Fibrillas: registro ≥ 4 ; grupos de microcalcificaciones: registro ≥ 3 ; masas: registro ≥ 3
 - La densidad óptica de fondo de la imagen $\geq 1,40$
 - La diferencia de densidades medidas entre la imagen del disco de acrílico y del punto adyacente debe ser al menos 0,40.

4.10.6 Recomendaciones y acciones correctivas

En caso de no-conformidad suspender el uso clínico del equipo y investigar las posibles causas (equipo, procesadora, chasis, negatoscopio) para tomar las acciones correctivas pertinentes.

4.11 DOSIS DE ENTRADA EN LA PIEL (PRUEBA 12)

4.11.1 Alcance

- a) Objetivo: Estimar las dosis de entrada en piel para los exámenes más frecuentes
- b) Indicador: Kerma en la superficie de la piel.
- c) Frecuencia mínima: inicial, anual y después de cambios.
- d) Referencia: Protocolo Español

4.11.2 Instrumentación

- a) Cámara de ionización calibrada para haz de mamografía (volumen de 5 a 35 cc, rango de 20 a 35 kV)
- b) Electrómetro (rango 1 fC a 999 nC, exactitud $\pm 5\%$, reproducibilidad $\pm 1\%$)
- c) Simulador de mama (4,5 cm)

4.11.3 Metodología

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE MAMOGRAFIA	ARCAL XLIX – TP-004	
		Revisión 1	Pag. 53/100

- a) Seleccionar las condiciones habituales de trabajo para una mama promedio de 4.5 cm de espesor.
- b) Colocar el simulador sobre el soporte de la mama, cubriendo el segundo sensor.
- c) Realizar una exposición y registrar la técnica radiográfica seleccionada por el CAE.
- d) Desactivar el CAE y sustituir el simulador por la cámara de ionización, de forma que la superficie de ésta quede al mismo nivel de la superficie de entrada del simulador.
- e) Posicionar el compresor en contacto con la cámara.
- f) Seleccionar la técnica registrada en el inciso c.
- g) Realizar una exposición y registrar la lectura.

4.11.4 Procedimiento de cálculo

Calcular la dosis absorbida en la superficie de la piel:

$$D_s = K_{\text{aire}} \times BSF \times F_{\text{TP}} \times F_c$$

donde: K_{ar} es la lectura del kerma en aire; BSF es el factor de retrodispersión en agua (puede ser considerado como 1.09) para la geometría y calidad de la radiación; F_{TP} es la corrección para la temperatura u presión; F_c es el factor de calibración de la cámara para la calidad del haz.

4.11.5 Interpretación de los resultados y conclusión

- a) Los datos obtenidos se comparan con los niveles de referencia (orientativos) de radiodiagnóstico ofrecidos por las NBS y ARCAL XX (Tabla 4.3) o los valores adoptados en el país. (Nota: Dentro del proceso de optimización, la propia Institución puede establecer sus valores de referencia);
- b) Este estudio caracterizará la exposición médica de los pacientes en el servicio y servirá de indicador integral del sistema de garantía de calidad implementado.

4.11.6 Recomendaciones y acciones correctivas

Observar la variación de este indicador con el tiempo, y en caso de sobrepasar significativamente los valores de referencia investigar las posibles causas y tomar las medidas correctivas necesarias.

Tabla 4.3 Niveles de referencia de radiodiagnóstico aplicables en mamografía a una paciente adulta típica

	Dosis en la entrada de la piel (*)	Dosis promedio a la mama por proyección craneocaudal (**)
sin rejilla	4 mGy	1 mGy
con rejilla	10 mGy	3 mGy

Determinada en una mama comprimida de 4,5 cm compuesta por 50% de tejido glandular y 50% de tejido adiposo, para sistemas placa–pantalla y aparatos dedicados exclusivamente a mamografía, con blanco y filtro de Mo

(*) Niveles de la Unión Europea (y adoptados en la reglamentación Brasileña)

(**) Niveles del NBS.

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE FLUOROSCOPIA	ARCAL XLIX – TP-005	
		Revisión 1	Pag. 54/100

CAPÍTULO 5. CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE FLUOROSCOPIA

5.1 LEVANTAMIENTO RADIOMÉTRICO (PRUEBA 1)

5.1.1 Alcance

- a) Objetivo: Evaluar los niveles de exposición ocupacional y del público
- b) Indicador: Equivalente de dosis ambiental en mSv/año, u otra magnitud de acuerdo con la calibración de los instrumentos disponibles.
- c) Referencia: ARCAL XX
- d) Frecuencia mínima: inicial, cada cuatro años y después de modificaciones que afecten la protección radiológica.

Nota: Si el equipo posee modo de radiografía se debe aplicar el Protocolo ARCAL XLIX-TP-002, con carga de trabajo de los dos.

5.1.2 Instrumentación

- a) Cámara de ionización (volumen de 1800cc)
- b) Electrómetro (rango 1fC a 999nC, exactitud $\pm 5\%$, reproducibilidad $\pm 1\%$)
- c) Simulador con dimensiones del tórax de un adulto típico
- d) Cinta métrica

5.1.3 Metodología

5.1.3.1 Elaboración del croquis de la instalación

- a) Elaborar el esquema de la sala de rayos X y sus áreas adyacentes (a escala);
- b) Representar en el croquis el generador, tubo de rayos X, mesa del paciente, biombo, consola de comando, puertas y ventanas. Identificarlos con números y referirlos en la leyenda;
- c) Anotar el tipo de las áreas adyacentes: cuarto oscuro, corredor, sala de lectura, estacionamiento, sala de espera, recepción, baños, etc.;
- d) Identificar con letras mayúsculas en el croquis los puntos de interés, situados dentro y fuera de la sala donde individuos del público y/o trabajadores de la entidad puedan estar expuestos a radiación.

5.1.3.2 Parámetros de operación

- a) Seleccionar el modo manual.
- b) Seleccionar la tensión del tubo más alta utilizada en los exámenes de rutina
- c) Para mediciones en el modo de tasa de dosis, utilizar un tiempo de exposición igual o superior a 10 s y una corriente de tubo entre 1 y 5 mA;
- d) Seleccionar el tamaño de campo mayor permitido por el colimador
- e) Registrar en la ficha los parámetros de operación seleccionados, las características técnicas de la cámara de ionización (incluida la unidad de lectura y los datos de la calibración) y del simulador utilizado.

5.1.3.3 Medición del haz disperso

- a) Colocar el simulador en la mesa de examen, entre el tubo y el intensificador. Observar todas las posibilidades de posicionamiento del paciente y del receptor de imagen, para seleccionar la distancia más cercana a la barrera secundaria en estudio;
- b) Dirigir el haz hacia el centro del simulador;
- c) Fijar la mayor distancia foco-IIR posible (se recomienda una distancia foco-superficie del simulador de 45 cm);
- d) Verificar que la escala del instrumento seleccionada sea adecuada;
- e) Colocar la cámara de ionización, de acuerdo con su manual de operación, en el primer punto de medida* (a una distancia de 30 cm aproximadamente de la barrera);
- f) Realizar la exposición;
- g) Repetir la medida en un punto adyacente para garantizar el registro del mayor nivel de radiación;
- h) Registrar el mayor valor medido;
- i) Repetir el mismo procedimiento para los demás puntos de interés;
- j) Repetir el mismo procedimiento para las demás direcciones de uso clínico del tubo.

* Para puntos situados en el interior de la sala, evaluar la dosis con y sin barreras de protección y registrar la distancia a la que se realizó con respecto al centro del simulador.

5.1.3.4 Definición de los parámetros de cálculo

- a) Para unidades de fluoroscopia, por tratarse de radiación dispersa el factor de uso (U) es igual a 1.
- b) Definir los factores de ocupación (T) en función del tiempo de permanencia de los individuos en el área. Para fines de orientación, los valores presentados en la Tabla 1 podrán ser adoptados en ausencia de valores más realistas.
- c) Determinar la carga de trabajo semanal (W), en mAmin/semana, considerando la máxima técnica utilizada en los exámenes de rutina. Para las instalaciones nuevas, considerar por lo menos un período de 5 años de vida útil de la instalación. Ver fórmula para W

Tabla 1: Factores de Ocupación (T)

Ocupación	Local	T
Total	Consultorio, recepción	1
Parcial	Espera, vestidor, Circulación interna	1/4
Eventual	Circulación externa, baños, escaleras	1/16
Raro	Jardines cercados, casa de maquinas	1/32

5.1.4 Procedimiento de cálculo

- a) Multiplicar la mayor lectura obtenida por el factor de calibración del instrumento (F_c)
- b) Transformar la lectura registrada a mSv/mAmin
- c) Multiplicar el resultado obtenido por $W \times U \times T$

Nota: Para expresar el valor obtenido en mSv/año, multiplicando el resultado por 50 semanas/año.

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE FLUOROSCOPIA	ARCAL XLIX – TP-005	
		Revisión 1	Pag. 56/100

5.1.5 Interpretación de resultados, conclusiones y recomendaciones

- a) Comparar los valores obtenidos con los niveles de restricción de dosis establecidos en el ARCAL XX (Tabla 2).

Tabla 2: Niveles de Restricción de Dosis – ARCAL XX

Local	Restricción de dosis
Área Controlada *	0,10 mSv/semana ó 5,0 mSv/año
Área Libre	0,01 mSv/semana ó 0,5 mSv/año

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

- b) Señalar con S o N en la ficha, la aceptación del nivel de radiación en cada punto. En caso de que exista algún punto con niveles no aceptables, señalar la no-conformidad en el cuadro de resumen de evaluación.
- c) Recomendaciones posibles: adicionar blindajes, reducir ocupación o cambiar la posición del equipo.

Nota: Si es necesario incrementar el blindaje, calcular el espesor adicional de la barrera secundaria empleando la siguiente relación: $m = 1,44 \ln(R)$; donde m es el número de CHR necesarias y R es la razón entre el valor obtenido y el nivel de restricción de dosis.

5.2 RADIACIÓN DE FUGA (PRUEBA 2)

5.2.1 Alcance

- a) Objetivos: Evaluar la radiación de fuga del cabezal del tubo de rayos X.
- b) Indicadores: Kerma en aire, a la máxima carga que pueda soportar el tubo durante 1 hora y promediando sobre un área que no exceda los 100 cm²
- c) Referencia: Protocolo Español
- d) Frecuencia mínima de la prueba: Inicial y después de cambios

5.2.2 Instrumentación

- a) Chasis cargados
- b) Plomo (placa, delantal plomado, etc.)
- c) Cámara de ionización (volumen de 180 cc)
- d) Electrómetro (rango 1fC a 999nC, exactitud $\pm 5\%$, reproducibilidad $\pm 1\%$)

5.2.3 Metodología

- j) Cerrar completamente el colimador.
- k) Dependiendo del tipo y estado del colimador, se deberá bloquear la salida del mismo con una placa de plomo;
- l) Cubrir la coraza del tubo con chasis cargados, identificando la posición de cada uno;
- m) Seleccionar el máximo kVp y un valor de corriente y tiempo razonable (cuidando no dañar el tubo). Registrar los mismos;
- n) Realizar una exposición;

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE FLUOROSCOPIA	ARCAL XLIX – TP-005	
		Revisión 1	Pag. 57/100

- o) Procesar las películas;
- p) Observar películas y detectar puntos con mayor ennegrecimiento que manifiesten presencia de radiación de fuga;
- q) Colocar la cámara de ionización a 1 metro de distancia del foco en la dirección de cada punto en que se haya detectado ennegrecimiento. Se deberá tomar las medidas de seguridad pertinentes;
- r) Realizar la exposición;
- s) Registrar las lecturas obtenidas en cada punto.

5.2.4 Cálculos

- a) Transformar las lecturas obtenidas a mGy/h.
- b) Consultar con el fabricante las especificaciones de la corriente máxima del tubo, para que las medidas sean corregidas y cumplan el requisito de medición en una hora continua, aplicando la siguiente fórmula:

$$L_R = \frac{I_f}{I_e} L_o$$

Donde L_R es la tasa de radiación de fuga, I_f es el valor de corriente máxima del tubo especificada por el fabricante e I_e es la corriente empleada y L_o es la lectura de la tasa de radiación de fuga obtenida.

5.2.5 Interpretación de resultados y conclusiones

- a) Límite de Tolerancia: < 1 mGy/h a 1 m del foco.
- b) Registrar en la ficha de resumen en caso de no-conformidad.

5.2.6 Recomendaciones y acciones correctivas

Contactar con el encargado del servicio de mantenimiento.

