

Acondicionamiento de fuentes radiactivas en desuso de radio-226

 Mercedes Salgado Mojena,  Niurka González Rodríguez,  Juan Miguel Hernández García
Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones
Calle 20 No. 4113 e/ 41 y 47, Playa, Ciudad de La Habana, Cuba
cphrmercedes@ceinia.inf.cu

Resumen

El Hospital Universitario Nacional de Islandia almacenaba fuentes radiactivas en desuso de Ra-226. La Autoridad de Seguridad Radiológica de Islandia solicitó asistencia al Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA) para el acondicionamiento de estas fuentes. El OIEA abrió una licitación y el Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones (CPHR) presentó una oferta, que fue aprobada. El objetivo era acondicionar las fuentes en desuso, que garantizara su almacenamiento en condiciones seguras, a espera de una gestión posterior por el Hospital. Las fuentes acondicionadas serían enviadas a una compañía extranjera, para su reciclaje. Las fuentes fueron caracterizadas y acondicionadas en una cápsula que cumple los requisitos de material radiactivo en forma especial, para su transporte. Las operaciones de acondicionamiento se ejecutaron de manera segura, amparadas en una Licencia otorgada al Hospital Universitario Nacional por la Autoridad Reguladora y bajo la supervisión del OIEA. La cápsula con las fuentes de Ra-226 quedó almacenada de forma segura en el Departamento de Oncología, lista para ser transportada.

Palabras clave: radio 226; reciclado; fuentes de radiaciones; protección radiológica; normas de seguridad.

Conditioning of radium-226 disused radioactive sources

Abstract

The National University Hospital of Iceland stored Ra-226 disused radioactive sources. The Icelandic Radiation Safety Authority requested assistance to the International Atomic Energy Agency (IAEA) for the conditioning of these sources. The IAEA opened a tender and the Radiation Protection and Hygiene Center (CPHR) presented an offer that was approved. The objective was to condition the disused sources to allow for safe storage, awaiting further management by the Hospital. The conditioned sources would be sent to a foreign company for recycling. The sources were characterized and conditioned in a Special Form Capsule for transportation. The operations were carried out safely and under the License granted to the National University Hospital by the Regulatory Body and with the supervision of the IAEA. The capsule with the Ra-226 sources was safely stored at the Department of Oncology ready to be transported.

Key words: radium 226; recycling; radiation sources; radiological protection; safety standards.

Introducción

En las décadas del 70 y 80 del siglo pasado, en el Departamento de Oncología del Hospital Universitario Nacional de Islandia se emplearon fuentes radiactivas de Ra-226 para tratamientos de braquiterapia. A inicios de los 90, siguiendo las recomendaciones internacionales, el Radio fue suspendido y sustituido por fuentes de otros radionucleidos más seguros (Cs-137, Co-60, Ir-192) y de materiales más resistentes. Varias fuentes de Ra-226 (aguja

y tubos de braquiterapia y fuentes de control), fueron declaradas en desuso y requerían ser acondicionadas para garantizar su almacenamiento seguro.

La Autoridad Reguladora de Islandia solicitó asistencia al Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA) para el acondicionamiento de las fuentes y el OIEA abrió una licitación. El Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones (CPHR) presentó una oferta que fue aceptada. El objetivo era acondicionar las FRD de Ra-226 del Hospital Universitario Nacional de

Islandia, que garantizara su almacenamiento en condiciones seguras, a espera de una gestión posterior por el Hospital. La Autoridad Reguladora y el Hospital tomaron la decisión de enviar el Radio a una compañía extranjera para su reciclaje. Por lo que el bulto acondicionado debía cumplir los requisitos de transporte. Fue necesario entonces acondicionar las fuentes en una cápsula que cumpliera los requisitos de material radiactivo en forma especial [1]. Esta cápsula fue enviada previamente al Hospital por la compañía que recibiría el Ra-226. Cuando se hizo el acondicionamiento el contenedor de transporte no estaba en el Hospital, por lo que se tomaron las medidas pertinentes para garantizar la seguridad radiológica y física de la cápsula con las fuentes radiactivas durante su almacenamiento.

