



MX0300306

RADÓN - INSTRUMENTACIÓN

Augusto Moreno y Moreno
Departamento de Apoyo en Ciencias Aplicadas
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
4 Sur 104, Centro Histórico 72000 Puebla, Pue.

Resumen

La presentación de los métodos **activos** y **pasivos** para radón, su identificación y medida, instrumentación y características son los objetivos de este trabajo.

Detectores activos: Active Alpha Cam Continuos Air Monitor, Model 758 de Victoreen, Model CMR-510 Continuos Radon Monitor de la Firma Femto-Tech.

Detectores pasivos: SSNTD Detectores de Trazas en Sólidos, Measurement Using Charcoal Canisters, disco de carbón activado depositado en una caja metálica, Electrets Methodology.

Introducción

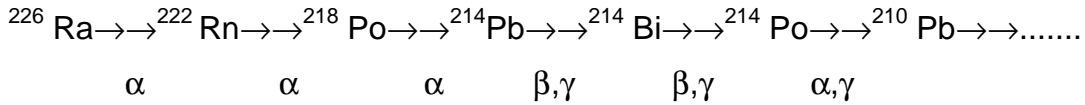
La determinación de radón resulta ser un tema que debe ser atendido a nivel internacional por los sectores de investigación, de protección poblacional y de conservación del medio ambiente.

La literatura internacional especializada publica entre ocho a diez trabajos anualmente en la revista mensual de la Health Physics Society de los Estados Unidos de Norteamérica. En los EUA. la determinación de radón ha sido realizada a nivel nacional. (Consultar: <http://www.epa.gov/iaq/radon/zonemap.html>)

En México se han publicado muchos trabajos sobre **detectores pasivos** por investigadores del Instituto de Física de la UNAM, encabezados por Guillermo Espinosa García ^(1,2,3,4); por María de Nuria Segovia Aguilar y por Miguel Balcázar García del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares y por Trinidad Martínez Castillo de la Facultad de Química de la UNAM ⁽⁵⁾ en el campo de detectores activos.

El objetivo de este trabajo es ofrecer a los sectores de investigación, información sobre los **detectores activos** (Active Radon Monitor) y del mismo modo información sobre los **métodos pasivos** de detección de radón más utilizados a nivel internacional.

Diagrama de decaimiento del Radio 226



Designación química y vida media

${}^{226}\text{Ra}$ Radio;	${}^{222}\text{Rn}$ radón;	${}^{218}\text{Po}$ Radio A;	${}^{214}\text{Pb}$ radio B;	${}^{214}\text{Bi}$ Radio C;	${}^{214}\text{Po}$ Radio C'
1600 años	3.82 días	3.05 min.	26.8 min.	19.7 min.	0.00016 s

Método analítico

La expresión analítica que describe el decaimiento de la serie del radio y su progenie es descrita en el método de aplicación de ecuaciones diferenciales de H. Batemen⁽⁶⁾.

Sea N_n el número de átomos del elemento n , $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3 \dots \lambda_n$ las constantes de decaimiento de la serie radiactiva:

$$N_n = N_n = C_1 e^{\lambda_1 t} + C_2 e^{\lambda_2 t} + C_3 e^{\lambda_3 t} + C_4 e^{\lambda_4 t} \dots + C_n e^{\lambda_n t} \quad (1)$$

Para radón y su progenie asignemos los subíndices A, B, C, C':

Para Ra:

$$R_n = \text{constante}$$

Para RaA:

$$IR_n (1 - e^{-\lambda_a t}) \quad (2)$$

Para RaB:

$$IR_n (1 - \lambda_b / (\lambda_b - \lambda_a)) * e^{-\lambda_a t} - \lambda_a / (\lambda_a - \lambda_b) * e^{-\lambda_b t} \quad (3)$$

Para Ra C.

