

**Curso de capacitación continuada en
materia de radioprotección para
Responsables de Protección
Radiológica.**

**P-24 Particularidades de la Protección
Radiológica en Radiodiagnostico y
Radiología Intervencionista.**

Objetivo

- **Que los participantes conozcan las particularidades de los aspectos de protección radiológica en Radiodiagnóstico y la Radiología Intervencionista.**

CONTENIDO

- ✂Requisitos administrativos y organizacionales de la práctica.
- ✂Requisitos de diseño de equipos.
- ✂Requisitos de diseño de las instalaciones. Blindajes.
- ✂Particularidades de la exposición ocupacional y de público en Radiodiagnóstico e Intervencionismo.
- ✂Particularidades de la exposición médica en Radiodiagnóstico e Intervencionismo

Requisitos administrativos y organizacionales de la práctica

Requisitos administrativos y organizacionales

AUTORIZACIONES

Según la Guía de Autorizaciones a Instalaciones y actividades el Representante Legal deberá:

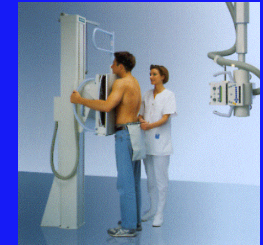
- Notificar a la Autoridad Reguladora su intención de usar un equipo.
- Solicitar la Autorización según corresponda.

Según la Norma UY 117 requieren:

Licencia: Radiología Intervencionista, Tomografía

Registro: Radiodiagnóstico general, Fluoroscopia, Mamografía y Tomografía dental

Notificación: Radiodiagnóstico Odontológico.



Requisitos organizacionales de la práctica

El Representante Legal debe presentar la correspondiente solicitud de licencia o registro a la ARNR según se establece en la Guía de Autorizaciones de Instalaciones vigente en URUGUAY.

Para solicitar la Licencia de Operación se debe presentar:

- Solicitud escrita y firmada por el representante legal con los datos de la instalación.
- Acreditación de la personería jurídica en caso de tratarse de una institución.
- Informe de Seguridad de la Práctica que se desarrollará en correspondencia con el Anexo 1.
- Especificaciones técnicas de las fuentes (equipos generadores de radiación).
- Certificados de calibración de detectores y equipamiento adicional, cuando corresponda.
- Nota de designación del responsable de protección radiológica.
- Resultados de las pruebas de aceptación y puesta en servicio de los equipos.
- Plan de emergencia.

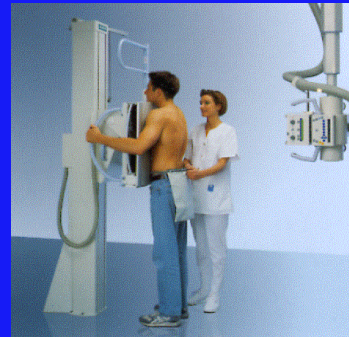


Requisitos organizacionales de la práctica

El Representante Legal debe presentar la correspondiente solicitud de licencia o registro a la ARNR según se establece en la Guía de Autorizaciones de Instalaciones vigente en URUGUAY.

Para solicitar el Registro se debe presentar:

- Solicitud escrita y firmada por el representante legal con los datos de la instalación.
- Acreditación de la personería jurídica en caso de tratarse de una institución.
- Informe de Seguridad de la Práctica que se desarrollará en correspondencia con el Anexo 2.
- Especificaciones técnicas de los equipos.
- Certificados de calibración de detectores.
- Plan de emergencia.



Requisitos organizacionales de la práctica

Autorizaciones Individuales

La Guía de Autorizaciones Individuales regula los requisitos de capacitación y autorización del personal que trabaja usando las radiaciones ionizantes.



Según el Artículo 23 de la Guía de Autorizaciones Individuales requieren estas autorizaciones:

- Responsable de Protección Radiológica; RPR
- Personal que manipule directamente la fuente de radiación u opere equipos generadores, en las instalaciones, actividades de Categoría 1, 2, 3, incluido el personal que preste servicio técnico (Tecnólogos en Intervencionismo y Tomografía).
- Personal médico que prescribe procedimientos diagnósticos y terapéuticos y personal que planifica los tratamientos médicos donde se involucran fuentes de radiación (ORT, Médicos Nucleares, Médicos Intervencionistas y Físicos Médicos).



Requisitos organizacionales de la práctica

Responsabilidades del Representante Legal

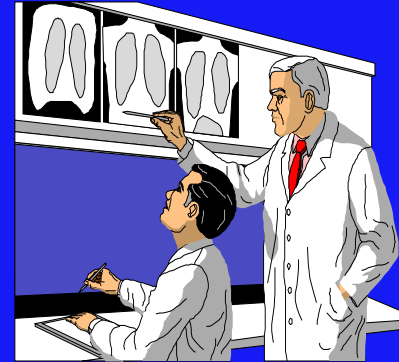
- Establecer el programa de protección radiológica.
- Proporcionar los recursos necesarios para que se cumpla con el programa de protección radiológica.
- Observar que el programa cubra todas las fases de la práctica de radiología de diagnóstico e intervencionista, desde el diseño hasta la operación.
- Garantizar la adecuada protección de los pacientes, personal y miembros del público.



Requisitos organizacionales de la práctica

Responsabilidades de los Médicos Radiólogos:

- garantizar que los estudios/procedimientos radiológicos prescritos se realicen de forma justificada para cada paciente;
- garantizar que todos los estudios/procedimientos radiológicos se realicen en correspondencia con lo estipulado en los protocolos radiológicos aprobados y que se utilicen técnicas y equipos adecuados;
- tener en cuenta la información pertinente resultante de exámenes anteriores para evitar exámenes adicionales innecesarios;
- velar que la exposición de los pacientes sean la mínima necesaria, teniendo en cuenta los patrones aceptables de calidad de imagen y los niveles orientativos de dosis;
- hacer los informes de los resultados de los estudios radiológicos que realiza según los protocolos aprobados;
- asegurar que los resultados se registren las historias clínicas de los pacientes;



Requisitos organizacionales de la práctica

Responsabilidades del Tecnólogos en Radiólogo:

- realizar las exposiciones según lo prescrito;
- verificar la correcta identificación del paciente;
- conocer y aplicar los procedimientos operacionales, las técnicas radiográficas las medidas protección radiológica;
- conocer el manejo y uso de los equipos empleados, así como de los sistemas y dispositivos de seguridad;
- realizar solamente exposiciones médicas supervisadas por un facultativo médico del Servicio;
- informar sobre incidentes relativos a condiciones de operación y de seguridad de equipos;
- realizar los controles de calidad a los equipos y registrar sus resultados, según indicaciones del Físico médico.



Requisitos organizacionales de la práctica

Responsabilidades del Físico médico

- elaborar y cumplir con los protocolos de Control de la Calidad de los equipos de Radiodiagnóstico, con la frecuencia establecida;
- verificar y comprobar que se cumplan las pruebas de aceptación y puesta en servicio de los equipos de rayos X;
- velar por el cumplimiento del Programa de Mantenimiento de los equipos de Radiodiagnóstico;
- llevar los registros establecidos en el Programa de Control de Calidad de los equipos;
- verificar que los requerimientos y las especificaciones para la compra de los equipos de Radiodiagnóstico; de forma tal que se garanticen los requisitos de seguridad y protección radiológica.



Requisitos organizacionales de la práctica

Responsabilidades del Responsable de Protección Radiológica:

- elaborar, revisar y verificar la implantación del Programa de Protección Radiológica;
- asegurar que solamente el personal autorizado manipule los equipos de Radiodiagnóstico;
- implementar y hacer cumplir el Programa de Vigilancia Radiológica Individual y llevar los registros correspondientes;
- Implementar y/o realizar el programa de relevamiento radiométrico;
- verificar que se efectúe la calibración de los equipos de monitoreo de dosis y tasa de dosis;
- implementar y verificar el entrenamiento inicial y periódico del personal en protección radiológica;
- conducir la investigación e implementación de acciones correctivas, resultantes de exposiciones accidentales.



Requisitos de diseño de equipos e instalaciones. Blindajes

Requisitos de diseño de equipos

Los equipos de rayos x y sus accesorios deben estar certificados cumpliendo los estándares relevantes de la **Comisión Electrotécnica Internacional (IEC)**, o reglamentos nacionales equivalentes.

Práctica	Norma IEC
Rayos General, incluye dental	60601-2-7
Mamografía	60601-2-45
Radiología intervencionista	60601-2-43
Tomografía Computarizada	60601-2-44

Requisitos para el diseño de instalaciones de Radiodiagnóstico

Requisitos Urbanísticos

Los servicios de Radiodiagnóstico deben ubicarse en lugares de fácil acceso a la población de cobertura.



Requisitos para el diseño de instalaciones de Radiodiagnóstico

Ubicación dentro de las áreas del hospital.

La ubicación óptima de los servicios de radiodiagnóstico se recomienda en la planta baja de los centros asistenciales, priorizando las comunicaciones con otras áreas (consultas, urgencias, etc.).

La circulación de las personas define en gran medida el diseño de un servicio y es el principal factor para facilitar el uso adecuado de los espacios



Con fácil acceso a pacientes ambulatorios

Con fácil acceso a urgencias y pacientes hospitalizados.



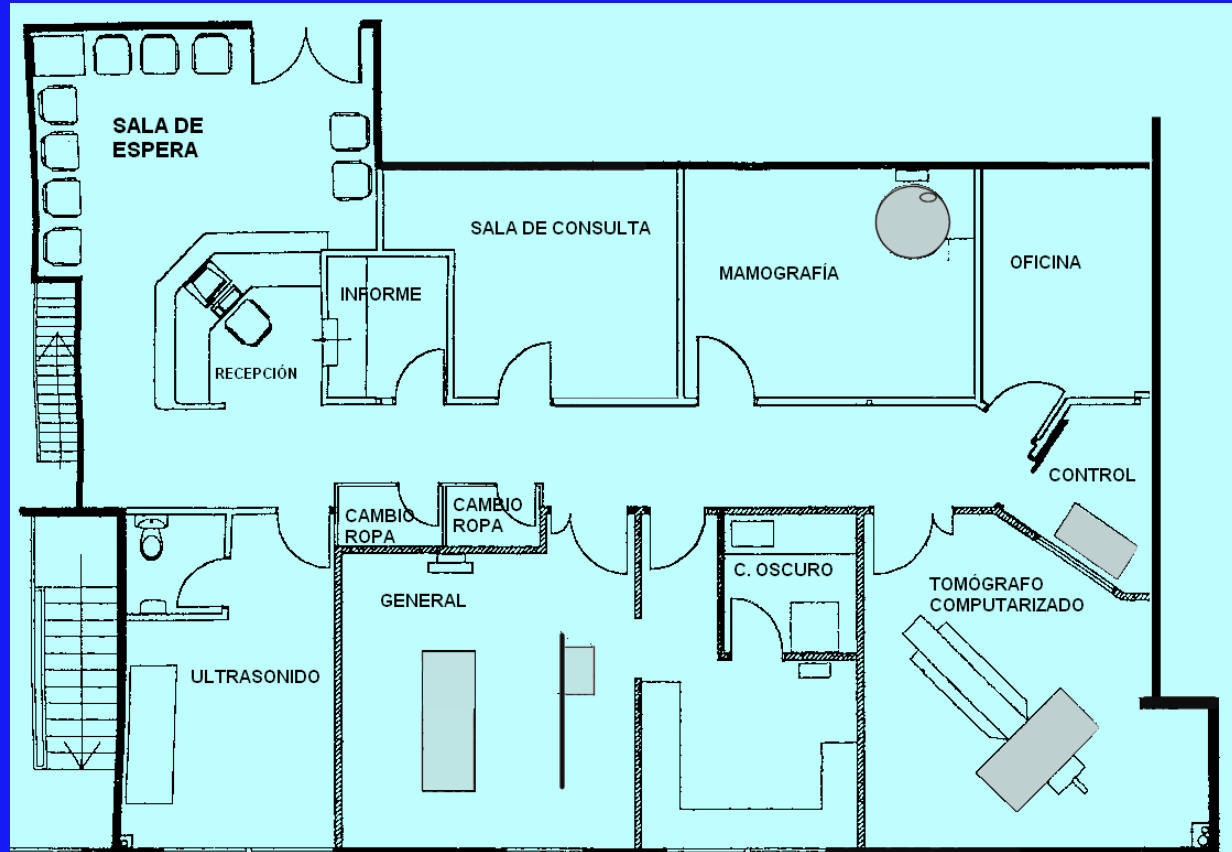
Requisitos para el diseño de instalaciones de Radiodiagnóstico

Requisitos Arquitectónicos

Se necesitan logares que permitan ejecutar edificaciones con características especiales de construcción debidas a la altura, peso y dimensiones de los equipos de radiodiagnósticos que allí serán instalados.



Requisitos para el diseño de instalaciones de Radiodiagnóstico



Requisitos para el diseño de instalaciones de Radiodiagnóstico

Requisitos a la construcción.

Dependiendo del tipo de equipo y de los procedimientos que se realizarán el panel de control del equipo puede estar dentro de la sala donde está instalado el equipo o fuera de esta. En ambos casos deben existir blindajes que garanticen la protección radiológica del personal que opera el equipo.



Requisitos para el diseño de instalaciones de Radiodiagnóstico

Requisitos a la construcción.

Las paredes de los locales donde se ubiquen los equipos de Radiodiagnóstico deben estar construidas de materiales que permitan la atenuación de la radiación y garanticen la protección radiológica de los trabajadores y el público. El espesor de las paredes depende de varios parámetros que se analizan durante el cálculo de blindaje y dependen del tipo de material utilizado pudiendo alcanzar los valores siguientes:

bloques o ladrillos macizos de concreto (230 mm de espesor)

yesos baritados de al menos 6 mm de espesor



láminas de plomo de 2 mm de espesor combinadas con otros tipos de materiales,

concreto sólido de 150 mm .

Requisitos para el diseño de instalaciones de Radiodiagnóstico

Consideraciones de diseño de las instalaciones de rayos x de propósito general

1. Dimensiones aproximadas entre los 18 m² y 20 m², para permitir la instalación segura y adecuada del equipamiento previsto.
2. El piso de la sala de rayos X debe ser lo suficientemente fuerte para soportar el peso del equipo, que puede llegar a ser de unos 300 Kg concentrados en una pequeña área
3. Las ventanas y aires acondicionados de pared deben situarse al menos a 200 cm por encima del nivel del piso terminado
4. La puerta de entrada principal tendrá un ancho entre 100 y 110 cm, una altura entre 200 cm y 210 cm, y estará revestida de plomo u otro material que garantice el blindaje requerido.



Requisitos para el diseño de instalaciones de Radiodiagnóstico

Consideraciones de diseño de las instalaciones de rayos x de propósito general

5. Debe asegurarse que el haz de radiación primaria no se dirija directamente hacia la cabina de control, puertas de acceso o ventanas. Análogamente, se recomienda no dirigirlo hacia el cuarto oscuro, en cuyo caso se deberá reforzar adecuadamente el blindaje en esa pared.

