

Aplicaciones de las radiaciones y gestión de desechos: Adopción de medidas definitivas

Los países están recibiendo orientación práctica y apoyo para la gestión segura de las fuentes de radiación después de utilizarlas provechosamente

por C. Bergman
y B.G.
Pettersson

Según informes, los accidentes originados por la exposición a las radiaciones han causado la muerte de unos 20 miembros del público debido a la manipulación y el almacenamiento inadecuados de fuentes de radiación gastadas. Teniendo en cuenta estos accidentes, el OIEA ha desarrollado una gama de servicios con objeto de prestar asistencia a los países interesados en la creación de sistemas eficaces de control, gestión y evacuación seguros de estas fuentes.

El presente artículo se centra en las aplicaciones nucleares que utilizan fuentes de radiación selladas. Se hace hincapié en las aplicaciones corrientes de las fuentes selladas y se examinan los principios y las técnicas que deben seguirse para la gestión segura de las fuentes después de su utilización.

Aplicaciones de las fuentes de radiación selladas

Las fuentes de radiación selladas de diversos tipos y actividades tienen un uso muy difundido en casi todos los Estados Miembros del OIEA, que aumenta cada vez más. La industria es el sector en que se emplea la gama más amplia de radionucleidos y lo más diversos niveles de actividad.

En la esfera médica, la diversidad de nucleidos y el margen de actividad son más limitados. En las investigaciones puede intervenir casi cualquier radionucleido, por lo general de menor actividad. La excepción más notable son las fuentes de radiación aplicadas en los irradiadores que se utilizan en investigaciones biológicas.

Fuentes de radiación en la industria. Gran parte de las fuentes de radiación se usan para el control de calidad de los procesos. Ejemplos clásicos son la radiografía industrial y las sondas industriales.

El propósito de la radiografía es detectar cualquier imperfección, cavidad o materia extraña en la muestra examinada. En la industria de la construc-

ción, las técnicas radiográficas se emplean sobre todo para comprobar la calidad de las soldaduras y, en la industria siderúrgica, para verificar la calidad de los productos fabricados como, por ejemplo, las tuberías y el hierro fundido. Los principales nucleidos que se usan son el cobalto 60 y el iridio 192.

Las unidades radiográficas constan de una cubierta de blindaje y un mecanismo para colocar la fuente en posición de exposición. En la industria de la construcción se utilizan unidades portátiles y en la industria siderúrgica, unidades fijas, que suelen instalarse en recintos especialmente construidos.

Entre las sondas industriales se incluyen, en general, las unidades para determinar el espesor, la densidad, o el contenido de humedad de un material determinado durante la producción o inmediatamente después, o para vigilar los niveles en vasijas o tanques. Las fuentes beta (estroncio 90 y criptón 85) se usan para medir el espesor y la densidad del papel, del plástico y de los metales delgados y ligeros. Para los materiales más densos, como las chapas de acero, se requieren las fuentes gamma (cesio 137 e iridio 192). El cesio 137 y el cobalto 60 se usan comúnmente en las sondas de nivel.

Las sondas más especializadas que se emplean para determinar la densidad, porosidad y humedad o contenido de hidrocarburos de las estructuras geológicas o de materiales de construcción usan americio 241 y berilio, y cesio 137.

Las fuentes de cobalto 60 y cesio 137 de actividad alta se utilizan en instalaciones especialmente diseñadas para esterilizar guantes, jeringuillas y productos médicos análogos. También tienen aplicaciones en la conservación de alimentos.

Fuentes de radiación en la medicina. Las dos aplicaciones principales de las fuentes de radiación en la medicina son la braquiterapia y la teleterapia. La braquiterapia es un término utilizado para referirse a la aplicación intersticial o intracavitaria de fuentes radiactivas colocándolas directamente en el tumor o muy cerca de éste. La aplicación puede hacerse manualmente o a distancia.

