



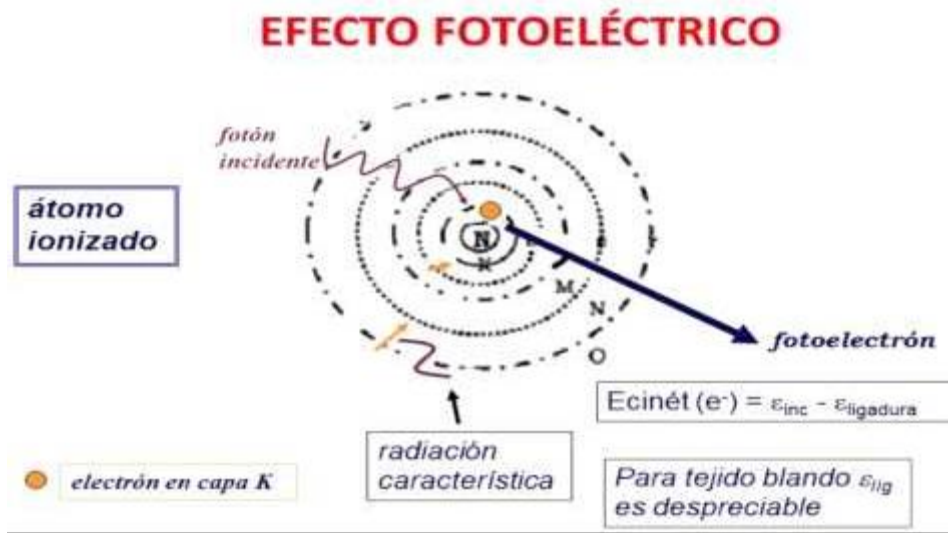
II. INTERACION DE LOS RAYOS X CON LA MATERIA

a) INTERACCIONES BASICA:

- **EFFECTO FOTOELECTRICO:** Es la interacción de un fotón con un electrón de la capa interna del átomo. El fotón entrega íntegramente su energía al electrón y desaparece, parte de esta energía se invierte en arrancar el electrón del átomo y la diferencia se manifiesta como energía cinética.

$$hf = E_{\text{enlace}} + E_{\text{cinética}}$$

La vacancia dejada por el electrón expulsado es llenada por otro electrón de una de las capas externas, emitiendo rayos x característicos cuya energía es típica del átomo en cuestión.



- **EFFECTO COMPTON:** Viene hacer la interacción entre un fotón y un electrón de la capa externa del átomo. Es casi independiente del número atómico. Disminuye con el aumento de energía del fotón incidente. En cada colisión parte de la energía es dispersada y parte es transferida al electrón, la



cantidad depende del ángulo de dispersión del fotón y la energía del fotón incidente.

- Interacción entre un fotón y un electrón
- $h\nu = E_a + E_s$ (se conserva la energía)
 - E_a : energía transferida al átomo
 - E_s : energía del fotón disperso
 - Se conserva el momento en las distribuciones angulares
 - A baja energía, la mayor parte de la energía inicial es dispersada
- ej: $E_s > 80\% (h\nu)$ si $h\nu < 1 \text{ keV}$
 - Al aumentar Z , aumenta la probabilidad de interacción.
 - En el rango de energías del diagnóstico, el efecto Compton es prácticamente independiente de Z
 - La probabilidad de interacción disminuye al aumentar h .

Dispersión Compton y densidad de los tejidos

El efecto Compton varía de acuerdo con:

- La energía (relacionada con el kV del tubo de rayos X) y con el material
- Reducir $E \downarrow$ el proceso de dispersión Compton $\approx 1/E$

Incrementar E supone reducir el ángulo de desviación del fotón.

Coeficiente de atenuación másico \approx constante con Z

- Efecto proporcional a la densidad de electrones en el medio
- Pequeña variación con el número atómico (Z)

b) ABSORCION DIFERENCIAL:



La imagen obtenida por los rayos X es el resultado de la diferencia entre los rayos X absorbidos fotoeléctricamente y los que no son absorbidos totalmente.

La imagen radiográfica se forma con aprox. El 2% del 1% de la energía que consume la máquina.

- **CONTRASTE:**

- Depende de la CALIDAD de los rayos x en el haz de radiación.
- El factor que modifica el contraste radiográfico son los kv.
- El único parámetro que influye en el contraste son los Kv, y lo hace de la siguiente manera:

A ↓ la tensión ↑ (kv) el contraste

A ↑ la tensión ↓ (Kv) el contraste

Se necesita cambiar como mínimo 4 kv para que sean perceptibles los cambios.

Esto es porque al aumentar el Kv aumenta la capacidad de penetración del haz, y como consecuencia el contraste será menor, y viceversa, por este motivo utilizamos en el tórax parénquima un alto kv para atravesar costillas y ver pulmón y en el óseo una técnica de bajo Kv pues necesitamos mucho contraste entre las distintas estructuras torácicas.



