

PROTECCIÓN RADIOLÓGICA EN RADIODIAGNÓSTICO

L 7: El haz de rayos X



Subtemas

- Producción de Bremsstrahlung
- Rayos X característicos
- Filtración del haz
- Radiación dispersa
- Factores que afectan al espectro de rayos X, cantidad y calidad



Tema 7: El haz de rayos X

L 7.1: Producción de Bremsstrahlung



Interacción electrón-núcleo (1)

Bremsstrahlung:

- Pérdida de energía (E) por electrones que se frenan en su paso a través de un material
- Es la deceleración del electrón incidente por el campo coulombiano del núcleo
- La energía de la radiación (E) se emite en forma de fotones.



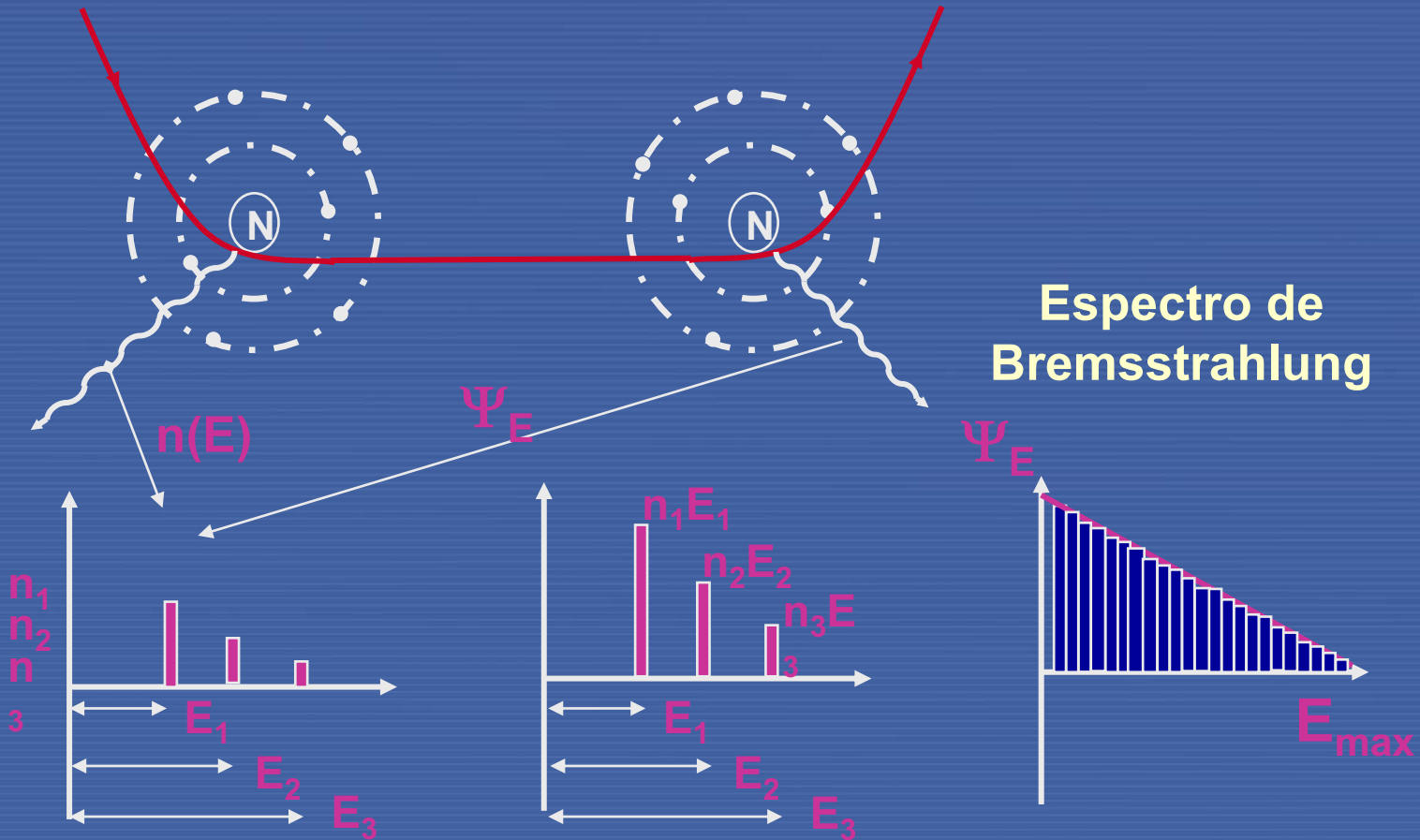
Interacción electrón-núcleo (2)

- Con materiales de alto número atómico: la pérdida de energía es mayor
- Pérdida de energía por Bremsstrahlung:
 - > 99% de la pérdida de energía cinética del electrón tiene lugar como producción de calor
 - Crece al aumentar la energía del electrón