Cuando comenzó a aplicarse la braquiterapia, sólo se usaba el radio 226. Con los nuevos programas la gran mayoría de las fuentes de radio han

Los Sres. Bergman y Pettersson son funcionarios de la División del Ciclo del Combustible Nuclear y Gestión de Desechos del OIEA.

resultado innecesarias, aunque todavía se emplean de manera limitada. En las aplicaciones actuales se utilizan sobre todo el cesio 137, el cobalto 60 y el iridio 192. En otras aplicaciones, como el tratamiento superficial de la piel y de lesiones oftálmicas, se usa el estroncio 90.

En la teleterapia se emplean fuentes de cobalto 60 o de cesio 137 de actividad alta. Las fuentes se instalan invariablemente en cajas blindadas especialmente diseñadas y se usan en recintos blindados.

Fuentes de radiación en las investigaciones. Las aplicaciones de fuentes de radiación selladas en las investigaciones son sumamente variadas. Casi todos los radionucleidos pueden emplearse en los trabajos de investigación. Muchas de las fuentes radiactivas son de actividad baja y/o de período de semidesintegración corto.

Las excepciones más importantes comprenden las fuentes de actividad alta utilizadas en las investigaciones biológicas. Las fuentes de cobalto 60 y cesio 137 se emplean para irradiar o esterilizar materiales y plantas, y las fuentes de americio 241 y berilio o de cesio 137, para medir la densidad y la humedad en las investigaciones agrícolas. También es probable que las fuentes de radio 226 y de radio 226 y berilio se empleen todavía para la calibración de instrumentos o en programas de formación universitaria. (Véanse los cuadros.)

Principios de la gestión de desechos

Los peligros que entraña el material radiactivo radican fundamentalmente en su característica intrínseca de emitir radiaciones ionizantes. Esta característica existe independientemente de que el material, es decir, la fuente de radiación, se utilice o no. Por tanto, una fuente de radiación que no vaya a usarse más y que por ese motivo se considere desecho radiactivo, es tan potencialmente peligrosa como la fuente que se esté explotando en su lugar. El hecho de que una fuente de radiación en explotación suela considerarse un recurso valioso hace que el propietario procure ejercer más control sobre ella que si estuviera gastada y, por consiguiente, representa un recurso negativo (costo de la evacuación). Este hecho, y el que no haya interés en salvarla para un uso futuro suelen hacer que una fuente de radiación gastada sea más peligrosa que una en explotación.

El objetivo primordial de la gestión de desechos radiactivos es poner en práctica un sistema eficaz de control, gestión y evacuación que garantice la seguridad de las personas y del medio ambiente. El control, que debe estar sólidamente sustentado por un sistema nacional de reglamentación y aplicación rigurosa de las medidas adoptadas, debe abarcar las fuentes de riesgo importantes desde el comienzo hasta el final.

Para responder a las solicitudes de los Estados Miembros al respecto, la Sección de Gestión de Desechos del Organismo está a punto de concluir un conjunto de base de datos sobre fuentes de radiación. La base de datos puede ser operada en computadoras personales modernas e incluye un manual de operaciones. Después que se haya sometido a las pruebas necesarias, el conjunto se ofrecerá a todos los Estados Miembros como instrumento para seguir el

Fuentes de radiación en la industria

Aplicación	Radionucleidos	Actividad de la fuente
Radiografía industrial	Iridio 192	0,1-5 TBq
	Cobalto 90	0,1-5 TBq
Diagrafía de pozos	Americio 241/Berilio	1-800 GBq
	Cesio 137	1-100 GBq
Higroscopio	Americio 241/Berilio	0,1-2 GBq
Sonda de transportador	Cesio 137	0,1-40 GBq
Sonda de densidad	Cesio 137	1-20 GBq
	Americio 241	1-10 GBq
Sonda de nivel	Cesio 137	0,1-20 GBq
	Cobalto 60	0,1-10 GBq
Sonda de espesor	Criptón 85	0,1-50 GBq
	Estroncio 90	0,1-4 GBq
Eliminadores estáticos	Americio 241	1-4 GBq
	Polonio 210	1-4 GBq
Pararrayos	Americio 241	50-500 MBq
Esterilización y conservación de alimentos	Cobalto 60	0,1-400 PBq
	Cesio 137	0,1-400 PBq
Instalaciones de calibración	Cobalto 60	1-100 TBq
	Cesio 137	1-100 TBq