ALGUNOS FACTORES QUE AFECTAN AL CONTRASTE

❖ CONTRASTE EN EL OBJETO O RADIOGRÁFICO:

- Espesor de tejidos
- Densidad de tejidos
- Densidad electrónica en los tejidos
- Número atómico efectivo Z
- Energía de los rayos X en kV
- Espectro de rayos X (filtro de Al)
- Rechazo de radiación dispersa

▪ COLIMADOR

▪ REJILLA

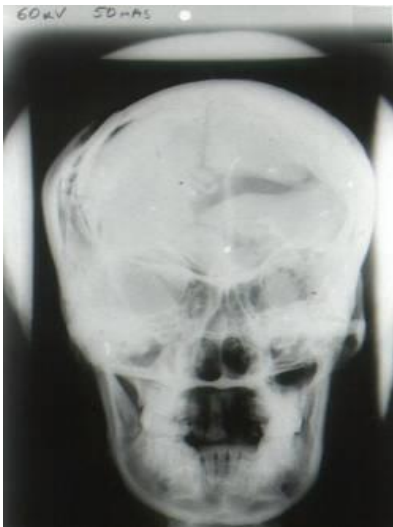
❖ CONTRASTE EN LA IMAGEN:

- Contraste radiográfico
- Características de la película
- Características de la pantalla de refuerzo
- Nivel de discriminación de TC y DSA



El contraste de la imagen puede realizarse eligiendo un kV_p menor para aumentar las interacciones fotoeléctricas. Se requiere un mayor kV cuando el contraste es alto

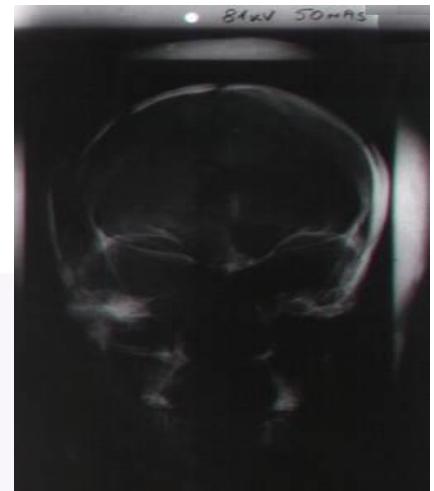
60 kV. 50



70 kV. 50



80 kV. 50 mAs



- **ATENUACION:** La radiación es atenuada cuando se coloca un blindaje delante de la fuente, la atenuación es de forma exponencial.



Ley de atenuación exponencial de los fotones

Cualquier interacción \Rightarrow cambio en la energía del fotón y/o en la dirección

Tiene en cuenta todos los efectos: Compton, fotoeléctrico,...

$$\frac{dI}{I} = -\mu dx$$

$$I_x = I_0 \exp(-\mu x)$$

- I : número de fotones por unidad de área y por segundo [s^{-1}]
- μ : coeficiente de atenuación lineal [m^{-1}]
- μ/ρ [$m^2 \cdot kg^{-1}$]: coeficiente de atenuación másica
- ρ [$kg \cdot m^{-3}$]: densidad del material

Coeficientes de atenuación

La atenuación lineal depende de:

- ❖ Las características del medio (densidad ρ)
- ❖ La energía de los fotones del haz

Coeficiente de atenuación másico: μ/ρ [$\text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$]

- ❖ μ/ρ es idéntico para agua y vapor de agua (diferente ρ)
- ❖ μ/ρ es similar para aire y agua (diferente μ)

Atenuación de un haz heterogéneo

- ❖ Diversas energías \Rightarrow Ya no hay atenuación exponencial
- ❖ Eliminación progresiva de fotones a través de la materia
- ❖ Energías menores preferentemente
- ❖ Este efecto se usa en el diseño de filtros \Rightarrow efecto de endurecimiento del haz

Atenuación de un haz de rayos X:

- ❖ aire: despreciable
- ❖ hueso: significativa debido a su relativa alta densidad (número de masa atómica del Ca)
- ❖ Tejido blando (ej., músculo,..): similar al agua
- ❖ Tejido adiposo: menos importante que en agua
- ❖ pulmones: débil debido a la densidad:
 - Los huesos pueden permitir ver estructuras pulmonares con más alto kVp (reduciendo el efecto fotoeléctrico)



- Las cavidades corporales se hacen visibles por medio de productos de contraste (yodo, bario).

c) CAPA HEMIRREDUCTORA(CHR):

CHR: espesor que reduce la intensidad del haz al 50%

La definición sirve estrictamente para haces monoenergéticos, en haz heterogéneo, efecto endurecedor:

$$\frac{I}{I_0} = \frac{1}{2} = e^{(-\mu_{CHR})}$$

$$CHR = 0.693/\mu$$

CHR depende del material y de la energía de los fotones

La CHR caracteriza la calidad del haz

Modificación de la calidad del haz mediante filtración

CHR (haz filtrado) \neq CHR (haz antes del filtro)