Descripción de las operaciones

Las actividades relacionadas con el acondicionamiento de las FRD de Ra-226 se describen a continuación.

Planificación de los trabajos

Primeramente se contactó a la Autoridad Reguladora para conocer los requisitos para solicitar la autorización para las operaciones. El Hospital debía presentar la solicitud, y el CPHR debía proporcionarle los documentos de apoyo necesarios.

Se preparó un plan de trabajo para todo el proyecto que incluyó:

- Desarrollo de una solución tecnológica para el acondicionamiento seguro de las FRD de Ra-226.
- Preparar el Plan de Acondicionamiento, que incluyera la evaluación de seguridad de la solución tecnológica propuesta y todos los documentos requeridos por la Autoridad Reguladora Nacional. Enviar los documentos al Hospital.
- Obtener las autorizaciones requeridas.
- Ejecutar las operaciones de acuerdo al Plan de Acondicionamiento.
- Preparar el Informe Final de las Operaciones y enviarlo al OIEA, al Hospital Universitario Nacional y a la Autoridad Reguladora de Islandia.

La solución tecnológica propuesta para el acondicionamiento de las FRD de Ra-226 ha sido recomendada por el OIEA [2, 3] e implementada en varios países desde los años 90. El proceso incluye varias etapas:

- Preparar puestos de trabajo con adecuado blindaje para proteger a los operadores durante la manipulación de las fuentes. Cubrir las áreas propensas a contaminación radiactiva (proveniente del Ra-226 y sus hijos) con plástico, para evitar su dispersión.
- Desmantelar los equipos para extraer las FRD asociadas.
- Caracterizar las FRD: medir los niveles de radiación y contaminación, estimar la actividad a partir de las tasas de dosis, verificar el número de serie y cualquier otra información grabada en las fuentes (si es posible).

- Encapsular las fuentes, sellar y verificar la cápsula.
- Almacenar la cápsula con las fuentes acondicionadas.

Esta metodología se describe detalladamente en el Plan de Acondicionamiento, que incluye además:

- Procedimientos específicos para cada etapa.
- Programa de Protección Radiológica, donde se realiza una evaluación del riesgo radiológico por la manipulación y acondicionamiento del Ra-226, se detallan las medidas de seguridad a tener en cuenta para garantizar la seguridad de los trabajadores ocupacionalmente expuestos (TOE) y del público.
- La evaluación de seguridad, que incluyó:
 - Análisis de seguridad usando la matriz de riesgo, se identificaron los eventos iniciadores de sucesos accidentales y las barreras de seguridad para prevenir accidentes o mitigar sus consecuencias,
 - Se identificaron 13 sucesos iniciadores (SI). Al aplicar la matriz de riesgo, solo uno se obtuvo con riesgo medio. Todos los SI tenían consecuencias bajas. El riesgo se consideró aceptable.
 - Se estimaron las dosis operacionales y en situaciones de emergencia radiológica.
 - Plan de respuesta a emergencias radiológicas, con las acciones a tomar en caso de ocurrencia de alguno de los SI identificados en el análisis de seguridad.

El Plan de Acondicionamiento y todos los documentos asociados fueron enviados al Hospital Universitario Nacional y a la Autoridad Reguladora, en apoyo a la solicitud de Licencia.

La Autoridad Reguladora de Islandia otorgó la Licencia al Hospital Universitario Nacional para las operaciones de acondicionamiento de las FRD de Ra-226. En esta Licencia se autoriza a los expertos de CPHR a ejecutar los trabajos.

Situación inicial en la instalación

Las actividades comenzaron con una reunión inicial, para coordinar las operaciones y definir las responsabilidades de cada parte. Se realizó una visita a la instalación donde se almacenaban las fuentes (figuras 1 y 2).

