

Gestión de una fuente radiactiva de Sr⁹⁰ en desuso en la Comisión Nacional de Energía Atómica. Aspectos técnicos de seguridad radiológica

Management of a disused Sr⁹⁰ radioactive source at the National Atomic Energy Commission. Technical aspects of radiological safety

Richard Florentín Cano¹, Fredy Doncel Invernizzi^{1,2,*} & Francisco Navarro¹

¹Universidad Nacional de Asunción, Comisión Nacional de Energía Atómica, San Lorenzo, Paraguay.

²Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, San Lorenzo, Paraguay.

*Autor correspondiente: fredydoncelinvernizzi@gmail.com.

Resumen: Fue realizado el gestionamiento de una fuente radiactiva de Sr⁹⁰ en desuso para su posterior acondicionamiento en el Laboratorio de Gestión de Fuentes en Desuso (LAGEFUDE) de la Comisión Nacional de Energía Atómica. Se detalla los procedimientos para el manejo correcto de la fuente durante el desmontaje, el monitoreo para descartar contaminación, hasta el acondicionamiento final en el almacén temporal de fuentes radiactivas.

Palabras clave: *fuente radiactiva; estroncio Sr⁹⁰; desmontaje.*

Abstract: The management of a radioactive source of Sr⁹⁰ in disuse was carried out for its subsequent conditioning at the Laboratory for the Management of Disused Sources (LAGEFUDE) of the National Commission of Atomic Energy. It details the procedures for the correct handling of the source during disassembly, monitoring to rule out contamination, until the final conditioning in the temporary storage of radioactive sources.

Key words: *radioactive sources; strontium Sr⁹⁰; dismantling.*

Introducción

La utilización de fuentes radiactivas selladas con fines pacíficos ha permitido obtener enormes beneficios en los diferentes ámbitos de aplicación de las radiaciones ionizantes en el país. Sin embargo también es cierto que una vez que finalice el período de vida útil de las mismas es muy importante realizar una buena gestión y sobre todo una gestión segura de estas fuentes radiactivas de modo a acondicionarlos en un almacén centralizado como deposición final (Rentería Villalobos, 2003; Fernández Niello, 2005) o en el caso de Paraguay en un almacén temporal como lo es el Laboratorio de gestión de fuentes radiactivas en desuso (LAGEFUDE) con el que cuenta la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA).

En este trabajo se ha realizado la gestión segura de una fuente radiactiva en desuso de Sr⁹⁰ que fue utilizado en su momento para realizar el chequeo operacional de los dosímetros termoluminiscentes de Fluoruro de litio del Laboratorio de Dosimetría Personal de la CNEA teniendo en cuenta princi-

palmente los aspectos de protección radiológica durante la gestión de la fuente radiactiva.

Radiactividad artificial

En enero de 1934 los esposos Curie-Juliot anunciaron el descubrimiento de la radiactividad artificial. Al bombardear B, Mg y Al con partículas alfa hallaron que, al sacar la fuente, el blanco continuaba emitiendo partículas ionizantes. El Al emite protones siendo el producto final el Si³⁹ estable y también neutrones, según la reacción $Al^{27}(\alpha, n)P^{30}$

Los esposos Curie-Juliot establecieron cuidadosamente la naturaleza química de los cuerpos artificialmente radiactivos que encontraron. En la actualidad es posible producir núcleos inestables en todo el sistema periódico mediante el bombardeo con partículas cargadas (Blackwood *et al.*, 1965; Leo, 2012).

Radionucleido Estroncio 90 (Sr⁹⁰)

El estroncio 90 es un isótopo obtenido artificialmen-

Editor responsable: Fernando José Méndez*

Recibido: 22/11/2022

Aceptado: 24/03/2024

*Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Dirección de Investigación, San Lorenzo, Paraguay.



Tabla 1. Características del equipo con fuentes radiactivas en desuso.

