

ACTIVACION DEL TOPACIO NATURAL IRRADIADO POR NEUTRONES EN EL NUCLEO DEL REACTOR RP-10

Gomez J. ⁽¹⁾ JJGB76@yahoo.com; Parreño F. ⁽¹⁾ fparreno@ipen.gob.pe;
Lazaro G. ⁽¹⁾ glazaro@ipen.gob.pe; Vela M. ⁽¹⁾ mvela@ipen.gob.pe

(1) Departamento de Cálculo, Análisis y Seguridad – IPEN / Lima, Perú

RESUMEN

Se obtuvieron cristales de topacio activados al ser irradiados con neutrones dentro del núcleo del reactor RP-10. La activación depende del flujo de neutrones, por ello se desarrolló portamuestras (canes de irradiación) para absorber que son los causantes de la activación.

1. INTRODUCCIÓN

El cristal de topacio natural esta compuesto de Fluorosilicato de Aluminio con una composición general de $Al_2(SiO_4)(F,HO)_2$ [1]. Las radiaciones ionizantes suministran la energía necesaria para realizar transformaciones nucleares, es decir, el paso de los átomos del cristal a un estado radioactivo y posteriormente su desintegración radiactiva. El estudio de la activación de los cristales de topacio se realizo por espectrometría gamma.

En la sección 2 se presenta el procedimiento experimental del análisis de la activación en los cristales de topacio. Se describe el diseño de los diferentes canes para la absorción de neutrones térmicos que podrían activar el cristal de topacio; la ubicación en el núcleo del reactor para la búsqueda de un flujo de neutrones óptimo y la descripción de la espectrometría gamma. En la sección 3 se presentan los resultados de los diferentes isótopos activados de los canes y los cristales de topacio irradiados en el reactor RP-10.

2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Los cristales de topacio utilizados tienen volumen aproximado de 194 mm^3 y fueron irradiados en diferentes posiciones del núcleo del RP-10, con tiempos de irradiación entre 8 y 25 horas, y flujos neutrónicos entre 10^{12} y 10^{14} neutrones/cm².s.

2.1 Irradiación de los Portamuestras (“Canes”) y los Cristales de Topacio

Se usaron dos tipos de canes, uno que es de Aluminio puro (can normal), Fig. 1a y otro que se muestra en la Fig. 1b, que es un can de prueba, construido en Aluminio y una película de 1 mm de Cadmio que fue diseñado especialmente para minimizar la activación de los topacios por neutrones térmicos y del incremento de la dosis total del cristal [2].

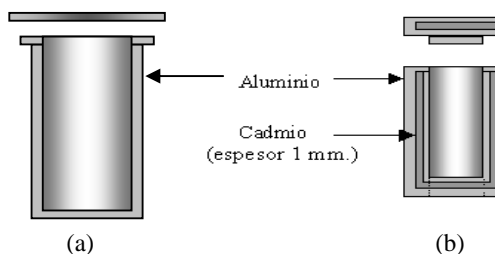


Figura 1. Esquema del can normal (a) y can de prueba (b).

Ambos tipos de canes, conteniendo en su interior un promedio de 2 a 3 cristales de topacio, son sellados e introducidos en un dispositivo como el que se observa en la Figura 2. La posición del can se especifica por xn o yn , donde n es el número de la posición en que se encuentra. Este portacanes es posteriormente insertado en una caja de irradiación y colocada en una de las posiciones de irradiación del núcleo (Figura 3).

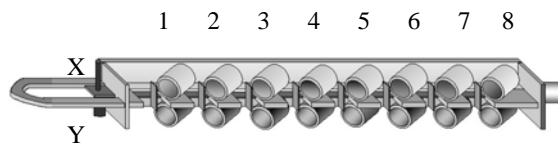


Figura 2. Portacanes de las Cajas de Irradiación.

