

Aspectos operacionales para la repatriación de fuentes de radio-226

Mario Mallaupoma^{1,*}, Hernán Amico², Luis Zapata³, Luis Huatay³, Luis Cavero³,
Eduardo Carrasco², Carlos Herrera², Jonathan Pacheco²

¹Dirección de Servicios, Instituto Peruano de Energía Nuclear, Av. Canadá 1470,
Lima 41, Perú

²Departamento de Radioterapia, Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas, Av. Angamos
Este 2520, Surquillo, Perú

³Dirección de Instalaciones, Instituto Peruano de Energía Nuclear, Av. Canadá 1470,
Lima 41, Perú

Resumen

La disposición final del radio-226 representa un serio problema técnico y económico considerando su período de semidesintegración de 1620 años. Es por ello, y considerando un convenio vigente entre el Perú y los Estados Unidos de Norteamérica se realizó una alianza estratégica a fin de facilitar la repatriación de estas fuentes en desuso, consideradas como desechos radiactivos por el Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas. En el presente documento se muestra el trabajo conjunto desarrollado por ambas instituciones, para lograr adecuar a las exigencias técnicas de embalaje y acondicionamiento que permitiera la repatriación de los mismos, con la asistencia y soporte del Laboratorio Nacional de Los Alamos.

Abstract

The final disposal of radium-226 is a serious technical and economical problem due to its half-life, 1620 years. Considering an agreement between the countries of Peru and the United States held a strategic alliance to facilitate the repatriation of these disused sources, considered as radioactive waste by the Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas. This paper shows the work undertaken jointly, by both institutions, to achieve adapts to technical requirements of packaging and conditioning that would allow their repatriation to the United States, and having the support of Los Alamos National Laboratory.

1. Introducción

Las fuentes de radio-226 fueron ampliamente utilizadas en braquiterapia para las aplicaciones médicas. La mayoría de los países del mundo han optado reemplazarlas por otras fuentes radiactivas más efectivas, eficientes y que involucran menor riesgo de contaminación. El Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas (INEN) es la entidad del país que tiene el mayor inventario de este tipo de fuentes radiactivas, en muchos casos en desuso.

Las fuentes de radio-226 presentan características que deben tenerse en cuenta para su disposición final y constituye un serio problema técnico, debido a su período de semidesintegración de 1620 años. Debido a ello, el criterio a aplicar según el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) es que sean dispuestos como desechos radiactivos de alta actividad. La construcción de un repositorio de desechos de alta actividad demanda muchas exigencias

técnicas y requiere una gran cantidad de recursos económicos que no podrían ser atendidas por los países en vías de desarrollo.

Es por esta situación que el OIEA viene desarrollando un concepto nuevo que permita atender la disposición final de este tipo de desechos radiactivos en forma segura, siendo una de las opciones la repatriación de las mismas; es decir, el retorno a los proveedores. Actualmente, ningún país en vías de desarrollo ha llegado a implementar la disposición final de fuentes selladas en desuso de Ra-226.

Muchas de las fuentes radiactivas de Ra-226 utilizadas en braquiterapia fueron ingresadas al país hace más de 30 años, y en algunos casos nunca fueron utilizadas, simplemente fueron recibidas por instituciones del Estado sin haberle dado un uso específico. Este tipo de fuentes radiactivas ingresaron como donaciones; sin embargo, también existiría la

* Correspondencia autor: mmallaupoma@ipen.gob.pe

presunción de que ingresaron bajo esa modalidad como una forma de liberarse de este tipo de fuentes radiactivas, consideradas como desechos radiactivos.

La suscripción de un convenio entre los gobiernos del Perú y los Estados Unidos de Norteamérica consideró la posibilidad de hacer la repatriación de los mismos hacia los Estados Unidos. Las instituciones representativas participantes por ambos gobiernos fueron el Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN) y Los Alamos National Laboratory (LANL). A su vez, el IPEN también consideró hacer extensivo el alcance del convenio a instituciones nacionales como al INEN, que es la entidad que tiene el mayor inventario radiactivo de fuentes de radio-226.

El Ra-226 es parte del decaimiento de la cadena del uranio-238. Decae por emisión alfa a radón-222, un gas noble cuyo período de semidesintegración es de 3,82 días. Cada desintegración de un núcleo de Ra-226 da lugar a un incremento en cinco partículas alfa. De igual manera, se emiten varias partículas beta así como radiación gamma. Los productos de decaimiento del Ra-226 son muy tóxicos y es por ello que el límite anual de incorporación aceptado por la normativa nacional es bajo.

2. Procedimiento experimental

La metodología adoptada para realizar el trabajo requerido por la misión del LANL fue concordante con las recomendaciones dadas en las publicaciones técnicas del OIEA[1].