5.3 SISTEMA DE COLIMACIÓN Y TAMAÑO DE LA IMAGEN (PRUEBA 3, 4 Y 5)

5.3.1 Alcance

- a) Objetivo: Evaluar la simetría de los colimadores, la coincidencia del tamaño del campo de radiación medido con el tamaño nominal, la coincidencia del tamaño del campo con el de su imagen en el monitor y su distorsión. Observar si el campo de radiación está centrado y restringido al IIR.
- b) Indicador: Diámetro del campo de radiación, del área útil del IIR y de la imagen.
- c) Referencia: IEC 1262-1, IPEMB Report No 32
- d) Frecuencia mínima de la prueba: inicial, semestral y después de cambios

5.3.2 Instrumentación

- a) Chasis o sobre cargado con película radiográfica de tamaño superior al IIR
- b) Marcador radiopaco
- c) Rejilla de espaciado conocido (dispositivo para la alineación del haz)

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE FLUOROSCOPIA	ARCAL XLIX – TP-005	
		Revisión 1	Pag. 58/100

- d) Regla
- e) Cinta métrica

5.3.3 Metodología

- a) Cerrar completamente el colimador. Exponiendo en modo fluoroscópico, abrir el colimador progresivamente y observar en el monitor la simetría de su desplazamiento. Registrar en el cuadro de resumen de la ficha en caso de asimetría* .
- b) Seleccionar el máximo tamaño de campo disponible (verificar que los colimadores estén completamente abiertos), sin magnificación
- c) Colocar el marcador radiopaco en el centro del chasis (o del sobre)
- d) Ubicar el chasis lo más próximo a la entrada del IIR y ajustarlo de forma que el marcador radiopaco coincida con el centro de IIR
- e) Registrar en la ficha la distancia foco-IIR
- f) Realizar una exposición en modo fluoroscopia, asegurando una densidad óptica adecuada
- g) Procesar la película y medir el diámetro de la imagen
- h) Determinar la distancia entre el centro indicado por el marcador y el centro del campo de radiación ($d_{c,r}$). Registrar en la ficha el valor obtenido
- i) Repetir el procedimiento de b) a g) para todas las magnificaciones disponibles
- j) Ubicar la rejilla sobre la superficie del IIR
- k) Seleccionar el máximo tamaño de campo disponible (verificar que los colimadores estén completamente abiertos), sin magnificación
- l) Realizar una exposición en modo fluoroscopia
- m) Determinar el diámetro de la imagen en el monitor usando la imagen de la rejilla y en la película de registro del sistema en las direcciones horizontal y vertical
- n) Medir la longitud de la diagonal de la celda ubicada en el centro (D_c) y de la diagonal de un grupo de celdas ($n \times n$) ubicadas en la región de mayor distorsión (D_n). La medida debe realizarse en el monitor y en la película de registro del sistema. Registrar en la ficha los valores de D_c , D_n y n
- o) Observar y registrar en la ficha la existencia de distorsiones en forma de “S” en el contorno de la imagen
- p) Realizar la evaluación para las otras magnificaciones posibles

*En caso de asimetría en el desplazamiento de los colimadores, no continuar las evaluaciones hasta tanto no sea corregido el problema.

5.3.4 Procedimiento de cálculo

- a) Coincidencia del tamaño de campo de radiación con el valor nominal y restricción del campo de radiación al área útil del IIR
- Para cada tamaño de campo seleccionado, calcular:

$$\Delta\% = 100 \frac{d_r - d_n}{d_n}$$

donde, d_r es el diámetro del campo de radiación (indicado en la película); d_n es el diámetro nominal del campo de radiación.

- Con el valor determinado de la distancia entre los centros ($d_{c,r}$) y la desviación de los diámetros ($\Delta\%$) evaluar si el campo de radiación está restringido al área útil del IIR

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE FLUOROSCOPIA	ARCAL XLIX – TP-005	
		Revisión 1	Pag. 59/100

- Registrar en la ficha los valores obtenidos
- b) Coincidencia del tamaño del campo de radiación con el tamaño de su imagen
- Para cada tamaño de campo seleccionado, calcular:

$$C_{ir} = \frac{d_i}{d_r}$$

Donde d_r es el diámetro del campo de radiación (obtenido en el inciso h de la metodología); d_i es el diámetro de la imagen en el monitor o película de registro del sistema.

- Registrar en la ficha los valores obtenidos
- c) Distorsión
- Para cada tamaño de campo seleccionado, calcular:

$$Distorsión = 100 \left(\frac{n \times D_c}{D_n} - 1 \right)$$

Donde D_c es la diagonal de la celda ubicada en el centro, D_n diagonal de un grupo de (n x n) celdas ubicadas en la región de mayor distorsión.

5.3.5 Interpretación de los resultados y conclusiones

- a) Coincidencia del tamaño del campo con el valor nominal y restricción del campo de radiación al área útil del IIR: verificar si las desviaciones entre los valores medidos y los valores nominales son $\leq 2\%$ de la distancia foco-IIR; verificar si el área del campo de radiación está restringida al área del IIR y si no sobrepasa del borde del IIR (independientemente de los cambios de tamaño de campo o de distancia). Si los valores obtenidos no se encontraran dentro del intervalo esperado, anotar en el cuadro de resumen de la ficha.
- b) Coincidencia del tamaño del campo de radiación con el tamaño de su imagen: verificar si la razón entre el diámetro de la imagen en el monitor (o película del sistema) y el diámetro del campo de radiación se encuentra en el intervalo de 0,85 a 1,0.). Si los valores obtenidos no se encontraran dentro del intervalo esperado, anotar en el cuadro de resumen de la ficha
- c) Distorsión: verificar si el valor máximo obtenido para la distorsión es $\leq 10\%$. Verificar si existe distorsión en forma de “S” en la imagen. Anotar en el cuadro de resumen de la ficha cuando se encuentren valores inaceptables y distorsiones en forma de “S”

5.3.6 Recomendaciones y acciones correctivas

En caso de no-conformidad, contactar al servicio de mantenimiento del equipo

5.4 EXACTITUD Y REPETIBILIDAD DEL VALOR NOMINAL DE LA TENSIÓN DEL TUBO (PRUEBA 6)

5.4.1 Alcance

- a) Objetivo: Evaluar la exactitud y la repetibilidad del indicador de la tensión del tubo, para cualquier corriente de tubo seleccionada
- b) Indicador: kVp máximo
- c) Referencia: Protocolo español; IEC 6167-6

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE FLUOROSCOPIA	ARCAL XLIX – TP-005	
		Revisión 1	Pag. 60/100

d) Frecuencia mínima de la prueba: inicial, anual y después de cambios.

5.4.2 Instrumentación

- a) Kilovoltímetro (rango de 30 a 150 kV, exactitud ± 1 kV, reproducibilidad $\pm 1\%$)
- b) Filtros de cobre o aluminio o atenuadores de acrílico*
- c) Placa de aluminio o cobre para proteger el IIR
- d) Nivel de burbuja
- e) Cinta métrica

5.4.3 Metodología

- a) Seleccionar el modo de operación manual *
- b) Definir 4 valores de kV (Ej. 60, 80, 90, 110 kV) y 2 valores de mA comúnmente utilizados (Ej. 1, 2 mA) y un tiempo superior a 10s. Registrar en la ficha los valores escogidos
- c) Cubrir el IIR con la placa de aluminio para evitar que éste sea dañado
- d) Nivelar el tubo de rayos X
- e) Colocar el kilovoltímetro sobre la mesa (u otro soporte adecuado), usando un campo de radiación que cubra su volumen sensible (verificar la posición por medio de una imagen fluoroscópica)
- f) Colocar el tubo a una distancia foco-instrumento de acuerdo con las instrucciones del fabricante
- g) Realizar una exposición para cada kV y mA escogido y registrar los valores de kVp obtenidos
- h) Manteniendo 80kV (o el valor más cercano) y 1 mA realizar 4 exposiciones y registrar los valores de kV medidos

* Si no fuera posible seleccionar el modo manual, utilizar atenuadores (acrílico, cobre, etc.) para obtener los valores de kV y mA deseados. Cuidar que el kilovoltímetro este situado entre los atenuadores y el tubo de rayos X. Registrar los valores de kV y mA nominales y las lecturas obtenidas.

5.4.4 Procedimiento de cálculo

- a) Exactitud
 - Determinar para cada valor de kV seleccionado la desviación máxima obtenida entre los valores nominales y los valores medidos para los dos valores de mA:

$$\text{Desvio Máximo}(\%) = 100 \frac{kV_{ind} - kV_{med}}{kV_{ind}}$$

donde kV_{ind} es el valor nominal; kV_{med} es el valor medido más discrepante.

- Anotar en la ficha los valores obtenidos.

- b) Repetibilidad

- Dentro de los cuatro valores medidos para el kV seleccionado en el inciso (h) , tomar los dos más discrepantes y calcular:

$$\text{Desvio Máximo}(\%) = 100 \frac{kV_1 - kV_2}{(kV_1 + kV_2)/2}$$

Nota: Si se toman un mínimo de 10 lecturas, calcular el coeficiente de variación

- Anotar en la ficha los valores obtenidos.

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE FLUOROSCOPIA	ARCAL XLIX – TP-005	
		Revisión 1	Pag. 61/100

5.4.5 Interpretación de los resultados y conclusiones

- a) Exactitud
 - Tolerancia: $\pm 10\%$
 - Si una de las desviaciones obtenidas fuera superior a $\pm 10\%$, registrar en el cuadro de resumen de la ficha.
- b) Repetibilidad
 - Tolerancia: $\pm 10\%$
 - Si una de las desviaciones obtenidas fuera superior a $\pm 10\%$, registrar en el cuadro de resumen de la ficha.

5.4.6 Recomendaciones y acciones correctivas

En caso de no-conformidad, contactar al servicio de mantenimiento del equipo.

5.5 REPETIBILIDAD Y LINEALIDAD DE LA TASA DE KERMA EN AIRE Y RENDIMIENTO DEL TUBO (PRUEBA 7)

5.5.1 Alcance

- a) Objetivo: Evaluar la constancia de la tasa de kerma en aire, el rendimiento y su linealidad en función del mAs.
- b) Indicador: kerma en aire
- c) Referencia: Protocolo español, ARCAL XX
- d) Frecuencia mínima de la prueba: inicial, anual y después de cambios

5.5.2 Instrumentación

- a) Cámara de ionización (volumen de 30 a 120cc)
- b) Electrómetro (rango 1fC a 999nC, exactitud $\pm 5\%$, reproducibilidad $\pm 1\%$)
- c) Cinta métrica

5.5.3 Metodología

- a) Seleccionar el modo manual de operación *
- b) Seleccionar 4 valores de tensión (60, 70, 80 y 90 kV) y 4 valores de corriente comúnmente utilizados (Ej. 0.5, 1, 2, 3 mA) y un tiempo superior a 10s. Registrar en la ficha los valores escogidos
- c) Nivelar el tubo de rayos X
- d) Colocar el medidor sobre la mesa (u otro soporte adecuado), usando un campo de radiación que cubra su volumen sensible (verificar la posición por medio de una imagen fluoroscópica)
- e) Colocar el tubo a una distancia foco-instrumento de acuerdo con las instrucciones del fabricante, registrar la distancia.
- f) Cubrir el IIR con la placa de aluminio para evitar que éste sea dañado
- g) Seleccionar el primer valor de tensión del tubo
- h) Para la primera corriente realizar 4 exposiciones y registrar los valores obtenidos

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE FLUOROSCOPIA	ARCAL XLIX – TP-005	
		Revisión 1	Pag. 62/100

- i) Realizar una exposición para los demás valores de corriente y registrar los resultados
- j) Repetir incisos (h) e (i). para las demás tensiones

Nota: La linealidad no puede ser comprobada en equipos que funcionan solamente con control automático de brillo.

5.5.4 Procedimiento de cálculo

a) Repetibilidad

- Para el primer mAs seleccionado, escoger la mayor (L_{mayor}) y la menor lectura (L_{menor}) y calcular:

$$repetibilidad(\%) = 100 \times \frac{L_{mayor} - L_{menor}}{(L_{mayor} + L_{menor}) / 2}$$

Nota: Si se toman un mínimo de 10 lecturas, calcular el coeficiente de variación.

- Anotar en la ficha los valores obtenidos.

b) Linealidad

- Calcular el valor medio de las lecturas (en mGy) obtenidas para cada mAs y registrarlos en la ficha
- Dividir los valores medios por el mAs correspondiente y registrar los resultados
- Tomar dos valores de rendimiento (R_1 y R_2) para mAs consecutivos y calcular:

$$100 \times \frac{R_1 - R_2}{R_1 + R_2}$$

- Anotar en la ficha el valor obtenido

c) Rendimiento

- Calcular el valor medio de los rendimientos obtenidos para los diferentes valores de mAs
- Registrar el resultado del rendimiento en la ficha.

5.5.5 Interpretación de los resultados y conclusiones

a) Repetibilidad

- Tolerancia: $\leq \pm 10 \%$
- Si el desvío fuera superior a $\pm 10 \%$, registrar en el cuadro de resumen de la ficha.

b) Linealidad

- Tolerancia: $\leq \pm 20 \%$
- Si el desvío entre dos valores consecutivos fuera superior a 20%, registrar en el cuadro de resumen de la ficha.

c) Rendimiento

- Límite de tolerancia: según especificaciones del fabricante. De modo orientativo: a 80 kV, medido a 1 m del foco:
 - o Generador trifásico o multipulso: entre 50 y $100 \mu\text{Gym}^2/\text{mAs}$
 - o Generador monofásico con rectificación de onda completa: entre 25 y $60 \mu\text{Gym}^2/\text{mAs}$
- Anotar en el cuadro de resumen de la ficha en el caso que el comportamiento sea inaceptable.

5.5.6 Recomendaciones y acciones correctivas

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE FLUOROSCOPIA	ARCAL XLIX – TP-005	
		Revisión 1	Pag. 63/100

En caso de no-conformidad, contactar con el encargado del servicio de mantenimiento del equipo.