Para la evaluación de los canes se midieron en diferentes cajas de irradiación la razón de cadmio y con el can normal el flujo neutrónico térmico y epitérmico, se utilizó hojuelas de oro, mientras que para el flujo epitérmico se colocaron hojuelas de

oro con un recubrimiento de 1 mm de Cadmio.

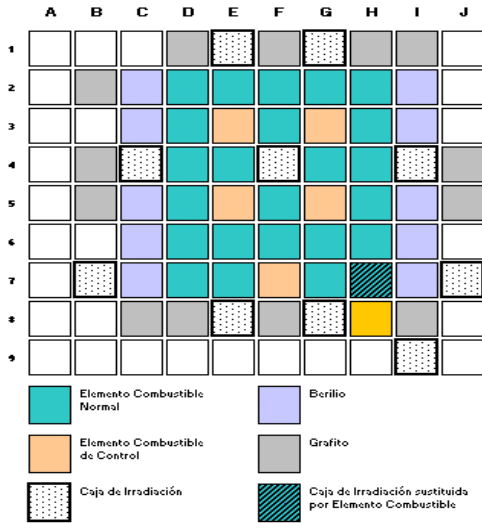


Figura 3. Esquema del núcleo del Reactor RP-10 (vista superior).

2.2 Espectrometría Gamma

La activación de isótopos de un material depende de la sección eficaz (σ , l) de los elementos de este (Tabla 1). Para la medición de actividades de los canes y los cristales de topacio irradiados por neutrones, se determinó el espectro de activación con una cadena de espectrometría gamma asociada a una PC y a un detector de GeHP (Canberra) con blindajes de plomo al 5% de Sn y Zn y para determinar las posibles activaciones de impurezas en los materiales de los canes y de los cristales de topacio se utilizó la tarjeta multicanal GENIE con la librería Stdlib.nlb y la TRS 295 [3] para la identificación de las energías de los isótopos de fondo radioactivo y las de aniquilación.

Para determinar las impurezas de los cristales de topacio se les sometió a la técnica de análisis por activación, método K_0 , esta técnica no permite cuantificar el silicio, oxígeno, fluor e hidrógeno, materiales que componen la estructura del cristal [1], pero se cuantifica las trazas de impureza (Tabla 1).

Tabla 1. Sección eficaz de los materiales que componen los canes y los cristales de topacio.

		Elementos	σ	l
Canes		Aluminio	231.1 mb	123.1 mb
		Cadmio	340.4 mb	16.95 b
Cristales de Topacio		Al (29.61%) ^{m, n}	231.1 mb	123.1 mb
		Si (15.41%) ^m	176.7 mb	84.76 mb
		O (43.02%) ^m	190 □b	632.7 □b
		F (11.47%) ^m	9.570 mb	19.49 mb
		H (0.50%) ^m	332 mb	149.1 mb
		As (< 0.5 ppm) ⁿ	4.50 b	63.90 b
		Br (< 0.1 ppm) ⁿ	11.0 b	128.9 b
		Cl (< 50 ppm) ⁿ	43.60 b	17.81 b
		Co (< 0.2 ppm) ⁿ	37.18 b	75.51 b
		Cs (< 0.1 ppm) ⁿ	29.0 b	396.2 b
		Fe (< 100 ppm) ⁿ	2.813 b	1.444 b
		Ga (2.9 ppm) ⁿ	2.20 b	18.22 b
		La (< 0.2 ppm) ⁿ	8.930 b	11.74 b
		Mn (< 0.2 ppm) ⁿ	13.41 b	11.76 b
		Na (45 ppm) ⁿ	531.4 mb	311.4 mb
		Sb (0.2 ppm) ⁿ	5.991 b	241.0 b
	Sc (< 0.1 ppm) ⁿ	27.14 b	11.83 b	

m: materiales que naturalmente forman parte de la estructura de los cristales de topacio.

n: impurezas que se encuentran en la estructura del cristal analizadas por activación neutrónica, método K_0 .

