

**TEMA 17**  
**CONTROL DE CALIDAD EN RADIODIAGNÓSTICO**  
MIGUEL ALCARAZ BAÑOS

**Objetivos generales**

1. Exponer en que consiste un Programa de Garantía de Calidad en radiodiagnóstico.
2. Diferenciar las fases de las que consta un Programa de Garantía de Calidad.
3. Explicar el significado de "dosis de referencia".
4. Describir algunas causas de rechazo de imágenes radiológicas.
5. Enumerar los parámetros básicos que se controlan en un Programa de Garantía de calidad.
6. Valorar la importancia del control de calidad en un servicio radiológico.
7. Exponer las ventajas de la instauración de un Programa de Garantía de Calidad en Radiodiagnóstico.

# TEMA 17

## CONTROL DE CALIDAD EN RADIODIAGNÓSTICO

MIGUEL ALCARAZ BAÑOS

### 17.1.- INTRODUCCION.

La Sociedad Española de Física Médica y la Sociedad Española de Protección Radiológica acordaron en 1991, promover conjuntamente la elaboración de un protocolo español sobre control y garantía de calidad en Radiodiagnóstico. En Septiembre de 1993 se divulga una versión provisional con el fin de incluir las observaciones y sugerencias que se presenten y así editar en 1996 la versión final. Actualmente se encuentra en fase de cuarto borrador una nueva revisión de dicho Protocolo que se tiene previsto publicar en abril de 2003.

*El objetivo del protocolo español sobre aspectos técnicos del control de calidad en radiodiagnóstico es establecer criterios para los controles de calidad en equipos de radiodiagnóstico que contribuyan a alcanzar un uso eficiente de las radiaciones ionizantes y que permitan la obtención de imágenes de alta calidad diagnóstica con el menor riesgo posible al paciente y al personal de operación.*

#### 17.1.1. ASPECTOS GENERALES DEL CONTROL Y GARANTIA DE CALIDAD EN RADIODIAGNOSTICO.

Desde que se decide captar una estructura patológica hasta que se obtiene el diagnóstico sobre la imagen se realiza una compleja actividad en la que participan diferentes procesos físicos, equipos y especialistas. A cada posible fallo en alguno de estos elementos cabe asociar un detrimento en la calidad de la imagen final o un aumento en la dosis de radiación que recibe el paciente.

El personal implicado en una instalación de radiodiagnóstico debe organizarse para asegurar que las imágenes diagnósticas producidas por dicha instalación tengan una calidad suficientemente elevada que permita obtener en todo momento la información diagnóstica adecuada, al menor coste posible y con la mínima exposición del paciente a las radiaciones. Parte de estas observaciones constituyen la definición de "**programa de garantía de calidad**" de la Organización Mundial de la Salud (OMS, 1984) y de ella pueden resaltar algunas ideas:

1. Se debe **realizar un esfuerzo organizado**, lo cual requiere una participación real de todo el personal implicado en la instalación.

2. Se debe **garantizar que los requisitos en cuanto a calidad de imagen, dosis o costes se cumplan de forma continuada en el tiempo**.

3. **Deben arbitrarse procedimientos para evaluar la calidad de las imágenes obtenidas en las diferentes instalaciones**. En este sentido pueden realizarse simulaciones con objetos de prueba y maniqués o bien valoraciones sobre imágenes de pacientes.

4. Para **valorar el cumplimiento del principio de reducción de dosis que recibe el paciente** se deben adoptar procedimientos de medida adecuados.

5. **Las exploraciones deberán realizarse al menor coste posible**; lo cual implica conocer, al menos de forma aproximada, la repercusión económica de cada estudio. Los costes a los que se refiere el programa de garantía de calidad incluye los directos (placas radiográficas, mantenimiento y amortización de los equipos, tiempo de especialista y personal técnico, etc.) y los derivados del riesgo radiológico al paciente y al personal de operación.

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

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

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

a)- **Llevar un registro escrito de los controles efectuados.**

b)- **Disponer de un manual de procedimientos de los controles a realizar.** Es esencial que en dicho manual consten las tolerancias en los parámetros de control, similares a las que se presentan o más estrictas.

c)- **Evaluar la eficacia del programa de garantía de calidad.** El equipamiento y su estado en los servicios de radiodiagnóstico está sujeto a modificaciones, así que los programas de garantía de calidad deben ser lo suficientemente flexibles y adaptables a los cambios del propio servicio. Por ello, también, es preciso disponer de procedimientos de seguimiento y estimación de la eficacia del propio programa de garantía de calidad. Los indicadores del éxito del programa podrán ser la reducción en el número de placas rechazadas o repetidas, la reducción en el número de paradas por averías en los equipos, la reducción en las dosis a los pacientes o la mejora de calidad de la imagen.

