

09.59.09

C.N.E.A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
Nº 1	AÑO 1959

REPUBLICA ARGENTINA

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA

CURSO DE APLICACION DE RADIOISOTOPOS

INSTRUMENTACION PARA RADIODOSIMETRIA
CON FINES SANITARIOS

R. I. 22m

INSTRUMENTACION PARA RADIODOSIMETRIA CON FINES SANITARIOS

El propósito de las mediciones radiodosimétricas es la determinación de las energías transferidas por gramo de tejido irradiado.

Estas determinaciones pueden obtenerse de dos maneras diferentes:

a) Por métodos indirectos, midiendo los parámetros de significación de las fuentes de radiación, sean externas o internas, y calculando las dosis a partir de ellos.

En el caso de las fuentes externas se mide generalmente la actividad de la fuente o el flujo de partículas o fotones en el punto de interés y la energía de esas partículas o fotones. Sólo si los instrumentos son calibrados con fuentes patrones de la misma energía que la de la radiación en cuestión, las dosis pueden obtenerse directamente. Habitualmente se usan contadores Geiger-Muller, scintiladores y films fotográficos para este fin.

b) Por métodos directos, midiendo la energía absorbida en materiales tejido-equivalentes, o en aire si puede establecerse una relación entre la dosis en aire y la dosis en el tejido.

Habitualmente las energías involucradas son demasiado pequeñas como para permitir el uso de métodos tales como el calorimétrico en determinaciones de rutina. Este método, no obstante, puede servir como calibración primaria en caso de muy altas dosis por unidad de tiempo.

Los métodos directos usuales de determinación de dosis se basan en la medición, en diversas condiciones, de la ionización de un gas causada por la radiación. (Cámaras de ionización).

Cámaras basadas en el principio de Bragg y Gray

En estas cámaras se mide la dosis absorbida en las paredes de la cámara por su relación con la ionización causada en el gas interior. Si el material de las paredes es similar al biológico en su comportamiento frente a la radiación, estas cámaras miden directamente la dosis en tejidos (cámaras tejido-equivalente).

En un material irradiado con radiación γ , a una profundidad mayor que el alcance máximo de los electrones puestos en movimiento (gráfico 1), existe un "equilibrio con la radiación secundaria", de modo que la energía de los e-

lectrones absorbida por unidad de masa es igual a la energía de los rayos γ absorbida por unidad de masa.

Si en un punto de un material donde existe equilibrio con la radiación se cundaria, es introducida una pequeña cavidad llena de un gas de igual composición atómica que el material, entonces la energía absorbida por gramo de gas al ionizarse es igual a la energía de la radiación γ absorbida por gramo del material. Por lo tanto

$$N \cdot W = D$$

donde N es el número de pares de iones formados en el gas por gramo; W es la energía absorbida en la producción de un par de iones, y D es la energía de la radiación γ transferida por gramo de material, o sea la dosis en ese material.

Si el gas no es de la misma composición atómica que el material, la fórmu la anterior debe incluir un factor de corrección llamado poder relativo de fre namiento para electrones (f). Este factor es el cociente de las energías trans feridas por g/cm^2 de recorrido de los electrones secundarios en el gas y en el material en cuestión. En este caso resulta

$$D = N \cdot W \cdot f$$

(Esta relación fué primero enunciada por Bragg (1912) e independientemente por Gray (1929)).

En la construcción o elección de un dosímetro de "pequeña cavidad" deben tenerse en cuenta los siguientes puntos:

a) El espesor de la pared debe ser suficiente para que se alcance el equi librio con la radiación secundaria (espesor mayor que el alcance del electrón más energético). Por otra parte la pared no debe atenuar el haz en más que en una muy pequeña fracción, de modo que las lecturas sean representativas del pun to medido. En los dosímetros generalmente usados, la atenuación en la pared es del 1 al 2% solamente.

b) Las dimensiones de la cavidad deben ser suficientemente pequeñas como para no influir en la condición de equilibrio con la radiación secundaria. Nor malmente las dimensiones lineales son menores que un décimo del alcance del e- lectrón más energético.

Colocando electrodos polarizados en la cavidad puede recolectarse la carga liberada por ionización. La figura 1 representa un esquema de este tipo de cámara.