Marca	Type N°	N° de serie	Procedencia	Tension de operación
Vinten Instruments	623	6-3	Great Britain	220 Voltios

te con un periodo de semidesintegración de 28.5 años. Este decae por emisión de un electron con máximo de 546 keV (decaimiento beta) en ytrio 90. Este decae con un periodo de semidesintegración de 64.1 hs por decaimiento beta con una energía máxima de 2274 keV (NCBI, 2024).

El Sr⁹⁰ es uno de los constituyentes más importantes de los residuos de radiactividad media. Por consiguiente es necesario realizar un inventario preciso de este radionucleido para el almacenamiento de este tipo de residuos. El Sr⁹⁰ tiene un periodo de semidesintegración de 28.1 años siendo un emisor puro de partículas beta con una energía máxima de 546 keV. Su mecanismo primario de producción es por fisión de neutrones térmicos del U²³⁵ y el Pu²³⁹ presentes en los reactores nucleares. El Sr⁹⁰ se desintegra como Y⁹⁰ el cual decae en un 99.98% por emisión de partículas beta con una energía máxima de 2283 keV. El periodo de semidesintegración del Y⁹⁰ es de 64 hs, estando en equilibrio con el Sr⁹⁰, y siendo esta una característica y útil característica para la medida de las muestras que contengan Sr⁹⁰ (Rodríguez Alcalá, 1997).

Fuentes radiactivas en desuso

Una fuente radiactiva sellada es un recipiente de material radiactivo encapsulado, que tiene normalmente el aspecto de una pequeña e inocua pieza de metal. La capsula o el material de la fuente sellada es lo suficientemente resistente para conservar su estanqueidad en las condiciones de uso para las que fue diseñada originalmente y también ante posibles percances. Las fuentes radiactivas selladas se

utilizan en diferentes aplicaciones en la medicina, la agricultura, la industria, el transporte, la construcción, la geología, la minería y la investigación.

Por fuentes en desuso se entienden las fuentes que han dejado de utilizarse y que no se tienen intención de volver a utilizar en las prácticas para las que fueron utilizadas. Las fuentes gastadas que ya no pueden utilizarse para sus fines previstos a consecuencia del decaimiento radiactivo forman un subconjunto de fuentes en desuso. OIEA (2018).

Materiales y métodos

La metodología de trabajo fue realizada en diferentes etapas, en primer lugar se procedió al desmontaje de la fuente radiactiva en desuso de Sr⁹⁰, que estaba alojada dentro del equipo Vinten Instruments. En la Tabla 1 se puede encontrar información sobre las características del equipo que alojaba la fuente radiactiva de Sr⁹⁰ que se pretende gestionar en forma segura a fin de que la misma pueda ser acondicionada en el almacén temporal de fuentes en desuso.

En la Tabla 2 se puede encontrar información sobre la fuente radiactiva de Sr⁹⁰ que va a ser gestionada a fin de que la misma pueda ser almacenada en forma segura en el almacén transitorio.

Condiciones del equipo:

El equipo actualmente se encuentra en desuso por obsolescencia y por decaimiento de las fuentes radiactivas que se encuentra fuera de rango de dosis que entrega para el chequeo operacional de los dosímetros termoluminiscentes.

Tabla 2. Datos Técnicos de las fuentes radiactivas.

Ubicación de la fuente	N° de serie	Actividad (mCi)	Fecha de Medicion	Actividad (mCi) en (01/09/2022)
Superior	1098Bc	1	09/01/1984	0,4
Inferior	1099Bc	1	09/01/19884	0,4

Desmontaje:

Previo al desmontaje, se procede a realizar el monitoreo correspondiente.

- Con detector de monitoreo tipo Geiger Muller se procede a realizar un levantamiento radiométrico con el objeto de contar con lectura de referencia basal y de esa manera se corrobora en caso de que la fuente radiactiva quede al descubierto de su blindaje.
- Seguidamente se procedió a realizar otro monitoreo, esta vez para descartar contaminación superficial utilizando un detector de contaminación tipo contador proporcional para asegurar que no haya pérdida de hermeticidad de las fuentes radiactiva en desuso de Sr^{90} .