## **17.2.- NIVELES DE ACTUACION DE LOS PROGRAMAS DE GARANTIA DE CALIDAD.**

Los programas de garantía de calidad pueden desarrollarse a distintos niveles dependiendo de los objetivos que se persigan y los medios disponibles. Dentro de los programas se distinguen tres tipos de controles: pruebas de estado, constancia y aceptación. El protocolo desarrollado hace referencia básicamente a pruebas de las dos primeras categorías.

### **17.2.1.- Pruebas de estado.**

Una **prueba de estado** es un control realizado generalmente con medidas de parámetros funcionales, que tienen el **objeto de establecer el estado de un equipo o componente en un momento dado**. Las pruebas de estado deberían realizarse por personal cualificado. Tendrán lugar cuando algún componente sustancial del equipo se haya modificado o cuando, tras realizar una prueba de constancia, se observe un cambio sustancial en el funcionamiento del equipo. Las tolerancias de los parámetros en pruebas de estado se fijan generalmente de forma absoluta, no estableciéndose comparaciones con valores obtenidos en controles previos.

### **17.2.2.- Pruebas de constancia.**

Las **pruebas de constancia** se inician partiendo siempre de un valor de referencia de un parámetro medido en las pruebas de aceptación o de estado. **Se pretende con ellas monitorizar los parámetros más significativos del funcionamiento de los equipos para asegurar su estabilidad en el tiempo**. Las pruebas de constancia deberán ser simples, fáciles de realizar e interpretar y rápidas de ejecución, y en lo posible se tratará de medidas relativas en las que se comparan los valores obtenidos con los de referencia iniciales. Las pruebas de constancia se realizarán a intervalos regulares o cuando se sospeche un funcionamiento incorrecto..

Si las desviaciones se producen de forma continuada o el equipo muestra un comportamiento inestable será preciso realizar una prueba de estado junto con los servicios de mantenimiento del equipo para determinar la causa de la anomalía. Si ésta persistiera, o si la desviación del parámetro medido fuera sustancial, el responsable del programa de garantía de calidad deberá, junto con el usuario, sopesar la posibilidad de restringir el uso del equipo o suspender su uso clínico.

### **14.2.3.- Pruebas de aceptación.**

Las pruebas de aceptación no están todavía bien definidas para todos los equipos de radiodiagnóstico y deberían ser un anexo en las especificaciones de los contratos de adquisición de dichos equipos

Las **pruebas de aceptación** son distintas de las pruebas de estado y constancia. En ellas **se trata de demostrar que el equipo cumple las especificaciones del contrato de compra**, las especificaciones comerciales del equipo y las exigencias de las normas legales aplicables en cada país. Sus resultados deben ser claramente documentados, ya que servirán como referencia para los posteriores controles de calidad.

En las pruebas de aceptación, el suministrador debe demostrar que el material instalado cumple las especificaciones del contrato. Se entiende que siempre es responsabilidad del vendedor y no del comprador demostrar que su producto cumple especificaciones ya que, entre otras consideradas, el equipo no estará todavía pagado y por tanto es propiedad del vendedor y es un derecho y responsabilidad manipularlo para dichas pruebas.

### **17.3.- INDICADORES DE DOSIS A LOS PACIENTES.**

**El control de las dosis al paciente** en exploraciones de radiodiagnóstico **puede constituir un primer valor para estimar sobre el estado global de una cadena de imagen** a partir del cuál se deciden actuaciones de verificación dirigidas a elementos concretos para corregir comportamientos anómalos. Para obtener datos de relevancia, las medidas deben realizarse sobre pacientes normalmente constituidos y no mediante simulación.

La información disponible sobre control de dosis a pacientes en exploraciones radiológicas es aún escasa. El documento *sobre "Criterios de Calidad de las Imágenes en Radiodiagnóstico"*, elaborado por una comisión de expertos de la Unión Europea, plantea la conveniencia de adoptar valores máximos de dosis a la entrada del paciente (valores de referencia) para una imagen obtenida en condiciones estándar, aplicables a muestras representativas de pacientes en una sala o centro y no con carácter individual. Los valores de referencia no deben aplicarse a pacientes individuales.

Se ha tomado como límite de referencia el valor de dosis por debajo del cuál están incluidos el 75% del total de centros. Según este criterio, si el 75% puede trabajar en tales condiciones, el 25% restante debería poder corregir sus equipos y/o técnicas de trabajo para reducir adecuadamente sus dosis.