6. El Panel del operador o cabina de control abarca:

Aproximadamente un área de 4 m²

Sus paredes deben tener al menos 200 cm de altura.

Control visual de todo el perímetro de trabajo

Cristal plomado (1 mm Pb) con dimensiones mínimas de 250x250 cm, su borde inferior se sitúa a 140 cm del nivel del suelo



Requisitos para el diseño de instalaciones de Radiodiagnóstico

Consideraciones de diseño de las instalaciones de rayos x de propósito general

7. Local de informe (cuarto claro): con suficiente espacio para acomodar negatoscopios o monitores de visualización, según sea el caso, y permitir la ejecución de trabajos de oficina. Los negatoscopios o monitores estarán dispuestos de forma tal que ninguna fuente de luz incida directamente sobre ellos, para evitar que se afecte la percepción de la imagen



8. Vestidores para pacientes (baño-vestidor).

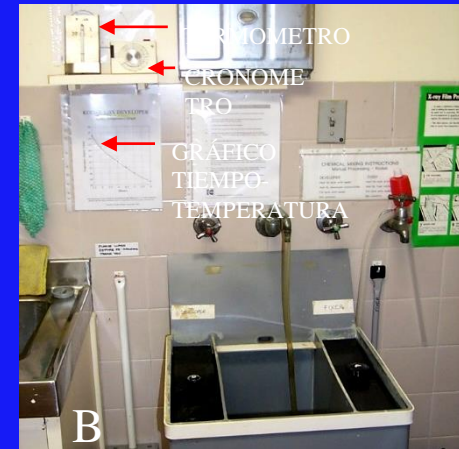


Requisitos para el diseño de instalaciones de Radiodiagnóstico

Consideraciones de diseño de las instalaciones de rayos x de propósito general

9. Cuarto Oscuro:

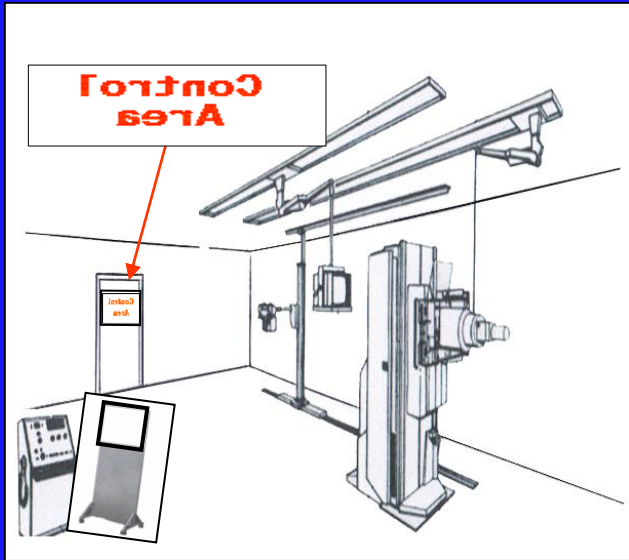
- abarcan un área entre 4 m² y 6 m²
- Herméticos a la luz blanca
- Zona seca y zona húmeda
- Dispositivo para la circulación de aire y la extracción de gases (15 cambios/hora)



Requisitos para el diseño de instalaciones de Radiodiagnóstico

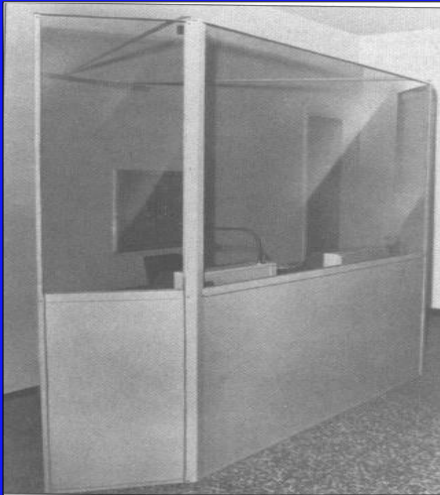
Consideraciones de diseño de las instalaciones de rayos x de propósito general

Señalización en la instalación



- Se deben colocar señales en cada entrada de un cuarto de rayos x tales como carteles indicadores de radiación.
- Se deben colocar señales para indicar que el cuarto es una zona controlada.
- Las señales deben cumplir los requerimientos de la Autoridad Reguladora.
- Se deben colocar luces de advertencia, preferentemente junto a cada entrada de cualquier cuarto en el que se utilice fluoroscopia o equipo de TC. La luz debe mantenerse encendida durante la exposición.

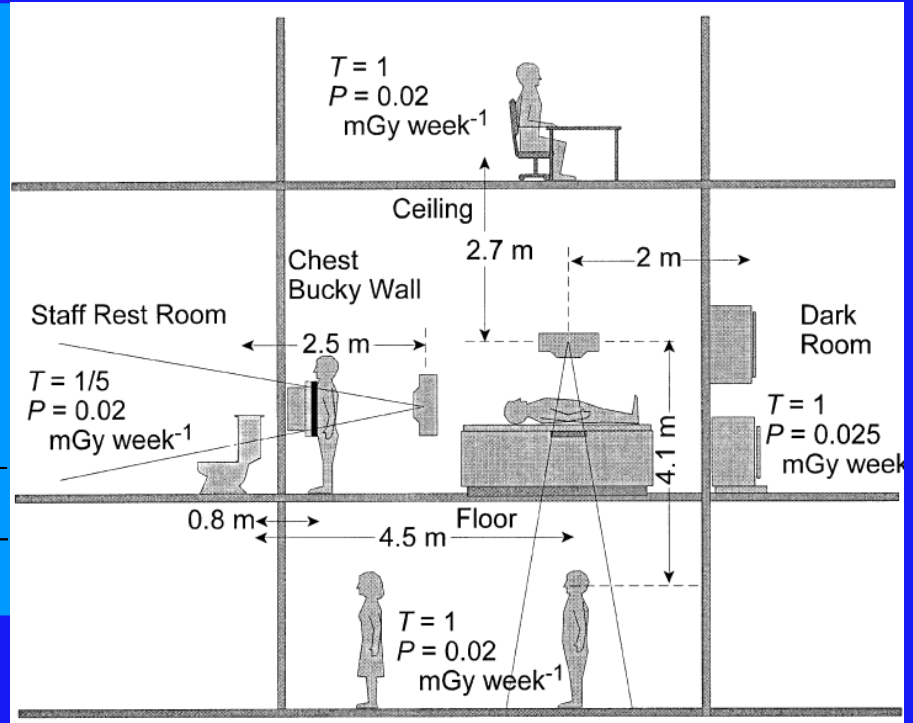
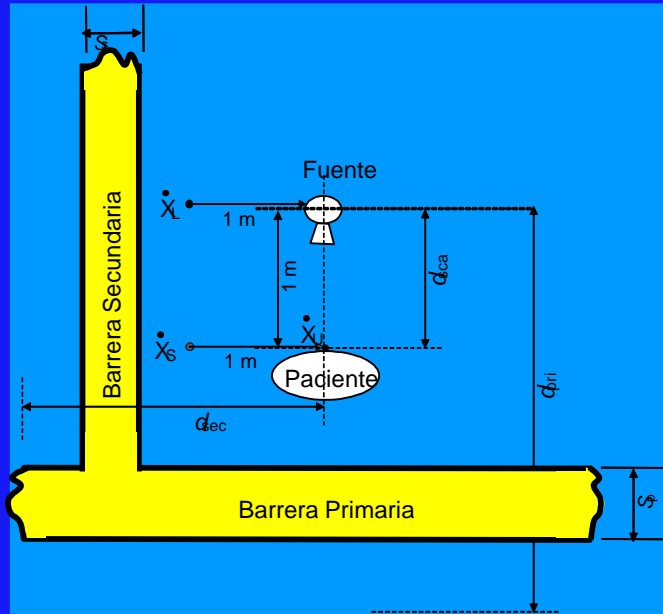
Requisitos de diseño de los blindajes.



- debe calcularse según los principios de optimización de la protección
- se debe prever y establecer restricciones de dosis considerando la normativa nacional y recomendaciones internacionalmente aceptadas.
- los blindajes estructurales deben ser adecuados para proteger a los trabajadores que realizan los procedimientos con rayos x (exposición ocupacional) y a las personas en las áreas adyacentes (pueden ser miembros del público)

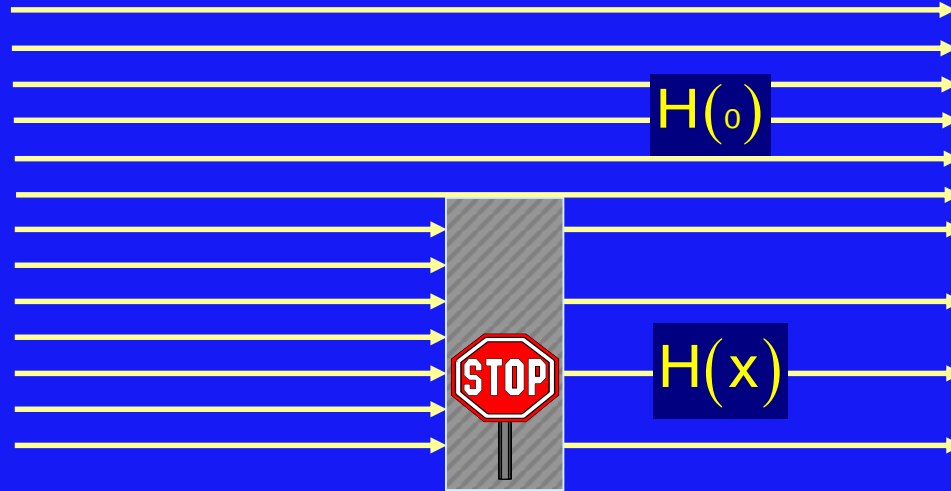
Requisitos de diseño de los blindajes.

Barreras protectoras



Requisitos de diseño de los blindajes.

CONCEPTOS Y METODOS

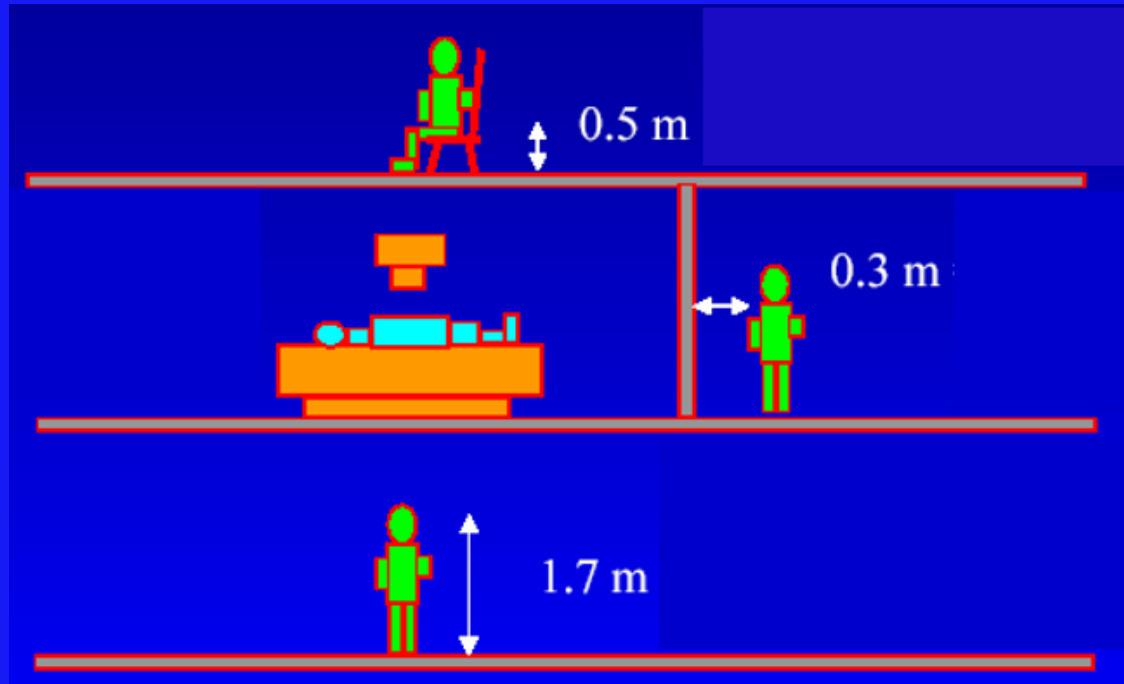


$$H(x) = H(0) \times B$$

Requisitos de diseño de los blindajes.

CONCEPTOS Y METODOS

Puntos de cálculo

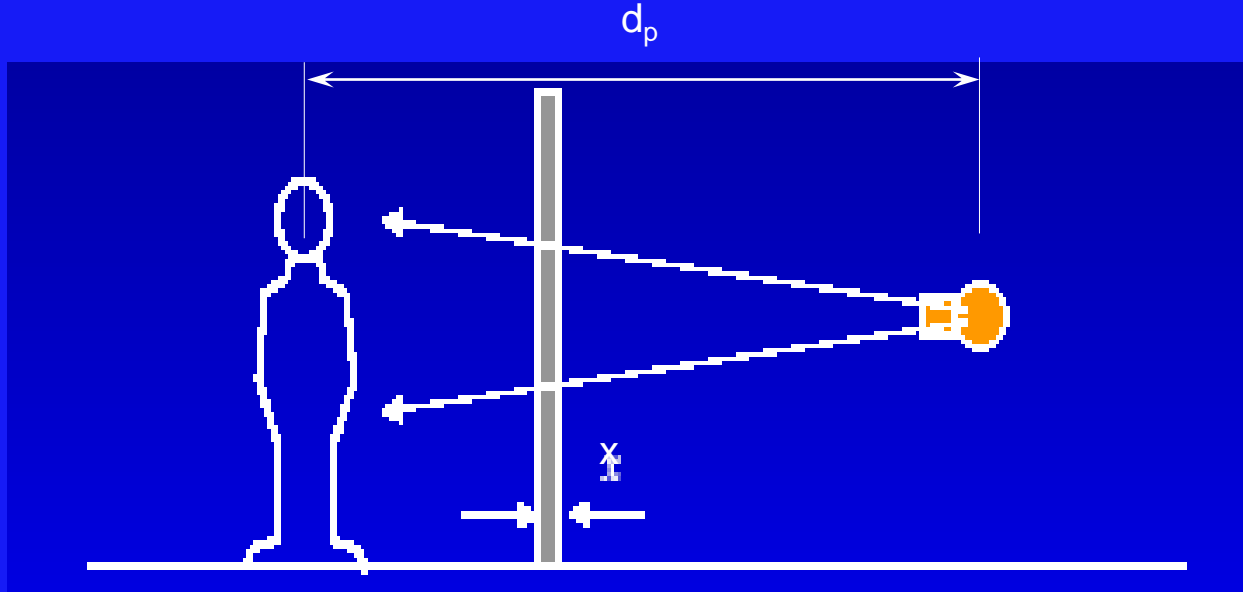


Requisitos de diseño de los blindajes.

CONCEPTOS Y METODOS

4. METODOLOGIA PARA RAYOS X DIAGNOSTICO

4.2 BARRERAS PRIMARIAS



$$B(x) = \frac{K_P(x)}{K_P(0)}$$

$K_P(x) = P$, se toma como el límite de diseño.