5.6 FILTRACIÓN TOTAL DEL HAZ (PRUEBA 8)

5.6.1 Alcance

- a) Objetivo: Evaluar la filtración total del haz
- b) Indicador: Capa hemirreductora (CHR)
- c) Referencia: ARCAL XX
- d) Frecuencia mínima de la prueba: Inicial, anual y después de cambios

5.6.2 Instrumentación

- a) Cámara de ionización (volumen de 30 a 120 cc)
- b) Electrómetro (rango 1fC a 999nC, exactitud $\pm 5\%$, reproducibilidad $\pm 1\%$)
- c) Conjunto de filtros de aluminio apropiado
- d) Filtros de cobre o atenuadores de acrílico
- e) Placa de aluminio o cobre para la protección del IIR
- f) Cinta métrica

5.6.3 Metodología

- a) Seleccionar el modo de operación manual*
- b) Seleccionar una tensión del tubo** (valor medido) comprendida en el rango indicado en la Tabla 4, una corriente mínima de 1 mA y un tiempo de exposición mínimo de 10 s
- c) Colocar la cámara de ionización a 30cm de la mesa y posicionar el tubo a la distancia foco-cámara recomendada por el fabricante
- d) Colimar el haz de forma que cubra apenas el volumen sensible de la cámara
- e) Cubrir el IIR con la placa de aluminio para evitar que éste sea dañado
- f) Realizar una exposición y registrar la lectura en la ficha (repetir una vez)
- g) Seleccionar un filtro de espesor similar a la mínima CHR esperada para la tensión del tubo seleccionada (Tabla 4)
- h) Posicionar el filtro a la salida del colimador
- i) Realizar una exposición con los mismos parámetros y registrar la lectura en la ficha (repetir una vez)

* Esta prueba puede realizarse en modo fluoroscópico o en modo radiográfico. No obstante, para unidades trifásicas que utilicen solo una fase en el modo fluoroscópico la prueba deberá realizarse solamente en modo fluoroscópico.

** Si no se puede fijar el kV, se deben colocar inicialmente, entre el detector y el IIR, los filtros suficientes (incluyendo el filtro correspondiente a la CHR para el kV escogido) para obtener la tensión deseada. Realizar la primera exposición. Para la exposición siguiente, se deberá retirar el filtro escogido para la CHR y colocarlo a la salida del colimador. Registrar para todas las exposiciones, los valores de tasa de kerma y los factores de la técnica (kV y mA).

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE FLUOROSCOPIA	ARCAL XLIX – TP-005	
		Revisión 1	Pag. 64/100

5.6.4 Procedimiento de cálculo

- Calcular la razón entre el valor de la lectura con filtro (L) y la lectura sin filtro (L_0).
- Calcular el valor de CHR a partir de la siguiente expresión:

$$CHR = \frac{-F \ln 2}{\ln \frac{L}{L_0}}$$

donde F es el espesor del filtro utilizado (mmAl)

- Anotar el valor calculado en la ficha.

5.6.5 Interpretación de los resultados y conclusión

- Comparar el valor de la CHR obtenida con los valores de la Tabla 5.4
- Para valores intermedios de kVp, aplicar la siguiente interpolación lineal:

$$CHR = (CHR_2 - CHR_1) \frac{kV - kV_1}{kV_2 - kV_1} + CHR_1$$

- Si el valor de la CHR fuera inferior al indicado para la tensión del tubo utilizada, registrar en el cuadro de resumen de la ficha.

Tabla 5.4. Valores mínimos de la CHR en función de la fase y la tensión del tubo

kVp	CHR (mm Al)	
	Monofásico	Trifásico
70	2,1	2,3
80	2,3	2,6
90	2,5	3,0
100	2,7	3,2
110	3,0	3,5
120	3,2	3,9
130	3,5	4,1

Nota: Los valores adoptados poseen una tolerancia de 0,1mm Al

5.6.6 Recomendaciones y acciones correctivas

En caso de no-conformidad, contactar con el encargado del servicio de mantenimiento del equipo.

5.7 TIEMPO DE FLUOROSCOPIA (PRUEBA 9)

5.7.1 Alcance

- Objetivo: Verificar el correcto funcionamiento de la alarma sonora y la interrupción automática de la exposición en los tiempos recomendados.
- Indicadores: Tiempo y señal sonora
- Referencia: ARCAL XX
- Frecuencia mínima de la prueba: Inicial, anual y después de cambios

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE FLUOROSCOPIA	ARCAL XLIX – TP-005	
		Revisión 1	Pag. 65/100

5.7.2 Instrumentación

Placa de aluminio o cobre para a protección del IIR

5.7.3 Metodología

- a) Seleccionar el modo de operación manual
- b) Cubrir el IIR con la placa de aluminio para evitar que éste sea dañado
- c) Seleccionar factores de exposición bajos (Ej. 60 kVp y 1 mA)
- d) Seleccionar un tiempo acumulado de fluoroscopia de 5 minutos
- e) Accionar la fluoroscopia
- f) Registrar el tiempo indicado en el equipo en el instante en que se active la alarma sonora
- g) Transcurridos 10 min, verificar visualmente en el monitor de TV si el haz de rayos X fue interrumpido (no se observa la imagen en el monitor y es imposible generar una nueva imagen sin reiniciar el temporizador)

5.7.4 Cálculos

No se aplica

5.7.5 Interpretación de los resultados y conclusiones

Registrar en el cuadro de resumen de la ficha cuando:

- La alarma sonora no se activa en 5 min
- La emisión del haz de rayos X no es bloqueada automáticamente después de 10 min

5.7.6 Recomendaciones y acciones correctivas

En caso de no-conformidad, contactar con el encargado del servicio de mantenimiento del equipo

5.8 EVALUACIÓN DEL CONTROL AUTOMÁTICO DE BRILLO, CAB (PRUEBA 10)

5.8.1 Alcance

- a) Objetivo: Evaluar la repetibilidad del CAB y la compensación para diferentes espesores y tensiones
- b) Indicador: Tasa de kerma en aire
- c) Frecuencia: Inicial, anual, y después de cambios
- d) Referencia: Protocolo Español

5.8.2 Instrumentación

- a) Simulador de PMMA (acrílico) compuesto por bloques con espesor entre 10 y 25 cm, o de otro material con espesor equivalente
- b) Cámara de ionización plana (espesor 1,5 a 2 cm, sensibilidad $2,5 \times 10^{-3} \mu\text{C}/\text{kg}$ para tasa de exposición y $3 \times 10^{-7} \mu\text{C}/\text{kg}$ para exposición)

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE FLUOROSCOPIA	ARCAL XLIX – TP-005	
		Revisión 1	Pag. 66/100

c) Electrómetro (rango 1fC a 999 nC, exactitud $\pm 5\%$, reproducibilidad $\pm 1\%$)

5.8.3 Metodología:

- a) Seleccionar el modo de operación automático
- b) Posicionar el tubo a una distancia foco-IIR aproximadamente a 70cm
- c) Posicionar la cámara de ionización en el eje central del IIR
- d) Seleccionar el modo normal de magnificación y dosis
- e) Registrar la distancia foco-cámara y la distancia foco-IIR, con ayuda de la imagen en el monitor.
- f) Colocar un bloque del simulador entre el foco y la cámara de ionización
- g) Realizar la exposición. Registrar en la ficha la tasa de dosis en aire y los factores de la técnica (kV y mA)
- h) Repetir inciso (g) tres veces
- i) Repetir incisos (f) y (g) para otros espesores (hasta 25 cm de PMMA)
- j) Repetir incisos (f), (g) e (i) para las magnificaciones adicionales
- k) Repetir incisos (f), (g) e (i) para todas las magnificaciones en el modo de alto nivel de dosis
- l) Seleccionar el modo de operación semiautomático
- m) Seleccionar el modo normal de magnificación y dosis
- n) Definir cuatro valores de kV usados habitualmente (Ej. 60, 80, 90, 110 kV). Registrar en la ficha los valores elegidos
- o) Seleccionar la primera tensión de tubo
- p) Realizar la exposición. Registrar en la ficha la tasa de dosis en aire y el valor del mA
- q) Repetir inciso (p) para los otros valores de tensión de tubo (manteniendo el mismo espesor del simulador)

5.8.4 Procedimiento de cálculo

5.8.5 Compensación para diferentes espesores y tensiones, y repetibilidad

$$Desviación\ Máxima(\%) = 100 \times \frac{L_{mayor} - L_{menor}}{(L_{mayor} + L_{menor}) / 2}$$

donde L_{max} y L_{min} son respectivamente las lecturas máxima y mínima obtenidas en cada evaluación.

5.8.6 Interpretación de los resultados y conclusiones

- a) Compensación por espesores.
 - Tolerancia: 20% para espesores entre 10 y 25 cm (PMMA)
 - Registrar en el cuadro de resumen de la ficha en caso de encontrar valores fuera de tolerancia.
- b) Repetibilidad:
 - Tolerancia: $\leq 10\%$
 - Registrar en el cuadro de resumen de la ficha en caso de encontrar valores fuera de tolerancia.
- c) Compensación por tensión.
 - Tolerancia: $\leq 20\%$
 - Registrar en el cuadro de resumen de la ficha en caso de encontrar valores fuera de tolerancia.

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE FLUOROSCOPIA	ARCAL XLIX – TP-005	
		Revisión 1	Pag. 67/100

5.8.7 Recomendaciones y acciones correctivas

En caso de detectar no conformidades contactar con el encargado del servicio de mantenimiento

5.9 TASA DE DOSIS MÁXIMA EN LA ENTRADA DEL IIR (PRUEBA 11)

5.9.1 Alcance

- a) Objetivo: Determinar la tasa de dosis máxima en la entrada del IIR
- b) Indicadores: Kerma en aire
- c) Referencia: Protocolo Español y ARCAL XX
- d) Frecuencia mínima de la prueba: Inicial, anual y después de cambios

5.9.2 Instrumentación

- a) Cámara de ionización plana (espesor 1,5 a 2 cm, sensibilidad $2,5 \times 10^{-3} \mu\text{C}/\text{kg}$ para tasa de exposición y $3 \times 10^{-7} \mu\text{C}/\text{kg}$ para exposición)
- b) Electrómetro (rango 1 fC a 999 nC, exactitud $\pm 5\%$, reproducibilidad $\pm 1\%$)
- c) Filtro de 2 mm Cu u otro simulador con atenuación equivalente

5.9.3 Metodología

- a) Seleccionar el modo de operación automático
- b) Posicionar el tubo a una distancia foco-IIR próxima a los 70 cm
- c) Colocar el filtro de 1 mm Cu (o el simulador) a la salida del haz de rayos X
- d) Posicionar la cámara de ionización en el eje central del IIR, con ayuda de la imagen en el monitor.
- e) Seleccionar el modo normal de magnificación y dosis
- f) Registrar la distancia foco-cámara y la distancia foco-IIR
- g) Verificar que los selectores de contraste y de brillo del monitor estén en las posiciones habituales de uso
- h) Realizar la exposición (repetir una vez)
- i) Registrar en la ficha las tasas de dosis en aire en la entrada del IIR y los factores de la técnica (kV y mA)
- j) Repetir el procedimiento anterior para todos los niveles de dosis y magnificación del equipo

5.9.4 Procedimiento de cálculo

En caso necesario transformar las lecturas obtenidas a $\mu\text{Gy}/\text{s}$

5.9.5 Interpretación de los resultados y conclusiones

Tolerancia:

- Condiciones normales de operación: $0,8 \mu\text{Gy}/\text{s}$
- Para todas las condiciones de magnificación y niveles de dosis: inferior a $1,0 \mu\text{Gy}/\text{s}$

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE FLUOROSCOPIA	ARCAL XLIX – TP-005	
		Revisión 1	Pag. 68/100

5.9.6 Recomendaciones y acciones correctivas

En caso de no-conformidad, contactar con el encargado del servicio de mantenimiento del equipo.

5.10 TASA DE DOSIS MÁXIMA EN LA ENTRADA DE LA PIEL DEL PACIENTE (PRUEBA 12)

5.10.1 Alcance

- a) Objetivo: Medir la tasa de dosis máxima en la entrada del paciente (valor típico y máximo)
- b) Indicadores: Kerma en aire
- c) Referencias: Protocolo Español y ARCAL XX
- d) Frecuencia mínima de la prueba: Inicial, anual y después de cambios

5.10.2 Instrumentación

- a) Cámara de ionización plana (espesor 1,5 a 2 cm, sensibilidad $2,5 \times 10^{-3} \mu\text{C}/\text{kg}$ para tasa de exposición y $3 \times 10^{-7} \mu\text{C}/\text{kg}$ para exposición)
- b) Electrómetro (rango 1fC a 999nC, exactitud $\pm 5\%$, reproducibilidad $\pm 1\%$)
- c) Filtro de 2 mm Cu u otro simulador con atenuación equivalente
- d) Cinta métrica
- e) Filtro de 2 mm Pb

5.10.3 Metodología

- a) Posicionar el tubo a una distancia foco-IIR próxima a los 70 cm
- b) Seleccionar el modo de magnificación normal
- c) Si el IIR está debajo de la mesa: Posicionar el simulador sobre la mesa y la cámara de ionización sobre el simulador
- d) Si el IIR está sobre la mesa: Posicionar el simulador con una separación de la mesa tal que sea posible ubicar la cámara de ionización debajo de éste
- e) Posicionar la cámara de ionización en el eje central del IIR
- f) Realizar una exposición para asegurar que la cámara esté centrada
- g) Registrar la distancia foco-cámara y la distancia foco-IIR
- h) Verificar que los selectores del contraste y el brillo del monitor estén en las posiciones habituales de uso
- i) Realizar una exposición en modo automático con la rejilla. Registrar la tasa de kerma en aire y los factores de la técnica (kV y mA)
- j) Repetir la exposición para los otros modos de magnificación y de niveles de dosis
- k) Repetir los dos pasos anteriores sin la rejilla
- l) Para medir la dosis máxima recibida por el paciente, repetir las exposiciones con rejilla, colocando los filtros de Pb en el haz y seleccionando el modo de alta dosis y magnificación máxima (condiciones de alto nivel)

5.10.4 Procedimiento de cálculo

No se aplica

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE FLUOROSCOPIA	ARCAL XLIX – TP-005	
		Revisión 1	Pag. 69 /100

5.10.5 Interpretación de los resultados y conclusiones

Tolerancia:

- Condiciones normales de operación: inferior a 25 mGy/min
- Condiciones de alto nivel: inferior a 100 mGy/min

5.10.6 Recomendaciones y acciones correctivas

En caso de no-conformidad, contactar al servicio de mantenimiento del equipo.