Conviene, sin embargo, establecer valores de referencia provisionales utilizando coeficientes de ponderación para cada sala y centro en función del número de exploraciones realizadas de cada tipo.

Para el control de la dosis y la calidad de la imagen pueden tomarse como proyecciones radiográficas estándar las de cráneo, tórax, columna lumbar, pelvis, abdomen y mama, con los siguientes valores de referencia de dosis a la entrada del paciente (adoptados por el grupo de expertos de la Unión Europea):

En radiología dental intraoral, se puede tomar 7 mGy como valor de referencia de dosis a la entrada del paciente para radiografías periapicales (que es el valor recomendado por el Organismo Internacional de Energía Atómica (IAEA, 1994) como "nivel guía" para exposiciones médicas en el documento sobre referencias internacionales de seguridad para la protección frente a fuentes de radiación).

**Tabla 17.1.- Valores de referencia de dosis a la entrada del paciente.**

TIPO DE EXPLORACIÓN	DOSIS-MUSCULO DE REFERENCIA A LA ENTRADA (mGy)*
ABDOMEN AP	10.0
COLUMNA LUMBAR AP/PA	10.0
COLUMNA LUMBAR LATERAL	30.0
COLUMNA LUBO-SACRA LATERAL	40.0
CRANEA AP	5.0
CRANEO LATERAL	3.0
CRANEO PA	5.0
MAMOGRAFÍA	7.0
PELVIS AP	10.0
TORAX LATERAL	1.5
TORAX PA	0.3

\* CON RETRODISPERSION, EN MAMOGRAFIA 1.08 Y EN EL RESTO 1.35 (CCE,1990).

**a) Valores de referencia en exploraciones simples.**

En salas dedicadas a exploraciones simples (sin escopia y con un reducido número de proyecciones) se determinará el porcentaje de placas desechadas y la dosis a la entrada del paciente, en una de las proyecciones estándar. De entre ellas, se elegirá la realizada con mayor frecuencia en la sala, para una muestra mínima de diez estimaciones. Si la dispersión fuera muy importante convendrá incrementar el tamaño de la muestra. En todos los casos se detallarán las condiciones técnicas de la exposición (valores seleccionados de tensión, intensidad y tiempo, distancia foco-película, tamaño de campo, espesor de paciente y sensibilidad de la combinación película con la hoja de refuerzo) de cada proyección controlada.

**b) Valores de referencia en exploraciones complejas.**

En salas dedicadas a exploraciones complejas convencionales (digestivo, urografía, etc.), en las que se obtienen varias imágenes por exploración y se usa la escopia, se medirá como mínimo, la dosis a la entrada al paciente en grafía, en una de las proyecciones estándar precisando el número de imágenes por exploración, y el tiempo de escopia (si se utiliza) para el tipo de exploración más usual en la sala (al menos cinco determinaciones).

En todos los casos, se detallarán las condiciones de operación del tubo de rayos X (valores seleccionados en el generador de kilovoltaje, miliamperaje y tiempo, distancia foco-película y detalle de la combinación película-hoja de refuerzo) para las distintas imágenes de la exploración.

Además, se medirá la tasa de dosis a la entrada en escopia, bien sobre pacientes o sobre un maniquí que simule al paciente, reproduciendo en la irradiación las condiciones de la escopia (tanto en técnica como en tamaño de campo) empleadas en un estudio real.

Alternativamente, se medirá el "producto dosis-área" en el tipo de exploración escogida para el control, además del número de imágenes y del tiempo de escopia, si procede, llevando a cabo como mínimo determinaciones sobre datos de cinco pacientes.

**c) Dosimetría al paciente en otras exploraciones.**

En salas en las que se realicen exploraciones especiales (vascular, hemodinámica, intervencionista, etc.) se medirán la dosis a la entrada del paciente en una de las proyecciones estándar (si se llevan a cabo en el estudio) con arreglo a lo indicado anteriormente y la dosis en la superficie, medida durante todo el estudio en la zona de mayor frecuencia de incidencia del haz directo o el producto "dosis-área". Se registrarán también el número de imágenes y el tiempo de escopia (si procede). Igualmente, se llevarán a efecto, al menos, determinaciones en cinco pacientes. Además, se medirá la tasa de dosis a la entrada según se especifica en el caso de exploraciones complejas convencionales.

## 17.4.- INDICADORES DE CALIDAD DE IMAGEN.

La evaluación de parámetros que permiten objetivar la calidad de imagen podrá llevarse a cabo con una o ambas de las siguientes opciones:

1- A través de los criterios anatómicos del grupo de expertos de la Comisión Europea (CCE, 1990) u otros análogos propuestos por el radiólogo responsable de la sala o servicio. En este último supuesto, los criterios sustitutorios constarán por escrito, junto con los resultados del control efectuado.