Los RX son predominantemente producidos por Bremsstrahlung

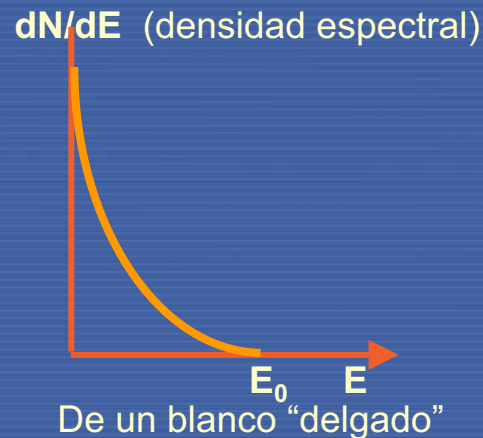


Los electrones golpean el núcleo



Espectro continuo de Bremsstrahlung

- La energía (E) de los fotones de Bremsstrahlung puede tomar cualquier valor entre “cero” y la máxima energía cinética de los electrones incidentes
- El número de fotones en función de E es proporcional a $1/E$
- Blanco grueso \Rightarrow espectro lineal continuo

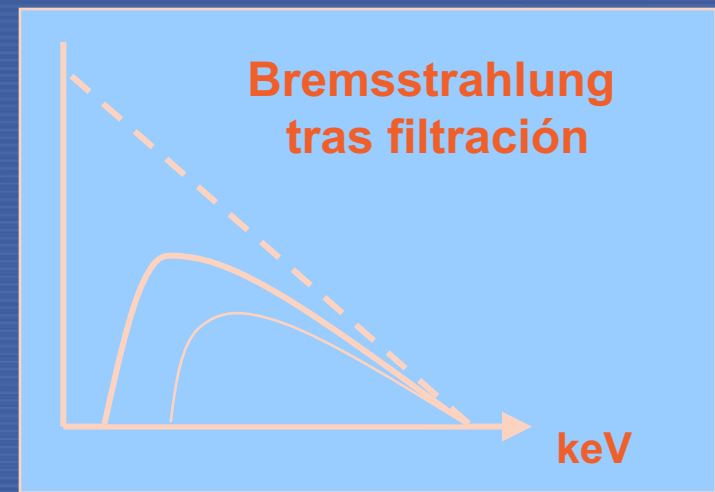
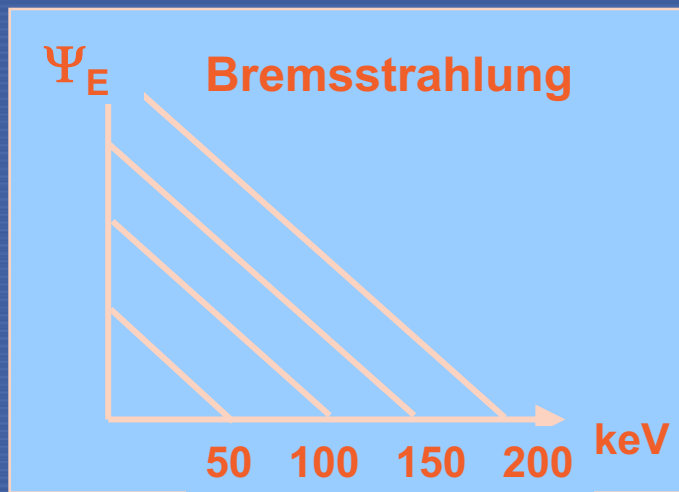


E_0 = energía de los electrones (i), E = energía de los fotones emitidos



Energía del espectro de Rx (componente continuo)

- Energía máxima de los fotones de Bremsstrahlung
 - Energía cinética de los electrones incidentes
- En el espectro de rayos X de las instalaciones de radiología:
 - Máx (energía) = Energía del pico de voltaje del tubo de rayos X



Tema 7: El haz de rayos X

L 7.2: Rayos X característicos

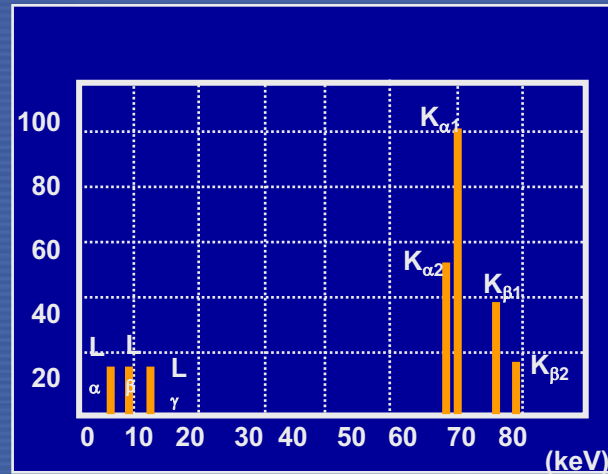
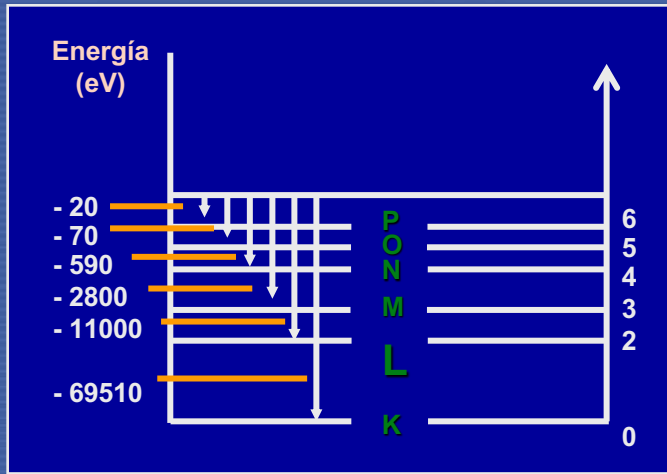


RX característicos: interacción electrón-electrón (1)

1. Comienza con la eyección de e^- principalmente de la capa K (también es posible de L, M,...) por ionización.
2. De las capas, L o M, “caen” electrones en el hueco/vacante creada en la capa K.
3. La diferencia en energías de enlace se emite como fotones.
4. Una secuencia de transiciones electrónicas sucesivas entre niveles de energía.
5. La **energía de los fotones emitidos es característica** del átomo.