Fuentes de radiación en la medicina

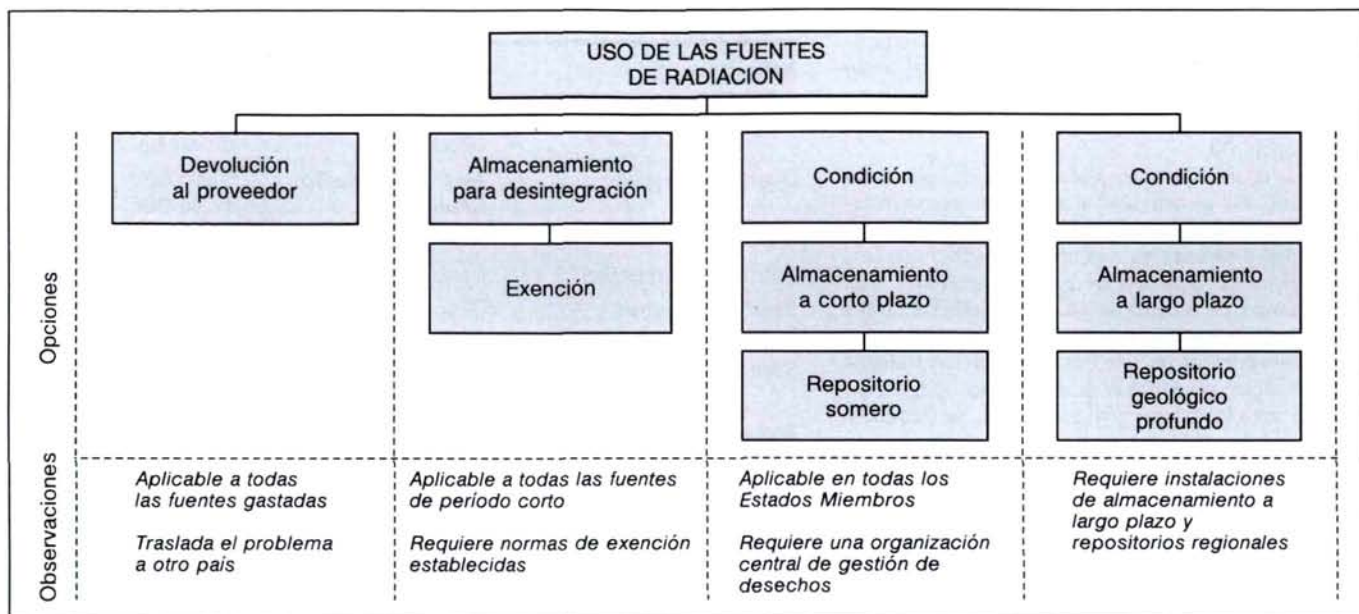
Aplicación	Radionucleidos	Actividad de la fuente
Braquiterapia manual	Cesio 137	50-500 MBq
	Radio 226	30-300 MBq
	Cobalto 60	50-500 MBq
	Estroncio 90	50-1500 MBq
Braquiterapia a distancia con carga retardada	Cobalto 60	unos 10 GBq
	Cesio 137	0,03-10 MBq
	Iridio 192	unos 400 GBq
Teleterapia	Cobalto 60	50-1000 TBq
	Cesio 137	500 TBq

Fuentes de radiación en las investigaciones

Aplicación	Radionucleidos	Actividad de la fuente
Fuentes de calibración	Muchos y diferentes	menor de 0,1 GBq
Instalaciones de calibración	Cesio 137	menor de 100 TBq
	Cobalto 60	menor de 100 TBq
	Californio 252	menor de 10 GBq
Irradiadores	Cobalto 60	menor de 1000 TBq
	Cesio 137	menor de 1000 TBq

destino final de sus fuentes de radiación selladas. El grupo objetivo principal son los órganos reglamentadores nacionales. También pueden utilizarlo organizaciones independientes como los órganos nacionales de gestión de desechos, que cuentan con una gran cantidad de fuentes de radiación.

