**INFORME DE CONTROLES DE CALIDAD**

**{{nombre\_equipo}} {{marca\_equipo}}**

**MODELO {{modelo\_equipo}}**

**SERIE {{numero\_serie}}**

**{{nombre\_cliente}}**

**{{direccion}}**

# **INFORMACIÓN GENERAL**

## **Información de la Instalación**

| Razón Social: {{nombre\_cliente}} | |
| --- | --- |
| NIT: | {{nit}} |
| Dirección de la instalación: | {{direccion}} |
| Representante Legal: | {{rep\_legal}} |
| Persona de contacto: | {{persona\_contacto}} |
| Cargo: | {{cargo}} |
| Teléfono de contacto: | {{telefono}} |
| Correo contacto: | {{correo\_electronico}} |

## **Información del Equipo**

| Información del equipo {{nombre\_equipo}} | |
| --- | --- |
| Marca: | {{marca\_equipo}} |
| Modelo: | {{modelo\_equipo}} |
| Serie: | {{numero\_serie}} |
| Año de fabricación: | {{fecha\_fabricacion}} |
| Modo de operación: | {{operacion}} |
| Sistema de adquisición de imagen: | {{sistema\_adquisicion}} |
| Ubicación del equipo: | {{ubicacion\_equipo}} |

| Información del Tubo de Rayos X | |
| --- | --- |
| Marca: | {{itubo\_marca}} |
| Modelo: | {{itubo\_modelo}} |
| Serie: | {{itubo\_serie}} |
| Tensión máxima: | {{itubo\_tensionmax}} |
| Corriente máxima: | {{itubo\_corrientemax}} |
| Año de fabricación: | {{itubo\_fechafabricacion}} |
| Carga de trabajo: | {{itubo\_cargatrabajopacientes}} - {{itubo\_cargatrabajo\_mamin}} |
| Foco fino (mm) | {{itubo\_focofinogrueso}} |
| Foco Grueso (mm) | {{itubo\_focofinogrueso2}} |



Figura 1.Etiqueta del equipo de rayos X.



Figura 2.Etiqueta del tubo de rayos X.

## **1.3 Información de equipamiento de medición**

| Información de monitor de radiación | |
| --- | --- |
| Marca: | {{eq\_marca}} |
| Modelo: | {{eq\_modelo}} |
| Serie: | {{eq\_serie}} |
| Fecha de calibración: | {{eq\_calibracion}} |

## 

| Información de multidetector | |
| --- | --- |
| Marca Multímetro: | {{multimetro\_marca}} |
| Modelo Multímetro: | {{multimetro\_modelo}} |
| Serie Multímetro: | {{multimetro\_serie}} |
| Marca detector: | {{detector\_marca}} |
| Modelo detector: | {{detector\_modelo}} |
| Serie detector: | {{detector\_serie}} |
| Fecha de calibración: | {{detector\_calibracion}} |

## **1.4 Información del protocolo de controles de calidad**

Siguiendo los lineamientos de la Resolución de 2018 del Ministerio de Salud y Protección Social, para la elaboración del presente informe se tuvo en cuenta el protocolo de controles de calidad definidos en el documento ARCAL XLIX de 2001 “Protocolos de Control de Calidad en Radiodiagnóstico”.

# **2. CONTROLES DE CALIDAD**

**2.1. LEVANTAMIENTO RADIOMÉTRICO**

### **2.1.1. Objetivo**

Evaluar los niveles de exposición ocupacional y del público.

### **2.1.2. Resultados**

En la Figura 3 se presenta el montaje para el levantamiento radiométrico al irradiar un objeto de prueba consistente en {{objeto\_prueba}}, con una técnica de {{tension\_kv}} kV, {{corriente\_ma}} mA y {{carga\_mas}} mAs. En los puntos de control que se muestran en la Figura 4 se midió a 30 cm desde la superficie exterior de cada barrera y a 120 cm de altura con una cámara de ionización marca {{eq\_marca}}, modelo {{eq\_modelo}}; los puntos 5 y 6 del esquema son exteriores a la instalación y se estiman niveles de exposición inferiores a los del punto 4. Los resultados obtenidos aparecen en la Tabla 3.



Figura 3.Montaje para levantamiento radiométrico.