$K_P(0)$ es ?

Requisitos de diseño de los blindajes.

CONCEPTOS Y METODOS

4. METODOLOGIA PARA RAYOS X DIAGNOSTICO (cont.)

4.2 BARRERAS PRIMARIAS (cont.)

$$K_p(0) = \frac{K_w^1 \cdot U \cdot W \cdot T}{d_p^2}$$

K_w^1 : kerma en aire a 1m por unidad de carga de trabajo [mGy / mA min]

T: Factor de ocupación

U: Factor de uso

W: Carga de trabajo [mA min / sem]

$K_p(0)$: kerma en aire total en el punto a proteger, sin blindajes [mGy/sem].

d_p : Distancia del foco al punto a proteger [m].

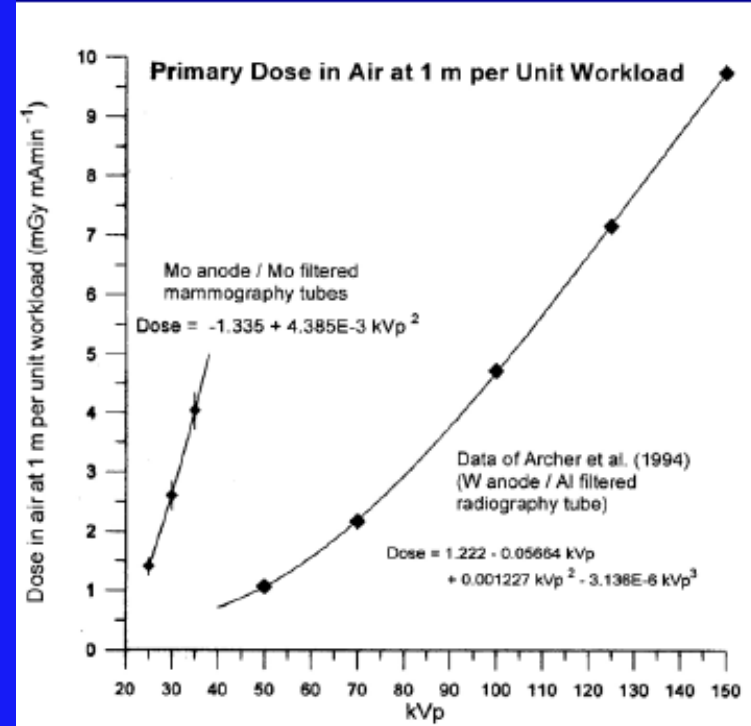


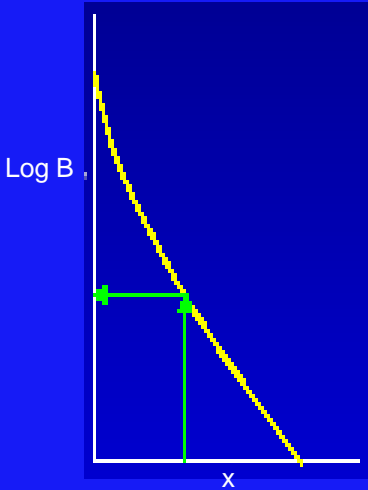
Figura tomada de la conferencia "Diagnostic Shielding Shielding Update - Update - Here At Last! Here At Last!" de Douglas J. Simpkin, Ph.D.

Requisitos de diseño de los blindajes.

CONCEPTOS Y METODOS

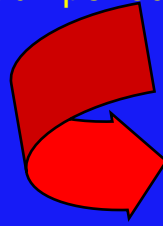
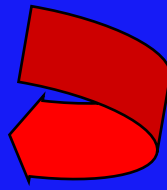
4. METODOLOGIA PARA RAYOS X DIAGNOSTICO (cont.)

4.2 BARRERAS PRIMARIAS (cont.)



$$B(x) = \frac{K_P(x)}{K_P(0)} = \frac{P \cdot d_p^2}{K_W^1 \cdot W \cdot U \cdot T}$$

P: Restricción de Dosis para un período de tiempo dado



$$x = \frac{1}{\alpha \gamma} \ln \left[\frac{B^{-\gamma} + \frac{\beta}{\alpha}}{1 + \frac{\beta}{\alpha}} \right]$$

Los factores α , β , y γ dependen del material de blindaje, kVp, tipo de radiación.



NOMOGRAMAS
(CURVAS DE TRANSMISIÓN)

Ecuación
de Archer

Requisitos de diseño de los blindajes.

CONCEPTOS Y METODOS

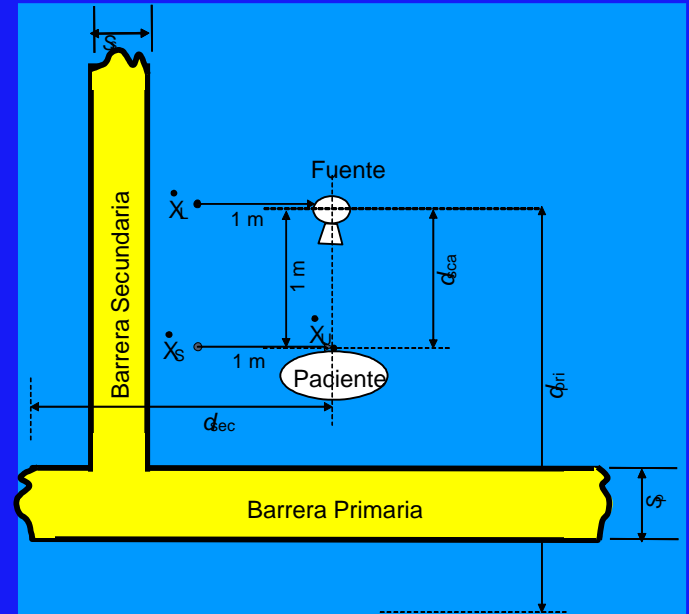
4. METODOLOGIA PARA RAYOS X DIAGNOSTICO (cont.)

4.3 BARRERAS SECUNDARIAS

$$B(x) = \frac{K_{\text{sec}}(x)}{K_{\text{sec}}(0)}$$

- ✓ Incluye la radiación dispersa y la de fuga.

$$K_{\text{sec}}(0) = K_s + K_L$$



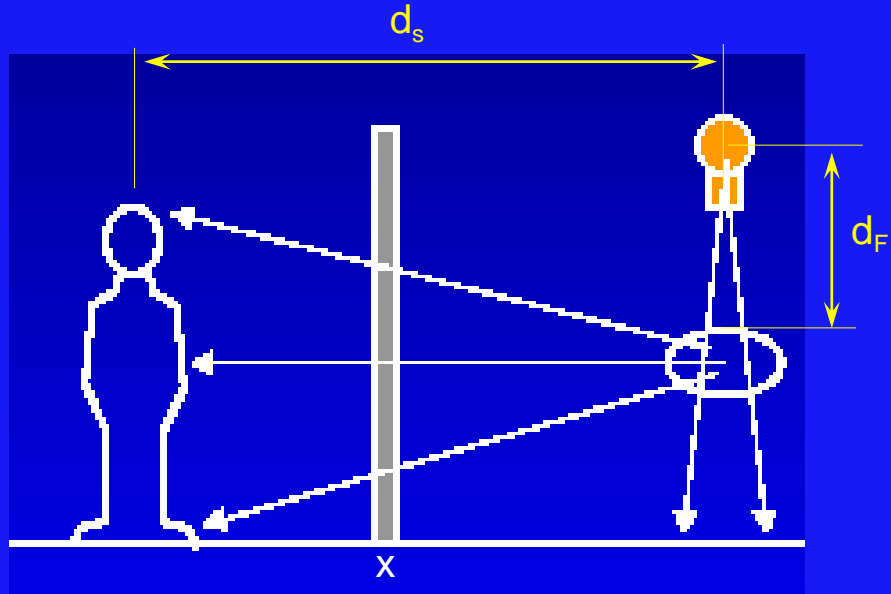
Requisitos de diseño de los blindajes.

CONCEPTOS Y METODOS

4. METODOLOGIA PARA RAYOS X DIAGNOSTICO (cont.)

4.3 BARRERAS SECUNDARIAS: RADIACION DISPERSA

- d_F , es la distancia desde la fuente hasta la superficie de dispersión.
- d_s , es la distancia desde la superficie de dispersión hasta el punto de cálculo.



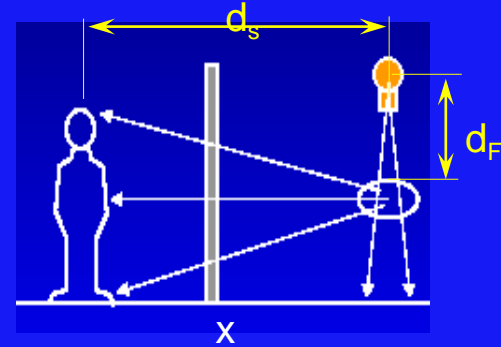
Requisitos de diseño de los blindajes.

CONCEPTOS Y METODOS

4. METODOLOGIA PARA RAYOS X DIAGNOSTICO (cont.)

4.3 BARRERAS SECUNDARIAS: RADIACION DISPERSA

$$K_s = \frac{K_w^1 \cdot W \cdot U \cdot T \cdot \alpha(\theta, kVp) \cdot F}{d_s^2 \cdot d_F^2}$$



K_w^1 : kerma en aire a 1m por unidad de carga de trabajo [mGy / mA min]

T: Factor de ocupación

U: Factor de uso

W: Carga de trabajo [mA min / sem]

K_s : kerma en aire dispersado a una distancia d_s [m] del paciente (en el punto a proteger), sin blindajes [mGy/sem].

F: Tamaño del campo [cm²] a la distancia d_F [m].

$\alpha_1(\theta, kVp)$: Fracción de dispersión para el ángulo θ y la tensión del tubo kVp.

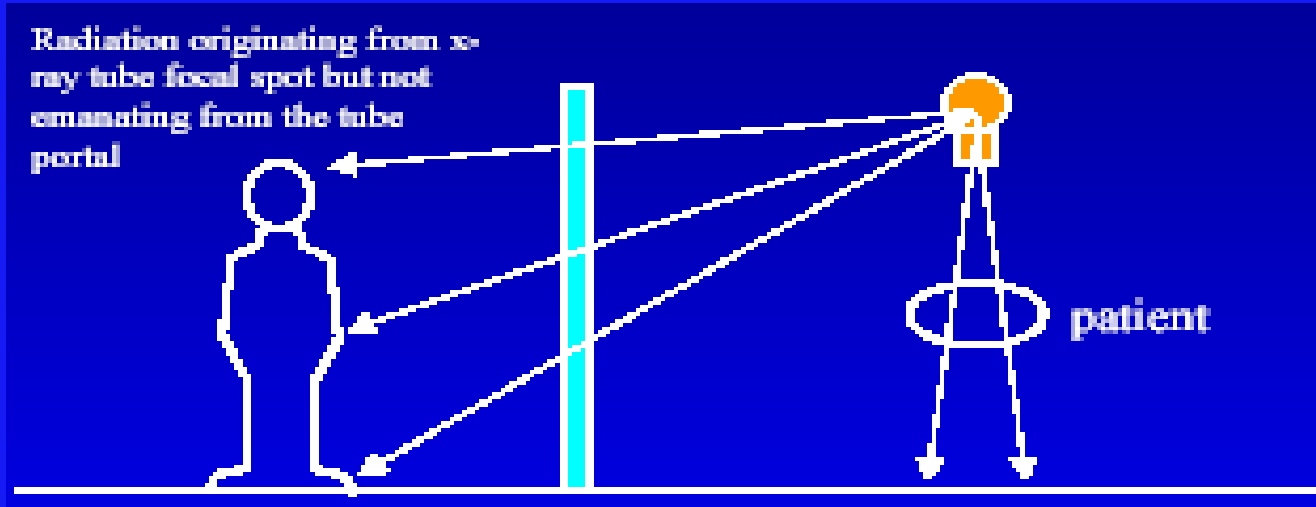
Requisitos de diseño de los blindajes.

CONCEPTOS Y METODOS

4. METODOLOGIA PARA RAYOS X DIAGNOSTICO (cont.)

4.3 BARRERAS SECUNDARIAS: RADIACION DE FUGA

K_L , es la contribución por radiación de fuga



- ✓ inversamente proporcional al cuadrado de la distancia desde el tubo.
- ✓ Transmisión exponencial con en el material dado.

Requisitos de diseño de los blindajes.

CONCEPTOS Y METODOS

4. METODOLOGIA PARA RAYOS X DIAGNOSTICO (cont.)

4.3 BARRERAS SECUNDARIAS: RADIACION DE FUGA

$$K_L = \frac{\dot{K}_L \cdot W \cdot U \cdot T}{d_L^2 \cdot I_{\text{máx}} \cdot 60}$$

K_L : kerma en aire por fuga a una distancia d_L del punto a proteger, [mGy/sem].

\dot{K}_L : Tasa límite de kerma en aire por fuga al $kVp_{\text{máx}}$ [mGy/h a 1m].

T: Factor de ocupación

U: Factor de uso

W: Carga de trabajo [mA min / sem]

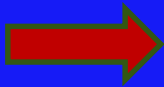
d_L : Distancia del tubo al punto de interés [m].


Requisitos de diseño de los blindajes.

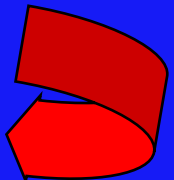
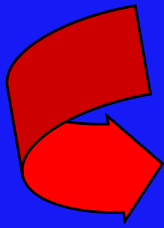
CONCEPTOS Y METODOS

4. METODOLOGIA PARA RAYOS X DIAGNOSTICO (cont.)

BARRERAS SECUNDARIAS

Con $K_s = K_{sec}(0)$  $B(x) = \frac{K_{sec}(x)}{K_{sec}(0)}$

Con $K_L = K_{sec}(0)$  $B(x) = \frac{K_{sec}(x)}{K_{sec}(0)}$

  $x = \frac{1}{\alpha\gamma} \ln \left[\frac{B^{-\gamma} + \frac{\beta}{\alpha}}{1 + \frac{\beta}{\alpha}} \right]$

NOMOGRAMAS
(CURVAS DE TRANSMISIÓN)

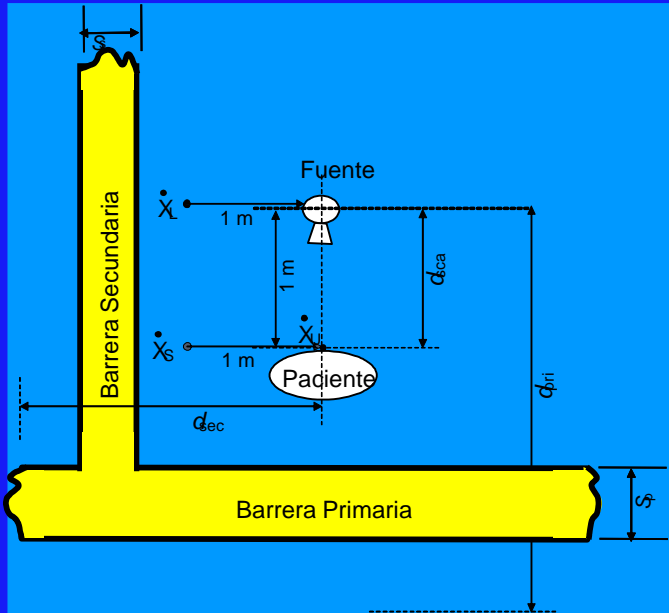
Requisitos de diseño de los blindajes.