Rayos X característicos (2)



A, Z y magnitudes asociadas

- Hidrógeno $A = 1$
- Carbono $A = 12$
- Fósforo $A = 31$
- Wolframio $A = 183$
- Uranio $A = 238$

Características de cada átomo

- $Z = 1$ $E_K = 13.6 \text{ eV}$
- $Z = 6$ $E_K = 283 \text{ eV}$
- $Z = 15$ $E_K = 2.1 \text{ keV}$
- $Z = 74$ $E_K = 69.5 \text{ keV}$
- $Z = 92$ $E_K = 115.6 \text{ keV}$



Radiación emitida por el tubo de Rx

- Radiación **primaria**: previa a la interacción del haz de rayos X (a la salida del tubo)
- Radiación **dispersa**: la generada tras, al menos, una interacción; necesidad de la **rejilla antidifusora**
- Radiación **de fuga**: la NO absorbida por el encapsulado que blindo el tubo de rayos X
- Radiación **trasmitida**: la que emerge tras el paso del haz por la materia



Tema 7: El haz de rayos X

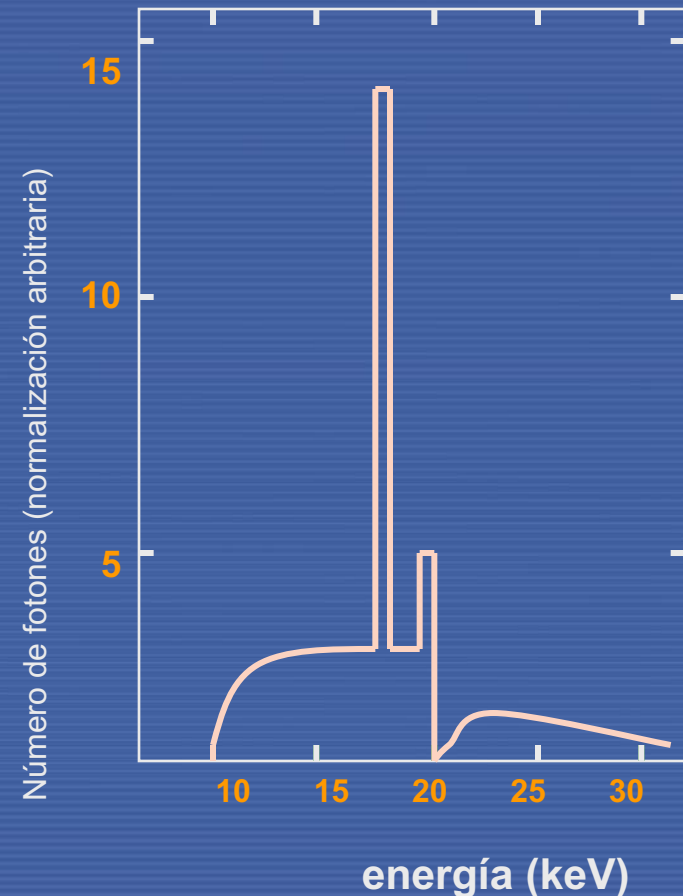
L 7.3: Filtración del haz de rayos X



¿Qué es la filtración del haz?

- Absorbente colocado entre la fuente y el objeto
- Absorbe preferentemente los fotones de menor energía, o absorbe partes del espectro (filtros de borde K)

Espectro de Rx a 30 kV de un tubo de Rx con blanco de Mo y filtración de 0.03 mm de Mo