Se realizó una caracterización radiológica, según se describe en el Programa de Protección Radiológica con el fin de determinar el estado inicial de la instalación. Se midieron las tasas de dosis en diferentes puntos del área de almacenamiento y del pasillo aledaño a esta. Se tomaron frotas en la superficie de contenedores, dispositivos y en los locales de almacenamiento, para controles de contaminación. Las frotas fueron medidas en un área de bajo fondo radiactivo. Los resultados de la caracterización radiológica inicial fueron registrados. No se detectó contaminación radiactiva.



Figura 1. Contenedor y caja fuerte con fuentes de braquiterapia.



Figura 2. Dispositivos con fuentes de Ra-226

Planificación de las operaciones de acondicionamiento

El inventario de fuentes (cantidad e FRD y actividad) a acondicionar era conocido, e incluía fuentes de braquiterapia (categoría 4) y de control (categoría 5) [4]. La contraparte del Hospital proporcionó los registros históricos que corroboraban esta información y además contenían la ubicación de las fuentes dentro de las cajas fuertes.

Las fuentes de Ra-226 eran de baja actividad. La actividad total estaba por debajo de la actividad permitida en la cápsula, de acuerdo al certificado de material radiactivo en forma especial [1], por lo que una sola cápsula sería suficiente para colocar todas las fuentes.

Las operaciones de acondicionamiento se planificaron teniendo en cuenta que:

- El radionucleido de las fuentes y la actividad total debían ser grabados en la superficie de la cápsula antes de colocar las fuentes dentro (para minimizar las dosis a los TOE),
- El inventario de fuentes de braquiterapia era conocido (cantidad de fuentes y actividades),
- Las fuentes de control debían ser extraídas de los dispositivos donde estaban contenidas para poder acondicionarlas. No era posible conocer a priori si todos los dispositivos podían ser desmantelados y las fuentes acondicionadas.

Por esta razón se decidió comenzar las operaciones con el desmantelamiento de los dispositivos que tenían fuentes de control. Una vez que se conociera la cantidad y actividad de estas fuentes se sumaba a las de las fuentes de braquiterapia y esta información podía ser grabada en la cápsula, antes de colocar las fuentes.

Preparación de los puestos de trabajo

Se prepararon los puestos de trabajo para las operaciones:

- PT1, para el desmantelamiento de dispositivos y caracterización de las fuentes extraídas. Consistió en una mesa, cubierta con plástico. No se requirió blindaje por ser las actividades de las fuentes muy bajas. Estaban disponibles: las herramientas para desmantelar los dispositivos, un monitor de radiación y un contenedor para colocar temporalmente las FRD.
- PT2, para la manipulación y caracterización de las fuentes de braquiterapia. Se preparó frente a la caja fuerte de la pared, usando una mesa y blindajes disponibles en el lugar. Las superficies propensas a contaminación se cubrieron con plástico. Se definió un punto de medición para colocar las fuentes y a un metro de este se colocó el monitor de tasas de dosis.
- PT3, para el cierre y verificación de la cápsula. Se colocaron blindajes de plomo alrededor de la cápsula y las superficies fueron cubiertas con plástico. Las herramientas para la manipulación y cierre de la cápsula estaban disponibles.

Ensayos en frío del ensamblaje y cierre de la cápsula en forma especial

Para cumplir los requisitos de material radiactivo en forma especial [1], el ensamblaje y cierre de la cápsula debe realizarse siguiendo el Protocolo establecido.

Se revisó que todos los componentes de la cápsula, así como las herramientas para su manipulación y cierre estuvieran disponibles y en buen estado. Se verificó que la Hoja de Control de la cápsula contenía todos los datos referentes al control de calidad del fabricante y que los valores estaban dentro de la tolerancia aceptada. Se hicieron varios ensayos en frío del ensamblaje y cierre de la cápsula.

Desmantelamiento de dispositivos y extracción de las FRD

Varios dispositivos con fuentes de control fueron desmantelados. Las fuentes extraídas se caracterizaron y se colocaron temporalmente en un contenedor. La información sobre los dispositivos y las FRD fue registrada y se tomaron fotos de estos (figura 3).