CONCEPTOS Y METODOS

4. METODOLOGIA PARA RAYOS X DIAGNOSTICO (cont.)

4.4 SOLUCIONES TOTALES (cont)

BARRERAS SECUNDARIAS: TOTAL



✓ FUGA Y DISPERSAS

- ✓ Si el espesor requerido para blindar la fuga es diferente del requerido para blindar dispersa en una cantidad mayor o igual a 1 TVL, entonces se usa el mayor espesor de los dos.
- ✓ En caso contrario se utiliza el valor de la suma del mayor espesor + 1HVL.

Requisitos de diseño de los blindajes.

CONCEPTOS Y METODOS

4. METODOLOGIA PARA RAYOS X DIAGNOSTICO (cont.)

4.5 TOMOGRAFIA COMPUTARIZADA

✓ SE CONSIDERA SOLAMENTE RADIACIÓN SECUNDARIA (DISPERSA Y FUGA).

$$B(x) = \frac{K_{\text{sec}}(x)}{K_{\text{sec}}(0)} \Rightarrow x = \frac{1}{\alpha\gamma} \ln \left[\frac{B^{-\gamma} + \frac{\beta}{\alpha}}{1 + \frac{\beta}{\alpha}} \right]$$

El $K_{\text{sec}}(0)$ kerma en aire debido a la radiación secundaria sin blindaje (a una distancia d_{sec} entre el isocentro y el punto a proteger) puede ser estimado a partir de:

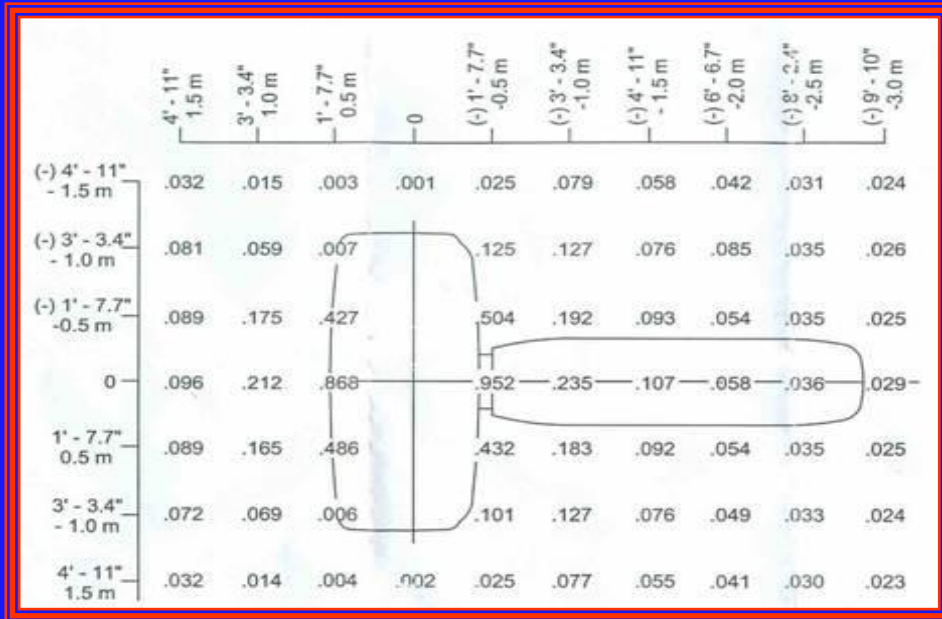
1. Valor del Índice de Dosis en Tomografía Computarizada (CTDI).
2. Valor del Producto Dosis por Longitud (DLP).
3. Curvas isodosis suministradas por el fabricante del equipo.

Requisitos de diseño de los blindajes.

CONCEPTOS Y METODOS

4. METODOLOGIA PARA RAYOS X DIAGNOSTICO (cont.)

4.5 TOMOGRAFIA COMPUTARIZADA: CURVA ISODOSIS



EJEMPLO

Valores expresados en $\mu\text{Gy}/\text{mAs}$ y medidos empleando 140 kV, un espesor máximo de corte de 40 mm y un maniquí cilíndrico de PMMA de 32 cm de diámetro y 16 cm de largo

- Prestar atención a los parámetros con que fueron realizadas las mediciones.
- Ajustar a las técnicas clínicas empleadas.

Control de la exposición ocupacional y de público en Radiodiagnóstico

Control de la exposición ocupacional

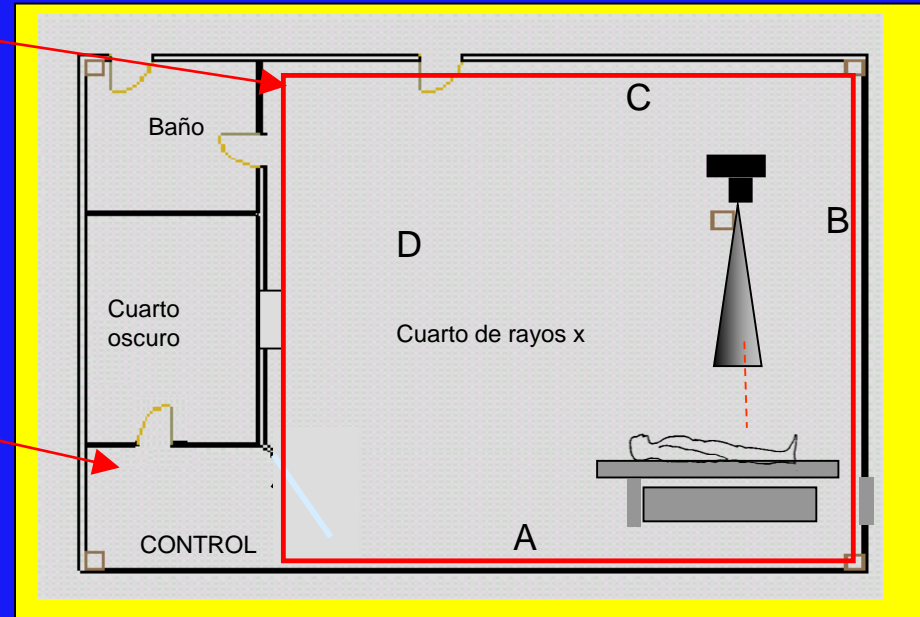
En la instalación de radiología de diagnóstico se deben definir dos zonas de acuerdo con los requerimientos de la norma: controlada y supervisada

Zona Controlada

Toda zona en la que son o pudieran ser necesarias medidas de protección y disposiciones de seguridad específicas. Ej. Cuartos con equipos de rayos x y áreas donde se usan unidades móviles de rayos x

Zona Supervisada

Toda zona no definida como controlada pero en la que se mantienen bajo vigilancia las condiciones de exposición ocupacional aunque normalmente no sean necesarias medidas protectoras concretas. Ej. Panel de control y áreas aledañas.



Control de la exposición ocupacional

Vigilancia radiológica del puesto de trabajo

Metas:

- proporcionar un registro de la evaluación de las condiciones existentes de protección radiológica y seguridad en todas las zonas controladas y no controladas; e
- identificar cualquier cambio inesperado que pueda haber ocurrido debido a cambios en la carga de trabajo, procedimientos, blindaje o ubicación de los equipos de rayos x.



BABYLINE, Tipo E276

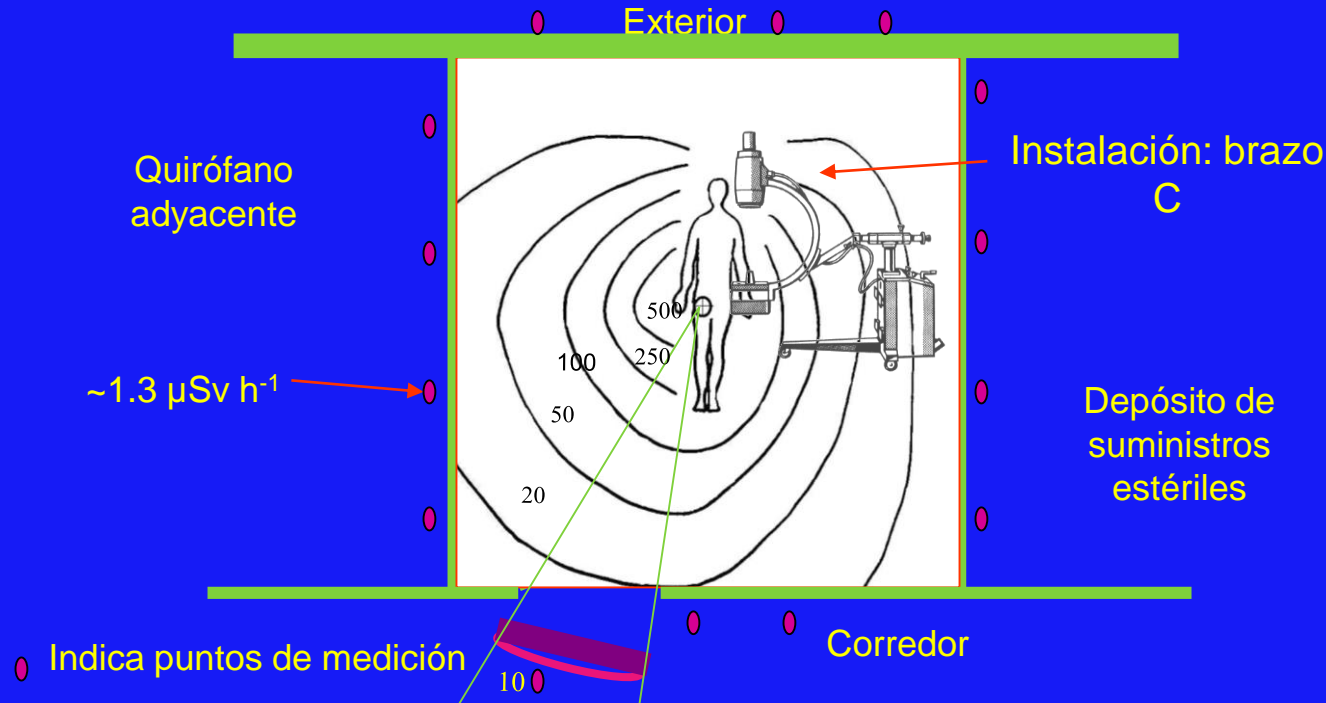
- Rango : 5 keV a 10 MeV.
- Los valores son integrados en dosis absorbida y tasa de dosis

Se debe realizar:

- antes de que se inicie el funcionamiento de una nueva instalación;
- cuando hay cambios en el blindaje de la instalación que pueda afectar los niveles de exposición en las áreas cercanas; y
- cuando se ha realizado cualquier mantenimiento o reparación relacionada con el haz primario del equipo de radiología que pueda incrementar los niveles de radiación.

Control de la exposición ocupacional

Vigilancia radiológica del puesto de trabajo

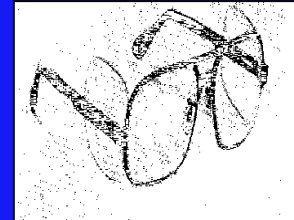
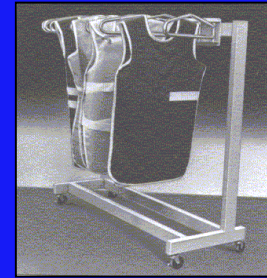


El monitoreo radiológico en Radiodiagnóstico e Intervencionismo debe realizarse con un equipo que pueda medir adecuadamente la radiación pulsada

Control de la exposición ocupacional

Los medios de protección individual se deben usar regularmente radiodiagnóstico e intervencionismo. Se usan:

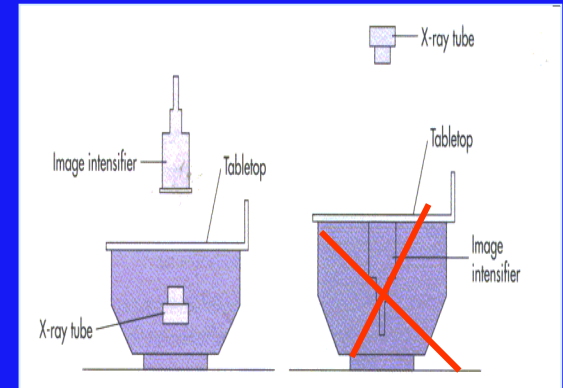
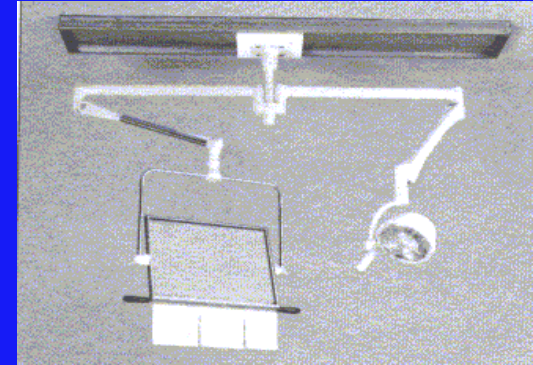
- Delantales y protectores de tiroides hechos de un material (tal como vinilo) que contenga plomo
- Los delantales deben equivaler **al menos a 0.25 mm Pb** si los equipos de rayos X operan hasta 100 kV y a **0.35 mm Pb** si operan por encima de 100 kV
- Los delantales podrían ser abiertos, con menos plomo en la espalda, – esto presupone, no obstante, que el portador está siempre de cara a la fuente de radiación.
- Gafas plomadas, con protección lateral.
- Las manoplas o guantes **plomados**. Tienen un valor limitado porque son difíciles de usar.



Control de la exposición ocupacional

Dispositivos protectores: en el puesto de trabajo

- Pantallas protectoras suspendidas del techo
- Cortinas protectoras de plomo montadas en la mesa del paciente.
- Cortinas protectoras de plomo para el operador, si el tubo de rayos x se coloca arriba de la mesa y si el radiólogo debe estar de pie cerca del paciente.
- Sin embargo, la geometría del tubo sobre la mesa NO SE RECOMIENDA ya que hay potencialidad de mayores dosis para el operador respecto de la geometría de tubo debajo de la mesa.



Control de la exposición ocupacional

Dispositivos protectores: en el puesto de trabajo

- El personal que usa un equipo móvil de rayos x debe tener disponible un delantal plomado protector para dárselo a cualquier persona que tenga que permanecer a menos de 2,5 m del paciente sometido a examen.