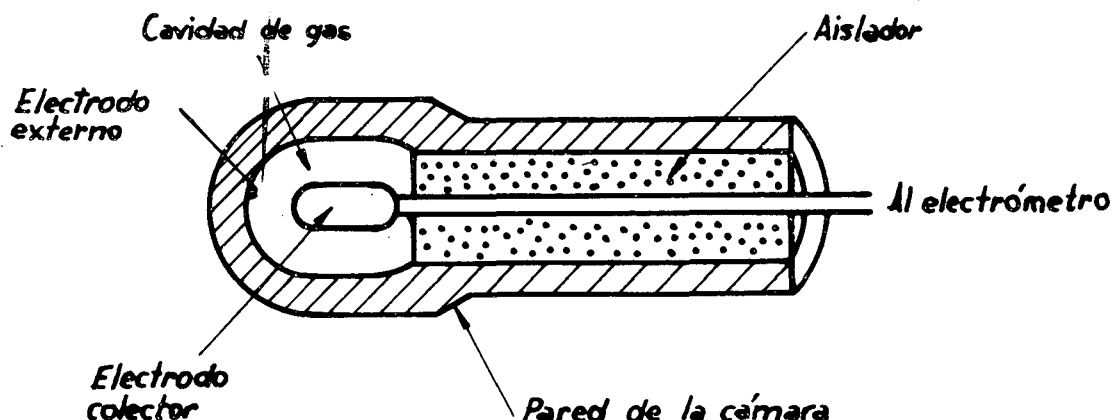


FIGURA 1

La dosis absorbida resulta proporcional a la carga total liberada por ionización, o sea:

$$D = W \cdot \rho \cdot \frac{Q}{V \cdot \delta \cdot \epsilon}$$

donde D , ρ y W mantienen su significado anterior, Q es la carga total liberada por ionización, V es el volumen del gas, δ es la densidad del gas y ϵ es la carga de un ion (4.8×10^{-10} uee).

La carga recolectada puede ser medida de diversas maneras. Puede hacerse circular por un circuito exterior y determinar la dosis por unidad de tiempo midiendo la intensidad de la corriente. Otra posibilidad es cargar el capacitor constituido por los electrodos a una diferencia de potencial dada (v) y conocida la capacidad (c) de la cámara determinar la dosis total durante un tiempo dado midiendo la disminución de potencial ($Q = \frac{\Delta v}{c}$). Los "dosímetros de bolsillo" de escala de 200 milirad son de este último tipo; tienen una capacidad de alrededor de $3.5 \mu F$ y un volumen de unos 5 cm^3 . Se cargan a unos 150 volt mediante una fuente filtrada y la lectura se hace por medio de un electrómetro a fibra de cuarzo.

En las cámaras de ionización para monitoreo de áreas, se hace circular la corriente de ionización a través de una resistencia muy alta y se mide la caída de potencial entre los extremos (con un circuito a válvula electrométrica).

Las cámaras "a pequeña cavidad" dan información sobre la dosis que se absorbería en tejido humano si la composición atómica de la pared de la cámara es similar a la de éste.

Si la pared es "aire equivalente", y si los fotones tienen energías entre 0.1 y 2.5 MeV, la dosis media y la dosis en tejido están en una relación aproximadamente constante. A energías menores de 0.1 MeV la absorción por efecto fotoeléctrico hace que la relación se haga "dependiente de la energía".

Cámaras de aire libre

Estas cámaras se usan como patrones primarios para la medición de exposiciones. En estas cámaras el volumen es mucho mayor que la zona donde ocurre la ionización primaria, de modo de recoger todos los iones provenientes de la ionización secundaria causada por los electrones puestos en movimiento por la radiación.