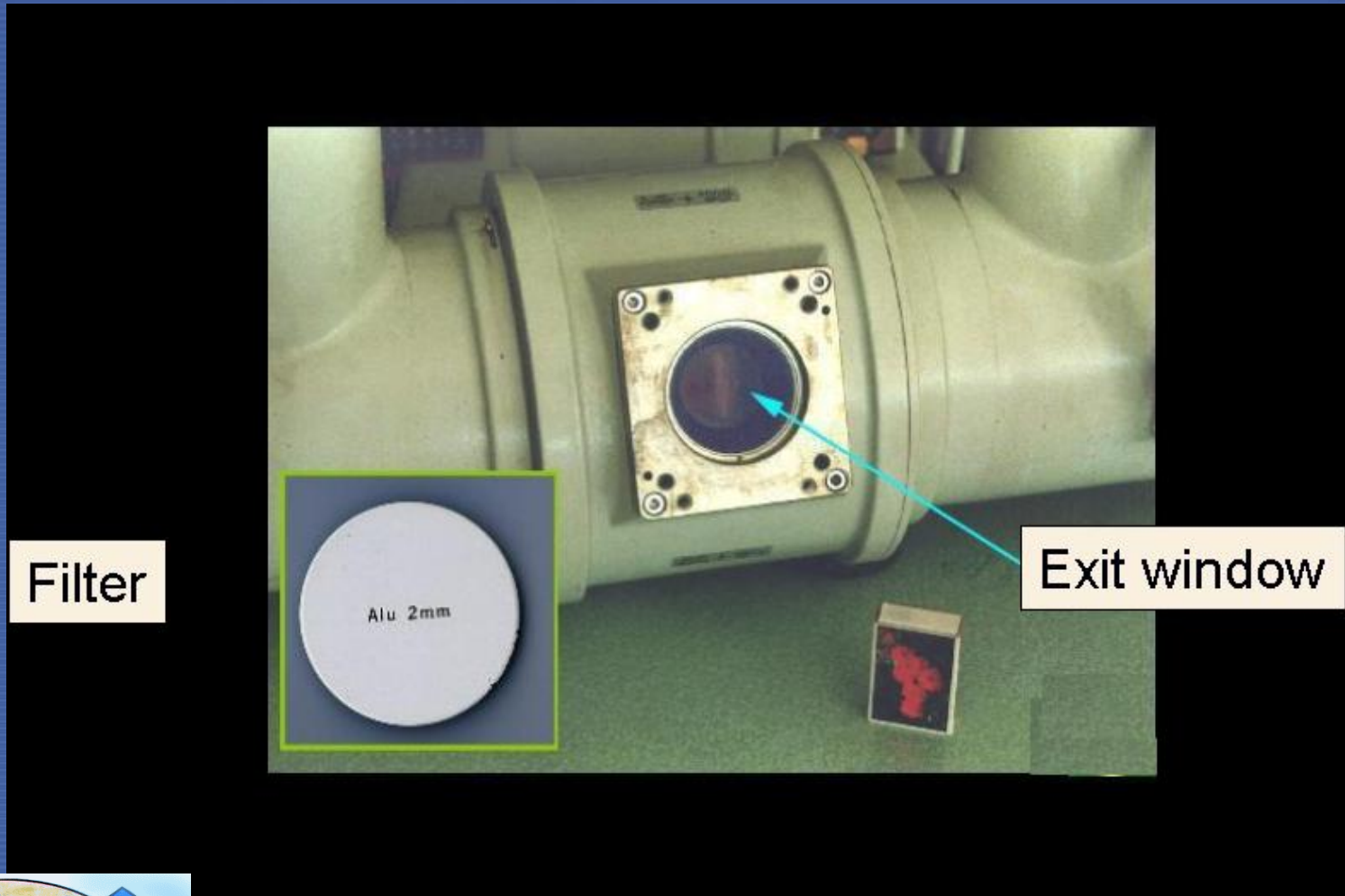


Filtración del tubo

- Filtración **inherente** (presente siempre)
 - Busca \Rightarrow dosis en piel a la entrada del paciente sea reducida (eliminación de rayos X de baja energía que no contribuyen a la imagen)
- Filtración **añadida** (filtro extraíble)
 - Reducción adicional de la dosis en los tejidos superficiales y en la piel del paciente sin pérdida de calidad de imagen
- **Filtración total (inherente + añadida)**
 - La filtración total debe ser **>2.5 mm Al** para un generador de >110 kV
 - Medida de la filtración \Rightarrow Capa hemirreductora

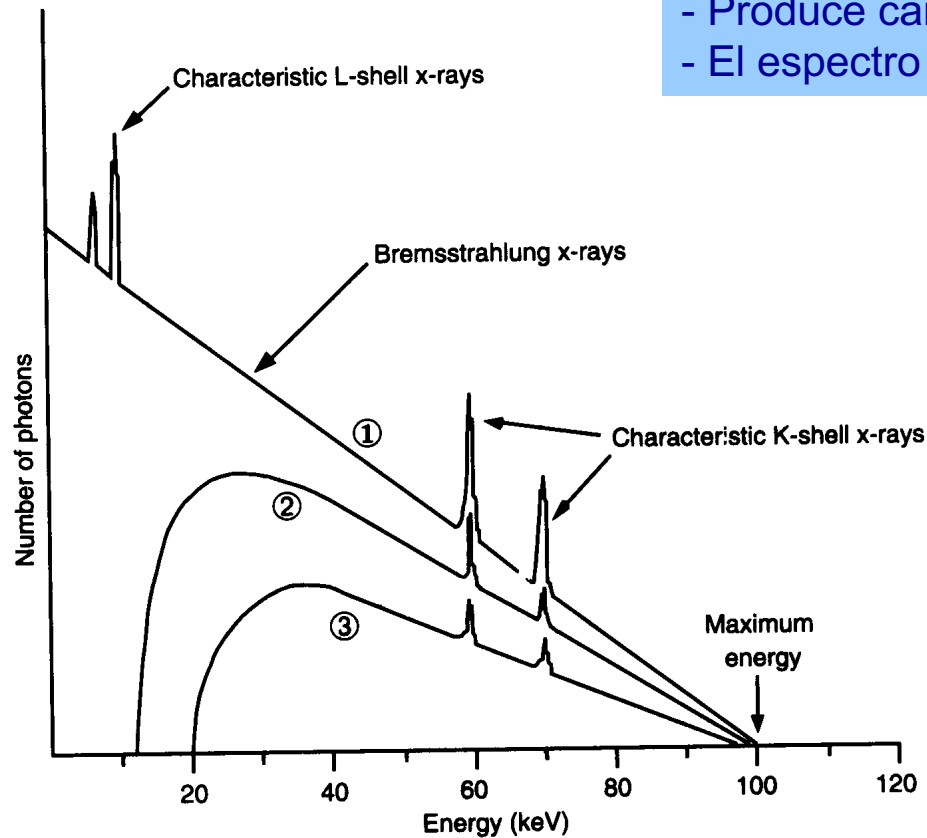


Filtración del tubo



Filtración

- Produce cambios en cantidad y en calidad de Rx.
- El espectro se desplaza hacia mayor energía



