

## **DESMANTELAMIENTO, ACONDICIONAMIENTO Y REPATRIACIÓN DE FUENTES RADIATIVAS SELLADAS EN DESUSO**

**Aguilar, S.L.<sup>1</sup>, Miranda, C.A.<sup>1</sup>, Saire, A. E.<sup>1</sup>. y Ontiveros, G.P.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Centro de Protección y Seguridad Radiológica - Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear

### **RESUMEN**

En Bolivia se utilizan fuentes radiactivas selladas en aplicaciones médicas, industriales e investigación. Fuentes radiactivas que contienen un amplio espectro de radionucleídos y que tienen diferentes niveles de actividad y periodos de semidesintegración, mismos que generan una problemática cuando dejan de ser utilizados. Al final de su vida útil dichas fuentes son consideradas en desuso. Sin embargo, los niveles residuales de radiactividad, que tienen dichas fuentes pueden ser altos constituyendo un riesgo potencial para el personal que las aplica y para quienes se benefician de su uso y el público en general.

El objetivo del presente trabajo ha estado enfocado principalmente en aspectos de seguridad en el manejo y gestión segura de las fuentes selladas en desuso. Las tareas asignadas se mencionan a continuación:

1. Desmantelamiento
2. Acondicionamiento
3. Repatriación de fuentes radiactivas selladas en desuso

Las acciones desarrolladas fueron realizadas por los equipos técnicos del Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear (IBTEN) y de Los Alamos National Laboratory (LANS) que apoya al programa de "Global Threat Reduction Initiative's" (GTRI) dentro de la implementación del "Off-site Source Recovery Program" (OSRP).

### **1. INTRODUCCIÓN**

Una vez que las fuentes radiactivas selladas son consideradas en desuso, se debe tomar una decisión sobre el manejo de la forma más adecuada y segura posible durante el ciclo de su vida final. La responsabilidad primaria por la gestión segura de las fuentes radiactivas es del propietario. De acuerdo con la legislación nacional, el propietario tiene dos opciones a considerar:

- 1) Reexportar las fuentes y/o equipos al fabricante o proveedor
- 2) repatriar las fuentes a su país de origen.

La primera opción es la más utilizada, pero si el propietario no ha tomado en cuenta desde el inicio los costos de devolución, al momento de exportar los costos pueden significar un problema. La segunda opción de repatriación ha sido posible, en gran parte a los programas patrocinados por los países proveedores para aceptar las fuentes que ellos exportaron anteriormente para ser utilizadas en diferentes prácticas. Un ejemplo de tal programa es el "programa de recuperación de fuentes fuera del país de origen (Off-site Source Recovery Program-OSRP) y de iniciativa de reducción global de amenazas" (Global Threat Reduction Initiatives-GTRI), el mismo que es gestionado por el Departamento de Energía de los Estados Unidos de Norteamérica. GTRI trabaja en la recuperación de las fuentes radiactivas suministradas por los Estados Unidos de Norteamérica.

---

<sup>1</sup> [laguilar@ibten.gob.bo](mailto:laguilar@ibten.gob.bo)

En el año 2007 se efectúa la inventariación, y evaluación de las condiciones de almacenamiento en las instalaciones de los usuarios. Para ello se tuvo que visitar a las diferentes instalaciones usuarias del país con el objeto de evaluar estas condiciones, se realizaron actividades de caracterización, se evaluó también aspectos como condiciones del material radiactivo para su transporte hacia el depósito temporal centralizado en Viacha.

Asimismo se creó un expediente para cada fuente radiactiva, donde se detallan las características de las fuentes y equipos que las contienen, con el fin de facilitar el proyecto de repatriación de fuentes en desuso.

Fuentes radiactivas en desuso quedaron acondicionadas para el transporte y almacenadas en forma segura, acorde a las recomendaciones Internacionales y en consecuencia la Protección del Público y el Medio Ambiente serán fortalecidas.