Figura 3. Desmantelamiento de dispositivos y extracción de las fuentes

Uno de los dispositivos, Radium Standard, contenía una fuente en forma de lámina que no estaba hermética, al abrirlo se detectó que había contaminación en la fuente y partes del dispositivo, que se dispersó al puesto de trabajo y algunas herramientas. La fuente se colocó dentro de una bolsa plástica en un contenedor, para posteriormente acondicionarla en la cápsula. Las herramientas fueron descontaminadas y el plástico del puesto de trabajo se recogió como desecho radiactivo. Otro equipo (Simplex Universal Dosimeter), no pudo ser desmantelado, debido a que al hacer controles de contaminación se detectó contaminado en el exterior, y podía apreciarse un polvo dentro del mismo. Este polvo podía contaminar la instalación y se pondría en riesgo el resto de las operaciones de acondicionamiento. El equipo se colocó en una bolsa plástica y se almacenó en la instalación.

En total se desmantelaron 6 equipos. Conociendo la actividad de estas fuentes y la de las fuentes de braquiterapia, se tenía toda la información necesaria para grabar la cápsula.

Caracterización y encapsulado de las fuentes de braquiterapia

La caracterización de las FRD de braquiterapia se realizó en el PT2. Se comenzó con las fuentes almacenadas en la caja fuerte (figura 1). Se hicieron controles de contaminación. No se detectó contaminación en ninguna de las gavetas, ni las fuentes. Algunas FRD esta-

ban dentro de portafuentes, que fueron abiertos para extraerlas (figura 4).



Figura 4. Extracción de las FRD de los portafuentes.

Las fuentes fueron caracterizadas: se tomaron fotos de cada una; se realizaron controles de contaminación; se midió la tasa de dosis a 1m de la FRD para estimar la actividad. Los valores de actividad obtenidos se corresponden con los reportados en los registros históricos. Las FRD fueron transferidas a la cápsula.

Otras fuentes de braquiterapia se almacenaban en el contenedor color naranja, dentro de 3 contenedores de plomo (figura 1). No se detectó contaminación radiactiva en los controles realizados. Estas fuentes fueron transferidas (una a una) al PT2 para su caracterización (como se describió anteriormente). Las fuentes estaban dentro de cápsulas que tuvieron que ser abiertas para extraer las fuentes.

Todas las fuentes de braquiterapia fueron caracterizadas y encapsuladas. La información fue registrada y las fotos de cada fuente se adjuntaron al registro. Las fuentes de control también se colocaron en la cápsula.

Cierre y medición de la cápsula

Una vez completada la cápsula con las fuentes radiactivas, esta se cerró y verificó el sellado siguiendo el protocolo establecido (figura 5). Los resultados de los controles de verificación demostraron que la cápsula había quedado sellada y cumplía con los requisitos de material radiactivo en forma especial. Se completó y firmó la Hoja de Control.

Almacenamiento de la cápsula acondicionada

El contenedor de transporte no se había recibido en el Hospital cuando se realizó el acondicionamiento de las fuentes de Ra-226. La cápsula en forma especial, con las fuentes radiactivas fue colocada en un contenedor para su almacenamiento en la instalación (figura 5), garantizando condiciones de seguridad física y radiológica. La tasa de dosis máxima en la superficie del contenedor era de 3.9 mSv/h, por lo que se colocaron blindajes de plomo.



Figura 4. Extracción de las FRD de los portafuentes.

Control radiológico final

Al concluir los trabajos de acondicionamiento y estar la cápsula sellada y almacenada de manera segura, se realizaron controles radiológicos, según se describe en el Programa de Protección Radiológica. Se midieron las tasas de dosis en la instalación y el pasillo aledaño, así como en el local donde se realizan los tratamientos de braquiterapia. Los niveles medidos están en el mismo orden de los resultados obtenidos en la caracterización radiológica inicial.