2,5 m



Control de la exposición ocupacional

Vigilancia radiológica



El Responsable de Protección Radiológica debe definir:

- los trabajadores que por sus condiciones de trabajo deben ser vigilados rutinariamente;
- en qué parte del cuerpo deben llevarse estos dispositivos (dosímetros);
- los períodos de vigilancia radiológica (sujetos a los requerimientos de la Autoridad Reguladora), la recepción de los informes de las dosis individuales de los trabajadores involucrados y el asesoramiento sobre la base de los resultados individuales a los trabajadores que corresponda;
- la persona responsable del reemplazo de dosímetros; y
- el procedimiento a seguir frente a la pérdida de dosímetros.



Control de la exposición ocupacional

Vigilancia radiológica



Evaluación de dosis por vigilancia radiológica individual

Cuando se lleva un delantal protector y se usan dos dosímetros, uno debajo del delantal plomado y otro por afuera, la dosis efectiva puede estimarse como sigue:

$$\text{dosis efectiva} = 0.5HW + 0.025 HN$$

donde: HW = dosis al nivel de la cintura debajo del delantal
HN = dosis a nivel del cuello por afuera del delantal.



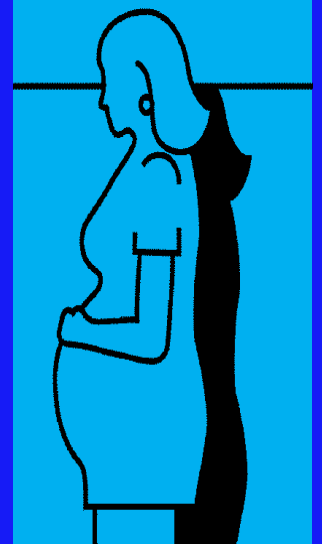
Control de la exposición ocupacional

Exposición ocupacional de personal femenino

Las mujeres ocupacionalmente expuestas deben notificar el embarazo lo más pronto posible al titular.

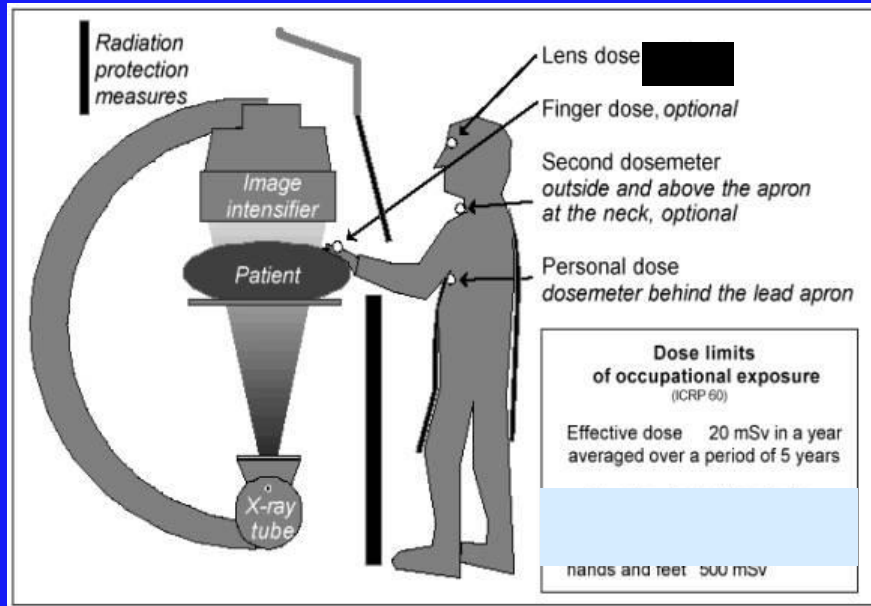
Para una trabajadora embarazada, debe tenerse el cuidado de limitar su dosis en la superficie del abdomen a aproximadamente 2 mSv. Esto hará que la dosis fetal será menor que 1 mSv durante el resto del embarazo y así se proporciona una medida de protección adecuada.

Si se logra esta restricción de dosis, no se necesita ningún arreglo administrativo especial para la trabajadora embarazada. La notificación del embarazo no se debe considerar una razón para excluir automáticamente a una trabajadora del trabajo con radiación ionizante.



Control de la exposición ocupacional

Uso de la dosimetría personal en intervencionismo



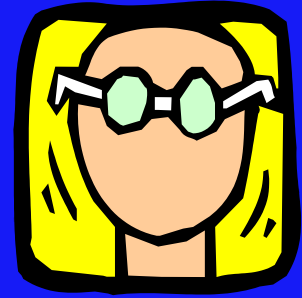
Se recomiendan varios dosímetros personales



Control de la exposición ocupacional

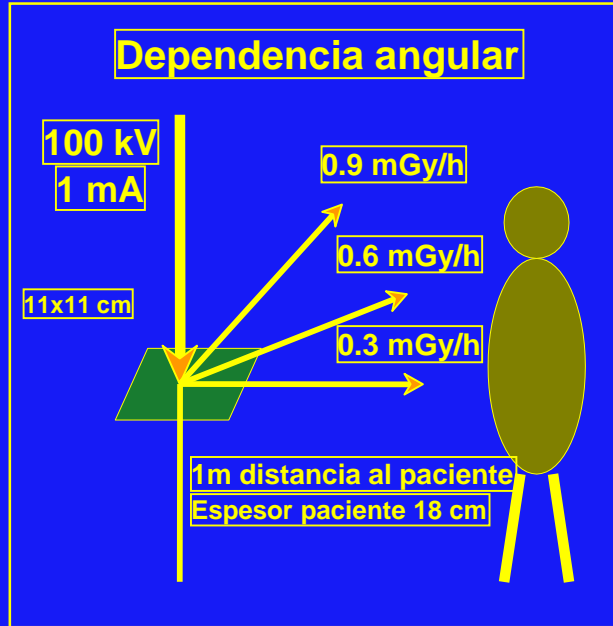
Recomendaciones prácticas para reducir la exposición ocupacional. Intervencionismo

- La fuente principal de radiación al personal en fluoroscopia y radiología intervencionista es el paciente (radiación dispersa).
- Todas las medidas que se tomen para reducir la dosis del paciente reduce también la dosis del personal.
- La radiación dispersa no es uniforme alrededor del paciente.
- El nivel de tasa de dosis en torno al paciente está en función de un gran número de factores.



Control de la exposición ocupacional

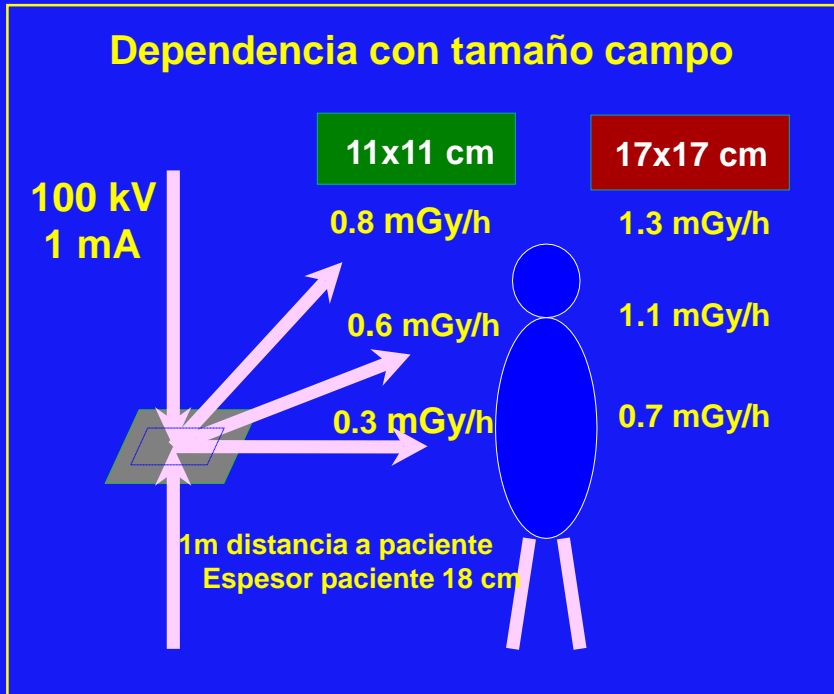
Recomendaciones prácticas para reducir la exposición ocupacional. Intervencionismo



La tasa de dosis por radiación dispersa es más alta, en la dirección en la que el haz de rayos X entra en el paciente

Control de la exposición ocupacional

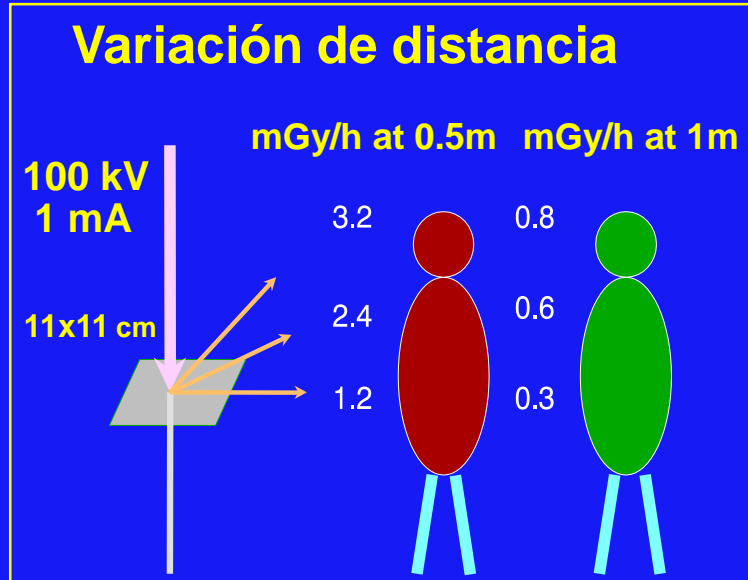
Recomendaciones prácticas para reducir la exposición ocupacional. Intervencionismo



La tasa de dosis por radiación dispersa es mayor cuando crece el tamaño de campo

Control de la exposición ocupacional

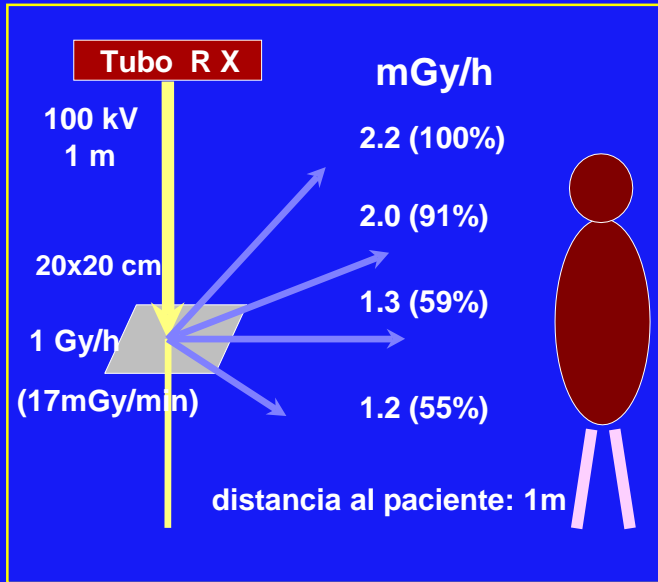
Recomendaciones prácticas para reducir la exposición ocupacional. Intervencionismo



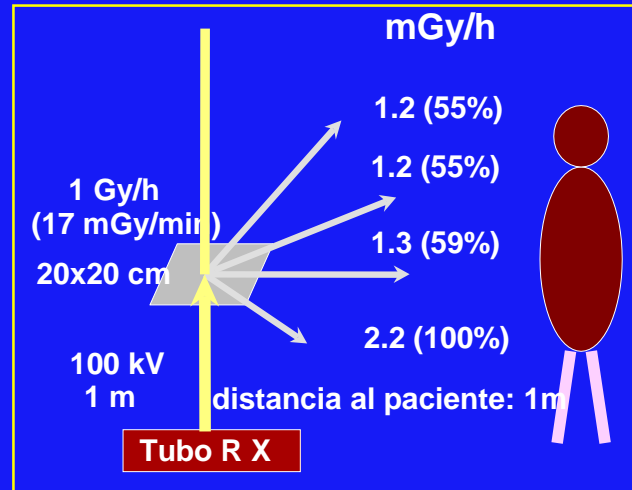
La tasa de dosis por radiación dispersa disminuye cuando la distancia al paciente aumenta

Control de la exposición ocupacional

Recomendaciones prácticas para reducir la exposición ocupacional. Intervencionismo



El tubo bajo la mesa reduce, en general, las altas tasas de dosis en el cristalino del TOE



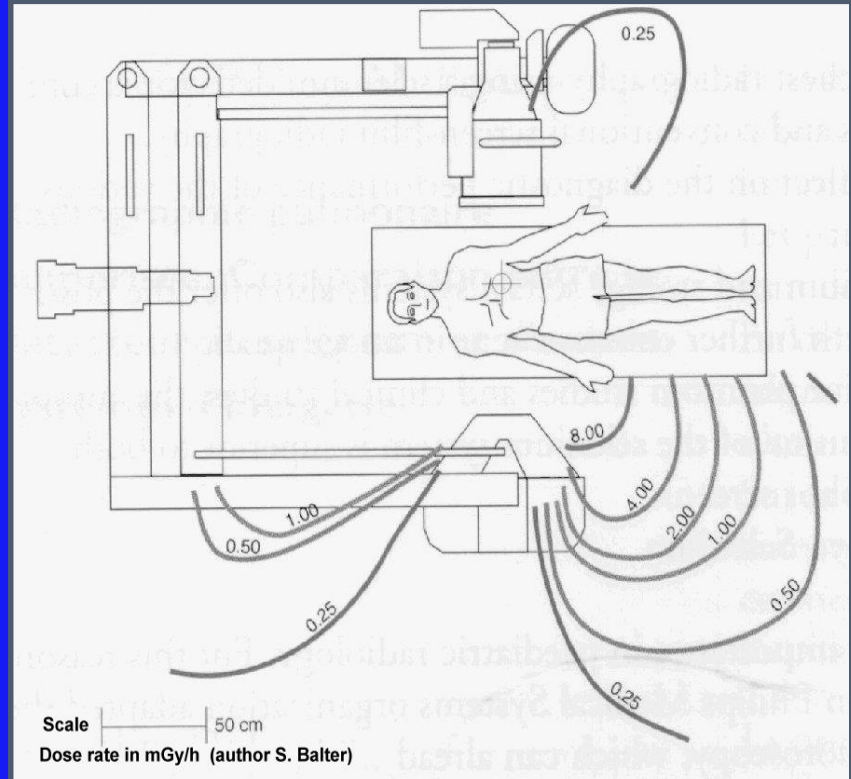
Control de la exposición ocupacional

Recomendaciones prácticas para reducir la exposición ocupacional. Intervencionismo

Posición del médico respecto a la posición del tubo de Rx

Se recibe mucha menos dosis si el médico se posiciona del lado del intensificador de imágenes

Ejemplo de las curvas de isodosis por la radiación dispersa para una condición de operación típica y para un paciente tamaño normal

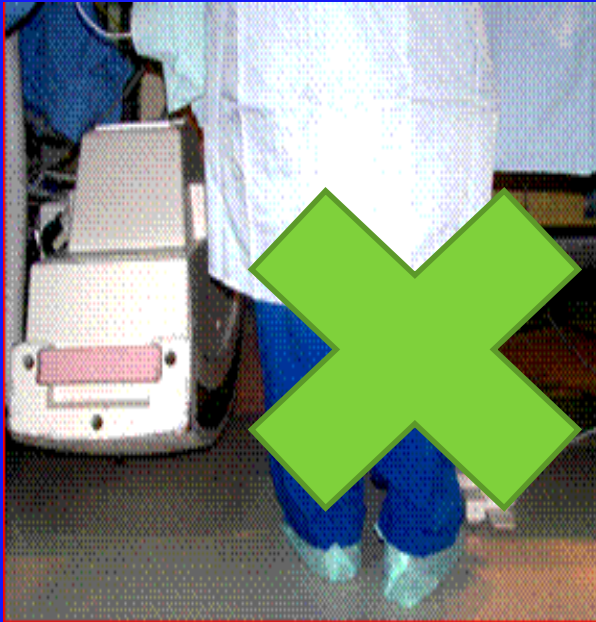


Control de la exposición ocupacional

Recomendaciones prácticas para reducir la exposición ocupacional. Intervencionismo



Posición respecto a la fuente



Control de la exposición del público

- Diseño de las salas
- Vigilancia radiológica
- Se deberán proveer señalizaciones a fin de asegurar una apropiada protección:
 - señalización visible en la parte exterior de las puertas de acceso, conteniendo el símbolo internacional de radiación ionizante y leyendas que indiquen “Rayos X” y la prohibición de que ingresen personas no autorizadas;
 - señalización luminosa roja encima de la parte externa de la puerta de acceso con la siguiente advertencia: “Se prohíbe la entrada cuando la luz roja esté encendida”.