Una vez que se verificó la condición segura de la no existencia de contaminación radiactiva, se procede al desmontaje:

- Se procede a destornillar los cuatro tornillos que sujetan la carcasa los cuales están ubicados en los laterales ver Fig. 1.
- Posterior a la liberación de la carcasa del equipo, con el blindaje de las fuentes se realiza un frotis con el objeto de asegurar que las fuentes no haya perdido su hermeticidad, el mismo se realiza con un papel embebido en alcohol isopropílico con la ayuda de una pinza de 30 cm. Una vez realizada el frotis, el mismo es sometido a la medición con un detector de contaminación Beta, ver Fig. 2.



Figura 1. Equipo irradiador de dosímetros con Sr-90/Y-90 Vinten Instruments.



a



b



c

Figura 2. a) Equipo liberado de la carcasa. b) Frotis en la ventana de irradiación (obturador cerrado). c) Medición del frotis.



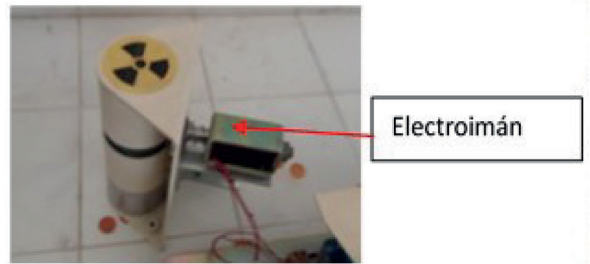
a



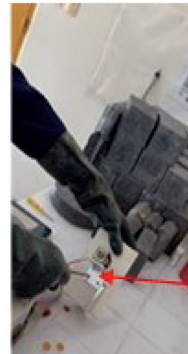
b

Figura 3. a) Equipo irradiador de dosímetros sin carcasa. **b)** tornillos ubicados en la parte inferior del equipo.

- c. Una vez que el equipo es liberado de la carcasa, quedan las fuentes $\text{Sr}^{90}/\text{Y}^{90}$ con su blindaje y el disco giratorio sujeto en la base que los soporta. Para liberar las fuentes radiactivas, se procede a desajustar los tornillos ubicados en la parte inferior del equipo ver Fig. 3.
- d. Se debe tener especial cuidado al desmontar las fuentes radiactivas con el contenedor de blindaje, de manera a asegurar que el obturador de la ventana de irradiación esté cerrada. El mecanismo de cierre y de apertura es automático, esto se logra a través de un dispositivo eléctrico (electroimán). El mismo se retira del blindaje de las fuentes radiactivas, desajustando los tornillos ubicados en el soporte que se encuentra justo



a



b

Electroimán

Tornillos de sujeción del electroimán

Figura 4. a) Blindaje con las fuentes radiactivas desmontadas con electroimán (obturador cerrado). **b)** soporte del electroimán.

sobre el blindaje de las fuentes radiactivas ver Fig. 4.

- e. Una vez retirada el electroimán del blindaje de las fuentes radiactivas, se procede a realizar un ajuste del obturador para asegurar que el mismo no se deslice y quede en posición de irradiación Fig. 5.



Figura 5. Blindaje con las fuentes radiactivas desmontadas sin electroimán (obturador cerrado).



Figura 6. Monitoreo de nivel de radiación con detector Geiger Muller.

- f. Posteriormente, se vuelve a realizar los monitoreos de radiación correspondientes, tanto con el detector portátil Geiger Muller como con el detector de Contaminación Superficial Fig. 6.
- g. Por último se retiran las etiquetas identificadora de las fuentes radiactivas existentes en la carcasa del equipo y solamente se deja por el blindaje que contienen las fuentes radiactivas.

Resultados

Como resultados del trabajo de desmontaje de la fuente radiactiva de Sr^{90} que fue realizado en este trabajo, se obtuvo los valores de medición que se pueden observar en la Tabla 3.

En la Tabla 4 se pueden ver los resultados obtenidos después de realizar las mediciones aplicando la técnica de frotis y utilizando el detector

Tabla 4. Datos de monitoreo de contaminación con detector de contaminación Beta para Sr^{90} .