2.1 Preparación del plan de trabajo

El Plan comprendió los siguientes aspectos:

- Preparación de un ambiente de trabajo.
- Coordinación técnica con el personal participante en su conjunto.
- Preparación de los materiales y equipos.
- Preparación de la documentación técnica.
- Preparación de fuentes de radio (procedimiento para alcanzar el nivel de actividad requerido por el personal de LANL).
- Preparación y simulación para la manipulación de fuentes de radio (Preparación de las áreas controladas, supervisadas y libres; preparación del equipamiento, materiales y herramientas;

puesta a punto de la instrumentación).

- Procedimientos técnicos de material de embalaje (preparación de cápsulas de acero inoxidable para la colocación de fuentes de Ra-226, preparación de blindajes de plomo y preparación de bultos para ser almacenados).
- Identificación de la actividad depositada en cada cápsula de acero inoxidable. Para cumplir con las exigencias del LANL se montó un subsistema (Figura 1) donde se colocó un detector a 1 m de las cápsulas donde se iban a depositar las fuentes de Ra-226 para medir tasas de dosis de hasta 50 mCi de actividad aproximadamente. Contando con una extensión, las lecturas eran realizadas a 3 metros del subsistema para evitar que el personal se irradie innecesariamente.



Figura 1. Subsistema implementado para medir la actividad aproximada en cada cápsula.

- Trabajo de soldadura de cápsulas (ubicación del ambiente de trabajo, selección de equipo de soldadura, personal de operación, preparación y sellado de las cápsulas).

En la Figura 2 se puede visualizar los tipos de cápsulas utilizadas. En este caso, se utilizaron solo las de menor diámetro. También puede observarse el contenedor plomado donde debían ser colocados las diferentes cápsulas conteniendo las fuentes de Ra-226.



Figura 2. Cápsulas de acero inoxidable y contenedor de plomo.

- Encapsulamiento de las fuentes de radio. Se montó el subsistema (Figura 2) en donde

puede observarse que se utilizó un embudo para facilitar la colocación de las fuentes de Ra-226 en cada cápsula en la parte inferior para que cayeran directamente por gravedad.

- Se utilizó pinzas largas (Figura 3) a fin de ganar distancia y reducir dosis en forma significativa. Otro parámetro relevante que se consideró fue el tiempo, por esa razón, se consideró la realización de simulacros de las distintas fases de la operación con la finalidad que el personal gane habilidad y destreza.



Figura 3. Utilización de telepinzas para ganar distancia.

- Elaboración de un plan específico de radioprotección para el acondicionamiento (controles físicos, análisis de actividades de mayor riesgo, dosimetría personal y medición de contaminación superficial).

- Registro, control y seguimiento permanente de las operaciones. Las mediciones eran realizadas y registradas a 3 m del lugar donde se realizaba el encapsulamiento de las fuentes de Ra-226. Para ello se utilizó un cable de extensión (Figura 4). En esa ubicación los valores de tasa de dosis eran equivalentes al fondo natural.



Figura 4. Medición y registro de tasas de dosis a distancia.

2.2 Identificación de cápsulas y actividad de las fuentes

Antes del proceso, cada cápsula fue numerada en su correspondiente tapa para evitar problemas durante la soldadura. Se dispuso de un subsistema (Figura 1) utilizando un monitor FAG FH40F4 con sonda versátil de hasta 12 metros. Se hicieron los cálculos previos considerando el factor gamma de una fuente de Ra-226 y con un criterio conservador, asumiendo que se comportaba como una fuente puntual. Contando con una extensión, las lecturas eran realizadas a aproximadamente 3 metros del subsistema con lo que se evitaba que el personal se irradiara innecesariamente.

Al final, se tuvieron cápsulas de acero inoxidable que presentaban una tasa de dosis aproximada a 41 mR/h o 410 uSv/h. El número de fuentes de Ra-226 contenida en cada cápsula era variable, considerando la actividad que pudiera presentar cada una de ellas, en total cada grupo debía tener aproximadamente 50 mCi según lo requerido por la misión del LANL. Esta exigencia se cumplió en virtud a los límites de actividad que deben de contener los cilindros estandarizados con que cuenta LANL para acondicionar y disponer este tipo de fuentes radiactivas.

2.3 Soldadura de cápsulas

Las tapas de las cápsulas de acero inoxidable fueron colocadas utilizando soldadura TIG, en concordancia con las recomendaciones técnicas.

Para el desarrollo de este trabajo se eligió un ambiente donde no hubiera corrientes de aire y permitiera la operación en forma segura. En este caso también se realizaron simulacros previos para ajustar los parámetros a tener en cuenta en el proceso específico de soldadura.



Figura 5. Operadores realizando simulación del trabajo en frío.

En la Figura 5 se puede visualizar el simulacro para realizar la operación de traslado de cápsulas al lugar de soldadura. También se puede visualizar el simulacro previo a la operación de soldadura.