3. RESULTADOS

Se evaluaron los canes en las diversas posiciones del núcleo del reactor RP-10

mediante la irradiación de estos, donde se midió la razón de cadmio y la razón del flujo neutrónico epitérmico y térmico. En la Tabla 2 se tiene las razones de cadmio medida en ambos tipos de canes utilizados. En los canes de prueba se tiene que una disminución de los neutrones térmicos.

Tabla 2. Razón de Cadmio en las posiciones de irradiación.

Posición en el Núcleo	Can normal	Can de prueba
H7-4x	3.81	1,055
I9-3y	9.72	1,24
G1-4x	3.68	1,051
E1-4x	3.58	1,048

La Tabla 3 muestra los parámetros de irradiación en el núcleo del reactor de los diferentes cristales topacios estudiados. Los parámetros de irradiación fueron: la posición de las cajas de irradiación convenientes, el intervalo de tiempo y de potencia de irradiación en el núcleo del reactor y la razón de los flujos neutrónicos epitérmicos y térmicos.

Tabla 3. Parámetros de Irradiación en las posiciones del núcleo utilizadas.

Posición en el núcleo	T irrad. (h)	Potencia (MW)	ϕ_{epi}/ϕ_{th} ($\times 10^{-2}$)
H7	8	7	4,71
I9	16 – 25	7 – 10	1,38
G1	12 – 16	7 – 10	3,76
E1	12	7.5	5,40

En las figuras 4 y 5, 6 y 7 se observan los espectros de activación gamma de los canes y de los cristales de topacio irradiados correspondientemente.

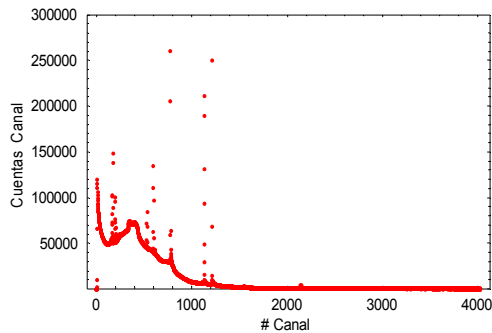


Figura 4. Espectro de activación gamma del can normal (Aluminio) irradiado en el núcleo del reactor RP-10.

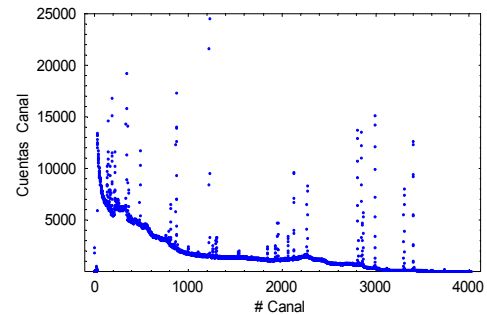


Figura 5. Espectro de activación gamma del can de prueba (Aluminio y Cadmio) irradiado en el núcleo del reactor RP-10.

La variación de los fotopicos de activación se debe al cadmio adicionado al segundo can.

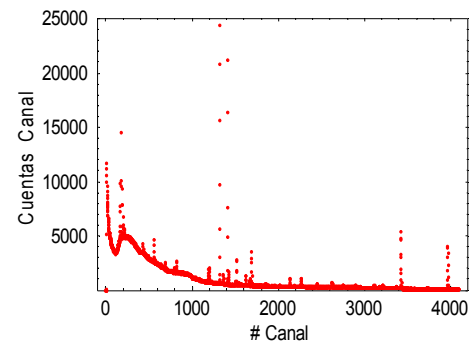


Figura 6. Espectro de activación gamma de cristales de topacio irradiados en canes de Aluminio en el núcleo del reactor RP-10.