Metodo de medición	Para Beta (CPS)	Con discriminador para Sr^{90} (Bq/cm ²)
Lectura de fondo	33	0,30
Frotis	34	0,30

de contaminación superficial para emisiones beta.

Observando los valores obtenidos se puede decir que se pudo realizar el trabajo en forma exitosa ya que se logró la gestión de la fuente radiactiva sellada en desuso de Sr^{90} , y de esa forma la misma puede ser acondicionada en forma segura dentro del almacén de fuentes en desuso con que cuenta la Comisión Nacional de Energía Atómica de la Universidad Nacional de Asunción.

Conclusiones

Con el trabajo de desmontaje realizado se ha logrado una gestión segura de una fuente radiactiva en desuso, además se ha podido reducir un volumen importante que ayuda a optimizar el espacio disponible para el almacenamiento de fuentes en desuso en el almacén temporal del LaGeFude.

Por otro lado, con el procedimiento minucioso del desmontaje, se ha podido asegurar la protección radiológica y de esa manera evitar una posible contaminación radiactiva que podría ser ocasionado por algún golpe mecánico y que conlleve a la pérdida de hermeticidad de las fuentes radiactivas, ya que en el monitoreo realizado posterior al desmontaje, se pudo constatar que no existe ninguna contami-

Tabla 3. Datos de valores de monitoreo con detector Geiger Muller. Lectura de fondo: 0,23 μ Sv/h.

Posición de monitoreo	Tasa de dosis (μ Sv/h)	Observaciones
En la proximidad del blindaje de la fuente Sr^{90}	4,45	Antes de desmontar
En el borde frontal del equipo (0,25 m)	1,5	Antes de desmontar
A un metro (1 m)	0,33	Antes de desmontar
En contacto al blindaje con el obturador cerrado	5,66	Blindaje con fuentes desmontado
En contacto al blindaje con el obturador abierto	6,8	Blindaje con fuentes desmontado

nación radiactiva. Es de suma importancia realizar una gestión segura de las fuentes radiactivas una vez que las mismas hayan pasado a ser fuentes en desuso y ya no pueda llegar a ser utilizado para el propósito inicial para el que fue adquirido.

Contribución de los autores

Todos los autores contribuyeron de manera equitativa en la elaboración de este artículo.

Conflictos de interés

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Fuente de financiamiento

Fuente de financiamiento propia.

Literatura citada

- Blackwood, O.W., Osgood, T.H., Ruark, A.E., Hutchisson, E., Scott, G.A., Saint Peter, W.N. & Worthing, A.G. (1965). *Física atómica general*. Buenos Aires: Eudeba. 572 pp.
- Fernández Niello, J. (2005). *Radiactividad en el medio ambiente*. Buenos Aires: EUDEBA. 164 pp.
- Leo, W.R. (2012). *Techniques for nuclear and particle physics experiments: A how-to approach*. Heidelberg: Springer Berlin. xviii + 382 pp.
- NCBI (National Center for Biotechnology Information). (2024). *PubChem Compound Summary for CID 5486204, Strontium-90*. [Consulted: 4.vi.2024]. <<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Strontium-90>>.
- OIEA (Organismo Internacional de Energía Atómica). (2018). Fuentes en desuso. Gestión de los desechos radiactivos y combustibles gastados. [Consulted: 5.vi.2023]. <<https://www.iaea.org/es/temas/gestion-de-los-desechos-radiactivos-y-el-combustible-gastado>>.
- Rentería Villalobos, M. (2003). *Estudio de la radiactividad natural en la ciudad Aldama, Chihuahua*. (Tesis de maestría). Chihuahua: Centro de Investigación en Materiales Avanzados. iv + 87 pp. + 13 anex.
- Rodríguez Alcalá, M. (1997). *Análisis de radionucleidos emisores de radiación beta presentes en residuos radiactivos procedentes de centrales nucleares, mediante centelleo en fase líquida*. (Tesis de doctorado). Madrid: Universidad Complutense - Facultad de Ciencias Químicas. 331 pp.