Se tomaron frotas para los controles de contaminación en los contenedores, dispositivos, caja fuerte donde se almacenaron las fuentes, así como en los puestos de trabajo. Las frotas fueron medidas en una zona con bajo fondo radiactivo. Se realizaron mediciones directas a las herramientas, y otros objetos pequeños. Se detectó contaminación en el dispositivo que contenía la fuente contaminada y otros materiales que estuvieron en contacto con este o usados para descontaminar. Los materiales contaminados se almacenaron como desechos radiactivos. No se detectó contaminación en ninguna otra área de la instalación.

Dosis recibidas por los operadores

Como se describe en el PPR, los operadores usaron dosímetros TL de cuerpo entero y extremidades. Estos fueron evaluados en el Laboratorio de Dosimetría Ex-

terna de CPHR al finalizar la misión. Las dosis recibidas estuvieron por debajo de las restricciones de dosis establecidas en el PPR: dosis efectivas de 1 mSv y dosis equivalente en extremidades o en la piel de 10 mSv. Se usaron además dosímetros electrónicos personales de lectura directa con alarma durante las operaciones, que sirvieron para alertar al operador de incrementos en las tasas de dosis en los lugares de trabajo.

Conclusiones

Como resultado de los trabajos se puede concluir:

- Las fuentes de Ra-226 quedaron acondicionadas y almacenadas de manera segura, listas para ser transportadas a la empresa de reciclaje.
- Todas las fuentes fueron caracterizadas y la información registrada.
- La cápsula acondicionada fue cerrada y verificada de acuerdo al Protocolo, demostrando que cumple los requisitos de material radiactivo en forma especial.
- La buena coordinación entre todas las partes interesadas (la Autoridad Reguladora de Islandia, el Hospital Universitario Nacional, el OIEA y el CPHR) fue esencial para el éxito de las operaciones de acondicionamiento de las fuentes de Ra-226.
- El mantenimiento de los registros históricos brinda información esencial que facilita las operaciones y ayuda a garantizar la seguridad de las mismas.
- La adecuada planificación de los trabajos contribuyó a garantizar la seguridad de las operaciones.
- Los controles radiológicos demostraron que no quedó contaminación radiactiva en la instalación.

Referencias bibliográficas

- [1]. International Atomic Energy Agency (IAEA). Certificate of Competent Authority Special Form Radioactive Materials. Certificate USA/0696/S-96. Revision 8. Vienna: IAEA, 2020.
- [2]. International Atomic Energy Agency (IAEA). Management of Disused Sealed Radioactive Sources, IAEA Nuclear Energy Series, No. NW-T-1.3, Vienna (2014).
- [3]. International Atomic Energy Agency (IAEA). Conditioning and Interim Storage of Spent Radium Sources. IAEA-TECDOC-886. Vienna: IAEA, 1996.
- [4]. International Atomic Energy Agency (IAEA). Categorization of Radioactive Sources. IAEA Safety Standards Series No. RS-G-1.9. Vienna: IAEA, 2005.

Recibido: 12 de julio de 2023

Aceptado: 15 de julio de 2023

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses en la realización, ni la comunicación del presente trabajo.

CRedit /Gestión de proyectos: Mercedes Salgado Mojena, Niurka González Rodríguez, Juan Miguel Hernández García. **Conceptualización:** Mercedes Salgado Mojena, Niurka González Rodríguez, Juan Miguel Hernández García. **Análisis formal:** Mercedes Salgado Mojena, Niurka González Rodríguez, Juan Miguel Hernández García. **Conservación de datos:** Mercedes Salgado Mojena, Niurka González Rodríguez, Juan Miguel Hernández García. **Metodología:** Mercedes Salgado Mojena, Niurka González Rodríguez. **Obtención de financiación:** Mercedes Salgado Mojena, Niurka González Rodríguez. **Visualización:** Mercedes Salgado Mojena, Niurka González Rodríguez. **Redacción - primera redacción:** Mercedes Salgado Mojena. **Redacción - revisión y edición:** Niurka González Rodríguez. **Visualización:** Mercedes Salgado Mojena, Niurka González Rodríguez.