2- Con maniqués y objetos de prueba que permitan valorar los parámetros físicos básicos de la imagen (por ejemplo estimando límite de resolución espacial, umbral de sensibilidad para detalles de bajo y alto contraste, etc.)

Cuando este control se efectúe sobre imágenes clínicas, éstas deberán corresponder a los pacientes en los que se hayan realizado las determinaciones señaladas en la sección de dosimetría al paciente de manera que los resultados de ambos ensayos sean representativos de las condiciones de trabajo en una misma fecha.

## 17.5.- INDICADORES ACEPTABLES EN CONTROL DE CALIDAD.

Cualquier programa de optimización en radiodiagnóstico debe perseguir la obtención de imágenes de calidad suficiente, en número mínimo compatible con la necesidad del diagnóstico, con dosis de radiación lo más bajas posibles y a unos costes razonables.

A continuación, se describen brevemente las pruebas a realizar en instalaciones de radiodiagnóstico general, establecidas en el Real Decreto 1976/1999, por el que se establecen los criterios de calidad en radiodiagnóstico (criterios de aceptabilidad) y las contempladas como esenciales en el Protocolo Español de Garantía de Calidad anotándose los márgenes de tolerancia establecidos para cada prueba.

Esto no significa que todas las pruebas son necesarias o posibles en todo tipo de instalaciones, sino que en la práctica, las pruebas deben adaptarse a la realidad de cada instalación, pero que el técnico debe conocer.

### 17.5.1. TASA DE RECHAZO DE PELICULAS.

El **control de la tasa de rechazo de películas**, recogido en la mayoría de los protocolos de control de calidad, **supone un complemento a los controles globales de dosis e imagen** (en equipos con dispositivos convencionales de grafía), **que permiten identificar de forma genérica las necesidades más urgentes de actuación**, a la vez que permite supervisar la consecución de los objetivos del propio programa de control de calidad. De este modo, el programa de control de parámetros técnicos podrá concentrarse prioritariamente en las áreas con mayores oportunidades de mejora.

Para lograr un buen análisis de rechazo de películas es fundamental contar con la cooperación total del personal técnico del servicio. Antes de empezar el análisis, es importante explicar perfectamente los métodos y objetivos a todo el personal participante. Deberá señalarse que el programa busca mejorar la eficiencia general y no se busca criticar deficiencias individuales.

Se recomienda iniciar un análisis de rechazo antes de iniciar un programa general de control y garantía de calidad para establecer valores de referencia (que cabe pensar estarán entre un 10 y 15%) y después con periodicidad al menos anual: las películas rechazadas deberán recogerse al menos durante un período de dos a cuatro semanas.

En su forma más simple, un estudio deberá consistir en el recuento de las películas rechazadas, expresando la tasa de rechazo como un porcentaje del número total de películas usadas durante un cierto período. El número total de películas usadas deberá obtenerse a partir de la indicación que el responsable de control de calidad estime más fiable (datos del almacén de películas, de los contadores de exposición o procesado, de las estadísticas y registros del propio servicio de radiodiagnóstico, etc.)

Otras opciones que permiten obtener más información acerca de los orígenes y causas de los rechazos consisten en registrar la sala de donde procede cada una de las películas rechazadas, el tipo de examen y la causa del rechazo (que pueden clasificarse en categorías como: subexposición, sobreexposición, mala posición o colimación, fallo del equipo, artefactos en la placa, movimiento del paciente, sin valor diagnóstico, etc.)

- CAUSAS DE RECHAZO DE IMÁGENES RADIOLÓGICAS**

  - **Sobre y subexposición:**
    - Error en la estimación de la distancia foco-paciente.
    - Corrección de corpulencia del paciente mal estimada.
    - Error de técnica seleccionada.
  - **Errores de posición:**
    - Imágenes descentradas.
    - Incorrecta colimación.
    - Parrilla antidifusora mal emplazada.
  - **Borrosidades:**
    - Movimientos voluntarios o involuntarios del paciente.
    - Imágenes "respiradas".
    - Tiempos de exposición largos.
  - **Artefactos:**
    - Manipulación defectuosa de la película (pliegues, fricciones, electricidad estática).
    - Pantallas de refuerzo sucias.
    - Gotas o manchas de papilla de bario o contraste yodado sobre los chasis o mesa.
  - **Velos:**
    - Velos de luz .
    - Almacén de película caliente.
    - Proximidad de la película a radiadores o circuitos de calefacción.
    - Películas caducadas.
  - **Defectos de procesado:**
    - Baño oxidado, regeneración insuficiente.
    - Sub o sobrerregeneración.
    - Rodillos sucios.