$$IRn \left(1 - \frac{\lambda_b}{(\lambda_b - \lambda_a)} * \frac{\lambda_c}{(\lambda_c - \lambda_a)} * e^{-\lambda_a t} - \frac{\lambda_a}{(\lambda_a - \lambda_b)} * \frac{\lambda_c}{(\lambda_c - \lambda_b)} * e^{-\lambda_b t} - \frac{\lambda_a}{(\lambda_a - \lambda_c)} * \frac{\lambda_b}{(\lambda_b - \lambda_c)} * e^{-\lambda_c t} \right) \quad (4)$$

$$\text{para Ra C}'' : Ic'' = Ic \quad (5)$$

Insertando los valores numéricos de vidas medias de los elementos en las ecuaciones (2) al (5) se obtiene:

$$\text{Para Rn: } IRa = IRn$$

Para RaA:

$$IRn \left(1 - e^{-t/3.05} \right) \quad (6)$$

Para RaB:

$$IRn \left(1 + 0,128 * e^{-t/3.05} - 1.128 * e^{-t/26.8} \right) \quad (7)$$

Para RaC:

$$IRn \left(1 - 0.0235 * e^{-t/3.05} - 4.2594 * e^{-t/26.8} - 3.2829 * e^{-t/19.7} \right) \quad (8)$$

En la figura 1 se muestran las curvas correspondientes a las ecuaciones (6), (7), (8), graficadas en escala semilogarítmica. La curva creciente de RaB indica que el equilibrio se establece después de aproximadamente 10 vidas medias.

DETECTORES ACTIVOS

El modelo 758 Alpha Cam de la firma Victoreen es un diseño de microprocesador de alta tecnología. La unidad usa un detector de silicio adecuado a la resolución de espectroscopía alfa. El cálculo de la concentración de isótopos incluye substracción del fondo. Este monitor esta integrado por dos módulos: El detector/muestra de 1700 mm² de superficie activa y la unidad electrónica y de computación. La entrada de la muestra gaseosa de aire al detector se obtiene con una bomba que se asocia al mismo. El flujo de aire pasa por un filtro renovable de 40 micras de poro.

El material radiactivo del radón y su progenie depositado en el filtro es leído por el detector. La pantalla del sistema electrónico muestra el espectro y sus características, y el menú del sistema permite obtener la concentración de radón en pico curies por metro cúbico (pCi/m³).

Model CRM-510 Continuos Radon Monitor de la firma Femto-Tech. Usa la tecnología de la cámara de iones asociada a un electrómetro de alta sensibilidad y una unidad de computación en el mismo monitor. Este modelo tiene una bomba

interna de entrada del aire a muestrear y la información puede imprimirse en una unidad que vende la misma firma.

El equipo viene calibrado de fabrica para radón y óxido de carbono. Este monitor provee información de temperatura, presión barométrica y humedad relativa.

DETECTORES PASIVOS

Measurement Using Charcoal Canisters (discos de carbón)

El carbón activado tiene una gran afinidad para algunos gases incluyendo el Rn -222. El radón es adsorbido en los granos del carbón produciendo su progenie radiactiva: Po-218; Pb-214; Bi-214; Po-214 y Pb-210.

La determinación de la concentración de radón se realiza por conteo gamma. El disco de carbón activado es enviado en una caja metálica sellada, que es expuesta en la zona a muestrear. El tiempo de exposición debe ser establecido antes del conteo gamma. El factor de calibración para cada muestra se determina con la ecuación:

$$C_f = \text{net cpm} / (t_s)(e)(R_n)(D_f)$$

Donde :

Rn = concentración de radón en pCi / litro

net cpm = cpm del canister-fondo para el detector el día de medida.

ts = tiempo de exposición del canister (minutos)

E = eficiencia de detector (cpm/pci)

Cf = factor de calibración

Df = factor de decaimiento

SSNTD (DETECTORES DE TRAZAS NUCLEARES EN SÓLIDOS)

Actualmente existen en México sistemas automáticos como el instalado en el Instituto de Física de la UNAM (IFUNAM)⁽²⁾. El material de trazado, CR-39 se obtiene de Pershore Moulding Ltd. England. Este material es sostenido en un vaso de plástico de 330 ml, sellado por un plástico semipermeable al radón⁽¹⁾ y colocado en el espacio a muestrear.