Figura 4.Puntos de medición para el levantamiento radiométrico

Asumiendo una carga de trabajo W de {{itubo\_cargatrabajo\_mamin}} (Tabla 4.7 de la referencia [2]), con {{itubo\_cargatrabajopacientes}} **por semana**, el kerma en aire por radiación secundaria semanal en cada punto de control se calcula a partir de la expresión:

|  |  | (1) |
| --- | --- | --- |

donde es la dosis semanal en cada punto, es la tasa de dosis en aire máxima medida en cada punto menos la lectura de fondo de radiación (expresada en μSv/h), el factor de ocupación de cada área, es la carga de trabajo (expresada en mA.min) por paciente, el número de procedimientos por semana, e es la corriente del tubo usada para las mediciones. Los resultados así obtenidos se muestran en la columna 4 de la Tabla 3.

Se toma como referencia para los factores de ocupación los propuestos en [2] y que se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Factores de Ocupación.

| **Área** | **T** |
| --- | --- |
| Oficinas administrativas.  Laboratorios, farmacias y otras áreas de trabajo ocupadas permanentemente por un individuo.  Áreas de recepcionista, salas de espera de acceso controlado, áreas interiores de juegos para niños, áreas de lectura de películas, estaciones de enfermería, salas de la consola de comando. | 1 |
| Salas usadas para la valoración y tratamiento de pacientes. | 1/2 |
| Corredores, habitaciones de pacientes, sala de descanso de empleados. | 1/5 |
| Puertas de corredores. | 1/8 |
| Baños públicos, áreas con máquinas dispensadoras vending, cuartos de almacenamiento o bodegas, áreas al aire libre con asientos, salas de espera de libre circulación, salas de espera para pacientes. | 1/20 |
| Áreas al aire libre con solo circulación de peatones o  tráfico vehicular, parqueaderos, áticos, escaleras,  ascensores. | 1/40 |

Por su lado, los valores de restricción de dosis son valores de referencia que se pueden utilizar como referencia para la evaluación de las instalaciones en funcionamiento. Los niveles de restricción de dosis utilizados para esta evaluación son los referenciados en el ARCAL XLIX, y que se presentan en la Tabla 2. Para el caso de las áreas bajo evaluación, el límite de dosis correspondiente a cada una de ellas se encuentra en la columna 5 de la Tabla 3.

Tabla 2. Valores de restricciones de dosis.

| **Área** | **Restricción de dosis anual** | **Restricción de dosis semanal** |
| --- | --- | --- |
| Áreas controladas | 5 mSv/año | 100 μSv/sem |
| Áreas no controladas | 0.5 mSv/año | 10 μSv/sem |

Tabla 3. Levantamiento radiométrico y cumplimiento de los niveles de restricción de dosis.

| **Punto** | **Tasa de Dosis Máxima (μSv/h)** | **T** | **Dosis Semanal (μSv/Sem)** | **Nivel de Restricción (μSv/Sem)** | **Cumple** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1. Consola (detrás de ventana plomada) | Fondo | 1 | Fondo | 100 | SÍ |
| 2. Acceso a Consola | 4,7 | 1/5 | 1,7 | 100 | SÍ |
| 3. Puerta corredor | Fondo | 1/8 | Fondo | 10 | SÍ |
| 4. Corredor Principal | Fondo | 1/5 | Fondo | 10 | SÍ |

**2.1.3. CONCLUSIONES**

De acuerdo los resultados de la Tabla 3 en todos los puntos evaluados se respectan los niveles de restricción de dosis correspondientes. Se recomienda mantener la puerta de sala cerrada cuando se realizan irradiaciones con el equipo de rayos X.

**2.2. RADIACIÓN DE FUGA**

**2.2.1. Objetivo**

Evaluar la radiación de fuga de la coraza del tubo de rayos x.

**2.2.2. Resultados**

Se realizaron irradiaciones con la técnica {{tension\_fuga\_kv}} kV, {{carga\_fuga\_mas}} mAs y {{corriente\_fuga\_ma}} mA, bloqueando la salida del haz de radiación con {{objeto\_salida}}, como se muestra en la Figura 5, y se tomaron lecturas de tasa de dosis con una cámara de ionización marca {{eq\_marca}}, modelo {{eq\_modelo}}, a 1 m de distancia desde la marca de la posición del foco en el cabezal del equipo en un plano perpendicular al eje del haz, encontrándose las lecturas que se presentan en la segunda columna de la Tabla 4 (por encima del fondo de radiación). Este valor fue escalado a la corriente nominal máxima del equipo de {{corriente\_ma}} mA, a partir de la siguiente expresión:

|  | (2) |
| --- | --- |

Obteniéndose el valor que se aprecia en la columna 3 de la Tabla 4 para cada punto, resultando todos los valores por debajo de la tolerancia.