Figura 6. Colocación de cápsulas en contenedor de plomo.

2.4 Almacenamiento de las fuentes de Ra-226

Después de acondicionar las fuentes de Ra-226 en las cápsulas de acero inoxidable, fueron colocadas en blindajes de plomo (Figura 6) y ubicadas en el almacén No. 1 donde permanecen confinadas. El diseño del contenedor ha sido recomendado por el OIEA, para armonizar las medidas técnicas que deben tenerse en cuenta para el acondicionamiento de fuentes de Ra-226. Las acciones realizadas son concordantes con el estado de arte actual para esta actividad.

3. Resultados

En total se contabilizaron 137 fuentes selladas en desuso de Ra-226, consideradas como desechos radiactivos. Los resultados obtenidos se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Contenido de fuentes en cada cápsula.

Nº Cápsula	Nº Fuentes	D ₂ (µSv/h)	A(mCi)
1	21	410	49,7
2	9	430	52,1
3	28	360	43,6
4	19	410	49,7
5	11	410	49,7
6	8	410	49,7
7	5	360	43,6
8	8	410	49,7
9	6	400	48,5
10	8	400	48,5
11	8	400	48,5
12	6	250	30,3
Total	137		

En la Figura 7 se puede observar la actividad contenida en cada cápsula numerada.

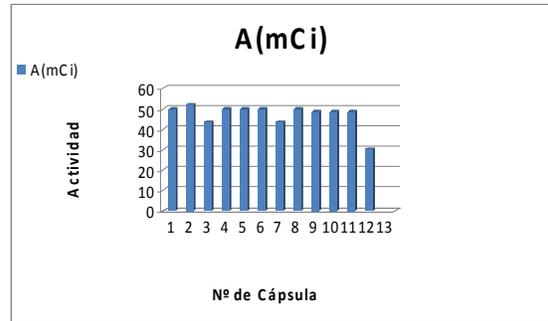


Figura 7. Número de cápsula con la actividad de las fuentes radiactivas.

En la Figura 8 se puede visualizar el número de cápsula de acero inoxidable con su número de fuentes de Ra-226, contenidas en cada una de ellas.

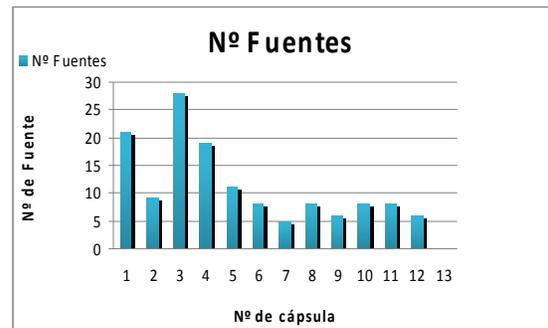


Figura 8. Cápsulas conteniendo un número de fuentes radiactivas.

Las acciones de control operacional, y por ende, de las consideraciones de seguridad radiológica fueron desarrolladas en forma permanente. Se aplicaron los principios de justificación, optimización y límites de dosis. Se definieron las zonas de área controlada, supervisada y de libre acceso. Se hizo el seguimiento de las dosis para el personal participante, las dosis medidas en los dosímetros personales electrónicos que utilizó el personal dieron valores de 16, 12 y 10 µSv, respectivamente [3].

4. Conclusiones

- El IPEN ha brindado un apoyo importante para resolver un problema que tenía el INEN, considerando aspectos sociales, económicos y de seguridad.
- El IPEN en concordancia con su misión ha realizado la transmisión de su *know-how*, en el tema de acondicionamiento de fuentes de Ra-226 en desuso al personal del INEN.

- El trabajo realizado en forma conjunta por personal del INEN e IPEN constituye un hito histórico, donde se muestra que la cooperación interinstitucional puede ayudar a resolver problemas técnicos nacionales.
- El trabajo conjunto entre personal del IPEN y del INEN, permitió atender las exigencias técnicas para la repatriación de las fuentes, indicadas por LANL.
- Los valores de dosis recibida por el personal operador es muy baja, debido a que durante el proceso se puso en práctica los principios de justificación, optimización y límites de dosis.

5. Bibliografía

- [1] International Atomic Energy Agency. Conditioning and interim storage of spent radium sources. IAEA-TECDOC-886. Vienna: IAEA; 1996.
- [2] Mallaupoma M, Guiop L, Cruz W. Acondicionamiento de fuentes selladas en desuso de Ra-226. En: Instituto Peruano de Energía Nuclear. Informe Científico Tecnológico 2005. Lima: IPEN; 2006. p.175-178.
- [3] Instituto Peruano de Energía Nuclear. Reglamento de Protección Radiológica. OTAN-IPEN. Lima, Perú; 1997.