1. espectro fuera del ánodo
2. tras ventana/cápsula del tubo (filtración INHERENTE)
3. tras filtración añadida



Tema 7: El haz de rayos X

L 7.4: Radiación dispersa



Radiación emitida por el tubo de rayos X

- Radiación **primaria**: previa a la interacción del haz de Rx (salida del tubo)
- Radiación **dispersa**: la generada tras, al menos, una interacción
- Radiación **de fuga**: la NO absorbida por el encapsulado que blindo el tubo de rayos X
- Radiación **transmitida**: la que emerge tras el paso del haz por la materia
→ rejilla antidifusora



Radiación dispersa

- Efecto en la calidad de imagen
 - Aumento de la borrosidad
 - Pérdida de contraste
- Efecto sobre la dosis al paciente
 - Aumento de la dosis superficial y profunda

Posibilidades de reducción mediante:

- uso de la rejilla
- limitación del campo a la porción útil
- limitación del volumen irradiado (ej.: compresión de la mama en mamografía)



Rejilla antidifusora (1)

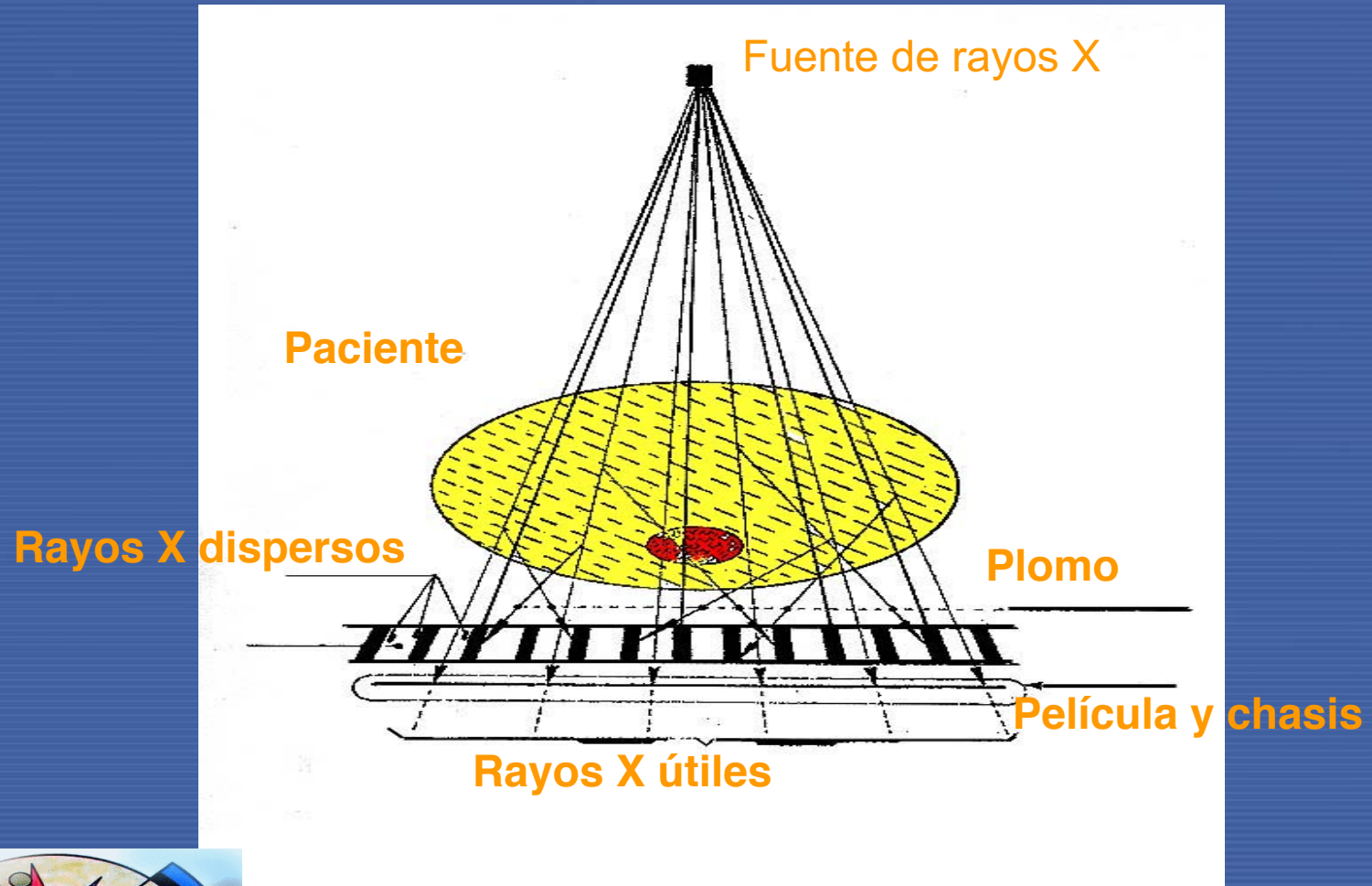
- Radiación que atraviesa/emerge del paciente
 - **Haz primario:** contribuye a la imagen
 - **Radiación dispersa:** no alcanza al detector y contribuye (parte principal) a la dosis al paciente
- La rejilla (entre paciente y película/detector) elimina la mayor parte de la radiación dispersa .