Control de la exposición médica en Radiodiagnóstico

Control de la exposición médica en Radiodiagnóstico

- Responsabilidades relativas a la Protección Radiológica del Paciente.
- Justificación de la exposición.
- Optimización. Aspectos de diseños de los equipos.
- Optimización. Aspectos operacionales.
- Calibración de fuentes.
- Niveles de Referencia Diagnósticos (DRL).
- Aceptación y Puesta en Servicio de los equipos
- Garantía de Calidad de las exposiciones médicas.
- Restricciones de dosis.



Control de la exposición médica en Radiodiagnóstico

- Justificación de la exposición.

Deberán existir procedimientos para estandarizar el proceso de Justificación que contemplen:

- Uso de protocolos nacionales o internacionales que sean reconocidos por las autoridades de salud,
- Evaluación de la pertinencia y necesidad del procedimiento respondiendo a las preguntas de:
 - ✓ ¿Ya se ha hecho este estudio anteriormente?
 - ✓ ¿Es necesario el estudio?
 - ✓ ¿Se necesita realizar ahora?
 - ✓ ¿Es esta la mejor investigación para responder a la pregunta clínica?
 - ✓ ¿Se ha explicado el problema clínico al médico ejecutor del procedimiento?



Control de la exposición médica en Radiodiagnóstico

- Justificación de la exposición.

Para la Justificación de los procedimientos deben considerarse medidas siguientes:

- En el flujograma del servicio se debe incluir un paso que permita el análisis de las solicitudes de exámenes de forma conjunta entre el médico prescriptor y el radiólogo.
- Debe quedar clara la responsabilidad y supervisión del médico radiólogo en el ámbito de su competencia en la aceptación y realización del procedimiento radiológico.
- Es recomendable utilizar “Guía de indicaciones para la correcta solicitud de pruebas de diagnóstico por imagen. Ejemplo Protección Radiológica 118”

PROBLEMA CLÍNICO	EXPLORACIÓN (DOSIS)	RECOMENDACIÓN (GRADO)	COMENTARIO
Enfermedades obstructivas crónicas de vías respiratorias, o asma; seguimiento F6	RX de tórax [I]	No sistemáticamente indicada [B]	Sólo si han cambiado los signos o los síntomas.
Seguimiento de la neumonía del adulto (para los niños, véase la sección M) F7	RX de tórax [I]	Indicada [A]	Para confirmar que ya no hay obstrucción, etc. No tiene sentido repetir las pruebas a intervalos menores de 10 días, pues la desobstrucción puede ser lenta (especialmente en los ancianos).
Possible derrame pleural	RX de tórax [I]	Indicada [B]	Puede pasar por alto un derrame pequeño, en particular en la RX posteroanterior de tórax.
F8	Ecoografía [0]	Indicada [B]	Para comprobar la consistencia del líquido y para guiar la punción aspirativa. A veces se necesita la TC para circunscribir mejor el derrame, evaluar sus componentes sólidos, etc.
Hemoptisis	RX de tórax [I] TC [III]	Indicada [B] Exploración especializada [B]	Posteroanterior y lateral. Muchos servicios recurren primero a la TC y luego a la broncoscopia; está aumentando el empleo de la TC en primer lugar (véase L7, cáncer). Piense en la broncoarteriografía en casos de hemoptisis masiva.
F9			

F. Tórax

Control de la exposición médica en Radiodiagnóstico

- Justificación de la exposición.

Existen dos grupos de pacientes especiales que requieren una evaluación particular cuando se va a justificar el procedimiento de Radiodiagnóstico e Intervencionismo. Estos grupos son:

1. **Mujeres embarazadas:**

- Se requiere que existan procedimientos para determinar si una mujer, en edad fértil, está embarazada.
- El embarazo no excluye totalmente la realización del procedimiento, pero es un factor de peso a la hora de justificar su realización.

2. **Niños:**

- Dado que tienen un mayor riesgo de sufrir efectos estocásticos inducidos por la radiación, los exámenes pediátricos requieren una consideración especial en el proceso de justificación.



Control de la exposición médica en Radiodiagnóstico

- Optimización. Aspectos relacionados con el diseño de los equipos.

- El uso de equipos médicos radiológicos apropiados y bien diseñados y software asociado respalda cualquier procedimiento radiológico en radiología de diagnóstico o cualquier procedimiento intervencionista guiado por imagen.
- Los generadores de rayos X y sus accesorios deben diseñarse y fabricarse de modo que faciliten el mantenimiento de las dosis tan bajas como sea razonablemente posible, según su objetivo clínico.
- El titular tiene la responsabilidad de asegurarse de que la instalación utilice únicamente equipo médico radiológico y software que cumpla con las normas internacionales.



Control de la exposición médica.

- Optimización. Aspectos relacionados con el diseño de los equipos.

Práctica	Norma IEC
Rayos x General, incluye dental	60601-2-7
Mamografía	60601-2-45
Radiología intervencionista	60601-2-43
Tomografía Computarizada	60601-2-44



Control de la exposición médica en Radiodiagnóstico



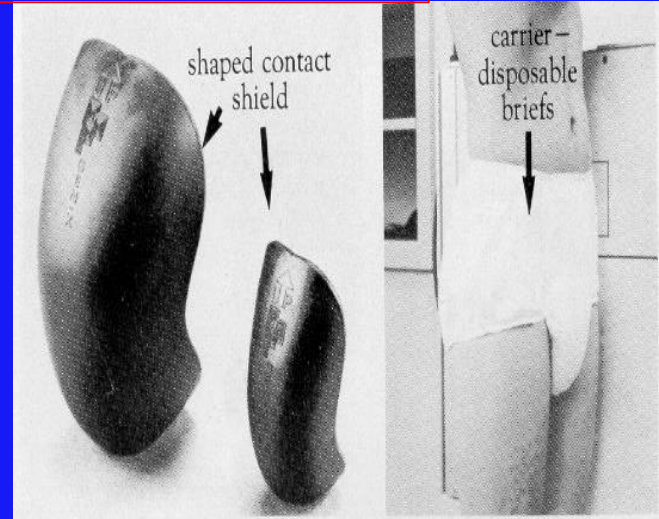
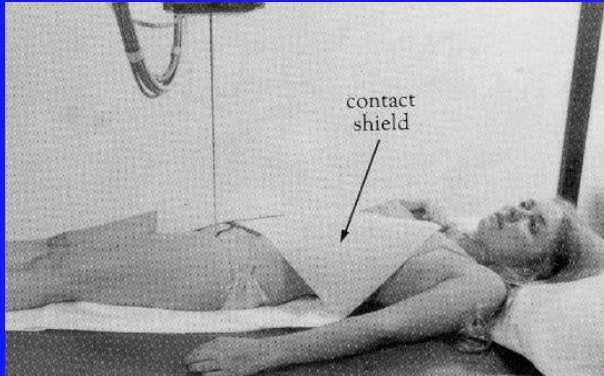
- Optimización. Aspectos operacionales. Generalidades

1. El nivel de calidad de imagen suficiente para el diagnóstico lo determina el médico radiólogo. En procedimientos intervencionistas guiados por imágenes, el nivel de calidad de la imagen debe ser suficiente para guiar la intervención.
2. El volumen (área) del paciente que se expone debe limitarse estrictamente al de interés clínico.
3. Se debe asegurar la cooperación del paciente para lograr una imagen de calidad diagnóstica. Esto es particularmente relevante cuando se toman imágenes de niños.
4. Para cada modalidad, hay una serie de factores que se pueden ajustar para influir en la relación entre la calidad de la imagen y la dosis al paciente.

Control de la exposición médica.

- Optimización. Aspectos operacionales. Generalidades

Cuando sea apropiado, se debe proteger los órganos radiosensibles, como las gónadas, el cristalino del ojo, la mama y la tiroides

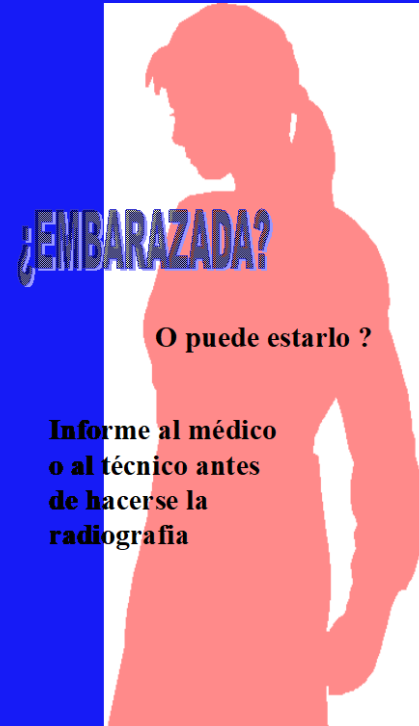


Control de la exposición médica.

- Optimización. Aspectos operacionales. Generalidades

Identificación de pacientes embarazadas

- Se deben evitar los exámenes de radiología del abdomen o pelvis de mujeres que están embarazadas, o posiblemente lo estén, a menos de que haya fuertes razones clínicas para tales exámenes
- La responsabilidad primaria de identificar a estas pacientes es del facultativo médico prescriptor; el personal de radiología provee un respaldo mediante diferentes procedimientos y medios.
- Se deben tener procedimientos apropiado y medios para identificar a todas las mujeres que pudieran estar embarazadas.



Control de la exposición médica.



• Optimización. Aspectos operacionales. Radiodiagnóstico convencional

1. Al desarrollar protocolos, se deben considerar muchos factores técnicos que pueden influir en la calidad de la imagen y la dosis del paciente.
2. Cuando los equipos dispongan de Sistemas de Control Automático de Exposición (CAE), estos deberán estar debidamente calibrados y se deben utilizar adecuadamente.
3. Para sistemas digitales, los operadores deben comprender cómo, la selección del "índice de exposición" (u otro indicador), afecta la dosis del paciente.
4. Los equipos móviles y portátiles suelen producir imágenes de menor calidad, y solo deben utilizarse para exámenes en los que no es médicamente aceptable trasladar a los pacientes a una unidad fija.
5. El paciente debe estar correctamente posicionado e inmovilizado. Además, las instrucciones deben ser claras.

Control de la exposición médica.

- Optimización. Aspectos operacionales. Tomografía



1. Al desarrollar protocolos para TC, se deben considerar muchos factores y características de la técnica que pueden influir en la calidad de la imagen y la dosis del paciente, incluidos: potencial del tubo; corriente de tubo; amplitud del haz; y longitud total de escaneo, etc.
2. Se debe prestar especial atención al desarrollo de protocolos para niños adaptados al tamaño corporal y la edad.
3. La presentación de imágenes mejorada, los algoritmos de reconstrucción y las funciones de procesamiento para reducir el ruido pueden dar como resultado dosis reducida.
4. Se debe lograr la posición adecuada del paciente y la configuración adecuada del área anatómica escaneada, por ejemplo, una TC del tórax, debe hacerse con ambos brazos levantados.
5. Debe evitarse irradiar el cristalino del ojo dentro del haz principal.
6. Para la TC cardíaca y angiografía por TC, se debe considerar el uso de software para controlar la adquisición con respecto al electrocardiógrafo

Control de la exposición médica.

- Optimización. Aspectos operacionales. Intervencionismo

1. Los protocolos para procedimientos intervencionistas, deben considerar muchos factores, que pueden influir en la calidad de la imagen y la dosis del paciente. Fundamentalmente:

- Maximizar, en lo posible, la distancia entre el tubo de rayos X y el paciente.
- Minimizar la distancia entre el paciente y el receptor de imagen
- Minimizar el tiempo de fluoroscopia.
- La fluoroscopia pulsada con la menor cantidad de pulsos posible (imágenes aceptables).
- Cambie el punto de entrada del haz rotando el tubo alrededor del paciente.
- Extremar las precauciones con pacientes muy gruesos.
- Evitar proyecciones oblicuas.
- Evitar el uso de la magnificación.
- Minimizar el número de cuadros y el número de series de cine a un nivel aceptable.
- Usar colimación. Colime el haz de Rayos X al área de interés.