5.11 AJUSTE DEL MONITOR - ESCALA DE GRISES (PRUEBA 13)

5.11.1 Alcance

- a) Objetivo: Ajustar los controles de brillo y de contraste del monitor de TV
- b) Indicadores: Escala de contraste
- c) Referencia: Protocolo Español
- d) Frecuencia mínima de la prueba: Inicial, anual y después de cambios

5.11.2 Instrumentación

- a) Dispositivo de atenuación que produzca una escala de grises
- b) Placa de aluminio o cobre para a protección del IIR

5.11.3 Metodología

- a) Colocar la placa en la entrada del IIR
- b) Posicionar el dispositivo de prueba en el eje central del IIR lo más próximo posible a su superficie de entrada
- c) Seleccionar modo de operación manual*
- d) Seleccionar la tensión del tubo y la distancia foco-IIR de acuerdo a las recomendaciones del fabricante del dispositivo de prueba
- e) Realizar una exposición
- f) Observar la imagen y registrar los factores de exposición
- g) Si es necesario, ajustar los controles de brillo y de contraste del monitor de forma que la imagen del dispositivo de prueba pueda ser observada con nitidez

* Si no fuera posible seleccionar el modo manual, utilizar atenuadores (acrílico, cobre, etc.) para obtener los valores de kV y mA correspondientes a las recomendaciones del manual del objeto de prueba

5.11.4 Procedimiento de cálculo

No se aplica

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE FLUOROSCOPIA	ARCAL XLIX – TP-005	
		Revisión 1	Pag. 70 /100

5.11.5 Interpretación de los resultados y conclusiones

La escala de grises deberá ser claramente observada en las condiciones habituales de iluminación de la sala. Mantener fijos los ajustes de contraste y brillo para realizar las demás pruebas.

5.11.6 Recomendaciones y acciones correctivas

Si no es posible realizar el ajuste necesario, registrarlo en la ficha y contactar con el encargado del servicio de mantenimiento del equipo.

5.12 RESOLUCIÓN DE ALTO CONTRASTE (PRUEBA 14)

5.12.1 Alcance

- a) Objetivo: Verificar la resolución del sistema fluoroscópico
- b) Indicadores: Número de pares de líneas por milímetro (pl/mm) visibles
- c) Referencia: Protocolo Español y ARCAL XX
- d) Frecuencia mínima de la prueba: Inicial, anual y después de cambios

5.12.2 Instrumentación

Patrón de barras u otro dispositivo para medir alta resolución

5.12.3 Metodología

- a) Seleccionar los factores de exposición y posicionar el IIR a la distancia foco-IIR recomendada por el fabricante del dispositivo de prueba
- b) Seleccionar la magnificación normal
- c) Retirar del haz de rayos X los accesorios para palpaciones, chasis y rejilla
- d) Posicionar el dispositivo de prueba en el eje central del IIR lo más próximo posible a su superficie de entrada y formando un ángulo de 45° con relación a las líneas de barrido del monitor
- e) Identificar el grupo que contenga el mayor número de pares de líneas por mm que se pueda observar claramente. Utilizando las instrucciones del fabricante del dispositivo, determinar la resolución. Si es posible, determinar también la resolución en una película
- f) Realizar la evaluación para las otras magnificaciones posibles

5.12.4 Procedimiento de cálculo

No se aplica

5.12.5 Interpretación de los resultados y conclusiones

- a) Comparar los valores de resolución obtenidos para los diferentes diámetros del campo con los siguientes valores:

30 – 35 cm: $\geq 0,8\text{pl/mm}$

23 -- 25 cm: $\geq 1,0\text{pl/mm}$

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE FLUOROSCOPIA	ARCAL XLIX – TP-005	
		Revisión 1	Pag. 71/100

15 – 18 cm: $\geq 1,4$ pl/mm

b) Para equipos de angiografía digital estos requisitos deberán incrementarse en 20 %

5.12.6 Recomendaciones y acciones correctivas

En caso de no-conformidad, registrar en el cuadro de resumen de la ficha y contactar con el encargado del servicio de mantenimiento del equipo.

5.13 BAJO CONTRASTE (PRUEBA 15)

5.13.1 Alcance

- a) Objetivo: Evaluar el límite de sensibilidad de bajo contraste
- b) Indicadores: Imagen de estructuras u objetos de bajo coeficiente de atenuación
- c) Referencia: Protocolo Español y ARCAL XX
- d) Frecuencia mínima de la prueba: Inicial, anual y después de cambios

5.13.2 Instrumentación

- a) Dispositivo de prueba para bajo contraste para fluoroscopia (salientes o cavidades cilíndricas con diámetro de 5 mm u objetos de tamaño equivalente)
- b) Atenuadores recomendados por el fabricante del dispositivo

5.13.3 Metodología

- a) Colocar el objeto de prueba lo más próximo a la superficie de entrada del IIR en el centro del campo de rayos X
- b) Seleccionar los factores de exposición y posicionar el atenuador de acuerdo a las instrucciones del fabricante
- c) Identificar la estructura de menor atenuación y registrar en la ficha
- d) Repetir la evaluación para cada magnificación posible

5.13.4 Interpretación de los resultados y conclusiones

Verificar si las estructuras del dispositivo son visibles en una imagen fluoroscópica cuando la atenuación del haz difiere en 1 % o menos, de las estructuras obtenidas en el medio donde estén situadas.

5.13.5 Recomendaciones y acciones correctivas

En caso de no-conformidad, contactar con el encargado del servicio de mantenimiento del equipo.

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA	ARCAL XLIX – TP-006	
		Revisión 1	Pag. 72/100

CAPÍTULO 6. PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD EN TOMOGRAFIA AXIAL COMPUTARIZADA

6.1 LEVANTAMIENTO RADIOMÉTRICO (PRUEBA 1)

6.1.1 Alcance

- a) Objetivo: Evaluar los niveles de exposición ocupacional y del público
- b) Indicador: Dosis equivalente ambiental en mSv/año, u otra magnitud que pueda ser relacionada con la dosis efectiva.
- c) Referencia: ARCAL XX
- d) Frecuencia mínima: inicial, cada cuatro años y después de modificaciones que afecten la protección radiológica

6.1.2 Instrumentación

- a) Cámara de ionización (1800 cc)
- b) Electrómetro (rango 1 fC a 999 nC, exactitud $\pm 5\%$, reproducibilidad $\pm 1\%$)
- c) Simulador de abdomen (equivalente a agua de aproximadamente 30 cm de diámetro)
- d) Cinta métrica

6.1.3 Metodología

6.1.3.1 Elaboración del croquis de la instalación

- a) Elaborar el esquema de la sala de rayos x y sus áreas adyacentes (a escala, se posible);
- b) Representar en el croquis el generador, el gantry, mesa del paciente, consola de comando, puertas y ventanas. Identificar estos items con números y referirlos en la leyenda;
- c) Anotar el tipo de las áreas adyacentes: cuarto oscuro, corredor, sala de lectura, estacionamiento, sala de espera, recepción, baños, etc.;
- d) Identificar con letras mayúsculas en el croquis los puntos de interés situados dentro y fuera de la sala donde individuos del público y/o trabajadores de la entidad puedan estar expuestos a radiación.

6.1.3.2 Parámetros de operación

- a) Programar un barrido para examen de abdomen seleccionando la tensión de tubo más alta y el espesor de corte más amplio utilizados en estos exámenes.
- b) Registrar los parámetros de operación, los datos del cámara de ionización (incluyendo datos de la calibración), del simulador y de la magnitud y unidad de lectura utilizada.

6.1.3.3 Medición del haz secundario

- a) Colocar el simulador en la mesa de examen;

- b) Dirigir el haz hacia el centro del simulador,
- c) Colocar la cámara de ionización de acuerdo con la geometría descrita en el manual de operación en el primer punto de medición. Seleccionar la menor escala de tasa de dosis;
- d) Realizar la exposición (barrido);
- e) Repetir la medida en un punto adyacente para garantizar el registro del mayor nivel de radiación, ajustando la escala del instrumento si necesario. Registrar el mayor valor medido;
- f) Repetir la medición para todos los puntos seleccionados

6.1.3.4 Definición de los parámetros de cálculo

- a) Considerando que solo existe radiación secundaria, el factor de uso es igual a 1.
- b) Definir los factores realistas de ocupación (T) a partir de la estimación de la ocupación de los individuos más expuestos en el área en cuestión, durante un período de uso de la instalación. Para fines de orientación, los valores presentados en la Tabla 6.1 podrán ser adoptados en ausencia de valores más realistas.
- c) Definir la carga de trabajo semanal (W) para las condiciones máxima de rutina. La carga de trabajo debe ser determinada por la suma de los productos de la corriente por el tiempo (mAs) utilizados en una semana, considerando, por lo menos, un período de 5 años de vida útil de la instalación. Deben ser considerados los tipos y número máximo de exámenes realizados semanalmente y las técnicas aplicadas. Un valor típico es 5000 mAmin/sem.

Tabla 6.1: Factores de ocupación (T)

Ocupación	Local	T
Integral	Consultorio, recepción, sala de comando	1
Parcial	Espera, vestidor, Circulación interna	1/4
Eventual	Circulación externa, baños, escaleras	1/16
Raro	Jardín cerrado, cuarto de máquinas	1/32

6.1.4 Procedimiento de cálculo

Para cada punto seleccionado los cálculos deberán seguir las siguientes etapas:

- Multiplicar la mayor lectura obtenida en cada punto por el factor de calibración del instrumento (F_c);
- Transformar el valor obtenido a mSv/mAmin (considerando el valor de la corriente utilizada)
- Multiplicar el resultado por W (mA.min/sem) $\times U \times T$

Nota: Para expresar el valor obtenido en mSv/año, multiplique el resultado por 50 semanas/año.

6.1.5 Interpretación de resultados, conclusiones y recomendaciones

Comparar los valores obtenidos con los niveles de restricción de dosis establecidos en el ARCAL XX (Tabla 6.2)

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA	ARCAL XLIX – TP-006	
		Revisión 1	Pag. 74/100

Tabla 6.2 - Niveles de Restricción de Dosis – ARCAL XX

Área Controlada	0,10 mSv / sem o 5,0 mSv / año
Área Libre	0,01 mSv / sem o 0,5 mSv / año

Indicar si (S) o no (N) la aceptación del nivel de radiación en cada punto. En caso de que exista algún punto con niveles no aceptables, escribir el resultado de la evaluación en la ficha.

Recomendaciones posibles: adicionar un blindaje, reducir la ocupación, etc.

Nota: Si el haz estuviera parcialmente blindado, el espesor de la barrera secundaria adicional puede calcularse en número de capas hemirreductoras (CHR) para la energía del haz: $R = 2^m$ y $m = 1,44 \ln(R)$, donde R es la razón entre el nivel semanal medido y el nivel aceptable y m es el número de capas hemirreductoras necesarias.

6.2 RADIACIÓN DE FUGA (PRUEBA 2)

6.2.1 Alcance

- a) Objetivos: Evaluar la radiación de fuga del cabezal del tubo de rayos X.
- b) Indicadores: Kerma en aire, a la máxima carga que pueda soportar el tubo durante 1 hora y promediando sobre un área que no exceda los 100 cm²
- c) Referencia: Protocolo Español, Radiation Safety ACT (Western Australia)
- d) Frecuencia mínima de la prueba: Inicial y después de cambios

6.2.2 Instrumentación

- a) Chasis cargados (35 X 43 cm) o sobre con película
- b) Lámina de plomo de 3 mm de espesor con una área suficientemente grande que intercepte completamente el haz de rayos X en el colimador primario del tubo
- c) Cinta adhesiva
- d) Cámara de ionización (volumen de 180 cc)
- e) Electrómetro (rango 1 fC a 999 nC, exactitud $\pm 5\%$, reproducibilidad $\pm 1\%$)

6.2.3 Metodología

- a) Cerrar completamente el colimador.
- b) Seleccionar los parámetros de exposición para un tomograma que proporcione el máximo voltaje del tubo y la corriente más baja. Registrar estos valores.
- c) Abrir las cubiertas del gantry y localizar la posición del tubo de rayo X para el tomograma
- d) Fijar la lámina de plomo con la cinta adhesiva al colimador para interceptar completamente el haz de rayos X
- e) Fije el chasis o sobre en el cabezal y realice una exposición con el tubo estacionario
- f) Procesar las películas y detectar áreas con mayor ennegrecimiento que manifiesten presencia de radiación de fuga.
- g) Colocar la cámara de ionización en la dirección de cada área en que se haya detectado ennegrecimiento.