Fig.17.1. Causas más frecuentes de rechazo de imágenes radiográficas

### 17.5.2.- CONTROL DE CALIDAD DEL NEGATOSCOPIO.

En el correcto diagnóstico basado en imágenes por rayos X, es posible mejorar el contraste subjetivo mediante la elección de las condiciones adecuadas de observación. El control del negatoscopio engloba un conjunto de pruebas:

**a) Control de iluminación ambiental:** La iluminación ambiental no debe ser demasiado intensa (produce reflejos) ni demasiado escasa (el negatoscopio produce deslumbramientos). Resultan óptima una iluminación ambiental de 100 lux a 30 cm del negatoscopio.

**b) Control de brillo del negatoscopio:** En el centro del negatoscopio se mide el brillo en contacto con la superficie difusora. Se consideran válidas cuando son menores de 1500 cd/m<sup>2</sup> (5000 lx). En mamografía debería ser mayor a 5000 cd/m<sup>2</sup>

**c) Control de uniformidad de brillo del negatoscopio:** Las diferencias de brillo entre puntos de un mismo negatoscopio deben estar dentro de las tolerancias establecidas para evitar iluminaciones diferentes en un mismo negatoscopio. Se consideran adecuados valores menores de 15% para un mismo cuerpo y menores de 15% para cuerpos del mismo negatoscopio.

**d) Inspección visual del negatoscopio (sólo descrita en el protocolo):** Se controla el estado de limpieza (interna y externa), diferencias de tonalidad entre cuerpos, diferencias de brillo en el negatoscopio, en general, la apreciación subjetiva del negatoscopio.



Fig.17.2.Negatoscopios con luz en “herradura”, poca intensidad luminosa, escasa homogeneidad en los diferentes puntos del negatoscopio (antes y después de limpiarlos)

### 17.5.3.- CONTROL DE CALIDAD DEL ALMACEN DE PELICULA.

El protocolo español de control de calidad establece los siguientes de parámetros a considerar:

a) **Nivel de radiación ambiental:** El nivel de radiación ambiental en el cuarto oscuro debe de mantenerse lo más bajo posible para evitar el velo de las películas almacenadas, siempre inferiores a 20  $\mu\text{Gy/semana}$ .

b) **Control de temperatura:** Se trata de evitar que las películas, durante el almacenamiento, estén sometidas a variaciones bruscas de temperatura que puedan dañar la emulsión. Si no es posible la instalación de un equipo de aire acondicionado, se deberán minimizar las existencias guardadas para asegurar un uso más rápido de la película. La temperatura de almacenamiento será la indicada por el fabricante, generalmente dentro del rango de 20 a 25°C.

c) **Humedad relativa:** Al igual que con la temperatura se trata de evitar que estén sometidas a variaciones bruscas de humedad para evitar alteraciones de la emulsión. Si la humedad no está dentro de los valores establecidos, se recomienda la instalación de aire acondicionado o humidificadores. La humedad relativa será la indicada por el fabricante, mencionando el rango de 40-60%.

### 17.5.4. CONTROL DE CUARTO OSCURO.

a) **Entradas de luz en el cuarto oscuro:** Se controla que no existan entradas de luz en el cuarto oscuro que puedan incrementar el velo de las radiografías.

b) **Efectividad de las luces de seguridad:** Se deberá verificar que los filtros utilizados son compatibles con las películas en la instalación y no incrementan el velo de las radiografía, que la potencia de la bombilla es adecuada y que el filtro de seguridad no presenta alteraciones que lo hagan menos efectivo. La densidad óptica de la película sensibilizada no debe aumentar en más de 0.02 DO cuando están encendidas las luces de seguridad.

### 17.5.5.- CONTROL DEL PROCESADO.

Se pretende estandarizar la reveladora y comprobar de manera periódica (incluso diaria) que los parámetros de trabajo se encuentran dentro de las tolerancias establecidas. Para ello se realiza un control sensitométrico definiendo los valores de velo más base, velocidad y contraste. Se establece que el Velo más la densidad de base no debe ser superior a 0.20 DO y las variaciones de velocidad y contraste no deben ser mayores del 10% de los valores iniciales.