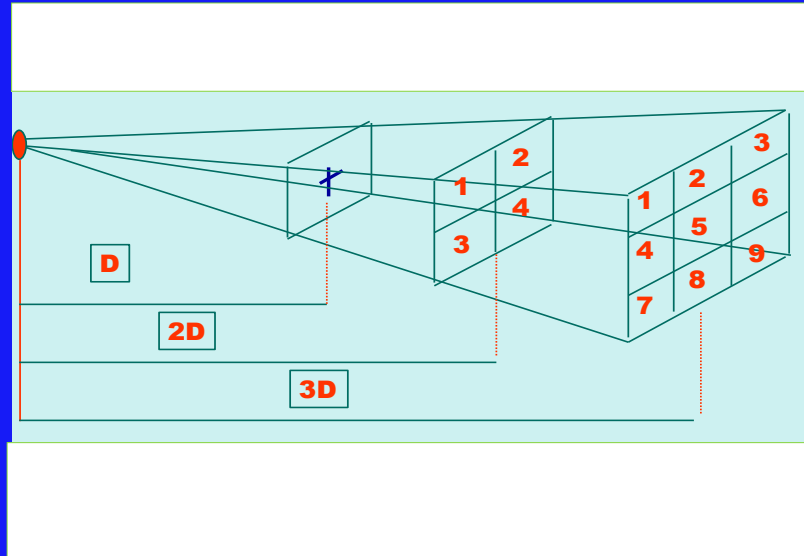


Exposición médica

Optimización en procedimientos. Consideraciones operacionales

Maximice la distancia entre el tubo de RX y el paciente

La dosis de radiación varía inversamente con el cuadrado de la distancia

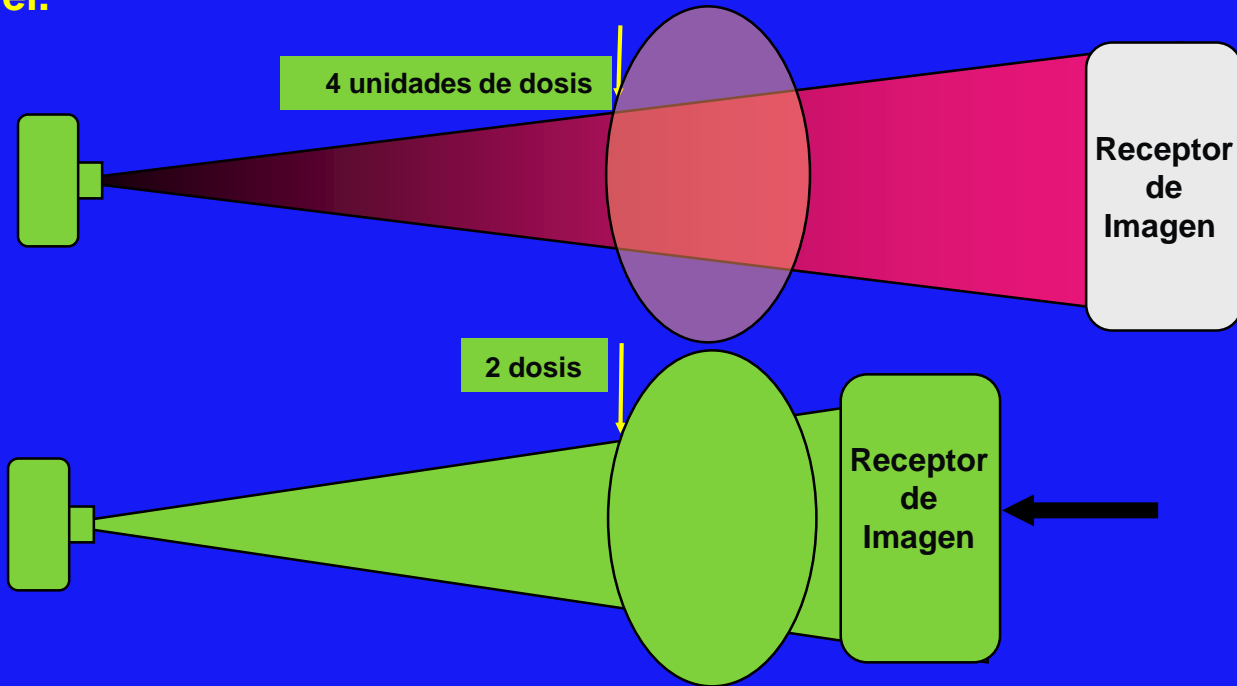


Si Ud. duplica la distancia a la fuente de rayos X, su dosis se reduce en un factor de 4 (será un 25% menor)

Exposición médica

Optimización en procedimientos. Consideraciones operacionales

Manteniendo todas las otras condiciones sin cambio, acercando el receptor de imagen al paciente reduce la tasa de la radiación a la salida del tubo y por lo tanto reduce la tasa de dosis en la piel.



Exposición médica

Optimización en procedimientos. Consideraciones operacionales

Manteniendo todas las otras condiciones sin cambio, reduciendo el tiempo de fluoroscopia se reduce la dosis al paciente. Se debe archivar los tiempos de fluoroscopia y el Producto Dosis Área (PDA o PKA).

3. Minimizar el tiempo de fluoroscopia

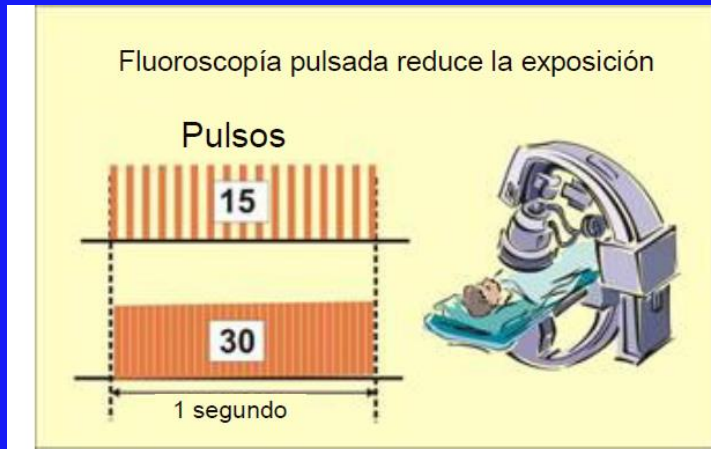
Archivar los datos del tiempo de
fluoscopia y DAP/KAP (si está
disponible) de cada paciente



Exposición médica

Optimización en procedimientos. Consideraciones operacionales

Manteniendo todas las otras condiciones sin cambio, reduciendo el número de pulsos se reduce la dosis al paciente.



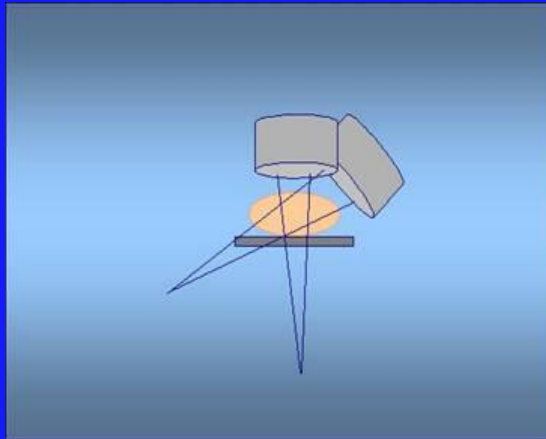
4. Use fluoroscopia pulsada con la menor cantidad de pulsos posible para obtener imágenes de calidad aceptable.

Exposición médica

Optimización en procedimientos. Consideraciones operacionales

Evite exponer la misma zona de la piel en las diferentes proyecciones. Cambie el punto de entrada del haz girando el tubo de Rx alrededor del paciente.

- Si la intervención se prolonga, tratar de cambiar de proyección, para evitar exponer todo el tiempo la misma área de la piel

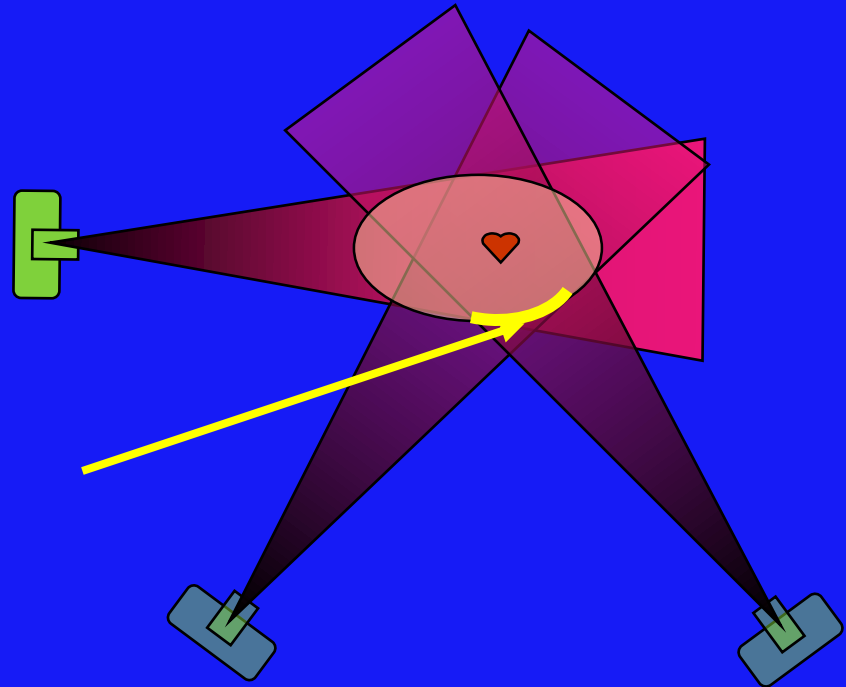


Exposición médica

Optimización en procedimientos. Consideraciones operacionales

Evite exponer la misma zona de la piel en las diferentes proyecciones. Cambie el punto de entrada del haz girando el tubo de Rx alrededor del paciente.

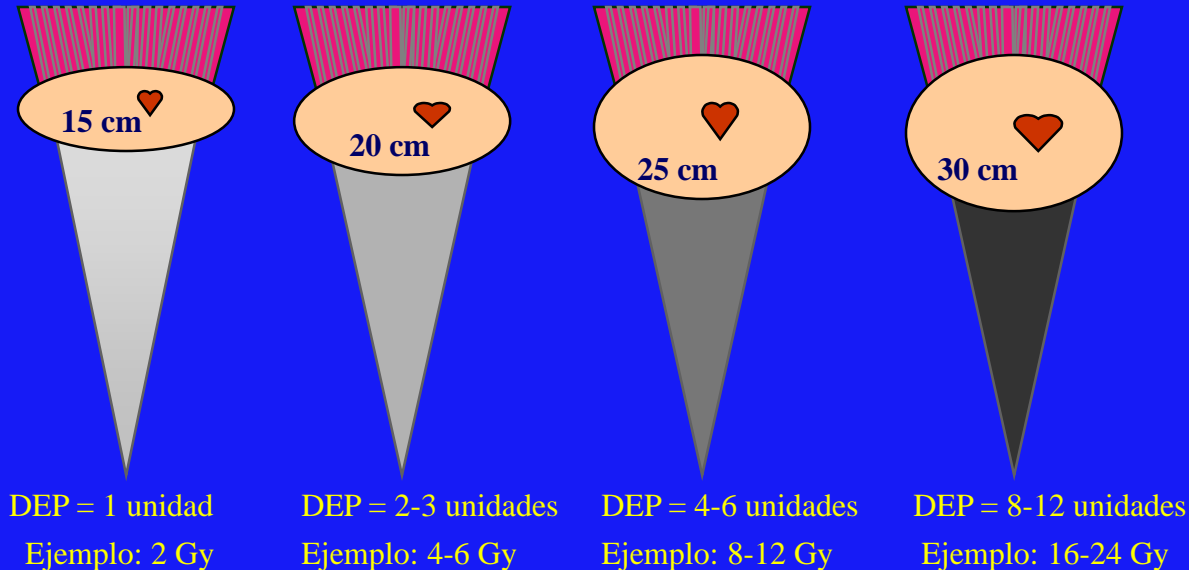
Se debe tener precaución ya que el cambio de proyección pudiera seguir exponiendo la misma zona en la piel del paciente. Es más probable que esto ocurra cuando se requieren campos de mayor tamaño.



Exposición médica

Optimización en procedimientos. Consideraciones operacionales

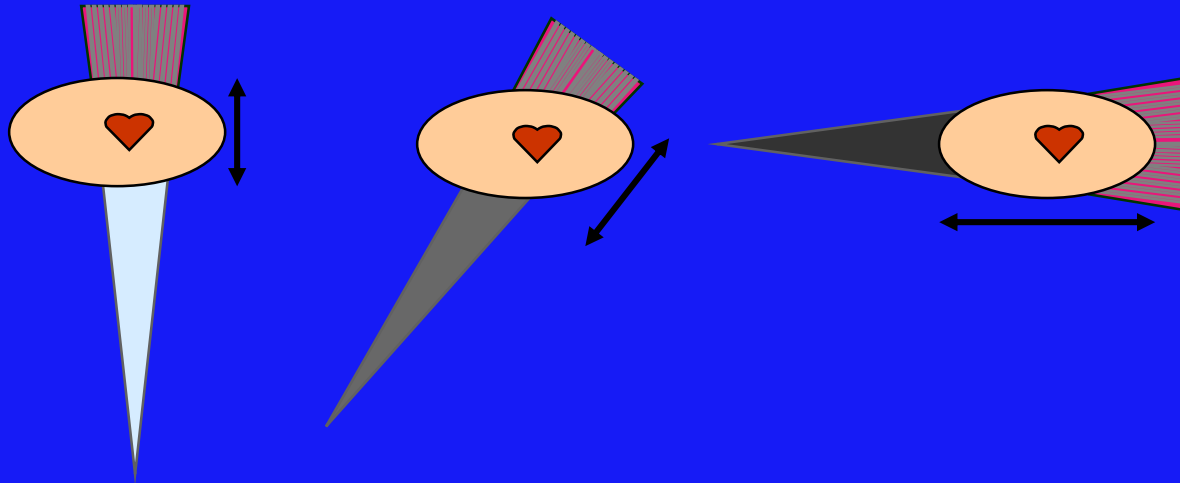
Mayor espesor de tejido absorbe más radiación, por lo tanto, debe usarse mucha más radiación para poder penetrar un paciente obeso. El riesgo de piel es mayor para pacientes obesos.



Exposición médica

Optimización en procedimientos. Consideraciones operacionales

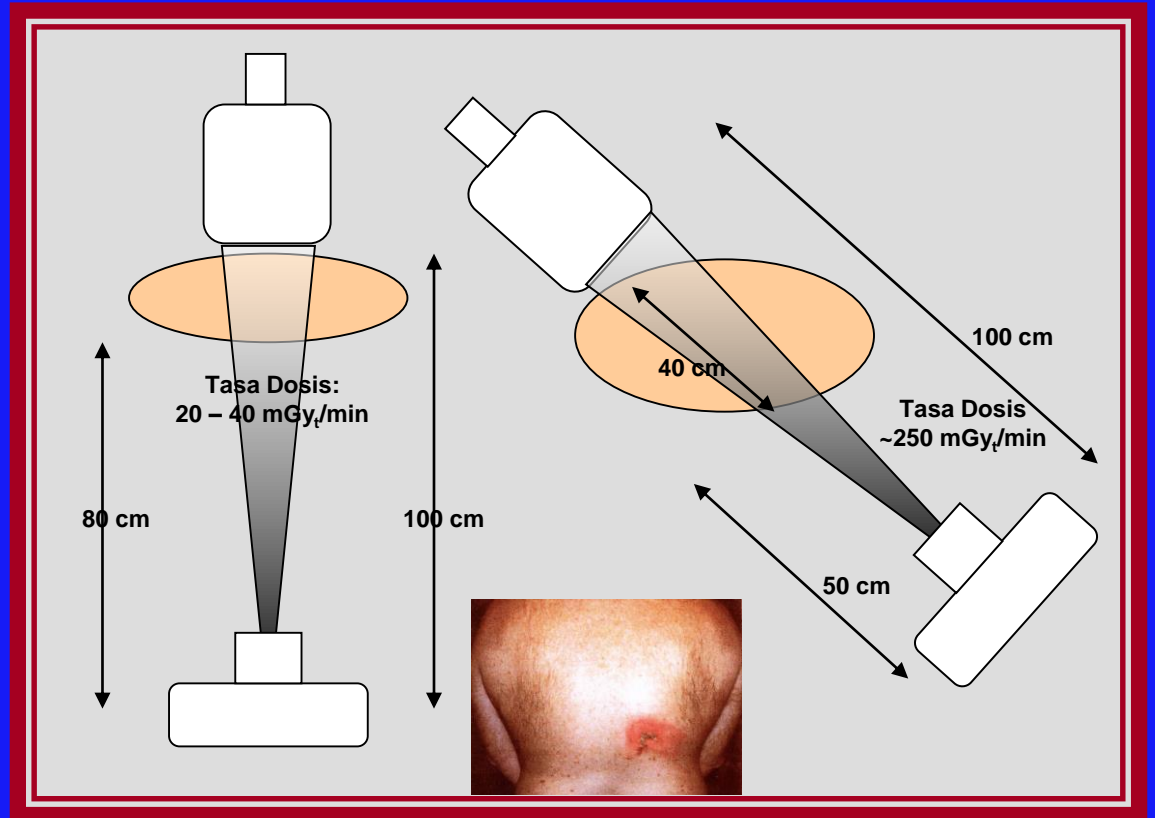
Evitar proyecciones oblicuas ya que implican mayor espesor de tejido y este absorbe más radiación. El riesgo de la piel es mayor con ángulos pronunciados



Exposición médica

Optimización en procedimientos. Consideraciones operacionales

Por otra parte, las proyecciones oblicuas implican reducir la distancia del tubo de Rx a la piel y por tanto aumenta la dosis en piel.