Con objeto de aumentar el tamaño de las trazas se utiliza un método de grabado electroquímico como el desarrollado en el IFUNAM⁽³⁾.

Calibración.

Exponiendo el vaso de plástico + CR-39 en una cámara de calibración para radón semejante a la instalada en ORNL, se obtiene el factor de calibración:

100 trazas/cm² es igual a una exposición de 28 días de 22.5Bq/m³

La densidad de trazas por cm² vs tiempo de exposición es lineal entre 0 -350 trazas y 2000-18000 minutos.

Mediante la técnica de pseudo coloración haciendo incidir luz monocromática a diferentes ángulos sobre el detector se facilita el estudio de la morfología de las trazas⁽⁷⁾.

El diámetro de las trazas es función de su energía tal como se ve en la figura 2 representa un espectro en energía de emisiones alfa (simulado).

ELECTRET ION CHAMBER TECHNOLOGY DE LA FIRMA RAD ELEC INC. (ELECTRETES)

La cera carnauba fue el primer material usado como un electret en 1920⁽⁸⁾. Un electret es un material dieléctrico con una casi permanente carga eléctrica que produce un fuerte campo eléctrico capaz de coleccionar iones de signo opuesto. El desarrollo de polímeros fluorocarbonados los nuevos electretes como el teflón, conservan un campo eléctrico constante en condiciones de alta humedad y temperatura (8).

H.B Marvin fue el primero en sugerir que la reducción de la carga en el electret debe a la acción de iones de carga opuesta en el material dieléctrico del mismo, proponiendo su uso en dosimetría gamma⁽⁸⁾.

Actualmente los electrets son fabricados por la firma arriba indicada y reconocidos como **E-PERM** y consisten en una pequeña copa que contiene al electret en la parte inferior y una abertura en la superior que permite la entrada del gas radón a muestrear. La reducción de carga o del potencial superficial del electret para un tiempo determinado es medida con un voltímetro.

Conclusiones. El propósito de este trabajo permite la selección del método a seguir, sobre la base de los objetivos de investigación propuestos.

Referencias

(1) G. Espinosa, R.B. Gammage "Measurement methodology for indoor radon using passive track detectors" Appl. Radiat. Isot. **44**(4), 719-723 (1993).

- (2) R.B. Gammage, G. Espinosa "Digital imaging system for track measurements" *Radiat. Meas.* **28**(1-6), 835-838 (1997).
- (3) G. Espinosa, F. Fernández, V.M. Castaño. "Design and construction of an electrochemical etching power supply" *J. Radiat. Appl. Instrum. Part D.* Pergamon Press (1992).
- (4) G. Espinosa, R.B. Gammage "radón levels suvey in the underground transport Metro system in Mexico City" *Radiat. Prot. Dosim.* **59**(2), 145-148 (1995).
- (5) T. Martínez et al. "Indoor radón meassurements and methodologies in Latin American countries" *Radiat. Meas.* **34** 483-486 (2001).
- (6) P. Kotrappa, J.C. Dempsey, J.R. Hickey, L.R. Stieff "An electret passive environmental Rn-222 monitor based on ionization measurement" *Health Phys.* **54**(1), 47-56 (1988)
- (7) S. Guel, A. Moreno, L.R. Berriel, G. Espinosa, J.I. Golzarri "Nuclear track pseudocoloring by illumination wavefront angle variation" *Nucl. Tracks Radiat. Meas.* **8**(14), 219-222 (1984)
- (8) H.B. Marvin "How to measure radiation with electrets" *Nucleonics* **13**, 82-88 (1955).