	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA	ARCAL XLIX – TP-006	
		Revisión 1	Pag. 75/100

- h) Realizar la exposición.
- i) Registrar las lecturas obtenidas en cada área.

6.2.4 Cálculos

- a) Transformar las lecturas obtenidas a mGy/h.
- b) En caso de haber colocado la cámara de ionización a una distancia diferente de 1 metro, deberán corregirse las lecturas aplicando la ley del inverso del cuadrado de la distancia.

6.2.5 Interpretación de resultados y conclusiones

- a) Límite de Tolerancia: < 1 mGy/h a 1 m del foco en una área de medida ≤ 100 cm².
- b) Registrar en la ficha de resumen en caso de no-conformidad.

6.2.6 Recomendaciones y acciones correctivas

Contactar con el encargado del servicio de mantenimiento.

6.3 COINCIDENCIA DE LOS INDICADORES LUMINOSOS Y COINCIDENCIA DEL INDICADOR LUMINOSO INTERNO CON EL HAZ DE RADIACIÓN (PRUEBA 3)

6.3.1 Alcance

- a) Objetivos: Evaluar la coincidencia de los indicadores luminosos interno y externo y del haz de radiación;
- b) Indicadores: La distancia entre la posición cero definida con el indicador luminoso externo y el indicador luminoso interno, y entre el indicador luminoso interno y el centro del haz de radiación;
- c) Referencia: IEC 6060-1, Protocolo Español;
- d) Frecuencia mínima de la prueba: inicial, semestral y después de reparaciones que puedan afectar este parámetro.

6.3.2 Instrumentación

- a) Película radiográfica en sobre opaco
- b) Soporte rectangular plano.
- c) Instrumento punzante.
- d) Cinta adhesiva
- e) Cinta métrica con escala milimétrica

6.3.3 Metodología

- a) Fijar el sobre al soporte
- b) Trazar una recta en el sobre;
- c) Colocar el soporte horizontalmente sobre la mesa;
- d) Posicionar el soporte de manera que la recta coincida con el indicador luminoso externo y fijar ésta como la posición cero;

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA	ARCAL XLIX – TP-006	
		Revisión 1	Pag. 76/100

- e) Accionar el comando de desplazamiento automático de la mesa;
- f) Encender el indicador luminoso interno;
- g) Medir la distancia entre el indicador luminoso interno y la recta, registrar el valor encontrado;
- h) En caso de no-coincidencia, reposicionar el sobre de manera que la recta coincida con el indicador luminoso interno;
- i) Exponer la película usando un corte estrecho con 50-100 mAs y 120-140 kVp;
- j) Marcar la posición de la recta sobre la película abriendo orificios a lo largo de ella.;
- k) Después de procesar la película radiográfica* medir la distancia entre los orificios y el punto medio del campo de radiación;
- l) La película puede ser procesada después de realizadas sobre ella diferentes pruebas

6.3.4 Cálculos

Medida directa

6.3.5 Interpretación de los resultados y conclusiones

Tolerancia: 2 mm

6.3.6 Recomendaciones y acciones correctivas

En caso de no-conformidad, contactar el servicio de mantenimiento del equipo.

6.4 ALINEACIÓN DE LA MESA AL “GANTRY” Y COINCIDENCIA DEL INDICADOR LUMINOSO SAGITAL CON EL EJE LONGITUDINAL DE LA MESA (PRUEBA 4)

6.4.1 Alcance

- a) Objetivo: Verificar que el eje longitudinal de la mesa coincide con el plano vertical que pasa por el isocentro y con el indicador luminoso sagital
- b) Indicador: la distancia
- c) Referencia: IEC 6060-1
- d) Frecuencia mínima de la prueba: inicial, semestral y después de cambios

6.4.2 Instrumentación

- a) Cinta adhesiva
- b) Cinta métrica

6.4.3 Metodología

- a) Colocar 50 cm de cinta adhesiva sobre la línea media longitudinal de la mesa
- b) Trazar sobre la cinta adhesiva la línea que corresponde a la posición del eje longitudinal de la mesa determinada con la cinta métrica
- c) Fijar horizontalmente una tira de cinta adhesiva en el centro de apertura del gantry. Marcar en esta cinta la posición central de apertura, si preferir utilizar el nivel de plomada

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA	ARCAL XLIX – TP-006	
		Revisión 1	Pag. 77/100

- d) Con la mesa y el “gantry” en inclinación cero, introducir la mesa dentro del “gantry”
- e) Desplazar verticalmente la mesa hasta el nivel de la tira
- f) Señalar sobre la cinta adhesiva fijada en la mesa la posición del centro de apertura del gantry y la posición del indicador sagital
- g) Desplazar la mesa longitudinalmente y repetir el inciso (f)
- h) Repetir inciso (g) tres veces en diferentes puntos, cubriendo la longitud total de la cinta adhesiva
- i) Trazar sobre la misma cinta la posición del indicador luminoso sagital
- j) Medir la distancia entre las marcas correspondientes al isocentro y la recta que representa el indicador luminoso
- k) Registrar la distancia máxima
- l) Medir la distancia entre las marcas correspondientes al isocentro y el eje longitudinal de la mesa
- m) Registrar la distancia máxima.

6.4.4 Procedimiento de cálculo

Medida directa del indicador

6.4.5 Interpretación de los resultados y conclusiones

Límite de tolerancia: ± 5 mm

6.4.6 Recomendaciones y acciones correctivas

En caso de no-conformidad, contactar al servicio de mantenimiento del equipo.

6.5 DESPLAZAMIENTOS ANGULARES (INCLINACIÓN) DEL GANTRY (PRUEBA 5)

6.5.1 Alcance

- a) Objetivo: Determinar la exactitud de los indicadores de desplazamiento angular
- b) Indicador: Angulo entre líneas de densidad

6.5.2 Instrumentación

- a) Nivel de burbuja
- b) Transportador (medidor de ángulo)
- c) Cinta adhesiva
- d) Película radiográfica en sobre opaco
- e) Soporte rectangular plano
- f) Cinta métrica graduada en milímetros

6.5.3 Metodología

- a) Verificar con el nivel de burbuja que la mesa esté completamente horizontal
- b) Fijar el sobre con la película encima del soporte
- c) Fijar el soporte sobre la mesa, alineando la película verticalmente con el eje longitudinal

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA	ARCAL XLIX – TP-006	
		Revisión 1	Pag. 78 /100

- d) Desplazar la mesa dentro del túnel y centrar la película con los indicadores luminosos.
- e) Colocar el gantry en posición cero
- f) Registrar las indicaciones de angulación en el gantry y la consola
- g) Exponer la película usando el espesor de corte más fino, 50-100 mAs y 120-140 kVp
- h) Inclinar el “gantry” en un sentido al máximo ángulo posible y repetir los incisos (f) y (g)
- i) Inclinar el gantry el mismo ángulo en sentido opuesto y repetir los incisos (f) y (g)
- j) Inclinar el gantry 15 grados y repetir los incisos (f), (g);
- k) Inclinar el gantry el mismo ángulo en sentido opuesto y repetir los incisos (f) y (g)
- l) Procesar la película
- m) Medir los ángulos entre las líneas de densidad en la película, con respecto a la posición cero.

6.5.4 Procedimiento de cálculo

Medida directa del indicador

6.5.5 Interpretación de los resultados y conclusiones

Tolerancia: La desviación entre el ángulo medido y el ángulo nominal debe estar dentro de $\pm 3^\circ$. Las indicaciones de ángulo en la consola y el “gantry” deben ser exactamente iguales.

6.5.6 Recomendaciones y acciones correctivas

En caso de no-conformidad, contactar al servicio de mantenimiento del equipo.

6.6 DESPLAZAMIENTO LONGITUDINAL DE LA MESA (PRUEBA 6)

6.6.1 Alcance

- a) Objetivo: Determinar la exactitud del desplazamiento longitudinal de la mesa
- b) Indicadores: Diferencia entre el desplazamiento real y nominal, y desplazamiento de un punto de referencia.
- c) Referencia: IEC 6060-1, AAPM Report 39
- d) Frecuencia mínima de la prueba: inicial, semestral y después de cambios

6.6.2 Instrumentación

- a) Hoja de papel (preferentemente milimetrado)
- b) Cinta adhesiva

6.6.3 Metodología

- a) Marcar sobre el papel una línea de referencia
- b) Fijar la hoja a la mesa haciendo coincidir la línea con el indicador luminoso externo axial
- c) Cargar la mesa con 70 u 80 kg
- d) Desplazar la mesa 300 mm en una dirección y marcar sobre el papel la posición final señalada por el indicador luminoso

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA	ARCAL XLIX – TP-006	
		Revisión 1	Pag. 79/100

- e) Registrar la diferencia entre la distancia recorrida y la indicada en el gantry
- f) Desplazar la mesa, desde la consola, en sentido contrario hasta la posición inicial indicada en el gantry
- g) Registrar la distancia entre la posición inicial de la línea de referencia y su posición final señalada por el indicador luminoso (regreso a la posición inicial)

6.6.4 Procedimiento de cálculo

Medida directa de los indicadores

6.6.5 Interpretación de los resultados y conclusiones

Tolerancia: $\pm 2\text{mm}$

6.6.6 Recomendaciones y acciones correctivas

En caso de no-conformidad, contactar al servicio de mantenimiento del equipo.

6.7 EVALUACIÓN DE LA REPETIBILIDAD Y LINEALIDAD DE LA EXPOSICIÓN (PRUEBA 7)

6.7.1 Alcance

- a) Objetivo: Evaluar la repetibilidad y linealidad de la tasa de kerma en aire con el mAs
- b) Indicador: kerma en aire.
- c) Referencia: Radiation Safety ACT 1975 (Western Australia)
- d) Frecuencia: inicial, anual, después de cambios.

6.7.2 Instrumentación

- a) Cámara de ionización de tipo “lápiz” y electrómetro
- b) Sistema de posicionamiento de la cámara

6.7.3 Metodología

- a) Colocar la cámara de ionización en el isocentro con su eje alineado al eje de rotación del “gantry”.
- b) Seleccionar el espesor más grande de corte
- c) Seleccionar un kV y un tiempo de exposición dados (por ejemplo 120 kV y 1s)
- d) Definir 5 valores de corriente comprendidos entre el mínimo valor utilizado en la rutina y la corriente máxima posible en el equipo
- e) Seleccionar el primer valor de corriente, realizar la exposición y registrar la lectura.
- f) Repetir la misma medida cuatro veces
- g) Realizar dos medidas para las demás corrientes, asegurándose que todos los demás parámetros permanecen constantes

6.7.4 Procedimiento de cálculo

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA	ARCAL XLIX – TP-006	
		Revisión 1	Pag. 80 /100

a) Repetibilidad

- Para el primer valor de corriente, determinar el coeficiente de variación de las lecturas
- Registrar en el formato los valores obtenidos

b) Linealidad

- Calcular el mAs para cada valor de corriente
- Calcular el valor medio de las lecturas obtenidas para cada mAs y registrarlo
- Calcular los rendimientos dividiendo los valores medios obtenidas por el mAs correspondiente y registrar los resultados;
- Tomar los dos valores consecutivos de rendimiento (R_1 e R_2) y calcular:

$$100 \times \frac{R_1 - R_2}{R_2 + R_2}$$

- Anotar en la ficha el valor obtenido

6.7.5 Interpretación de los resultados y conclusiones

a) Repetibilidad

- Tolerancia: $\pm 5\%$
- Si el coeficiente de variación es superior al $\pm 5\%$, registrar en el cuadro de resumen de la ficha.

b) Linealidad

- Tolerancia: $\pm 5\%$
- Si el coeficiente de linealidad fuera superior a **5%**, registrar en el cuadro de resumen de la ficha.
- Una desviación significativa de la linealidad puede indicar una mala calibración del potencial, la corriente o el tiempo de exposición

6.7.6 Recomendaciones y acciones correctivas

En caso de no-conformidad, contactar al servicio de mantenimiento del equipo.

6.8 ESPESOR DE CORTE (PRUEBA 8)

6.8.1 Alcance

- Objetivo: Determinar el espesor real de la imagen del corte
- Indicador: Ancho a media altura del perfil
- Referencia: IEC1223-2-6
- Frecuencia mínima: mensual

6.8.2 Instrumentación

- Simulador con rampa de aluminio o cobre
- Película radiográfica y regla (en caso de no contar con el simulador)

	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA	ARCAL XLIX – TP-006	
		Revisión 1	Pag. 81/100

6.8.3 Metodología

- a) Alinear el simulador de manera que su eje coincida con el eje de rotación del equipo
- b) Realizar un corte con una técnica de bajo ruido y el algoritmo de reconstrucción apropiado
- c) Determinar sobre la imagen, mediante la selección del nivel y ancho de la ventana apropiados, el perfil de sensibilidad o de los valores del número CT del fondo, rampa y el ancho a mitad de altura, respectivamente
- d) Determinar la anchura a media altura (FWHM) del perfil, siguiendo las recomendaciones del manual del simulador

Nota: En caso de no disponer de simulador, la evaluación puede ser realizada de forma aproximada de la siguiente forma:

- a) Posicionar un sobre con película en la mesa;
- b) Centrar el sobre en el gantry;
- c) Hacer una exposición utilizando entre 50 e 100 mAs, 120 e 140 kVp y un espesor de corte de 10 mm
- d) Desplazar la mesa 20 mm
- e) Repetir los incisos (c) y (d) para los espesores de corte iguales a 2, 5 y 8 mm.
- f) Procesar la película y medir con la regla las líneas de densidad

6.8.4 Procedimiento de cálculo

El disponible en el equipo

6.8.5 Interpretación de los resultados y conclusiones

Tolerancias:

- $FWHM < s \pm 1 \text{ mm}$, si $s > 2 \text{ mm}$
 - $FWHM < s \pm 50 \%$, si $s \leq 2 \text{ mm}$;
- donde s es el espesor seleccionado de corte

6.8.6 Recomendaciones y acciones correctivas

En caso de no-conformidad, contactar al servicio de mantenimiento del equipo.