### 17.5.6.- CONTROL DE PANTALLAS INTENSIFICADORAS Y CHASIS.

Se controlan las pantallas y chasis utilizados en la instalación por medio de las siguientes pruebas:

a) **Estado de limpieza de pantallas y chasis. Inspección visual:** Se trata de evitar que presenten artefactos que puedan interferir en el diagnóstico. No se establecen tolerancias, simplemente no deben aparecer artefactos en las radiografías.

b) **Hermeticidad de los chasis:** Se controla que el chasis cierra correctamente y que la película no presenta velo debido a problemas de hermeticidad del chasis.

c) **Contacto pantalla-película:** El chasis no debe ocasionar en la radiografía zonas con diferencias visibles de densidad o zonas poco nítidas. No se establecen tolerancias, simplemente no deben existir zonas de contactos anómalos que interfieran con la calidad diagnóstica.

d) **Sensibilidad relativa de las combinaciones pantalla-película de la misma velocidad:** Se pretende controlar que para un mismo tamaño de chasis utilizado en la instalación, presentan las mismas características (se comprueba que no estén gastadas, que son similares en capacidad de refuerzo, etc.). se establece que no deben presentar diferencias mayores del 20%.

## 17.6. CONTROL DE CALIDAD DE LOS EQUIPOS DE RAYOS X.

Como se ha visto anteriormente, el funcionamiento del equipo de rayos X tiene repercusiones tanto en la dosis impartida al paciente como en la calidad diagnóstica obtenida, por lo que es necesario proceder al control periódico de dichos equipos. Las pruebas que se consideran de interés, agrupadas en base al tipo de aplicación del equipo de rayos X, son las siguientes

### 17.6.1.- Funcionamiento del conjunto generador-tubo de rayos X.

Se describen las pruebas y controles a efectuar para el control del funcionamiento generador-tubo de rayos X. Como se ha mencionado anteriormente, el diseño de los equipos puede variar en gran medida, por lo que alguna de las pruebas descritas no pueden efectuarse o bien, por cuestiones técnicas, o bien por no disponer el equipo del parámetro o dispositivo a controlar.

### 17.6.2. Control del kilovoltaje (tensión):

Se describen los controles para comprobar la fiabilidad del circuito de tensión del equipo. Las pruebas a realizar son las siguientes:

a) **Calibración de la escala:** Se pretende comprobar que el kilovoltaje real emitido por el equipo sea similar al valor de kilovoltaje seleccionada teniendo en cuenta las tolerancias establecidas. Se consideran límites aceptables diferencias menores a +/- 10%

b) **Variación de la tensión con cambios en la corriente del tubo:** Se tratará de confirmar si al variar la selección de intensidad de corriente, la precisión del kilovoltaje no varía lo cual es indicativo de avería. Se acepta una variación menor del 10% entre máximo y mínimo.

c) **Reproducibilidad de la tensión:** Se pretende comprobar que al utilizar el mismo kilovoltaje, éste no varía en disparos consecutivos. Se acepta una variación de +/- 10%.

### 17.6.3. Filtración total:

Ya hemos visto que la filtración del equipo reduce la dosis recibida por el paciente al eliminar la radiación blanda que contribuye a la calidad diagnóstica, por lo que se debe comprobar que la filtración del equipo es la adecuada para conseguir el fin previsto. La filtración debe ser mayor de 2.5 mm Al para equipos de más de 70 kVp.

### 17.6.4 Control de tiempos:

Se pretende comprobar que el tiempo real emitido por el equipo sea similar al valor de tiempo seleccionada teniendo en cuenta las tolerancias establecidas. Se consideran válidos oscilaciones menores a +/- 10% para tiempos mayores de 20 ms o 5 ms para tiempos menores de 20 ms.

### 17.6.5. Rendimiento del tubo:

El envejecimiento del tubo de rayos X, la metalización de los tubos de rayos X, un exceso de filtración y/o el ajuste del circuito de intensidad de corriente, puede modificar la cantidad de rayos X o rendimiento producido por el equipo a controlar. Los controles a efectuar son los siguientes:

**a) Valor del rendimiento:** Hace referencia al valor mínimo que debe presentar el equipo para su uso clínico, valores inferiores hacen necesario aumentar los tiempos de exposición lo que puede incrementar la movilidad del paciente (borrosidad cinética) de las radiografías. Se establece que deben ser tenidas en cuenta las señaladas por el fabricante mencionando a modo orientativo que para 80 kV y un metro de distancia debe estar comprendido entre 50 y 100 Gy/mAs para equipos trifásicos y entre 30 y 60 Gy/mAs para equipos monofásicos.

**b) Reproducibilidad:** Se pretende comprobar que al utilizar el mismo tiempo, éste no varía en disparos consecutivos. Se consideran adecuadas oscilaciones menores al 10%.