Tipos de Rejilla

- Rejilla estacionaria
- Rejilla móvil (mejor comportamiento)



Rejilla antidifusora (2)



Tema 7: El haz de rayos X

L 7.5: Factores que afectan al espectro de Rx

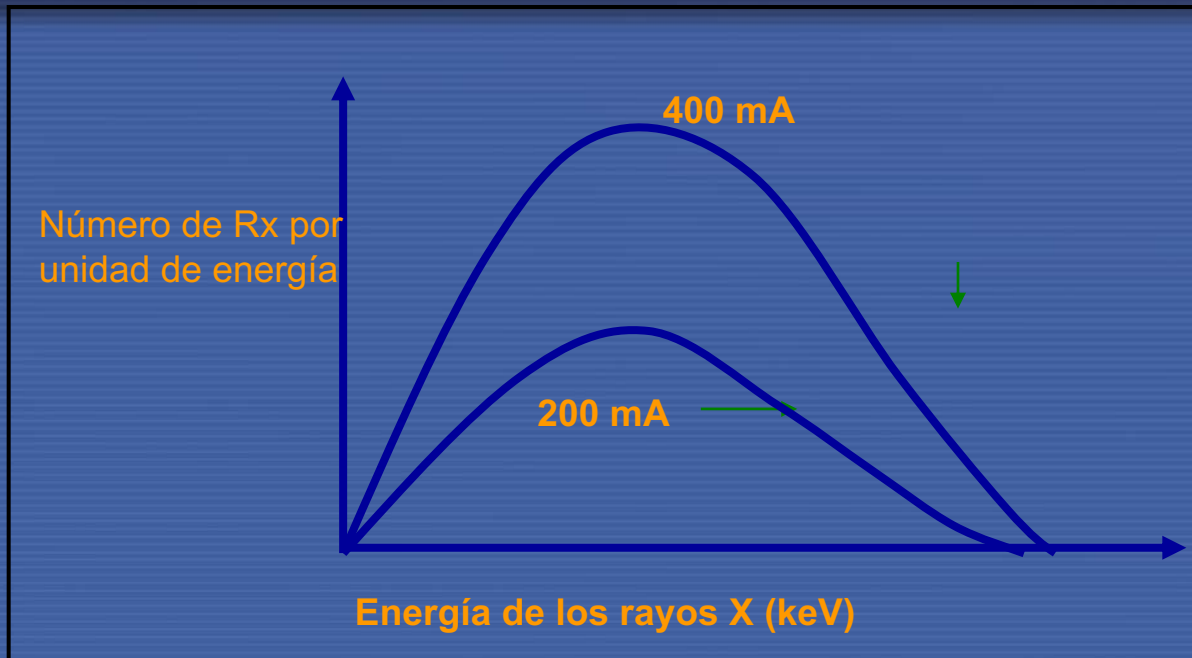


Factores que afectan al haz de Rx

- Corriente del tubo
- Potencial del tubo (kilovoltaje)
- Filtración
- Material del blanco (z) alto o bajo
- Tipo de forma de onda