6.9 RUIDO, VALOR MEDIO, UNIFORMIDAD DEL NÚMERO CT Y DEPENDENCIA DEL NÚMERO DE CT CON EL TAMAÑO DEL PACIENTE Y CON EL ALGORITMO DE RECONSTRUCCIÓN (PRUEBA 9)

6.9.1 Alcance

- a) Objetivo: Evaluar el nivel de ruido, la uniformidad y la exactitud del valor medio del número CT, bajo condiciones clínica simuladas
- b) Indicadores: Desviación estándar relativa, error absoluto
- c) Referencia: IEC 1223-2-6
- d) Frecuencia mínima de la prueba: inicial, mensual, después de cambios

	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA	ARCAL XLIX – TP-006	
		Revisión 1	Pag. 82/100

6.9.2 Instrumentación

Simulador densidad uniforme (preferiblemente de cabeza y tórax)

6.9.3 Metodología

- a) Centrar y alinear el simulador en el gantry (marcar y registrar la posición del simulador para que la prueba pueda ser reproducida en el futuro)
- b) Efectuar un corte utilizando parámetros típicos para un examen y algoritmos estándar de reconstrucción
- c) Seleccionar una “región de interés” (ROI) de 500 mm² en la zona central de la imagen del simulador y registrar el valor medio del número CT y la desviación típica
- d) Seleccionar 4 ROIs* en la periferia (posiciones de las manecillas del reloj correspondientes a 3, 6, 9 y 12 horas, y a 1 cm del borde) y registrar los valores medios de los números CT y la desviación típica en dichas zonas
- e) Efectuar otro corte utilizando un algoritmo de reconstrucción de alta resolución y repetir c).
- f) Repetir el procedimiento entre a) y d) con un maniquí de diámetro diferente

*Nota: Las ROIs seleccionadas deben contener al menor 100 píxeles, no deben solaparse con la ROI del centro y no exceder el 10% del diámetro de la imagen del simulador

6.9.4 Procedimiento de cálculo

- a) Ruido

$$N = (\sigma_{ROI}/1000) \times 100$$

Donde 1000 corresponde a la diferencia de los valores nominales de números CT para agua y aire, y σ_{ROI} corresponde a la desviación típica de los números CT en la región de interés

- b) Valor medio de número CT

$$\Delta CT = CT_{cen} - CT_{nom}$$

Donde CT_{cen} es el valor medio del número CT de la región central de interés y CT_{nom} es el número CT nominal correspondiente al material del maniquí

- c) Uniformidad de número CT

$$\Delta CT = (CT)_i - (CT)_{cen}$$

Donde CT_i es el valor medio del número CT de cada una de las regiones de interés en la periferia

6.9.5 Interpretación de los resultados y conclusión

Tolerancias:

- Ruido: (0,5 – 1) % y el valor del ruido no debería diferir de su valor de referencia en más de $\pm 10\%$

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA	ARCAL XLIX – TP-006	
		Revisión 1	Pag. 83/100

- Valor medio de número CT: ± 4 UH
- Uniformidad de número CT: ± 5 UH y el valor de la uniformidad no puede diferir de su valor de referencia de más de ± 2 UH

6.9.6 Recomendaciones y acciones correctivas

En caso de no-conformidad, comunicarse con el servicio de mantenimiento

6.10 RESOLUCIÓN DE BAJO CONTRASTE (PRUEBA 10)

6.10.1 Alcance

- Objetivo: determinar la capacidad del sistema para discriminar objetos de bajo contraste
- Indicadores: diámetro mínimo observable
- Referencia: IEC 1223-2-6
- Frecuencia mínima de la prueba: mensual

6.10.2 Instrumentación

Simulador con objetos de tamaño variable y coeficientes de atenuación similar

6.10.3 Metodología

- Centrar y alinear el simulador en el gantry, cuidando de que tanto la mesa como el gantry se encuentren en posición angular cero.
- Hacer una exposición con el espesor de corte y mAs más pequeños, posible*
- Estimar la resolución de contraste, registrando los números de CT y las desviaciones siguiendo las indicaciones del manual del simulador.
- Hacer una adquisición con el espesor de corte y el mAs más grandes, posible*
- Repetir inciso (c)

*Seguir las indicaciones del manual en caso de que proponga condiciones de adquisición específicas

6.10.4 Procedimiento de cálculo

Seguir las indicaciones del manual del simulador utilizado

6.10.5 Interpretación de los resultados y conclusiones

Tolerancia: Según especificación de los fabricantes del simulador

6.10.6 Recomendaciones y acciones correctivas

En caso de no-conformidad, contactar con el encargado del servicio de mantenimiento

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA	ARCAL XLIX – TP-006	
		Revisión 1	Pag. 84/100

6.11 RESOLUCIÓN DE ALTO CONTRASTE (RESOLUCIÓN ESPACIAL – PRUEBA 11)

6.11.1 Alcance

- a) Objetivo: Determinar los límites de frecuencia espacial de alto contraste bajo condiciones diferentes
- b) Indicadores: número de pares de líneas
- c) Referencia: Protocolo Español
- d) Frecuencia mínima de la prueba: inicial, mensual y después de cambios

6.11.2 Instrumentación

Simulador con patrón de barras

6.11.3 Metodología

- a) Centrar y alinear el simulador sobre el eje de rotación del gantry, siguiendo las indicaciones de su manual
- b) Hacer una adquisición con las condiciones estándar de cabeza, y espesor de corte de 8-10 mm
- c) Ajustar la magnificación (zoom), el ancho y nivel de ventana, para observar el máximo número distinguible de líneas.
- d) Identificar y registrar el menor grupo de pares de líneas distinguibles con un grado aceptable de separación y sin distorsión
- e) Repetir b) a d) para las condiciones estándar de abdomen

6.11.4 Procedimiento de cálculo

No aplica

6.11.5 Interpretación de los resultados y conclusiones

Tolerancia: Según las indicaciones de los fabricantes. Verificar si el nivel de resolución de alto contraste es $\leq 20\%$ del nivel de base

6.11.6 Recomendaciones y acciones correctivas

En caso de no-conformidad, contactar con el encargado del servicio de mantenimiento del equipo.

6.12 DOSIS DE RADIACIÓN (PRUEBA 12)

6.12.1 Alcance

- a) Objetivo: Determinar la dosis de radiación en los tejidos bajo diferentes condiciones de examen
- b) Indicador: Índice de dosis de TC (CTDI) y MSAD
- c) Referencia: IEC 1223-2-6
- d) Frecuencia mínima de la prueba: Semestral

	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA	ARCAL XLIX – TP-006	
		Revisión 1	Pag. 85/100

6.12.2 Instrumentación

- a) Simulador dosimétrico equivalente a agua de 15 cm de longitud y 16 cm de diámetro (cabeza) y 30 cm de diámetro (columna lumbar y abdomen)
- b) Cámara de ionización tipo “lápiz” (10 cc)
- c) Electrómetro (1fC a 999 nC, exactitud $\pm 5\%$, reproducibilidad $\pm 1\%$)

6.12.3 Metodología

- a) Centrar y alinear el simulador de cabeza en el eje de rotación del gantry, cuidando de que tres orificios queden alineados sobre el eje vertical
- b) Posicionar la cámara de ionización en el centro del simulador y alinear su centro con el indicador luminoso externo
- c) Marcar el centro de la cámara como posición cero y accionar el desplazamiento automático de la mesa para la posición de examen
- d) Seleccionar una técnica usual para cabeza
- e) Realizar una adquisición en corte único en el centro del volumen sensible de la cámara
- f) Registre la medida
- g) Posicionar la cámara en cada uno de los orificios del simulador y repetir los incisos (d) hasta (f)
- h) Repetir los incisos (a) hasta (g) para el simulador de abdomen para los exámenes de columna y de abdomen

6.12.4 Procedimiento de cálculo

Calcular los dos indicadores de dosis para cada medida:

$$CTDI = R \times C \times f_c \times L/T$$

$$MSAD = R \times C \times f_c \times L/I$$

Donde:

R – Lectura obtenida para el barrido único

C – factor de calibración de la cámara en unidades de exposición

F_c – factor de conversión de unidades de exposición a dosis absorbida ($8,76 \times 10^{-3}$ cGy/mR)

L – Longitud activa de la cámara

T – espesor de corte

I - desplazamiento de la mesa

6.12.5 Interpretación de los resultados y conclusiones

- a) Los datos obtenidos se comparan con los niveles orientativos ofrecidos por las Normas Básicas de Seguridad o Arcal XX.
- b) Dentro del proceso de optimización, la propia Institución deberá establecer sus valores de referencia.

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNIDADES DE TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA	ARCAL XLIX – TP-006	
		Revisión 1	Pag. 86/100

c) Este estudio caracterizará la exposición individual y servirá de indicador integral del control de calidad implementado.

6.12.6 Recomendaciones y acciones correctivas

Observar la variación de este indicador con el tiempo.

PARTE 3 – ANEXOS

IEC 6167-6: CD Medical electrical equipment – Dosimetric instruments used for non-invasive measurements of X-ray tube potential in diagnostic radiology (1999).

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD DE CUARTO OSCURO	ARCAL XLIX – TP – 007	
		Revisión 1	Pag. 87/100

CAPÍTULO 7. PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD DE CUARTO OSCURO

7.1 EVALUACIÓN VISUAL DEL CUARTO OSCURO Y VERIFICACIÓN DE SU NIVEL DE RADIACIÓN (PRUEBAS 1, 2, 3, 4, 5)

7.1.1 Alcance

- a) Objetivo: Evaluar la ubicación y dimensiones del cuarto oscuro, la distribución de las zonas de trabajo, la ubicación de las luces de seguridad, del interruptor de luz blanca, revestimiento de las paredes y piso, existencia y funcionamiento del sistema de ventilación, limpieza y el nivel de radiación en el cuarto oscuro
- b) Indicador: Color y opacidad de muros, distancias y equivalente de dosis ambiental
- c) Referencia: IEC 1223-2-3, Protocolo Español
- d) Frecuencia mínima: Inicial, diaria (sólo limpieza y circulación de aire), anual y después de cambios.

7.1.2 Instrumentación

No requerida

7.1.3 Metodología

7.1.3.1 Elaboración del croquis

Dibujar el esquema de la sala del cuarto oscuro y sus áreas adyacentes (a escala)

Representar en el croquis las zonas más importantes del cuarto oscuro (zona seca y húmeda, pasachasis, de almacenamiento de películas y chasis, etc.). Identificarlas con números y referirlas en la leyenda

Identificar en el croquis las áreas adyacentes: corredor, sala de lectura, sala de espera, recepción, baños, etc.

7.1.3.2 Verificación de las dimensiones y distribución de áreas de trabajo

- a) Verificar que el cuarto oscuro se utilice exclusivamente para el procesamiento de películas radiográficas
- b) Verificar en el registro diario la cantidad de radiografías y flujo de actividades previstas en el servicio. Registrar ese valor en la ficha
- c) Observar las dimensiones del cuarto oscuro (zonas de trabajo, de ubicación de películas y chasis, etc.)
- d) Observar las dimensiones de la zona de tránsito y desplazamiento
- e) Observar la ubicación de las zonas seca y húmeda
- f) Observar las dimensiones de la zona de carga y descarga de chasis
- g) Registrar los principales puntos observados

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD DE CUARTO OSCURO	ARCAL XLIX – TP – 007	
		Revisión 1	Pag. 88 /100

7.1.3.3 Verificación de superficies, limpieza, sistema de circulación de aire y nivel de radiación del cuarto oscuro

- a) Verificar el tipo de recubrimiento de las paredes y techo
- b) Verificar las características del piso en cuanto a corrosividad, permeabilidad y pulimento
- c) Verificar el estado de la limpieza de las diferentes zonas (presencia de líquidos derramados, polvo, residuos de alimentos, etc.)
- d) Verificar si existe un olor fuerte de químicos de procesamiento. Verificar la existencia y funcionamiento del sistema de circulación de aire.
- e) Enviar para la lectura el dosímetro de película o TLD (situado cerca del sitio de manipulación de las películas).