**c) Variación con cambios de corriente:** Se trata de confirmar que al variar la selección de intensidad de corriente, el rendimiento es el mismo y que no se encuentra mal ajustado el circuito. El único valor establecido es que debe ser inferior al 15%.

**d) Variación con cambios de la carga del tubo (mAs):** Se pretende comprobar que al variar el producto mAs (ya sea al modificar el tiempo o al modificar la intensidad de corriente seleccionada), el valor del rendimiento no sufre variaciones. El único valor reseñado es que debe ser al 20%.

### **17.6.6. Alineación o parámetros geométricos.**

En lo que respecta a este punto, se estudiará si el receptor de imagen, el sistema de colimadores y la perpendicularidad del tubo respecto al receptor de imagen, se encuentran convenientemente alineados, no distorsionando la imagen obtenida. Las pruebas a realizar son las siguientes:

**a) Coincidencia del campo de radiación con campo luminoso:** Se comprobará si el campo luminoso de los colimadores y el haz de radiación del equipo coinciden, no irradiando zonas sin interés clínico para el estudio. Se considera adecuado una variación menor de +/- 2% en cada borde del campo siendo la suma total de los bordes inferior al 3%.

**b) Coincidencia del campo de radiación con el receptor de imagen:** En este aspecto, se buscará comprobar que el receptor de imagen se encuentra convenientemente alineado con el campo de radiación y así evitar que la imagen este desplazada y no se visualice correctamente al aparecer "cortada". Sólo lo menciona para seriógrafos siendo la tolerancia menor de +/- 3% en cada borde no excediendo el 4% total.

**c) Centrado del haz de rayos X y el haz luminoso (coincidencia de la cruceta) y con el bucky:** Se pretende comprobar que la cruceta luminosa coincide con el centro del campo de rayos X. Se establece una tolerancia del +/- 1%.

**e) Ortogonalidad del haz de rayos X y del receptor de imagen (perpendicularidad y centrado del haz de rayos X):** Se pretende comprobar que el receptor de imagen se encuentra perpendicular con el tubo de rayos X. El ángulo formado debe ser menor de 1.5 grados.

### **17.7.7. Control automático de la exposición (CAE).**

Se pretende comprobar que la cámara de exposimetría automática funciona correctamente lógicamente en los equipos que disponen de ella. El conjunto de pruebas a realizar es el siguiente:

**a) Compensación con el tiempo de exposición:** Habrá que comprobar el funcionamiento de la CAE para exposiciones efectuadas a distintos tiempos. Debe ser inferior a +/- 0.3 DO.

**b) Compensación con la tensión:** Se pretende comprobar el funcionamiento de la CAE para exposiciones efectuadas para distintas selecciones de kilovoltaje. Debe ser inferior a +/- 0.2 DO.

**c) Compensación para distintos espesores:** Se aborda el estudio del funcionamiento de la CAE para exposiciones efectuadas para distintos espesores. Deber ser inferior a +/- 0.2 DO.

**d) Reproducibilidad de la CAE para la cámara central:** Se trata de confirmar que la CAE es reproducible para distintas exposiciones. Debe ser inferior al 10%.

**e) Compensación para distintas intensidades de corriente:** Se pretende comprobar el funcionamiento de la CAE para exposiciones efectuadas con distintas selecciones de intensidad de corriente (mA). Debe ser inferior a +/- 0.2 DO.