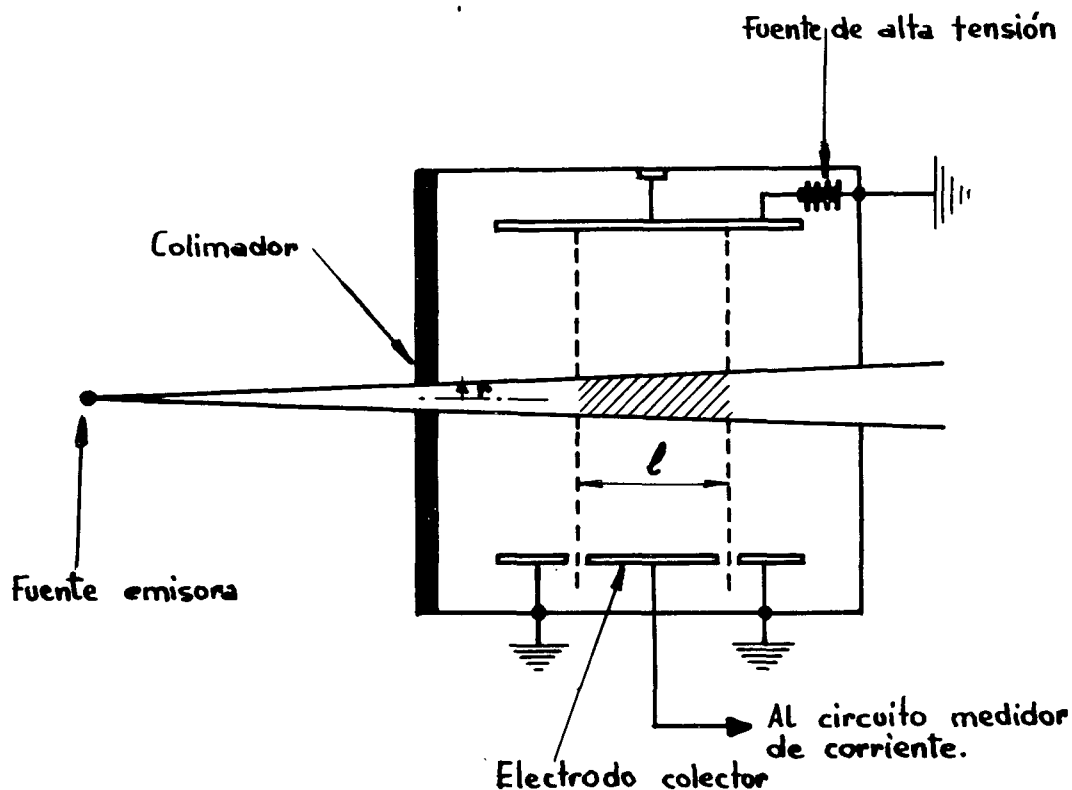


FIGURA 2

Consisten en una cámara blindada con un colimador de entrada. La fuente de radiación debe ser suficientemente lejana como para permitir un haz prácticamente paralelo dentro de la cámara.

Los electrodos están a una distancia del haz mayor que el alcance de los electrones secundarios más energéticos.

El campo eléctrico debe ser paralelo y esto se consigue con electrodos suplementarios, de los cuales no se saca corriente de ionización a medir.

De esta manera, el volumen (V) donde ocurre la interacción primaria de la radiación γ o X que origina la ionización que se mide, está dado por:

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot l$$

donde r es el radio de la entrada del colimador y l es la longitud del electrodo colector. En ese volumen se transfiere energía de la radiación a electrones, los que luego la disipan en un volumen mayor, definido por la distancia entre los electrodos.

Si i es la corriente de ionización obtenida, la exposición en Roentgen/sec, resulta:

$$E = \frac{i}{\pi \cdot r^2 \cdot l} \cdot \left(3 \times 10^9 \frac{\text{uee}}{\text{seg. Amp.}} \right) \cdot \left(1 \frac{\text{Roentgen}}{\text{uee /cm}^3} \right)$$

Las dimensiones lineales de la cámara pueden ser reducidas aumentando la presión de gas, de modo de disminuir el alcance de los electrones. Estas cámaras son demasiado pesadas y voluminosas para mediciones de rutina y son sólo usadas como patrones primarios de calibración.

Dosimetría con film fotográfico

Este tipo de dosimetría es usado ampliamente para el monitoreo del personal expuesto profesionalmente a radiaciones.

Los films constan de cristales de bromuro de plata suspendidos uniformemente en gelatina. Cuando la radiación atraviesa la emulsión se liberan electrones y algunos átomos de plata se neutralizan (se reducen), formándose una "imagen latente". Si se añade un agente reductor débil, los cristales que tienen "núcleos reducidos" completan su reducción. Este proceso es el revelado del film. Mediante algunos ácidos débiles, tales como el ácido acético, se detiene el proceso de revelado y subsiguientemente se eliminan los cristales no desarrollados con soluciones de tiosulfato. Este proceso se denomina fijado del film.

El velado del film está relacionado con la exposición a la cual estuvo sometido. Este velado suele expresarse cuantitativamente por la densidad óptica del film revelado (D) definida por:

$$D = \log \frac{I_0}{I}$$

siendo I la intensidad de un haz luminoso cualquiera incidente sobre el film e I la intensidad del haz emergente. Puede demostrarse que $D = 0,43 \text{ a.n.}$, donde a es el área promedio de cada grano velado y n el número de granos velados por unidad de área del film.

Las densidades ópticas son medidas con densitómetros, que consisten en una fuente luminosa, una fotocélula y un circuito medidor de corriente. *

Para bajas exposiciones, la densidad óptica es prácticamente proporcional a la exposición; a valores altos la relación se aparta de la linealidad. El tipo de curva es relativamente independiente de la energía de la radiación; no obstante, los valores absolutos dependen mucho de esa energía. Por este motivo, para determinar las dosis recibidas durante el trabajo con radiaciones, se debe tener información sobre las energías involucradas. Esto resulta normalmente difícil de obtener y por lo tanto debe incluirse en el sistema dosimétrico alguna manera de estimar la energía de la radiación.

Habitualmente los film son cubiertos parcialmente por diversos absorbentes. La energía aparente de la radiación puede determinarse por la relación entre las densidades de zonas blindadas y descubiertas.