Figura 5. .

Tabla 4. Resultados de la prueba de radiación de fuga.

| **PUNTO** | **H\*I (μSv/h)** | **H\*Max (μSv/h)** | **LÍMITE DE DOSIS (μSv/sem)** | **CUMPLE** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 1. A 1 m a la izquierda del cabezal | 0,50 | 2,01 | 1000 | SÍ |
| 2. A 1 m a la derecha del cabezal | 0,34 | 1,38 | SÍ |
| 3. A 1 m hacia la parte frontal del cabezal | 0,33 | 1,31 | SÍ |
| 4. A 1 m hacia la parte posterior cabezal | 0,26 | 1,02 | SÍ |
| 5. A 1 m de la parte superior del cabezal | 0,56 | 2,22 | SÍ |

**2.2.3. CONCLUSIONES**

Resultado satisfactorio para la prueba de radiación de fuga.

**2.3 PERPENDICULARIDAD DEL HAZ CENTRAL**

**2.3.1 Objetivo**

Evaluar la perpendicularidad del eje central del haz de radiación con relación al plano del receptor de imagen.

**2.3.2. Resultados**

En la Figura 6 se muestra el montaje para esta prueba. En la Figura 7 se presenta el resultado de la prueba de perpendicular del haz usando el objeto de prueba BATT. Para un haz perfectamente perpendicular al sistema de formación de la imagen, el punto que se observa cerca de la periferia del pequeño anillo central aparecerá en el centro de dicho anillo; para el presente caso el punto no se encuentra en el centro, pero sí dentro del anillo, lo que garantiza que se está dentro de la tolerancia de la prueba.



Figura 6.Montaje para verificación de alineación del haz primario.



Figura 7. Resultado de la prueba de alineación.

**2.3.3. Conclusiones**

Resultado dentro del rango de tolerancia para la prueba de perpendicularidad del haz central.

**2.4. COINCIDENCIA DEL CAMPO LUMINOSO CON EL CAMPO DE RADIACIÓN**

**2.4.1 Objetivo**

Evaluar la desviación entre el campo luminoso y el campo real de radiación.

**2.4.2. Resultados**

Se configuró un tamaño de campo de 26x26 cm2 proyectado sobre el objeto de prueba Primus A, ubicado sobre el chasis digital del equipo, y a una distancia de {{distancia\_foco}} cm del foco del tubo de rayos X, el resultado se muestra en la Figura 8



Figura 8.Montaje para la prueba de coincidencia de campo de luz con campo de radiación.



Figura 9.Resultado prueba de coincidencia de campo de luz con campo de radiación.

Por su parte, en la Tabla 5 se muestran los resultados de estimar la distancia desde el centro del objeto de prueba a cada uno de los lados definidos del por haz de radiación, que son comparados con el tamaño del lado definido por el campo de luz, 13.0 cm en este caso. Las distancias en la imagen se determinaron a partir del número de pixeles desde el centro a cada borde, escalado por la distancia conocida en el objeto de prueba.

La tolerancia en este caso es que la desviación entre la distancia desde el centro de la imagen del objeto de prueba hasta los bordes definidos por el haz de radiación y la misma distancia definida por el campo de luz no difiera en más del 2% de la distancia Foco-Objeto de prueba (DFO), que corresponde a 2.0 cm. Adicionalmente, la suma de las desviaciones absolutas de todos los lados no debe superar el 4% de la DFO, que equivale a 4.0 cm en este caso.

Como se puede observar en la Tabla 5, se satisfacen los requerimientos para la coincidencia del campo de luz con el campo de radiación para este equipo.

Tabla 5. Resultados coincidencia campo de luz con campo de radiación.

| **Lado** | **Lado Medido (cm)** | **Diferencia (cm)** | **Tolerancia (cm)** | **Aprobado** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| X1 | 12,3 | -0,7 | 2,0 | SÍ |
| X2 | 12,7 | -0,3 | SÍ |
| Y1 | 12,6 | -0,4 | SÍ |
| Y2 | 12,3 | -0,7 | SÍ |
|  | **Suma (cm)** | 2,1 | 4,0 | SÍ |

**2.4.3. Conclusiones**

Resultado dentro del rango de tolerancia para la prueba de coincidencia del campo de luz con el campo de radiación.