<b>CONTROL PERIODICO DEL EQUIPAMIENTO-EQUIPOS DE RADIOLOGIA CONVENCIONAL</b>	
➤	<p><b><u>Respecto al equipo de rayos X:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Control de la Tensión: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Exactitud (calibración de la escala).</li> <li>- Variación de la tensión con cambios de la corriente.</li> <li>- Reproducibilidad.</li> </ul> </li> <li>▪ Filtración.</li> <li>▪ Control del tiempo de exposición: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Exactitud (Calibración de la escala).</li> </ul> </li> <li>▪ Rendimiento del tubo: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Valor del rendimiento.</li> <li>- Reproducibilidad.</li> <li>- Variación con cambios de la corriente.</li> <li>- Variación con la carga del tubo.</li> </ul> </li> <li>▪ Radiación de fuga.</li> </ul>
➤	<p><b><u>Respecto a la alineación:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Coincidencia del haz de rayos X/haz luminoso.</li> <li>- Alineación del haz de rayos X con el receptor de imagen.</li> <li>- Centrado del haz de rayos X/haz luminoso.</li> <li>- Centrado del haz luminoso/bucky.</li> <li>- Ortogonalidad del haz de rayos X y del receptor de imagen.</li> </ul>
➤	<p><b><u>Respecto a la colimación:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La colimación del área expuesta debe mantenerse dentro de los bordes del receptor de imagen.</li> <li>- En colimación automática se debe comprobar la desviación y debe ser posible utilizar campos más pequeños que el receptor.</li> </ul>
➤	<p><b><u>Respecto a la rejilla:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Artefactos.</li> <li>- Rejilla móvil.</li> </ul>
➤	<p><b><u>Respecto al control automático de la exposición (CAE):</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Compensación con el tiempo de exposición.</li> <li>- Compensación con la tensión.</li> <li>- Compensación con el espesor.</li> <li>- Reproducibilidad de la CAE.</li> </ul>
➤	<p><b><u>Respecto a las pantallas intensificadoras y chasis:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Inspección visual</li> <li>- Hermeticidad de los chasis</li> <li>- Contacto pantalla-película</li> <li>- Sensibilidad relativa para combinaciones de la misma velocidad</li> </ul>
➤	<p><b><u>Respecto al revelado de las placas:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Control sensitométrico (Base, velo, índice de velocidad y de contraste)</li> <li>- Detección de manchas y marcas durante el procesado</li> </ul>
➤	<p><b><u>Respecto al cuarto oscuro:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Entradas de luz</li> <li>- Efectividad de las luces de revelado</li> </ul>
➤	<p><b><u>Respecto a las condiciones de visualización:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Inspección visual</li> <li>- Brillo del negatoscopio</li> <li>- Homogeneidad de brillo entre cuerpos del mismo negatoscopio</li> <li>- Uniformidad del negatoscopio</li> <li>- Luz ambiental</li> </ul>
➤	<p><b><u>Respecto al almacén de película:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Temperatura y humedad</li> <li>- Nivel de radiación.</li> </ul>

Fig.17.2. Parámetros a determinar en un proceso de control periódico de control de calidad en radiología general.

### 17.7.8.- Radiación de fuga.

Es una prueba esencial desde el punto de vista de protección radiológica, para ver la efectividad de la coraza de protección del tubo de rayos X. Tanto el protocolo como el Real Decreto establecen que debe ser inferior a 1 mGy/h a 1 m para la tensión nominal máxima y a máxima carga.

### 17.7.9. Requisitos adicionales para equipos dentales intraorales.

Tanto el Real Decreto como el protocolo, establecen requisitos adicionales para los equipos dentales intraorales siendo estos:

- a) **Calidad de la radiación:** La tensión debe ser superior a 50 kV.
- b) **Filtración:** Debe ser de al menos 1.5 mm de Al para equipos de hasta 70 kV y de al menos 2.5 mm Al para equipos que superen los 70 kV.
- c) **La distancia foco-piel** debe ser de al menos 20 cm para equipos de más de 60 kV y de al menos 10 cm para equipos de menos de 60 kV.
- d) **Tamaño del haz de radiación:** Debe ser como máximo de 60 mm en el extremo del localizador.
- e) **Temporizador:** Exactitud mejor del 20% y reproducibilidad mejor de 10% (el protocolo menciona la tolerancia de 10% para ambos parámetros).
- f) **Rendimiento:** Para tensiones entre 50 y 70 kV, el rendimiento debe estar entre 30 y 80  $\mu\text{Gy/mAs}$  a 1 m del foco. (El protocolo menciona adicionalmente tolerancias para la reproducibilidad y la linealidad del rendimiento).

## BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

ALCARAZ BAÑOS, M. (2001).- **Bases físicas y biológicas del radiodiagnóstico médico**. Servicio de Publicaciones. Universidad de Murcia. Murcia.

ALCARAZ BAÑOS, M., y Genovés García, J. L. (1996).- **Protección Radiológica en Radiodiagnóstico**.. Editorial: Diego Marín (ICE-Universidad de Murcia), Colección Texto-Guía), Barcelona

GARATE ROJAS, M. (1989).- **Fundamentos de la técnica radiográfica** (2ªed). Agfa-Gevaert-ANCORA, Barcelona

KODAK (1988).- **Fundamentos de la imagen radiográfica**. Kodak, Madrid .

HENSAW, T. (1992). **Elementos de un Programa de Garantía de Calidad**. Garantía de Calidad y Protección Radiológica en Radiodiagnóstico: Calidad de imagen y reducción de dosis. Comisión de las Comunidades Europeas (1992) Programa ERPET. CIEMAT. Madrid.

BUSHONG, S (1993).- **Manual de radiología para técnicos. Física, Biología y Protección radiológica** (5ªed). Mosby, Madrid (pp 426-441).

FROMMER, H (1993).- **Radiología para el auxiliar de odontología** (5ªed). Mosby, Madrid (pp.86-