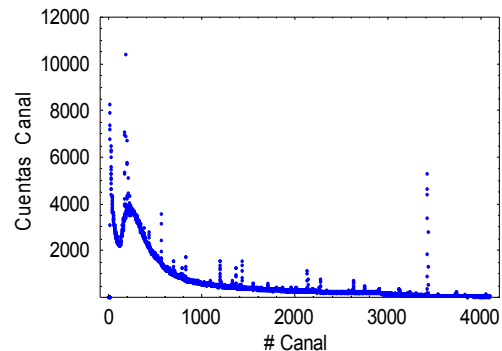


Figura 7. Espectro de activación gamma de cristales de topacio irradiados en canes de Aluminio y cadmio en el núcleo del RP-10.

En las Figuras 6 y 7 puede observarse la diferencia de las líneas de activación neutrónica, esto se debe a que han sido irradiados en diferentes canes, dando como resultado más isótopos activados para el cristal irradiado en el can normal y con mucha más actividad en comparación que los que fueron irradiados en los canes de

prueba. En la mayoría de los casos los isótopos activados de los cristales de topacio no difieren por el tipo de can utilizado más si en la actividad con que salen los cristales después de ser irradiadas en el núcleo del RP-10.

En las Tabla 4 y 5 se detallan los isótopos activados de los canes y los cristales de topacio irradiados con sus respectivas vidas medias, además del decaimiento de estos isótopos hasta alcanzar actividades inferiores a los 15 Bq/gr [2]. Se utilizó la tarjeta multicanal GENIE con la librería Stdlib.nlb y la publicación TRS 295 [3] para la identificación de las energías isótopos activados.

Tabla 4. Isótopos Activados en la irradiación de los canes normal y de prueba.

Canes Normales (Aluminio)		Canes de Prueba (Aluminio, Cadmio)	
Isótopos	Vida-Media	Isótopos	Vida-Media
In-115m	4,5 h	In-115	4,5 h
As-77	38,8 h	As-77	38,8 h
Se-75	120, 0 d	Se-75	120, 0 d
		Cd-115g	53,5 h
		Cd-115m	44,6 h

Tabla 5. Isótopos activados en la irradiación de cristales de topacio.

Isótopos	Vida-Media	Decaimiento (d)
Sb-124	2,72 d	31.20
Na-24	15,02 h	11.44
Sc-46	83,8 d	60.88
Fe-59	44,6 d	198.24
Au-198	2,70 d	4.25
La-140	40,23 h	0.25

El isótopo más importante desde el punto de vista radiológico es el Sc-46 que en todos los ensayos aparece siempre con mayor actividad remanente necesitando de algunas semanas de decaimiento. Algunos cristales de topacio presentan actividades correspondientes al Cd-109, Zn-65, Mn-54 y Cs-134, de vida media de 453 días, 243.7 días, 312.5 días y 2.1 años respectivamente, como consecuencia serán tratados como desechos radiactivos.

4. CONCLUSIONES

Para que exista poca activación de los cristales de topacio por neutrones térmicos, se requiere una razón de cadmio lo más próximo a la unidad y altos flujos epitérmicos; según estos requisitos y los resultados obtenidos mostrados en las Tablas 2 y 3 el can adecuado es el de prueba, fabricado con Aluminio y Cadmio que nos da una razón de cadmio aproximadamente 1 en todas la cajas de irradiación, y la caja de irradiación más conveniente serian en las posiciones E1 y G1.

5. REFERENCIAS

- [1] Ivanov, Y., Velokoneva, E., Potras, J., Structural Science, Acta Crystallographic Section B, Vol. B54, p 774-781, December 1998.
- [2] Castagnet, A.C., Rocca, H.C., Rostelato, M.E., Inducao de Cor, por Irradiacao, em Cristais de Topazio, Departamento de Aplicacoes na Engenharia e na industria, CNEN/SP IPEN 264, Outubro 1989.
- [3] Technical Report 295, Measurement of Radionuclides in Food and the Environment International Atomic Energy Agency, Radionuclide Data, p 122-144, Vienne, 1989.