**2.5. REPETIBILIDAD Y EXACTITUD DEL VALOR NOMINAL DE LA TENSIÓN DEL TUBO**

### **2.5.1. Objetivo**

Evaluar la exactitud y repetibilidad de la indicación de la tensión del tubo en el selector

para cualquier corriente de tubo seleccionada.

### **2.5.2. Resultados**

Se colocó un multidetector {{detector\_modelo}} marca {{detector\_marca}}, a una distancia de {{distancia\_tension\_cm}} cm desde el foco del tubo, para la medida del voltaje pico práctico (PPV) en el montaje que se muestra en la Figura 10. Se seleccionó una tensión nominal de {{tension\_tension\_kv}} kV, una corriente de {{corriente\_tension\_kv}} mA y una carga de {{carga\_tension\_kv}} mAs (técnica usada para {{tecnica\_frecuente}}), se repitieron 4 irradiaciones en estas condiciones y los resultados correspondientes se muestran en la Tabla 6.



Figura 10. Montaje para las pruebas de exactitud y repetibilidad de la tensión del tubo.

El valor de la repetibilidad se calcula a partir de la expresión:

|  |  | (3) |
| --- | --- | --- |

que da un resultado dentro del rango de tolerancia de 10%.

Tabla 6. Resultados para la repetibilidad de la tensión (PPV) del tubo.

|  | **90 kV** |
| --- | --- |
| **1,0 mAs** | 91,44 kV |
| 91,66 kV |
| 91,28 kV |
| 91,68 kV |
| **ΔRepetib. (%)** | **0,44%** |

Por su parte, para la exactitud se tomaron 4 valores nominales de tensión y 3 valores de {{valores\_diferentes}} (mAs), y los PPV resultantes se muestran en la Tabla 7. Para cada tensión nominal, la exactitud de la tensión del tubo se calcula mediante la siguiente expresión:

|  |  | (4) |
| --- | --- | --- |

Como se muestra en la Tabla 7 la exactitud para las tensiones nominales evaluadas están todos dentro de la tolerancia de ±10%.

Tabla 7. Resultado para la exactitud de la tensión (PPV) del tubo.

| **Carga / Tensión** | **60 kV** | **80 kV** | **100 kV** | **120 kV** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **1,6 mAs** | 60,93 kV | 80,98 kV | 103,57 kV | 128,86 kV |
| **3,2 mAs** | 61,16 kV | 81,52 kV | 103,89 kV | 128,96 kV |
| **6,3 mAs** | 61,33 kV | 81,80 kV | 104,14 kV | 128,40 kV |
| **Máx Desv (kV)** | **-1,3 kV** | **-1,8 kV** | **-4,1 kV** | **-9 kV** |
| **ΔExact. (%)** | **-2,2%** | **-2,3%** | **-4,1%** | **-7,5%** |

### **2.5.3. Conclusiones**

Resultados dentro de los rangos de tolerancia para las pruebas de exactitud y reproducibilidad de la tensión del tubo.

**2.6. RENDIMIENTO, REPETIBILIDAD Y LINEALIDAD DE LA EXPOSICIÓN**

**2.6.1. Objetivo**

Evaluar la constancia del kerma en aire para un mas dado, así como la linealidad del rendimiento para una tensión de 80kV.

**2.6.2. Resultados**

Se realizaron medidas de dosis con un multidetector {{detector\_modelo}} marca {{detector\_marca}}, a una distancia de 100 cm del foco del tubo, para una tensión nominal de 80 kV, y cuatro valores diferentes de mAs. Los resultados correspondientes se indican en Tabla 8. A partir de estos valores, se calculó el rendimiento definido como el cociente entre la dosis medida y el correspondiente valor de mas, los resultados de esta operación se muestran en la Tabla 9, donde los valores sombreados en amarillo y azul corresponden, respectivamente, al mayor y al menor rendimiento del conjunto de las cuatro mediciones para cada mAs.