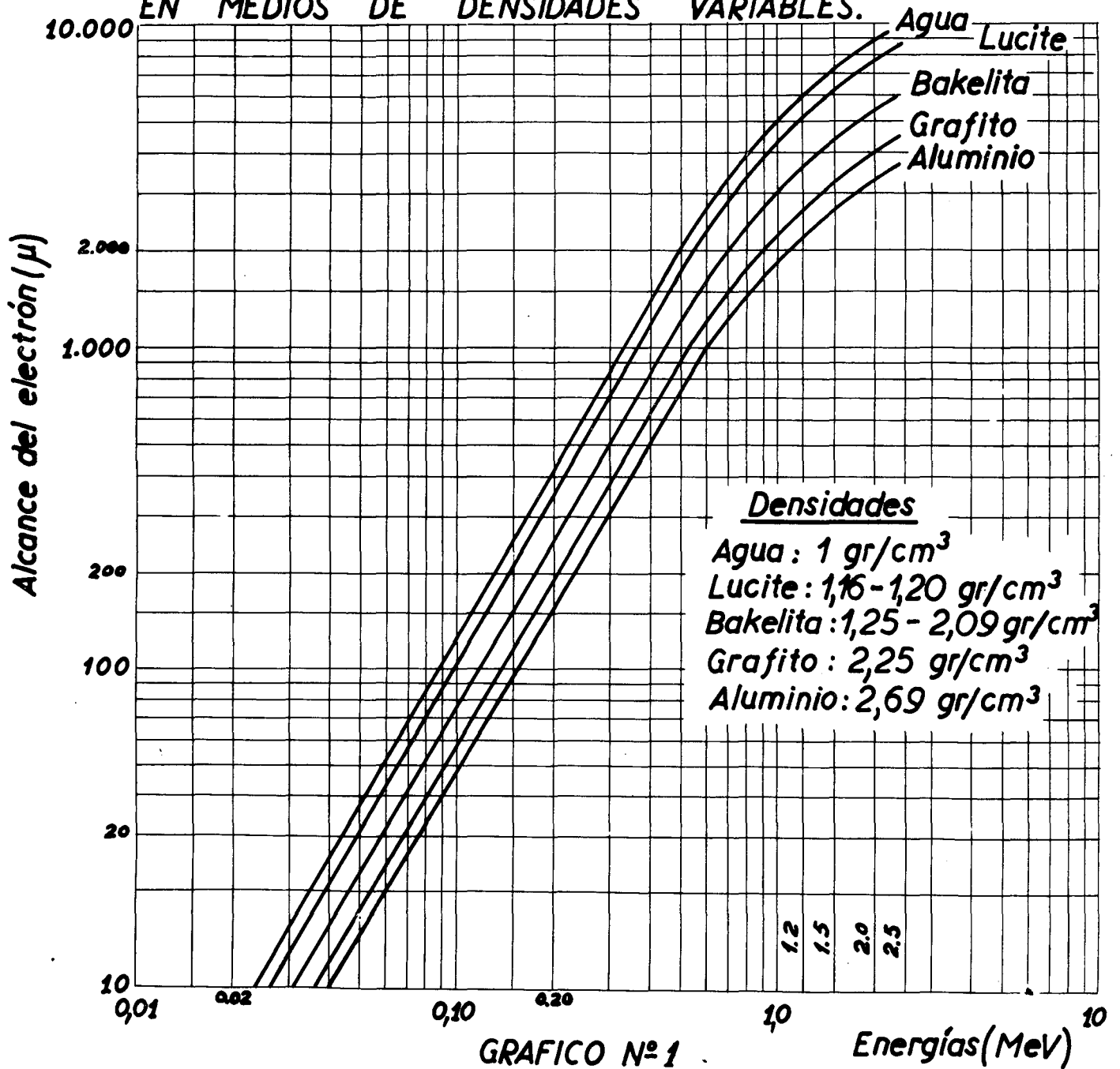
Para calibrar el sistema fotográfico de monitoreo se exponen films a exposiciones conocidas, producidas por radiaciones de energía diversa. De esta manera se obtienen varias curvas de densidad contra exposición. (Gráfico 2)

Con los films cuya exposición se quiere determinar se sigue el siguiente procedimiento:

- a) se estima la energía aparente de la radiación según lo mencionado anteriormente;
- b) entrando en la curva de energía correspondiente se obtiene la exposi-ción.

El revelado de los films de calibración y de los usados como monitores debe hacerse simultáneamente. Las condiciones de temperatura del baño, agitación y tiempo de revelado influyen fuertemente sobre la relación densidad-exposición y deben ser mantenidos bajo estricto control.

ALCANCE DE LOS ELECTRONES DE DIVERSAS ENERGÍAS
EN MEDIOS DE DENSIDADES VARIABLES.



GRAF. Nº2 - METODO DE CALIBRACION DE FILM-DOSIMETROS -