Entre junio del 2013 a abril del 2014 se trasladan las fuentes radiactivas selladas en desuso provenientes del área médica, industrial e investigación, hacia el depósito temporal ubicado en las instalaciones del Centro de Investigaciones y Aplicaciones Nucleares – CIAN dependiente del IBTEN ubicadas en Viacha a 32 km de la ciudad de La Paz.

En febrero del año 2014 el personal técnico del Centro de Protección y Seguridad Radiológica procede a la recuperación de las fuentes de Ra-226 que se encontraban colocadas dentro de un cubo de hormigón armado, desde el año 1992, garantizando las condiciones de seguridad radiológica y todos los requerimientos para tal actividad.

Las operaciones fueron realizadas del 2 al 5 de junio del año 2014, donde los equipos técnicos del Laboratorio de Los Álamos (LANS), la empresa subcontratista Qal Tech e IBTEN proceden a elegir áreas específicas de trabajo pasando por el proceso de verificación, desmantelamiento, para su posterior colocado en capsulas en forma especial según requerimientos específicos.

El 23 de junio de año 2014 se procede a transportar vía terrestre desde La Paz hacia Santa Cruz, específicamente al aeropuerto de Viru Viru. Durante todo el proceso de transporte, el Ministerio de Gobierno proporciona el sistema de Seguridad. El 26 de junio del año 2014, ocho contenedores con 323 fuentes radiactivas selladas en desuso parten hacia EEUU.

## **2. DESARROLLO DEL TRABAJO**

El trabajo fue realizado por los equipos técnicos del LANL y el IBTEN. Se tomó en cuenta todos los aspectos relacionados con la seguridad radiológica y seguridad física, desmantelamiento, acondicionamiento y aspectos administrativos para la repatriación de las fuentes radiactivas selladas en desuso desde Bolivia hacia los Estados Unidos de Norteamérica.

Como parte del trabajo, se realizó una reunión previa para garantizar que los equipos técnicos del LANL y el IBTEN cumplan con los alcances trazados tanto en aspectos técnicos y de seguridad radiológica. Asimismo las reuniones se las realizaba en el momento que se requería con el fin de analizar y mejorar las diferentes actividades. Los equipos técnicos se dividió en dos, un grupo dedicado íntegramente al desmantelamiento, y el otro grupo dedicado al acondicionamiento de las fuentes radiactivas selladas en desuso.

## 2.1. Proceso de las actividades de trabajo

### - Prueba de frotis

Para realizar la evaluación de los riesgos al desmantelar, acondicionar, transportar, es imprescindible conocer la existencia o no de contaminación radiactiva o posible pérdida de hermeticidad de las fuentes radiactivas. Por tal motivo, en todos los casos, se realizaron pruebas de frotis a las fuentes radiactivas y los equipos o contenedores que las contenían. Las pruebas de frotis fueron medidas inmediatamente en una zona de bajo fondo natural para proseguir con la siguiente etapa.



**Figuras 1 y 2. Medición de la prueba de frotis**

### - Monitoreo radiológico

Para evaluar la seguridad en las diferentes operaciones, se midieron los niveles de radiación en contacto de los contenedores. A partir de ese control radiológico de las fuentes radiactivas en desuso se identificaron algunos equipos con el obturador abierto y con las fuentes radiactivas en condiciones de exposición directa. Se detectaron también problemas con fuentes dañadas. Estos controles realizados a cada una de las fuentes radiactivas en desuso fueron necesarios para definir las medidas de seguridad a tomar y de esta manera minimizar las dosis de radiación recibidas por el personal considerado trabajador ocupacionalmente expuesto. En la figura 3 los diferentes equipos de detección utilizados en las diferentes actividades.



**Figura 3. Medición de tasa de dosis**

### - Proceso de Desmantelamiento de los equipos con material radiactivo

El desmantelamiento de los equipos que contenían fuentes radiactivas en desuso fue realizado por personal de la empresa QAL TEC (subcontratista del LANL), y el personal del CPSR y CIAN del IBTEN. Se realizó el desmantelamiento de medidores de nivel fijos con fuentes de Am – 241 (fig. 4 y 5), Medidores de Humedad con Am – 241 Be (fig. 6), Densímetros nucleares con Cs-137 (fig 7), Medidores de nivel fijos con Co – 60 (fig. 8). Fuente radiactiva desnuda de Cs-137 (fig 9).