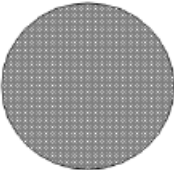
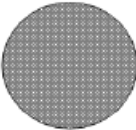
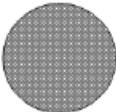



Exposición médica

Optimización en procedimientos. Consideraciones operacionales

Evitar la magnificación salvo que sea imprescindible para la ejecución del procedimiento.

Disminuyendo el campo visual en un factor 2 aumenta la tasa de dosis en un factor 4.

	INTENSIFICADOR Campo visual (FOV)	Tasa de dosis de entrada al paciente expresada en unidades
	12" (32 cm)	100
	9" (22 cm)	177
	6" (16 cm)	400
	4.5" (11 cm)	711

Exposición médica

Optimización en procedimientos. Consideraciones operacionales

Minimice el número de cuadros y el número de series de cine a un nivel clínicamente aceptable. Evite usar este modo de adquisición si puede usar fluoroscopia. Tasa de dosis con Cine \approx (10-60) mayor que la tasa de dosis por fluoroscopia normal.

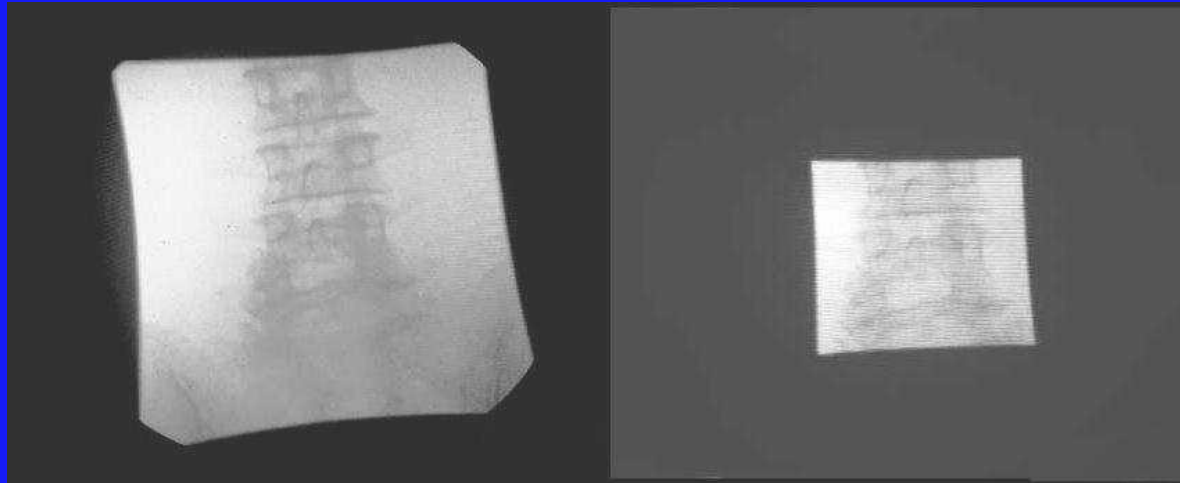


Exposición médica

Optimización en procedimientos. Consideraciones operacionales

El uso del colimador para reducir el área de exposición hasta el área de interés clínico es fundamental.

- Mejora la calidad de imagen y disminuye la radiación dispersa.
- Restringe el haz al área de interés.

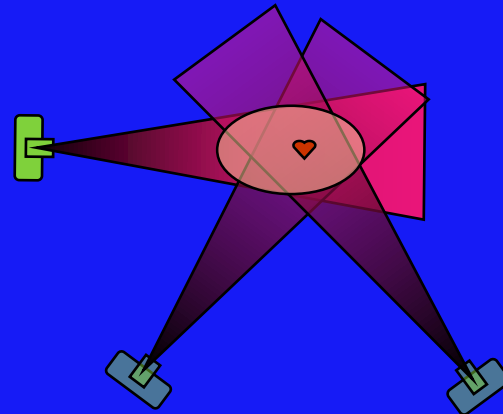


Exposición médica

Optimización en procedimientos. Consideraciones operacionales

Importancia de la colimación

1. Reduce el riesgo del efecto estocástico al paciente, reduciendo el volumen irradiado.
2. Reduce la radiación dispersa al receptor de imagen, mejorando el contraste de la imagen.
3. Reduce la exposición ambiental y por lo tanto la del personal en la sala.
4. Reduce la posibilidad del solapado de campos al reorientar el haz en ángulos diferentes.



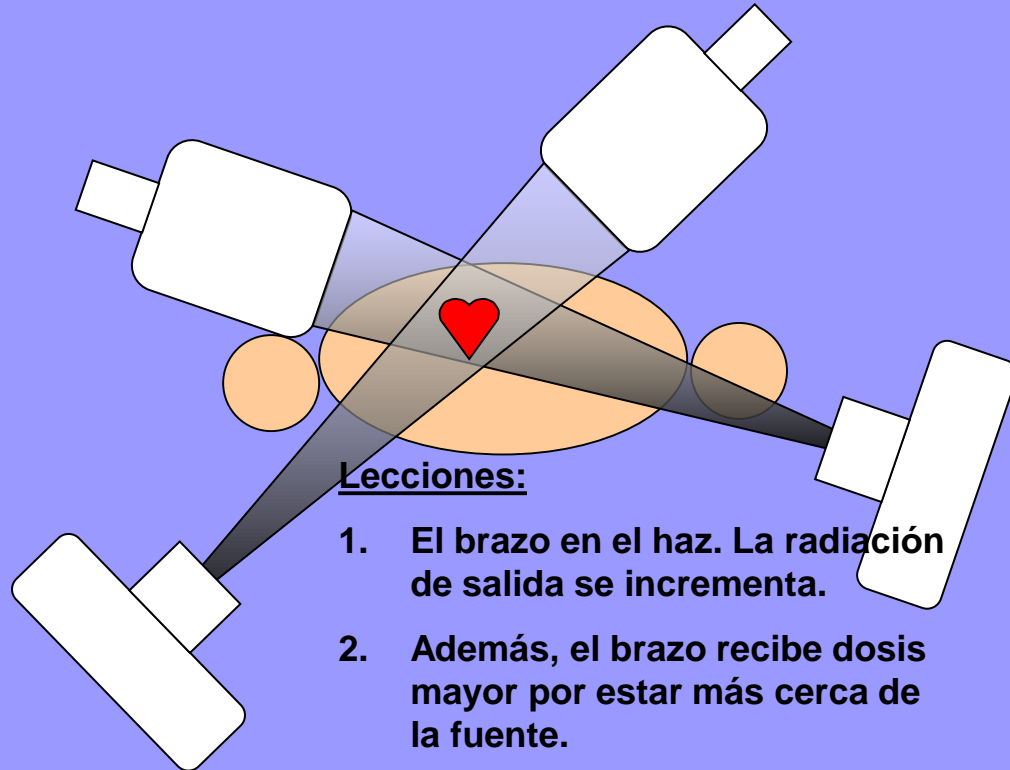
Exposición médica

Optimización en procedimientos. Consideraciones operacionales

Evitar que la posición del brazo quede dentro del haz de radiación. Muy importante y no es fácil!



PRECAUCIÓN IMPORTANTE



Lecciones:

1. El brazo en el haz. La radiación de salida se incrementa.
2. Además, el brazo recibe dosis mayor por estar más cerca de la fuente.

Control de la exposición médica.



- Calibración de equipos.
- La calibración de los equipos es una responsabilidad asignada a un físico médico (experto cualificado). Después de la calibración inicial, los intervalos para las calibraciones periódicas se pueden diferir, según la complejidad del equipo radiológico.
- Para los equipos de Radiodiagnósticos y fluoroscópico, las magnitudes dosimétricas usadas son: kerma en aire incidente, en Gy; tasa de kerma en aire incidente, en Gy·s⁻¹; y producto (kerma en aire x área), en Gy·m².
- Para TC las magnitudes más usadas son:
 - Índice de kerma en aire CT, generalmente en mGy.
 - Índice ponderado de kerma en aire de CT (CTDI ponderado), en mGy.
 - Producto CT de kerma en aire por longitud, normalmente en mGy·cm.
 - Índice volumétrico de kerma en aire CT (CTDI), generalmente en mGy.
- En mamografía, las magnitudes dosimétricas utilizadas son el kerma en aire incidente, el kerma en aire superficial de entrada y la dosis glandular media, en mGy.

Control de la exposición médica.

- Calibración de equipos.
- La instrumentación de dosimetría utilizada en una instalación de radiología debe calibrarse a intervalos apropiados. Se recomienda un período de no más de dos años.
- requiere que la calibración de la instrumentación de dosimetría sea trazable a un laboratorio de dosimetría estándar.
- La calibración cruzada de dosímetros cumple una función, para que los dosímetros que han sido calibrados oficialmente se utilicen para verificar o comparar con otros dosímetros de campo.
- La calibración cruzada también se puede utilizar como prueba de constancia como parte de las pruebas periódicas de control de calidad.



Control de la exposición médica.

- Dosimetría de los pacientes.

- Los titulares de instalaciones deben asegurarse que se realice la dosimetría de paciente en radiología diagnóstica y procedimientos intervencionistas y que se determinen las dosis típicas que reciben los pacientes para los procedimientos radiológicos realizados.
- El conocimiento de las dosis típicas en una instalación constituye la base para aplicar métodos de reducción de dosis como parte de la optimización. También permite que la instalación utilice los DRL como otra herramienta para optimizar.
- Para los procedimientos intervencionistas guiados por imágenes, se deben determinar las dosis típicas para los diferentes tipos de procedimientos realizados.
- El término “dosis típica” es la dosis media o promedio para una muestra representativa de pacientes de tamaño normal, con una calidad de imagen clínicamente aceptable.

Control de la exposición médica.

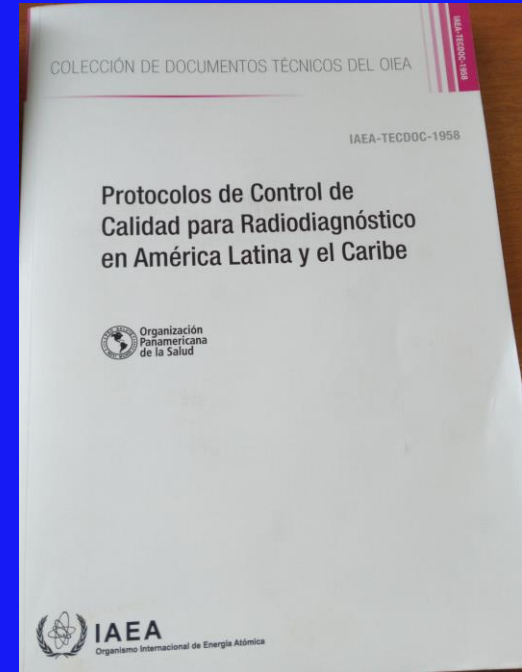
- Pruebas de Aceptación y Puesta en Servicio.

- Se deben realizar las pruebas de aceptación y puesta en servicio de los equipos instalados. Son pruebas que realiza el suministrador y acepta el Físico Médico (Experto Cualificado) responsable.
- Las **pruebas de puesta en servicio** son aquellas que realiza el Físico Médico responsable para:
 - a) Medir con todo rigor todos los parámetros que serán utilizados en los procedimientos (en la clínicas) con los pacientes.
 - b) Registrar todos los parámetros medidos adecuadamente, para generar la “LINEA BASE” que será utilizada como referencia al evaluar los resultados de los controles de calidad.



Control de la exposición médica.

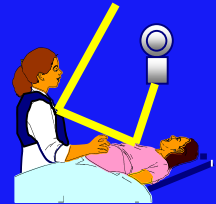
- Garantía de Calidad de las exposiciones médicas.
- Se debe contar con un programa integral de garantía de calidad para las exposiciones médicas.
- Además de las pruebas de aceptación y puesta en servicio, se requiere, periódicamente y después de mantenimientos importantes, la realización de pruebas de control de calidad.
- Existen protocolos aceptados internacionalmente para la realización pruebas de control de calidad. (Ejemplo AAPM Report No. 70, AAPM Report No. 74, OIEA TECDOC-1958).



Control de la exposición médica.

- Restricciones de dosis.

- En la instalación se deberá velar por el cumplimiento de restricciones de dosis aplicables a Cuidadores y a Voluntarios.
- El cuidador que brindará ayuda y bienestar a niños, ancianos y personas con discapacidad no deberá superar determinados valores de dosis establecidos (5 mSv).
- Se deben elaborar protocolos con medidas para optimizar la dosis que reciben los cuidadores durante los procedimientos radiológicos (es decir, tiempo, distancia y blindaje).
- Todo cuidador deberá ser informado de los riesgos y el nivel de dosis que el recibirá debido al procedimiento en el cual participa.
- El voluntario que participa en un programa de investigación biomédica deberá recibir igual nivel de protección que un paciente, pero no deberá recibir una dosis mayor que la restricción aprobada por un comité de ética.



ACOMPAÑANTE:
SI SU PRESENCIA
ES IMPRESCINDIBLE PARA
SOSTENER AL PACIENTE,
EXIJA Y USE
CORRECTAMENTE
VESTIMENTA PLOMADA
PARA
SU PROTECCIÓN

Conclusiones:

- 1) **La práctica de Radiodiagnóstico y Radiología Intervencionista es la más usada por la humanidad.**
- 2) **Se deben cumplir determinados requisitos administrativos y organizacionales para la realización de la práctica.**
- 3) **Los equipos usados en estas prácticas deben cumplir con la normativa de la IEC aplicable.**
- 4) **Las instalaciones donde se realiza la práctica deben cumplir requisitos de diseños que garanticen la protección radiológica de pacientes trabajadores y público. Blindajes apropiados.**
- 5) **Se deben cumplir requisitos que garanticen la seguridad radiológica en las exposiciones médicas, ocupacional y del público.**