7.1.3.4 Verificación de la luz blanca y de seguridad

- a) Cerrar la puerta del cuarto oscuro y apagar las luces
- b) Esperar aproximadamente 5 minutos para acostumbrarse a la oscuridad
- c) Buscar cualquier filtración de luz blanca que pueda existir, prestar especial atención a los bordes de la puerta, pasachasis y sistema de extracción. Registrar en la ficha los puntos de entrada de luz
- d) Medir la distancia desde las luces de seguridad hasta el lugar donde son cargados y descargados los chasis (D) y registrarla en la ficha
- e) Observar la potencia (P) de las bombillas y registrarla en la ficha
- f) Comprobar que las lámparas posean filtros en buen estado y que su espectro de emisión sea adecuado a las películas utilizadas en el servicio
- g) Observar la posición del interruptor de luz blanca

7.1.3.5 Verificación del almacenamiento de películas en uso, chasis y reactivos

Observar posicionamiento y organización de las cajas de películas, los chasis y los reactivos dentro del cuarto oscuro

Verificar si existe higrómetro y termómetro funcionando adecuadamente para el control de las condiciones ambientales y si existe un registro diario de éstas

Observar si las condiciones ambientales cumplen las especificaciones del fabricante de las películas y de los reactivos

7.1.4 Interpretación de resultados y conclusiones

- a) Dimensiones y distribución de áreas de trabajo
 - Evaluar si las dimensiones del cuarto oscuro y de las zonas de tránsito y desplazamiento son adecuadas para un trabajo funcional (organizado, sin saturación del servicio, cómodo y seguro para los técnicos), de acuerdo con el flujo habitual de pacientes
 - Verificar si las zonas seca y húmeda están suficientemente separadas para evitar la contaminación de la zona seca con líquidos de procesamiento y garantizar la integridad de las películas y los chasis

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD DE CUARTO OSCURO	ARCAL XLIX – TP – 007	
		Revisión 1	Pag. 89/100

- Verificar si las dimensiones de la zona de carga y descarga de chasis son suficientes para una operación apropiada (sin provocar daños en la película y los chasis, cómoda para el técnico, y dimensión mínima superior al doble del tamaño del chasis más grande)
 - Registrar las no conformidades en el cuadro de resumen de la ficha
- b) Verificación del recubrimiento de superficies, limpieza, circulación de aire y nivel de radiación del cuarto oscuro

El revestimiento de las paredes debe ser resistente a las sustancias químicas de procesamiento en las zonas cercanas a la manipulación de éstas.

- El color de los muros debe ser claro mate (opaco)
 - El piso debe ser antideslizante, impermeable y anticorrosivo
 - Las diferentes zonas deben estar limpias
 - No debe percibirse un fuerte olor a líquido de revelado (esto es signo de una deficiente extracción y/o inyección de aire)
 - El nivel de radiación no debe superar 20 μGy /semana
- c) Verificación de luces de seguridad y blanca
- Verificar si $D \geq 1,20$ m
 - Verificar que $P \leq 25$ W
 - Los filtros deben estar en buen estado (ausencia de ralladuras, deformaciones, fisuras, etc.)
 - Verificar que el filtro utilizado corresponde al recomendado por el fabricante de la película
 - El interruptor de luz blanca debe estar ubicado en lugares donde no pueda ser accionado involuntariamente
- d) Verificación del almacenamiento de películas en uso, chasis y reactivos
- Las cajas de películas deben estar ubicadas en posición vertical y organizadas en orden cronológico de acuerdo a su fecha de vencimiento
 - Los chasis deben estar almacenados verticalmente
 - Las condiciones ambientales deben cumplir las especificaciones del fabricante de las películas y de los reactivos, incluyendo el nivel de radiación.

7.1.5 Recomendaciones y acciones correctivas

- a) Si se encuentra una no-conformidad en las dimensiones, contactar al responsable
- b) del servicio y proponer soluciones
- c) Si se encuentra una no-conformidad en el funcionamiento del sistema de circulación de aire, contactar al encargado del servicio de mantenimiento
- d) Si se observa entrada de luz, tratar de eliminarla.
- e) Si $D < 1,20$ m, cambiar la posición de las luces de seguridad
- f) Si $P > 25$ W, cambiar las bombillas
- g) Si los filtros no están en buen estado y/o no corresponden a los recomendados por el fabricante, deben ser reemplazados
- h) Si el interruptor de luz blanca está posicionado inadecuadamente, llamar al personal de mantenimiento para cambiarlo de posición
- i) Si el posicionamiento y organización de las cajas de películas, los chasis y los reactivos no fuera adecuado comunicar al responsable del servicio
- j) Solicitar la adquisición de un higrómetro y/o termómetro en caso de mal funcionamiento o de no disponer de los mismos dentro del cuarto oscuro y del local de almacenamiento prolongado

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD DE CUARTO OSCURO	ARCAL XLIX – TP – 007	
		Revisión 1	Pag. 90 /100

- k) Si las condiciones ambientales no cumplen las especificaciones del fabricante de las películas y de los reactivos, incluyendo los niveles de radiación, investigar las causas e informar al responsable del servicio las medidas que deben ser tomadas

7.2 PRUEBA DE VELO DE LAS PELÍCULAS POR LUCES DE SEGURIDAD Y LUZ BLANCA (PRUEBA 6)

7.2.1 Alcance

- a) Objetivo: Verificar que las luces de seguridad y las posibles entradas de luz blanca al cuarto oscuro no velen la película. Determinar el tiempo de manipulación segura
- b) Indicador: Densidad óptica (DO), imagen de la moneda
- c) Referencia: Protocolo Español
- d) Frecuencia mínima de la prueba: Inicial, anual y después de cambios

7.2.2 Instrumentación

- a) Densitómetro (rango de 0 a 4 DO)
- b) Pliego de cartón o papel opaco
- c) 2 Chasis cargado (mínimo 18x24)
- d) Cronómetro
- e) Monedas u objetos radiopacos (6)

7.2.3 Metodología

- a) Exponer los dos chasis a rayos X con factores de técnica bajos (lograr una DO <1)
- b) Apagar la luz blanca y de seguridad
- c) Tomar el primer chasis. Extraer la película y colocarla sobre la mesa de trabajo
- d) Cubrir completamente con el cartón la película expuesta
- e) Encender las luces de seguridad
- f) Descubrir aproximadamente 3 cm de la película, colocar una moneda y accionar simultáneamente el cronómetro
- g) Transcurrido 1 min descubrir otros 3 cm y colocar otra moneda
- h) Repetir inciso (f) hasta completar 6 min (6 tiras expuestas y una sin exponer)
- i) Revelar la película
- j) Apagar la luz de seguridad
- k) Extraer del segundo chasis la película y colocarla sobre la mesa de trabajo
- l) Cubrir con el cartón la mitad de la película expuesta y accionar simultáneamente el cronómetro
- m) Transcurridos 3 min, revelar la película
- n) Colocar la primera película en el negatoscopio y observar las monedas
- o) Registrar en la ficha el tiempo correspondiente a la franja en que no hay imagen de la moneda (T_m)
- p) Evaluar la DO de cada franja en ambas películas y registrarlas en la ficha

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD DE CUARTO OSCURO	ARCAL XLIX – TP – 007	
		Revisión 1	Pag. 91/100

7.2.4 Procedimiento de cálculo

No aplicable

7.2.5 Interpretación de los resultados y conclusiones

- a) Tolerancia : $T_m \geq 3$ min
- b) Evaluar si la diferencia de DO entre la franja correspondiente a 2 min de exposición a las luces de seguridad y la franja no expuesta es menor que 0.05. Si existe no-conformidad anotar en el cuadro de resumen de la ficha y verificar la influencia de la luz blanca analizando la diferencia de DO en la segunda película

7.2.6 Recomendaciones y acciones correctivas

- a) Si el problema fuera la entrada de luz blanca, investigar los posibles puntos de entrada de luz para cubrirlos. En caso de no ser posible cubrirlos completamente buscar una posición más adecuada para la zona de trabajo dentro del cuarto oscuro
- b) Si el problema estuviera relacionado con las luces de seguridad, contactar al responsable del servicio e informarle las medidas que deben ser tomadas (cambiar posición de las luces, cambiar posición de la mesa, cambiar el filtro, etc.)

7.3 PROCESAMIENTO MANUAL (PRUEBA 7)

7.3.1 Alcance

- a) Objetivo: Evaluar la calidad con que se realiza el procesamiento manual de las películas radiográficas y determinar el tiempo de revelado óptimo para obtener una densidad óptica y un contraste apropiado
- b) Indicadores: Temperatura, tiempo, pH y densidad óptica
- c) Frecuencia: Diario (temperatura y pH); semanal (tiempo de revelado) y tras cambios
- d) Referencia: Protocolo Español, IEC 1223-2-3

7.3.2 Instrumentación

- a) Termómetro digital ($\pm 0,1$ °C)
- b) Cronómetro
- c) Medidor de pH (rango universal 0 –14)
- d) Cintas sensitométricas
- e) Colgadores
- f) Densitómetro (rango de 0 a 4 DO)
- g) Negatoscopio

7.3.3 Metodología

- a) Verificar que los niveles de líquidos sean adecuados (cubran totalmente la película)
- b) Medir el pH en el revelador y fijador. Registrar en la ficha

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD DE CUARTO OSCURO	ARCAL XLIX – TP – 007	
		Revisión 1	Pag. 92 /100

- c) Esperar el tiempo suficiente para que se establezca la temperatura del líquido del revelador
- d) Medir la temperatura del revelador, del fijador y del agua de enjuague. Registrar en la ficha
- e) Identificar 5 cintas sensitométricas y ubicarlas en colgadores individuales
- f) Sumergir las cintas simultáneamente en el revelador
- g) Extraer otra cinta sensitométrica después de permanecer 1,5 min en el revelador, terminar su procesamiento e identificarla
- h) Extraer otra cinta sensitométrica luego de 0,5 minuto de extraída la anterior, terminar su procesamiento y identificarla
- i) Repetir g) para las otras cintas sensitométricas
- j) Ubicar las 5 cintas sensitométricas sobre un negatoscopio para compararlas
- k) Medir la densidad óptica de los primeros y los últimos pasos para cada cinta.
- l) Registrar en la ficha las DO.

7.3.4 Procedimiento de cálculo

No se aplica

7.3.5 Interpretación de los resultados y conclusiones

- a) pH
 - Tolerancia: $\pm 0,5$ respecto al valor señalado por el fabricante
- b) Temperatura
 - Tolerancia: $\pm 0,5$ respecto al valor señalado por el fabricante
- c) Tiempo óptimo de revelado
 - El tiempo óptimo de revelado será el que corresponda a la cinta sensitométrica que tiene mayor diferencia de DO entre el primero y segundo paso y en la que exista diferencia de DO entre los 2 últimos pasos

7.3.6 Recomendaciones y acciones correctivas

- a) Si alguno de los niveles de pH se encuentra fuera de las tolerancias, reemplazar el líquido utilizado
- b) En caso de no-conformidad en la temperatura del procesador, corregir la técnica utilizada
- c) El tiempo óptimo de revelado obtenido deberá utilizarse para el procesamiento de películas radiográficas

7.4 PROCESAMIENTO AUTOMÁTICO (PRUEBA 8)

7.4.1 Alcance

- a) Objetivo: Evaluar la calidad con que se realiza el procesamiento automático de las películas radiográficas y realizar el control sensitométrico del procesamiento
- b) Indicadores: Temperatura, pH, Densidad óptica, tiempo total de procesamiento, detección de manchas y marcas en el procesamiento
- c) Indicadores: Temperatura, densidad óptica, pH

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD DE CUARTO OSCURO	ARCAL XLIX – TP – 007	
		Revisión 1	Pag. 93 /100

- d) Frecuencia: Inicial, Diario (temperatura, pH, sensitometría y detección de manchas y marcas); semanal (tiempo de revelado) y tras cambios
- e) Referencia: Protocolo Español, IEC 1223-2-3

7.4.2 Instrumentación

- a) Sensitómetro (21 pasos, incrementos 0,15 DO, reproducibilidad $\pm 0,04$ DO)
- b) Termómetro digital ($\pm 0,1$ °C)
- c) Medidor de pH (rango universal 0 –14)
- d) Cronómetro
- e) Película previamente expuesta y procesada (de desecho)
- f) Densitómetro (rango 0 a 4 DO, exactitud $\pm 0,1$ DO, reproducibilidad $\pm 1\%$)
- g) Caja de películas radiográficas
- h) Agitadores

7.4.3 Metodología

- a) Verificar que los niveles de líquidos sean adecuados
- b) Medir el pH en el revelador y fijador. Registrar en la ficha
- c) Esperar el tiempo suficiente para que se establezca la temperatura del líquido del revelador
- d) Coloque el termómetro en el tanque del líquido de revelado y haga la lectura
- e) Regístrelo en la ficha
- f) Asegúrese de limpiar perfectamente la punta del termómetro y colóquelo en el tanque del fijador, haga la lectura.
- g) Regístrelo en la ficha.
- h) Coloque la película previamente procesada en la bandeja de entrada de la procesadora.
- i) Active el cronómetro en el momento justo que la película sea traccionada por el procesador.
- j) Desactive el cronómetro en el momento justo que la película salga por la bandeja de salida de la procesadora.
- k) Registre la lectura del cronómetro en la ficha.
- l) Establecimiento de los parámetros de control sensitométrico.
 - Registrar en la ficha los datos de la caja de las películas (fabricante, tipo, lote, etc.), se recomienda usar películas de la misma caja o lote.
 - Vaciar los tanques y limpiarlos con agua (en el caso de procesamiento manual se deben limpiar también los colgadores).
 - Preparar los líquidos según las instrucciones del fabricante.
 - Agitar las soluciones en los tanques. Medir sus temperaturas y la del agua de enjuague.
 - Asegurar que los valores medidos coincidan con los recomendados por el fabricante y registrarlos en la ficha.
 - Apagar las luces blancas y de seguridad.
 - Cortar 5 películas en 5 tiras de 5 cm de ancho, cada una. Separar una tira y colocar las demás en la caja.
 - Exponer una tira con el sensitómetro y revelarla inmediatamente
 - Determinar la DO de cada paso de la tira sensitométrica obtenida, incluyendo la zona que no fue expuesta con el sensitómetro.
 - Registrar los valores de DO en la ficha.