**Figura 4**



**Figura 5**



**Figura 6**



**Figura 4**



**Figura 5**



**Figura 6**

### - Proceso de acondicionamiento de fuentes radiactivas en desuso

El trabajo de acondicionamiento fue realizado por el equipo técnico LANL e IBTEN, acondicionando las fuentes en desuso provenientes de los hospitales (Cs137). Encapsularon 2 fuentes de Am241 Be de 10 mCi de actividad. Asimismo se acondicionó las fuentes de Am-241 utilizadas como medidores de nivel fijo (fig. 10).

Se culminó con el acondicionamiento de las fuentes de Am241Be, Sr90 e Ir192 en un contenedor, y el resto de las fuentes en otro. Todos los bultos son de Tipo A y en forma especial.



**Figura 10. Acondicionamiento de fuentes de Am-241**

### **- Acondicionamiento de 180 fuentes de Ra-226**

- ✓ 140 fuentes radiactivas en desuso de Ra-226 colocadas dentro de un cubo de un metro cubico de hormigón armado ubicado en las instalaciones del CIAN y 40 fuentes radiactivas de diferentes instalaciones del área médica. Contabilizando un total de 180 fuentes de Ra-226.
- ✓ El personal del Centro de Protección y Seguridad Radiológica – CPSR del IBTEN se encargó de acondicionar las fuentes radiactivas en desuso de Ra-226.
- ✓ Posteriormente el equipo técnico LANL procedió a encapsular e introducir en un contenedor en forma especial.

### **- Equipamiento utilizado durante el desarrollo del trabajo**

- ✓ Para la realización de las diferentes actividades se preparó y utilizó el equipamiento de protección radiológica necesario. Los equipos estaban adecuadamente certificados y con la calibración vigente. Por un lado detectores para fuentes radiactivas emisores de radiación alpha, beta, gamma y neutrones proporcionados por LANL, por otro lado los detectores del IBTEN.
- ✓ Para el control de la tasa de dosis se empleó el monitor marca: FAG; modelo FH-40F2, con un rango de medición de 0,01  $\mu\text{Sv/h}$  a 9.99 mSv/h. Este equipo es calibrado una vez por año en los laboratorios del IBTEN.
- ✓ Para las mediciones de contaminación superficial se empleó el equipo Marca Termo, modelo Mini-Con 1000, con rango de medición 0-1000 cuentas por segundo (cps).
- ✓ Para el control radiológico del personal que participó en el trabajo conjunto, se emplearon los servicios de dosimetría personal del IBTEN. Los resultados de las dosis recibidas han quedado registrados en el sistema del IBTEN.

### **- Actividades de trabajo en las etapas de verificación de contenedores y detectores**

- ✓ Para la preparación del trabajo diario, los grupos de trabajo identificaban los contenedores y equipos a ser utilizados con el fin de optimizar el riesgo de irradiación.
- ✓ Una vez que se ubica la fuente radiactiva en el contenedor se mide el nivel de radiación, se realiza la prueba de frotis para verificar que no existe contaminación superficial, procediendo a la etapa de desmantelamiento de cada una de las fuentes radiactivas.

### **- Inspección de los contenedores antes de su uso**

- ✓ Completar y documentar la inspección externa
- ✓ Abrir y completar la inspección interna

### **- Establecimiento del área de trabajo**

- ✓ Coordinar con los grupos de trabajo que solamente debe participar personal autorizado para las diferentes actividades a realizar.
- ✓ Coordinar y retirar las fuentes radiactivas en desuso innecesarias, ubicadas en cercanías de las dos áreas de trabajo.

- ✓ Establecer el área de trabajo de baja tasa de dosis, para las actividades de manipulación materiales que no son fuentes radiactivas.
- ✓ Utilizar el número de personas estrictamente necesario durante el movimiento de fuentes radiactivas u operaciones de manipulación con el fin de evitar irradiación innecesaria.