Espectro de Rx: corriente del tubo/filamento

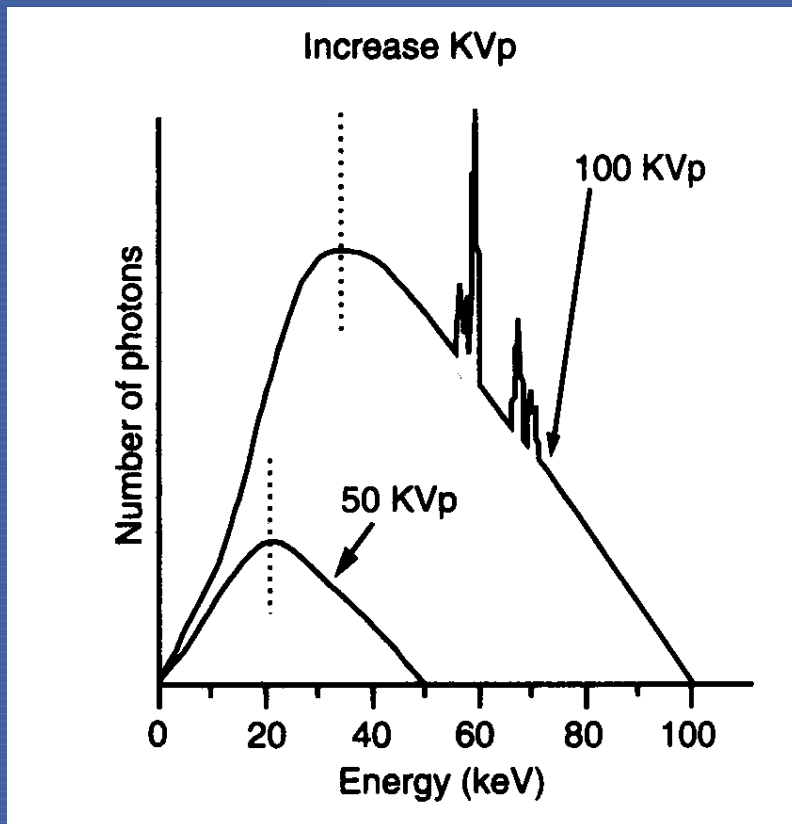


kV efectivo no cambia

Cambia la cantidad, pero no cambia la calidad



Espectro de Rx: kilovoltaje



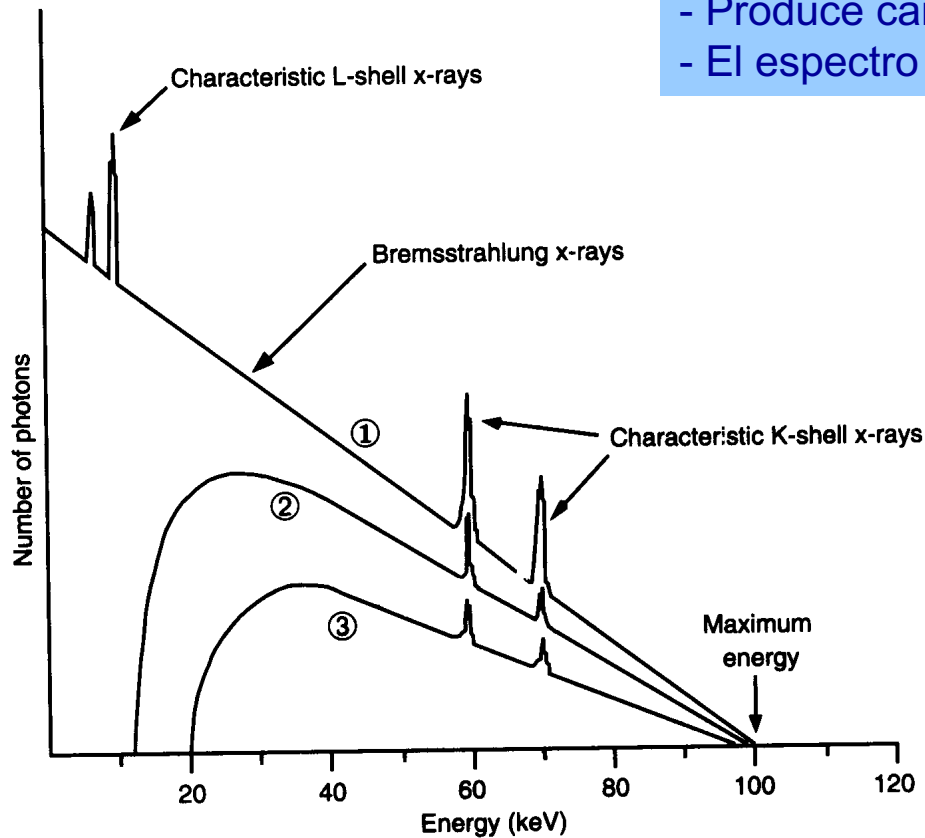
Cambio de cantidad y de calidad

- Espectro se desplaza hacia mayor energía
- Aparecen las líneas características



Espectro de Rx: Filtración

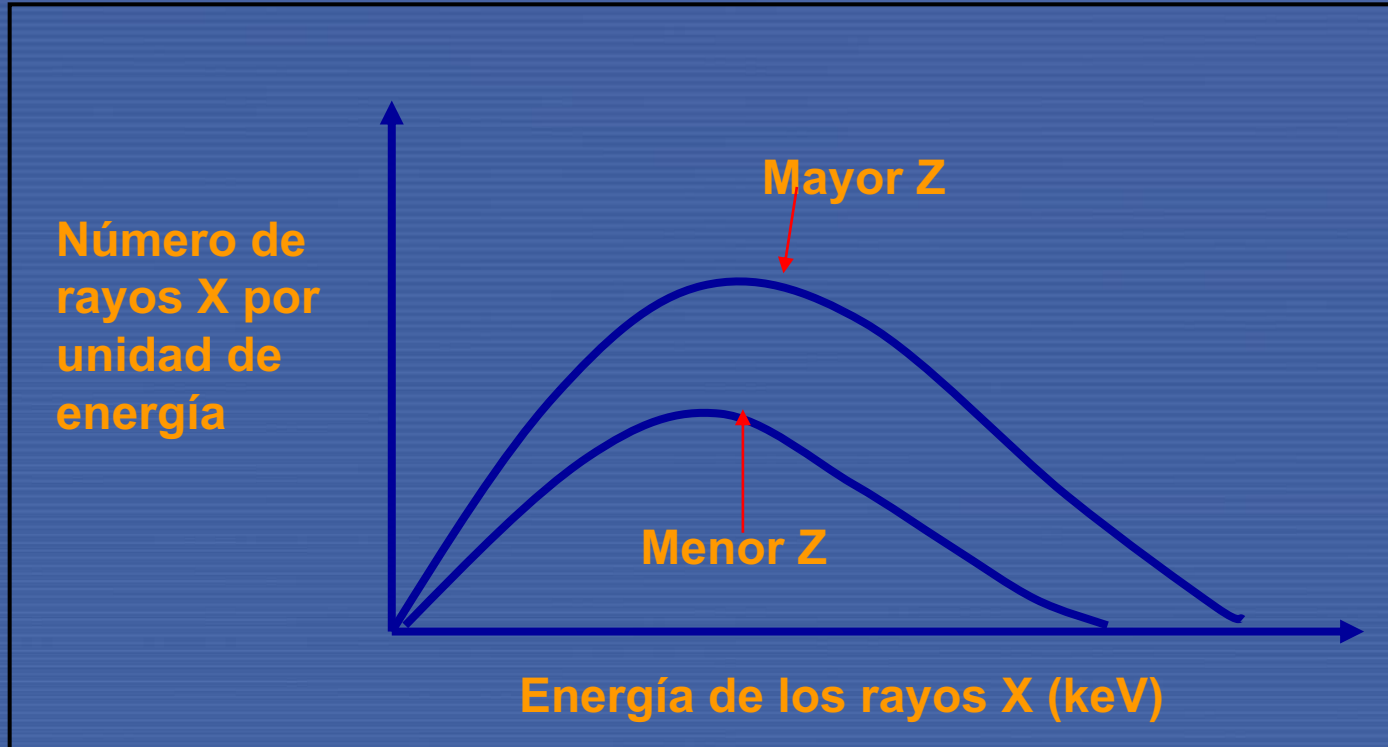
- Produce cambios en cantidad y en calidad de Rx.
- El espectro se desplaza hacia mayor energía