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD DE CUARTO OSCURO	ARCAL XLIX – TP – 007	
		Revisión 1	Pag. 94/100

- Utilizando las tiras preparadas, repetir los incisos (h) a (j) durante cinco días consecutivos. Mantener las mismas condiciones de revelado durante la prueba.
- m) Control sensitométrico diario
- Medir la temperatura de los líquidos. Registrar en la ficha
 - Apagar las luces blancas y de seguridad
 - Tomar una tira de la caja de películas (preparadas en el inciso (g) referido en el párrafo anterior)
 - Exponer con el sensitómetro la tira seleccionada y revelarla inmediatamente
 - Medir con el densitómetro la DO de los escalones determinados al establecer los parámetros de control y registrar los valores en la ficha

7.4.4 Procedimiento de cálculo

- a) No aplicable para temperatura, pH, tiempo total de procesamiento, detección de manchas y marcas en el procesamiento
- b) Parámetros de control sensitométricos:
- Determinar el promedio de las DO para el paso 1 de las 5 tiras. Registrar en la ficha
 - Repetir a) para cada uno de los pasos restantes, incluyendo la zona no expuesta de cada tira (éste será velo +base, v+b)
 - Determinar el paso (pDM) con promedio de DO más próximo a 1.00+(v+b). Este será el escalón de densidad media Dm (índice de velocidad)
 - Determinar el paso (p2.00+(v+b)) con promedio de DO más próximo a 2.00+(v+b) y el paso (p0.25+(v+b)) más cercano pero no menor que 0.25+(v+b). Calcular la diferencia de DO entre éstos (DDO)
 - Registrar en la ficha los valores de Dm, DDO
- c) Sensitometría diaria
- Calcular la diferencia de DO entre p_{2.00+(v+b)} y p_{0.25+(v+b)} y registrar el valor de DDO en la ficha

7.4.5 Interpretación de los resultados y conclusiones

- a) pH
Tolerancia: $\pm 0,5$ respecto al valor señalado por el fabricante
- b) Temperatura
Tolerancia: $\pm 0,5$ respecto al valor señalado por el fabricante
- c) Tiempo total de procesado
Tolerancia: $\leq \pm 3\%$ respecto al valor señalado por el fabricante
- d) Detección de manchas y marcas en el procesamiento
Apreciación visual
- e) Parámetros de control sensitométricos
Los valores de Dm, DDO y (v+b) deberán ser representados en el gráfico de control para la evaluación sistemática del procesamiento
- f) Sensitometría diaria
- Las desviaciones diarias de Dm, DDO y v+b deben ser inferiores a un 10% con respecto a los valores iniciales de los parámetros de control
 - Reflejar los resultados en el gráfico de control

 ARCAL/IAEA	PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD DE CUARTO OSCURO	ARCAL XLIX – TP – 007	
		Revisión 1	Pag. 95/100

7.4.6 Recomendaciones y acciones correctivas

- a) Si alguno de los niveles de pH se encuentra fuera de las tolerancias, remplazar el líquido utilizado
- b) En caso de no-conformidad en la temperatura del procesador, contactar con el encargado del servicio de mantenimiento
- c) En caso de no-conformidad en el tiempo total de procesamiento, contactar con el encargado del servicio de mantenimiento
- d) En caso de detectar manchas y marcas en el procesamiento, investigar y determinar la causa de la anomalía para corregirla
- e) Sensitometría diaria
 - Si algunos de los parámetros sujetos a control se encuentra fuera de los límites recomendados, investigar las posibles causas y tomar acciones correctivas antes de comenzar a revelar las películas del servicio
 - Si se observa en el gráfico alguna tendencia en la variación de los parámetros aún cuando no se excedan los límites de control, será necesario encontrar las causas de ese comportamiento y corregirlo
 - Dentro de las posibles causas que afectan los parámetros de control están: la temperatura del revelador, la velocidad del revelado, la preparación de los líquidos, las tasas de recambio y el “agotamiento” o contaminación del revelador.



CAPÍTULO 8. PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD DE SISTEMAS DE RECEPCIÓN Y VISUALIZACIÓN DE IMÁGEN

8.1 SISTEMA DE RECEPCIÓN DE LA IMAGEN

8.1.1 Alcance

- a) Objetivo: Verificar la hermeticidad de los chasis, contacto uniforme película-pantalla, la uniformidad en la velocidad de las pantallas
- b) Indicadores: Apreciación visual
- c) Frecuencia: Anual
- d) Referencia: Protocolo Español, RMI

8.1.2 Instrumentación

- a) Conjunto chasis-pantalla
- b) Películas radiográficas
- c) Tela metálica
- d) Regla graduada

8.1.3 Metodología

- a) Limpie cuidadosamente todos los chasis que se vayan a evaluar
- b) Colocar el chasis previamente cargado en un lugar con buena iluminación (sol o luz artificial)
- c) Después de una hora, voltee el chasis y expóngalo igual tiempo
- d) En el cuarto oscuro, extraiga la película y márquela con lápiz para conocer la posición en que se encontraba dentro del chasis
- e) Procesar la película del modo habitual
- f) Colocar la película en un negatoscopio. Observar si existen sobre ella zonas de ennegrecimiento fundamentalmente hacia los bordes. Mida el tamaño de estas zonas en cada borde de la película.
- g) Posicionar el chasis cargado sobre la mesa radiológica y ajuste el campo al tamaño del chasis.
- h) Colocar la tela metálica encima del chasis.
- i) Colocar sobre la tela los números de identificación correspondientes al chasis.
- j) Realizar una exposición utilizando los parámetros que proporcionan $DO = 1$ en la película.
- k) Procesar la película del modo habitual.
- l) Observar en el negatoscopio si existen áreas de poco contacto, esto es, áreas no uniformes en la imagen de la tela metálica.
- m) Repetir el procedimiento para todos los chasis del servicio.

8.1.4 Procedimiento de cálculo

No aplica

	PROTOKOL DE CONTROL DE CALIDAD DE SISTEMAS DE RECEPCIÓN Y VISUALIZACIÓN DE IMÁGEN	ARCAL XLIX – TP – 008	
		Revisión 1	Pag. 97/100

8.1.5 Interpretación de los resultados y conclusiones

- Verificar si el tamaño de las zonas de ennegrecimiento en los bordes de las películas es $\leq 0,5$ cm para cada lado de la película. La aparición de zonas de ennegrecimiento hacia el centro de las películas no es admisible.
- Verificar si existen múltiples áreas pequeñas o algún área grande de mal contacto.

8.1.6 Recomendaciones y acciones correctivas

- Los chasis que no sean herméticos deben ser reparados o desechados, según el daño.
- Los chasis que no tengan un contacto chasis-pantalla adecuado deben ser retirados de uso inmediatamente.

8.2 VELOCIDAD PELÍCULA-PANTALLA

8.2.1 Alcance

- Objetivo: Conocer la velocidad de una nueva combinación película – pantalla respecto a la que se ha utilizado anteriormente en el servicio, con el fin de ajustar los parámetros de exposición que se realicen con ella
- Indicadores: Densidad óptica
- Frecuencia: Cuando se comience a utilizar una nueva combinación de película - pantalla
- Referencia: Protocolo Español

8.2.2 Instrumentación

- Chasis con combinación película-pantalla del tipo conocido
- Chasis con combinación película-pantalla del nuevo tipo
- Planchas de plomo
- Lápiz cristalográfico

8.2.3 Metodología

- En el cuarto oscuro monte las películas en sus respectivos chasis, márkelas para su mejor identificación
- Posicione los dos chasis uno al lado del otro sobre la mesa y coloque una plancha de plomo de forma que cubra completamente ambos chasis
- Descubra simultáneamente $\frac{1}{4}$ del tamaño de los chasis y realice una exposición, comenzando con los mínimos valores de kV y mA posibles. Anote en la ficha los valores de la técnica.
- Descubra el siguiente $\frac{1}{4}$ de los chasis y cubriendo también la primera zona expuesta, realice una nueva exposición con el doble de mAs. Anote en la ficha los factores de la técnica.
- Repita el inciso (d) hasta exponer la totalidad del chasis, aplicando el doble de mAs en cada nuevo paso y cubriendo las zonas previamente expuestas. Anote en la ficha los valores de la técnica para cada paso.
- Procese ambas películas de la misma forma
- Mida las densidades ópticas de cada sección en cada película y regístrelo en la ficha
- Coloque las dos películas en un negatoscopio para su comparación

	PROTOKOL DE CONTROL DE CALIDAD DE SISTEMAS DE RECEPCIÓN Y VISUALIZACIÓN DE IMÁGEN	ARCAL XLIX – TP – 008	
		Revisión 1	Pag. 98/100

8.2.4 Procedimiento de cálculo

No se aplica

8.2.5 Interpretación de los resultados y conclusiones

Compare las dos imágenes obtenidas. Si el paso de la densidad igual a 1 está en la misma posición en las dos películas, ambas tienen igual velocidad. Si no, desplace una de las películas hasta que la densidad de los escalones de ambas coincida.

Cuando existe una variación de un paso, entonces la película nueva tiene $\frac{1}{2}$ ó 2 veces la velocidad de la vieja, en dependencia de hacia donde se haya realizado el desplazamiento de las tiras.

8.2.6 Recomendaciones y acciones correctivas

En caso de cambio de velocidad pantalla-película ajustar los parámetros de exposición para los exámenes radiológicos que se realicen con ella.

8.3 SISTEMAS DE VISUALIZACIÓN (NEGATOSCOPIOS)

8.3.1 Alcance

- Objetivo: Comprobar que los negatoscopios tengan condiciones adecuadas de iluminación, de tal manera que permitan realizar un diagnóstico confiable
- Indicadores: intensidad luminosa y uniformidad
- Frecuencia: inicial, anual y después de cambios
- Referencia: Protocolo Español

8.3.2 Instrumentación

Luxómetro

8.3.3 Metodología

8.3.3.1 Inspección visual

- Es recomendable abrir un inventario de los negatoscopios del centro hospitalario, anotando su ubicación y antigüedad.
- Valorar de forma rápida la necesidad de sustituir tubos fluorescentes defectuosos, anotando falta de limpieza, color de los tubos, vibraciones, etc.
- Registre en la ficha

8.3.3.2 Brillo

- Revise que el negatoscopio posea la totalidad de tubos requeridos, así como la potencia de los mismos
- Coloque el luxómetro en contacto con la superficie difusora en el centro del negatoscopio
- Mida la iluminancia y registre en la ficha

	PROTOCOL DE CONTROL DE CALIDAD DE SISTEMAS DE RECEPCIÓN Y VISUALIZACIÓN DE IMÁGEN	ARCAL XLIX – TP – 008	
		Revisión 1	Pag. 99/100

8.3.3.3 Uniformidad en la iluminación

- Realice un esquema del negatoscopio seleccionando al menos 8 puntos de medición,
- Distribuya homogéneamente e identifique en el esquema estos puntos
- Coloque el luxómetro en contacto con la superficie difusora en cada uno de los puntos seleccionados
- Mida la iluminancia en cada punto y registre en la ficha

8.3.3.4 Condiciones de iluminación en las proximidades

- Apague el negatoscopio
- Coloque el luxómetro a una distancia de 30 cm y mida la luz ambiental
- Registre en la ficha

8.3.4 Procedimiento de cálculo

Para la Uniformidad de la iluminación seleccione el menor y el mayor valor de lecturas registrado y aplique la siguiente expresión:

$$\text{Desvio Máximo}(\%) = 100 \frac{L_{\text{mayor}} - L_{\text{menor}}}{L_{\text{mayor}}}$$

Donde L_{mayor} es la mayor lectura obtenida y L_{menor} es la menor lectura obtenida en los distintos puntos.

8.3.5 Interpretación de los resultados y conclusiones

8.3.5.1 Brillo

- Tolerancias: 1500 cd/m² para radiografía convencional
3000 cd/m² para mamografía
- Uniformidad en la iluminación
Tolerancia: < 15% en diferentes zonas de un mismo negatoscopio
< 15% entre negatoscopios del mismo puesto de trabajo
- Condiciones de iluminación en las proximidades
Tolerancia: 100 lux como valor ideal en radiografía convencional
50 lux como valor ideal en mamografía

8.3.6 Recomendaciones y acciones correctivas

- En caso de detectar anomalías durante la inspección física contactar con el encargado del servicio de mantenimiento.
- En caso de que el nivel de brillo sea menor que el establecido, sustituir la totalidad de los tubos fluorescentes en cada negatoscopio a fin de lograr homogeneidad en la iluminación.
- En caso de que las condiciones de iluminación en las proximidades superen los valores ideales, contactar con el encargado del servicio de mantenimiento para variar la iluminación del área.



**PROTOCOL DE CONTROL DE CALIDAD
DE SISTEMAS DE RECEPCIÓN Y
VISUALIZACIÓN DE IMÁGEN**

ARCAL XLIX – TP – 008

Revisión 1

Pag. **100**/100