Tabla 8. Dosis medidas para una tensión nominal fija de 80 kV y diferentes mAs.

| **80 kV** | **1,6 mAs** | **3,2 mAs** | **6,3 mAs** | **10,0 mAs** | **20,0 mAs** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **D1 (mGy)** | 0,0622 | 0,1284 | 0,2534 | 0,4011 | 0,7993 |
| **D2 (mGy)** | 0,0627 | 0,1286 | 0,2536 | 0,4009 | 0,7993 |
| **D3 (mGy)** | 0,0633 | 0,1276 | 0,2538 | 0,4008 | 0,7999 |
| **D4 (mGy)** | 0,0637 | 0,1274 | 0,2538 | 0,4004 | 0,7989 |

A partir de estos valores se calcula la repetibilidad el rendimiento, para cada mas, usando la expresión:

|  |  | (5) |
| --- | --- | --- |

siendo 10% la tolerancia para este parámetro.

Por su parte, para determinar la linealidad del rendimiento, se calcula el rendimiento promedio para cada mAs en la Tabla 9, dando como resultado los valores que se muestran en la Tabla 10, donde se sombrean en amarillo y azul, respectivamente, el mayor y el menor rendimiento promedio entre las 4 cargas seleccionadas. A partir de estos valores se calcula la linealidad del rendimiento con la siguiente expresión:

|  |  | (6) |
| --- | --- | --- |

siendo la tolerancia en este caso de 20%.

Tabla 9. Rendimientos calculados para una tensión nominal fija de 80 kV y diferentes mAs.

| **80 kV** | **1,6 mAs** | **3,2 mAs** | **6,3 mAs** | **10,0 mAs** | **20,0 mAs** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **R1 (μGy/mAs)** | 38,89 | 40,13 | 40,22 | 40,11 | 39,97 |
| **R2 (μGy/mAs)** | 39,19 | 40,19 | 40,25 | 40,09 | 39,97 |
| **R3 (μGy/mAs)** | 39,59 | 39,88 | 40,29 | 40,08 | 40,00 |
| **R4 (μGy/mAs)** | 39,82 | 39,81 | 40,29 | 40,04 | 39,95 |
| **ΔRepetib. (%)** | **2,4%** | **0,9%** | **0,2%** | **0,2%** | **0,1%** |

Tabla 10. Rendimiento promedio para una tensión nominal fija de 80 kV, para cada mAs.

| **80 kV** | **1,6 mAs** | **3,2 mAs** | **6,3 mAs** | **10,0 mAs** | **20,0 mAs** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **RProm. (μGy/mAs)** | **39,37** | **40,00** | **40,26** | **40,08** | **39,97** |
| **ΔLineal. (%)** | **2,4%** | | | | |

Finalmente, el rendimiento normalizado a 80 kV y 100 cm de distancia desde el foco se calcula a partir de la expresión:

|  |  | (7) |
| --- | --- | --- |

donde DFD es la distancia foco detector medida en cm, siendo para este caso {{distancia\_tension\_cm}} cm. Por lo tanto, el valor del rendimiento normalizado es de **39.94 μGy/mAs**, que se toma como referencia para futuros controles de calidad del equipo.

### **2.6.3. Conclusiones**

Resultados dentro de los rangos de tolerancia para las pruebas de repetibilidad, linealidad del rendimiento, y valor del rendimiento normalizado se toma como referencia para futuras pruebas de control de calidad.

**2.7. EXACTITUD Y REPETIBILIDAD DEL TIEMPO DE EXPOSICIÓN**

**2.7.1. Objetivo**

Evaluar la exactitud y la repetibilidad del indicador de tiempo de exposición.

**2.7.2. Resultados**

Del mismo montaje de la prueba anterior se tomaron los tiempos de exposición medidos. Los tiempos de exposición nominales no se programan de manera independiente, sino que se ajustan automáticamente en el equipo al escoger las diferentes cargas (mAs), y se pueden observar en la pantalla del equipo. Los tiempos nominales (mostrados en la pantalla del equipo de rayos X) y los tiempos medidos se muestran en la Tabla 11.

Tabla 11. Resultados de la prueba de repetibilidad del tiempo de exposición.

| **80 kV** | **10,0** | **16,0** | **31,5** | **50,0** | **100,0** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **T1 (ms)** | 9,9 | 15,9 | 31,5 | 49,9 | 99,9 |
| **T2 (ms)** | 9,9 | 15,9 | 31,5 | 50,0 | 99,9 |
| **T3 (ms)** | 10,0 | 15,9 | 31,5 | 49,9 | 100,0 |
| **T4 (ms)** | 10,0 | 15,9 | 31,5 | 49,9 | 99,9 |
| **ΔRepetib. (%)** | **1,0%** | **0,0%** | **0,0%** | **0,2%** | **0,1%** |
| **ΔExact. (%)** | **1,0%** | **0,6%** | **0,0%** | **0,2%** | **0,1%** |

La repetibilidad, para cada tiempo de exposición nominal programado, se calcula a partir de la expresión:

|  |  | (8) |
| --- | --- | --- |

siendo el valor máximo de esta ecuación el valor sombreado en amarillo para cada tiempo programado, y el valor mínimo correspondiente el sombreado en azul. La repetibilidad tiene un rango de tolerancia de 10%.