#### **- Verificación de las fuentes y sus contenedores por parte del equipo LANL**

- ✓ Verificar la información de las fuentes radiactivas en desuso
- ✓ Validar el origen de las fuentes radiactivas en desuso
- ✓ Se pudo determinar que dichas fuentes debían ser colocados en contenedores en forma especial y bultos de Tipo A según el OIEA y con certificación emitida por la Autoridad nacional Competente No. USA/0695/S-96.

#### **- Finalización de la actividad laboral**

- ✓ Al final de la jornada laboral, el personal técnico de los equipos de trabajo realizaba una serie de mediciones radiológicas que comprendían medición de radiación externa y de contaminación superficial, mediciones realizadas en las diferentes áreas de trabajo.
- ✓ Las mediciones de contaminación superficial se realizaban a todas las herramientas utilizadas durante las diferentes actividades.
- ✓ Para el control radiológico del personal que participo en las diferentes actividades, se empleó los servicios de dosimetría personal del IBTEN. Los resultados de las dosis recibidas han quedado registrados en el sistema del IBTEN.
- ✓ Salida del área de trabajo.

## **2.2 PREPARACIÓN DEL EMBALAJE**

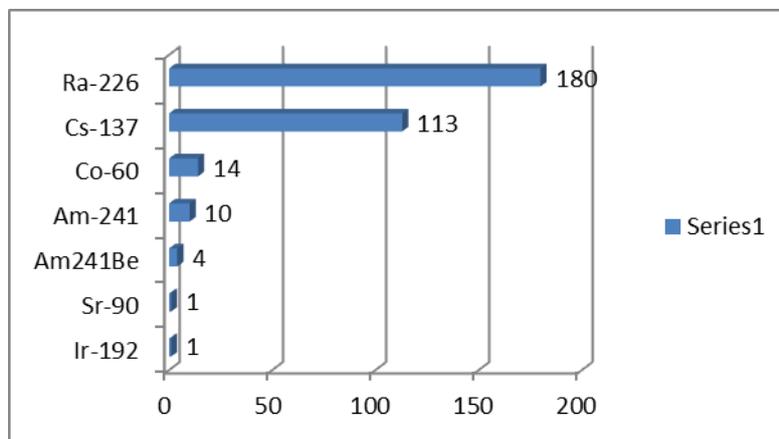
#### **- Desarrollo del plan de embalaje**

- ✓ Las fuentes radiactivas contenidas en cada contenedor debían cumplir con los siguientes aspectos:
- ✓ Limitar la actividad para bulto de Tipo A<sub>1</sub> (nivel de actividad en forma especial) o A<sub>2</sub> (nivel de actividad en forma no especial).
- ✓ Máximo peso permitido en un contenedor del Tipo A. Cada fuente/dispositivo había sido pesado durante el proceso de inspección para asegurar que no iba a excederse el máximo peso para un bulto de Tipo A.
- ✓ Se midieron las tasas de dosis que presentaban cada contenedor, luego de colocadas las fuentes radiactivas.
- ✓ Luego de determinar que parte del inventario podía ser embalado, en cada contenedor se debía tener en cuenta los siguientes criterios:
- ✓ Determinar si alguna de las fuentes requería ser colocadas en cápsulas de forma especial.
- ✓ Las fuentes/dispositivos debían ser introducidas dentro de los contenedores del Tipo A y preparados según se requiriera.
- ✓ Se midieron las tasas de dosis que presentaban los bultos antes de cerrarlos para asegurarse que no excedían los correspondientes límites.
- ✓ Los contenedores fueron cerrados.
- ✓ El contenedor fue preparado para su transporte y sellado con un dispositivo especial.

- ✓ Las tasas de dosis y posible presencia de contaminación fueron medidas para verificar que se cumplieran con el Reglamento para el transporte seguro de materiales radiactivos, Edición 2012.
- ✓ Luego de colocar las fuentes radiactivas en los contenedores, se les puso las correspondientes etiquetas que se ajusten a los modelos aplicables se fijaron en dos lados opuestos de la parte exterior del bulto, cumpliendo de esta manera los requisitos y controles de transporte seguro de materiales radiactivos, luego se les retiró del área de trabajo para reducir las dosis del personal, y finalmente fueron almacenadas hasta su envío.