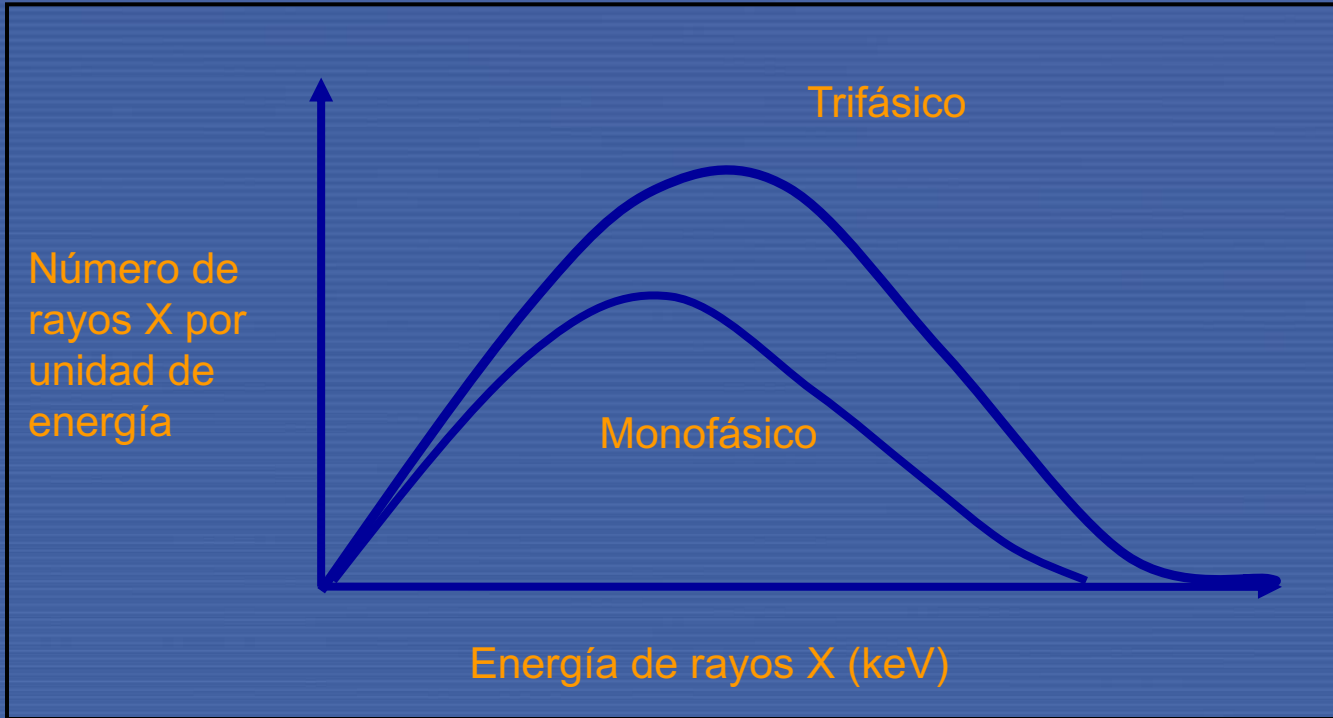
1. espectro fuera del ánodo
2. tras ventana/cápsula del tubo (filtración INHERENTE)
3. tras filtración añadida



Espectro de rayos X: (z) del blanco



Espectro de Rx: forma de onda



Factores que afectan al espectro Rx

- Cantidad de rayos X
 - Corriente del tubo (mA)
 - Tiempo de exposición (s)
 - Potencial del tubo (kVp)
 - Forma de onda
 - Distancia foco-piel (fsd)
 - Filtración
- Calidad de los rayos X
 - Potencial del tubo (kVp)
 - Filtración
 - Forma de onda