Por su parte, la exactitud del tiempo de exposición se calcula a partir del valor medido más discrepante a partir de la fórmula:

|  |  | (9) |
| --- | --- | --- |

siendo la tolerancia de ±10% para tiempos superiores a 20 ms, y ±15% para tiempos iguales o inferiores a 20 ms.

### **2.7.3. Conclusiones**

Resultados dentro de los rangos de tolerancia para las pruebas de repetibilidad y exactitud del tiempo de exposición.

**2.8. CAPA HEMIRREDUCTORA (HVL)**

**2.8.1. Objetivo**

Verificar si la filtración total del haz está en correspondencia con los requisitos mínimos.

**2.8.2. Resultados**

De las mediciones de la prueba 2.5 se toman las medidas de la capa hemirreductora del haz que se muestran en la Tabla 12, donde la primera columna contiene los valores de tensión evaluados, la segunda columna contiene el valor de HVL mínimo sugerido para un generador multipulsos en [1], y en la última columna se tiene el valor medido. Para la tensión de 60 kV se realiza una extrapolación por función cuadrática de la filtración mínima dada en [1].

Tabla 12. Resultados de la prueba de filtración del haz.

| **kV** | **Filtraciónmin (mm Al)** | **Filtración**  **(mm Al)** |
| --- | --- | --- |
| 60\* | 2,0 | 3,3 |
| 80 | 2,6 | 4,5 |
| 100 | 3,2 | 5,4 |
| 120 | 3,9 | 6,4 |

### **2.8.3. Conclusiones**

Resultados dentro de los rangos de tolerancia para la prueba de capa hemirreductora (HVL).

## **2.9. PUNTO FOCAL**

### **2.9.1. Objetivo**

Evaluar si las dimensiones del punto focal coinciden con los valores nominales o

valores de base.

### 

### **2.9.2. Resultados**

Se utiliza patrón de estrella de 1.5° de 45 mm de diámetro, ubicando el objeto de prueba en la ventana de salida del haz en el colimador, como se aprecia en la Figura 11, a una Distancia Foco-Objeto de Prueba (DFO) de {{distancia\_estrella}} cm del foco, siendo la distancia Foco-Detector de Imagen (DFD) de {{distancia\_foco\_imagen}} cm. En la imagen a la izquierda en la Figura 12 se muestra el resultado de la prueba para el foco fino, de tamaño nominal {{itubo\_focofinogrueso}} mm, y a la derecha el resultado para el foco grueso, de tamaño nominal {{itubo\_focofinogrueso2}} mm.

El tamaño del foco se calcula por la expresión:

|  |  | (10) |
| --- | --- | --- |

donde M es la magnificación calculada como:

|  |  | (11) |
| --- | --- | --- |

y d es el diámetro de la parte difusa del patrón de estrella proyectado sobre el detector de imagen. En la tercera fila de la Tabla 13 se muestran las medidas d a lo largo del eje del tubo y perpendicular a éste para cada tamaño de foco, y a partir de la expresión (10) se obtiene los resultados del tamaño de foco en cada caso, que se presentan en la cuarta fila de la Tabla 13. En la última fila de esta tabla se presentan los valores máximos de tolerancia para cada tipo de foco y para cada orientación, obteniéndose resultados satisfactorios en todos los casos.



Figura 11. Montaje para la determinación del tamaño de punto focal.

Tabla 13. Resultados de la prueba de tamaño de punto focal.

|  | **Foco Fino (0.6 mm)** | | **Foco Grueso (1.2 mm)** | |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Ancho** | **Largo** | **Ancho** | **Largo** |
| **d (mm)** | 30,9 | 59,8 | 36,2 | 65,5 |
| **f (mm)** | 0,26 | 0,49 | 0,30 | 0,54 |
| **fMáx (mm)** | 0,90 | 1,30 | 1,70 | 2,40 |

 

Figura 12. Resultados de la prueba de punto focal; a la izquierda foco fino, a la derecha foco grueso.