### 3. RESULTADOS OBTENIDOS

Se ha logrado repatriar un total de 323 fuentes radiactivas selladas en desuso. La cantidad y tipo de Fuentes selladas se puede ver en la Fig. 11.



**Figura 11. Inventario de Fuentes radiactivas selladas en desuso**

Las fuentes radiactivas selladas en desuso fueron colocados en ocho contenedores con su respectiva certificación. Las características de cada uno de los bultos se muestran en la Tabla 1

**Tabla 1 Categoría e índice de transporte de cada uno de los bultos**

No.	Radionucleído	Cantidad	Código	Contenedor	Datos del embalaje		
					IT	Categoría	Actividad
1	Ra-226	180	UN 3332	0512-3249 (1221-575-Cs) SFC II-1-615	4.4	Amarillo III	17,1 GBq
2	Co - 60	10	UN 2915	0512-3237 (SC1014G)	0.1	Amarillo II	0,11 MBq
3	Cs - 137	18	UN 2915	0512-3252 (1221-575-CS-0)	0.5	Amarillo II	163,0 GBq
4	Cs - 137	88	UN 2915	0512-3250 (1221-575-CS-0)	2.8	Amarillo II	57,3 GBq

5	Am-241 (10); Am241Be (1); Am241Be Cs137 (2)	13	UN 3332	PSIOSR- 055(IBTEN#1)	1.8	Amarillo III	31 GBq
6	Co-60	4	UN 2915	0809 (S100)	0.1	Amarillo II	4,0 Gbq
7	Am 241 Be (2)	2	UN 3332	00935 (S100)	2.9	Amarillo III	344 GBq
8	Cs-137 (6); Ir- 192 (1); Sr-90 (1)	8	UN 2915	IBTEN#2	0.4	Amarillo II	13,3 MBq

#### 4. CONCLUSIONES

El presente trabajo es la culminación de todo un proceso iniciado el año 2007, desde el inventario de las fuentes radiactivas en desuso, su evaluación, preparación de las condiciones de seguridad, almacenamiento en las instalaciones usuarias, y el transporte de las mismas cumpliendo los requerimientos de transporte seguro de material radiactivo, para finalmente proceder a la exportación.

La gestión de la disposición final de las fuentes selladas en desuso es importante por consideraciones de salud pública, aspectos de seguridad física, así como para asegurar que los materiales radiactivos no puedan ser utilizados para fines maliciosos. Para fortalecer su misión de mejorar la seguridad así como de retirar el material radiactivo y nuclear en todo el mundo, el DOE-GTRI continuará considerando solicitudes para la repatriación de fuentes radiactivas selladas en desuso que hayan sido fabricados en los Estados Unidos de Norteamérica, y de esa manera asegurar que las fuentes radiactivas en uso, y las que se encuentren en desuso, puedan alcanzar una adecuada protección.

Esta es la primera experiencia, considerando la magnitud en cuanto a número de fuentes en desuso, actividades, variabilidad por el tipo de material radiactivo, y otros aspectos, que ha sido realizada fundamentalmente por el personal de Centro de Protección y Seguridad Radiológica del IBTEN

#### 4. REFERENCIAS

1. Decreto Ley No. 19172; Ley de Protección y Seguridad Radiológica; 6 de octubre de 1982.
2. Decreto Supremo 24483; Reglamento de la Ley de Protección y Seguridad Radiológica; 29 de enero de 1997.
3. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Conditioning and interim storage of spent radium sources, IAEA TECDOC 886, Vienna, 1996.
4. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY; Normas Básicas Internacionales de Seguridad para la Protección contra la Radiación Ionizante y para la Seguridad de las Fuentes de Radiación (Colección Seguridad No.115 del OIEA, 1997).
5. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY; Manual práctico de seguridad radiológica, OIEA, Viena, 2007
6. Reglamento para el transporte seguro de materiales radiactivos, Edición de 2005 corregida, Requisitos de seguridad No.TS-R-1, OIEA, Viena (2010).