Para $I_C = I_C$

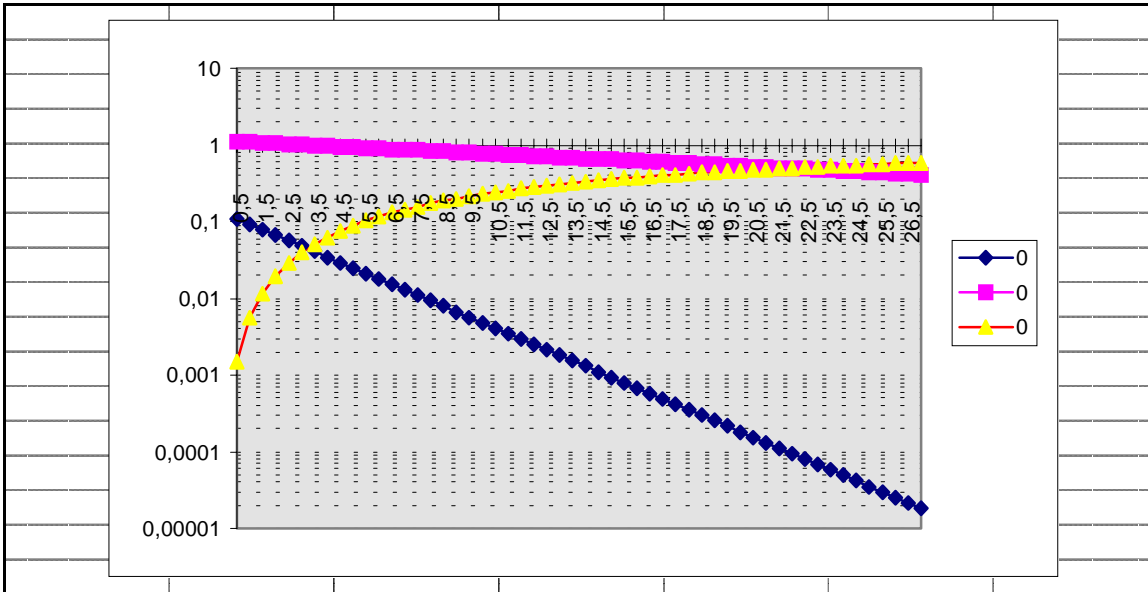


Figura 1

FRECUENCIA VS DIAMETRO

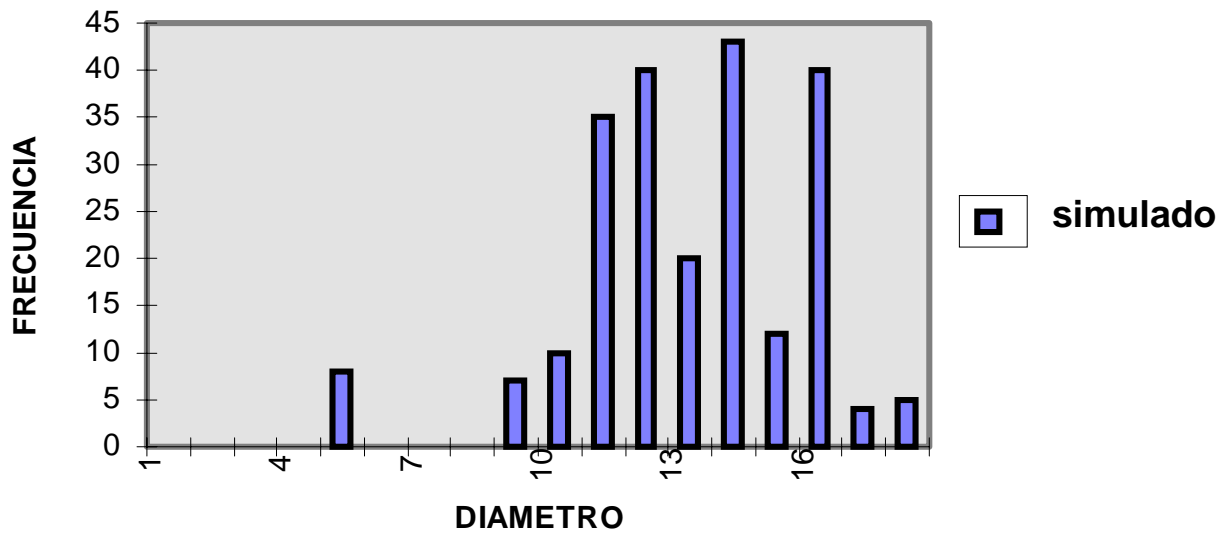


Figura 2