### **2.9.3. Conclusiones**

Resultados dentro de los rangos de tolerancia para la prueba de tamaño de mancha focal para foco fino y foco grueso del tubo.

## **2.10. RESOLUCIÓN DE ALTO CONTRASTE**

### **2.10.1. Objetivo**

Verificar la resolución espacial del sistema radiográfico.

### 

### **2.10.2. Resultados**

De la imagen en la Figura 9 y se obtiene la imagen que se muestra en la Figura 13 para la evaluación de la resolución de alto contraste.



Figura 13. Imagen tomada del Primus A.



Figura 14. Función de Modulación de Transferencia (MTF) arrojado por el software de análisis IQ Analizer de IBA.

En la Figura 14 se muestra una gráfica de los valores de la función de modulación de transferencia (MTF) para las 20 áreas (pares de líneas por mm) del objeto de prueba, que van desde 0.6 pl/mm hasta 5.0 pl/mm. En la Tabla 14 se muestran los valores tabulados representados por esta gráfica.

Tabla 14. MFT evaluados para cada área del objeto de prueba de resolución de alto contraste.

| **Área** | **pl/mm** | **MTF** |  | **Área** | **pl/mm** | **MTF** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 0,6 | 0,89 | 11 | 2,2 | 0,77 |
| 2 | 0,7 | 0,92 | 12 | 2,5 | 0,67 |
| 3 | 0,8 | 0,92 | 13 | 2,8 | 0,62 |
| 4 | 0,9 | 0,87 | 14 | 3,1 | 0,47 |
| 5 | 1,0 | 0,89 | 15 | 3,4 | 0,43 |
| 6 | 1,2 | 0,90 | 16 | 3,7 | 0,36 |
| 7 | 1,4 | 0,90 | 17 | 4,0 | 0,39 |
| 8 | 1,6 | 0,88 | 18 | 4,3 | 0,32 |
| 9 | 1,8 | 0,87 | 19 | 4,6 | 0,19 |
| 10 | 2,0 | 0,87 | 20 | 5,0 | 0,43 |

### **2.10.3. Conclusiones**

Los valores de la Tabla 14 se toman como referencia para evaluaciones futuras del sistema de formación de imágenes.

**2.11. RESOLUCIÓN DE BAJO CONTRASTE**

**2.11.1. Objetivo**

Evaluar el límite de sensibilidad de bajo contraste.

**2.11.2. Resultados**

De la imagen en la Figura 9 se obtiene la imagen que se muestra en la Figura 15, en donde se pueden apreciar incluso hasta {{numero\_objetos}} objetos de bajo contraste.

### **2.11.3. Conclusiones**

El resultado de la prueba se toma como satisfactorio y sirve de referencia para futuras evaluaciones del sistema de formación de imágenes.



Figura 15. Resultado de prueba de bajo contraste.

**2.12. DOSIS EN LA SUPERFICIE DEL PACIENTE**

**2.12.1. Objetivo**

Estimar la dosis de entrada en la piel en los exámenes más frecuentes.

**2.12.2. Resultados**

Se toman 4 exposiciones usando la técnica {{tecnica\_frecuente}}, con una tensión de {{tension\_tension\_kv}} kV y una carga de {{carga\_tension\_kv}} mAs, a una distancia de {{distancia\_foco}} cm, obteniéndose una dosis promedio en el detector **237.3 μGy**. La dosis en la superficie de entrada se determina a partir la expresión:

|  |  | (12) |
| --- | --- | --- |

donde es el Kerma en aire en la superficie de entrada, es el factor de retrodispersión, adoptado como 1.4, y la dosis promedio medida en el detector. A partir de esta expresión se obtiene que el Kerma en aire en la superficie de entrada es de **231.8 μGy**, que se encuentran dentro de los niveles de referencia orientativos propuestos en el Arcal XLIX, 400 μGy para placa PA de tórax.

### **2.12.3. Conclusiones**

El resultado de la prueba se toma como satisfactorio y sirve de referencia para futuras evaluaciones del sistema de formación de imágenes.

**2.13. CURVA DE RENDIMIENTO**

**2.13.1. Objetivo**

Determinar la curva de rendimiento en función de la tensión y la carga del tubo.

**2.13.2. Resultados**

Usando el mismo montaje de la sección 2.6 se realizaron mediciones para 5 diferentes tensiones y 4 diferentes cargas para cada tensión, midiendo en cada caso la dosis en el detector, como se muestra en la Tabla 15.

Tabla 15. Dosis en el detector para varias combinaciones de tensión y carga en el tubo.

| **kVnom** | **mAs / KProm. (mGy)** | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **1,6 mAs** | **6,3 mAs** | **10,0 mAs** | **20,0 mAs** |
| 40 | 0,009 | 0,034 | 0,046 | 0,108 |
| 60 | 0,032 | 0,128 | 0,204 | 0,402 |
| 80 | 0,063 | 0,254 | 0,401 | 0,799 |
| 100 | 0,102 | 0,412 | 0,653 | 1,299 |
| 120 | 0,148 | 0,590 | 0,939 | 1,872 |

El rendimiento normalizado se calcula a partir de la expresión:

|  |  | (13) |
| --- | --- | --- |

donde es el promedio del Kerma en aire para cada tensión y carga, la carga en el tubo, y es la distancia desde el foco hasta el detector medida en metros. De esta forma se obtiene la Tabla 16 con el rendimiento normalizado, que también se representa en la gráfica de la Figura 16.

Tabla 16. Rendimiento normalizado.

| **kVnom** | **R1m (mGy/mAs)** | | | | **R1m,prom (mGy/mAs)** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **1,6 mAs** | **6,3 mAs** | **10,0 mAs** | **20,0 mAs** |
| 40 | 0,0055 | 0,0053 | 0,0046 | 0,0054 | 0,0052 |
| 60 | 0,020 | 0,020 | 0,020 | 0,020 | 0,020 |
| 80 | 0,039 | 0,040 | 0,040 | 0,040 | 0,040 |
| 100 | 0,064 | 0,065 | 0,065 | 0,065 | 0,065 |
| 120 | 0,092 | 0,094 | 0,094 | 0,094 | 0,093 |



Figura 16. Gráfica del rendimiento normalizado en el que se presenta la ecuación de ajuste polinómico de grado 2.

A partir de un ajuste polinómico de grado 2 para los datos de rendimiento obtenidos se encuentra que el rendimiento normalizado en función de la tensión del tubo está dado por:

|  |  | (14) |
| --- | --- | --- |

donde es la tensión nominal del tubo y el rendimiento de mide en mGy/mAs. De esta forma se puede hacer una estimación de la dosis (o kerma) en aire de la superficie de entrada en el paciente a partir de la expresión:

|  |  | (15) |
| --- | --- | --- |

donde D se mide en mGy, 1.4 corresponde al factor de retrodispersión, R1m es el rendimiento normalizado para la tensión dada, mAs es la carga del tubo, y SSD es la distancia desde el foco hasta la superficie de entrada en el paciente.

Así, por ejemplo, para una tensión nominal de 80 kV, una carga de 18 mAs, y una distancia SSD de 1.0 m, la dosis de entrada en el paciente se estima como:

|  |  | (16) |
| --- | --- | --- |

### **2.13.3. Conclusiones**

Las expresiones (14) y (15) se pueden utilizar para definir niveles de referencia diagnóstica a partir de los parámetros utilizados rutinariamente en los diferentes tipos de estudios que se realizan con el equipo evaluado.

# **3. CONCLUSIONES GENERALES**

El {{nombre\_equipo}} marca {{marca\_equipo}}, modelo {{modelo\_equipo}}, serie {{numero\_serie}}, tubo de rayos X marca {{itubo\_marca}}, modelo {{itubo\_modelo}}, serie {{itubo\_serie}}, cumple satisfactoriamente los controles de calidad recomendados por el documento ARCAL XLIX Protocolos de control de calidad en radiodiagnóstico.

# **4. REFERENCIAS**

1. Protocolos de control de calidad en radiodiagnóstico. IAEA - ARCAL XLIX, Revisión 1. 2001.
2. NCRP Report No. 147. Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. National Council on Radiation Protection and Measurement. 2004.
3. IAEA Safety Standards Series No. GSG-7. Occupational Radiation Protection. IAEA, Vienna, 2018.
4. General Safety Guide No. GSG-8. Radiation Protection of the Public and the Environment. IAEA, Vienna, 2018.

Firmado por:

**LUIS CARLOS LAGARES CASARRUBIA**

Director Técnico

Resolución 10494 del 17/11/2020

Resolución 13205 del 17/06/2022