Para que la gestión de desechos cumpla sus objetivos, es preciso contar con un sistema completo de acopio, transporte, tratamiento, acondicionamiento, almacenamiento y evacuación definitiva de las fuen-



Opciones para la gestión de desechos de fuentes de radiación

tes de radiación que se adapte a las necesidades nacionales. En el presente artículo no se pretende ahondar en los detalles técnicos de la aplicación de las distintas medidas, pero sí se analizarán a fondo los distintos enfoques relacionados con la evacuación definitiva.

Hay cuatro maneras de poner en práctica la etapa final de la gestión de desechos. (Véase la figura.) Estas son: 1) devolver la fuente de radiación gastada al proveedor; 2) almacenarla para dar tiempo a la desintegración y a la posterior exención del control reglamentario; 3) acondicionarla, almacenarla y evacuarla en un repositorio cerca de la superficie; y 4) acondicionarla, almacenarla durante un período prolongado y evacuarla en un repositorio geológico profundo.

Devolución al proveedor. Un procedimiento simplificado puede ser el que se describe a continuación: *El productor de desechos devuelve la fuente sellada al proveedor tan pronto deje de usarla e informa de ello al órgano reglamentador. Quizás se requiera una aprobación y/o una licencia para el transporte y la exportación basada en una legislación nacional.*

Las fuentes de radiación selladas constituyen un problema especial debido a su pequeño tamaño y a las tasas de dosis elevadas que a menudo se concentran en la superficie. Además, con frecuencia se hallan en países que no cuentan con una infraestructura de gestión de desechos adecuada para la gestión de la evacuación de las fuentes. El productor de una fuente de radiación suele ser el que tiene mayores posibilidades para almacenar en condiciones de seguridad las fuentes de radiación que reproduce. También el productor puede tener la posibilidad de reacondicionar una fuente gastada mediante su reencapsulamiento para volver a utilizarla. (Generalmente el usuario no puede llevar a cabo estas operaciones.)

Por conducto del Programa de Asesoramiento sobre Gestión de Desechos Radiactivos del OIEA

(WAMAP), se proporciona asesoramiento sobre la opción de devolución al proveedor a las autoridades nacionales que no cuentan con toda la capacidad necesaria para la gestión de desechos, en particular en los países en desarrollo. Como resultado de ello, en la actualidad las legislaciones nacionales suelen exigir que en todos los contratos de compra de fuentes de radiación selladas se incluya una cláusula que permita al comprador devolverla al proveedor cuando ya no sea de utilidad.

La opción de devolver una fuente de radiación gastada al proveedor debe, sin embargo, escogerse solamente cuando sea la solución óptima, ya que no es una solución definitiva pues no hace más que trasladar el problema a otro país. En los países que cuentan con excelentes posibilidades para la evacuación definitiva de fuentes gastadas, no es necesario utilizar esa variante, ya que en esos casos, lejos de reducirse, aumentará el riesgo total que plantean los desechos radiactivos.

Exención del control reglamentario después del almacenamiento para la desintegración. Un procedimiento simplificado puede ser el siguiente: *El productor de desechos los coloca en una instalación de evacuación adecuada para su desintegración y los mantiene allí bajo una vigilancia adecuada hasta que los desechos alcancen los niveles de exención (levantamiento de restricciones), momento en que se trasladan y evacúan como si no fueran radiactivos.*

Las características naturales que tienen los radionucleidos de desintegrarse y convertirse finalmente en nucleidos estables, hacen que resulte atractiva la opción de almacenar los desechos radiactivos hasta que alcancen el nivel de exención establecido. Aunque se trata de una opción muy práctica, antes de aplicarla hay que cumplir determinados requisitos y limitaciones.

Los períodos de semidesintegración de los radionucleidos contenidos en los desechos deben ser cortos para que el nivel de exención se alcance en un plazo razonable, a lo sumo unos cuantos años. Por

ello en la práctica el período de semidesintegración no puede exceder de un mes o, cuando más, de unos pocos meses. Por ejemplo, con un período de semidesintegración de un mes, la actividad se reducirá en un factor de 4000 en un año y de 16 millones en 2 años.

Para poder poner en práctica esta opción, es necesario que el órgano reglamentador nacional haya establecido niveles de exención. Aún no se han establecido niveles internacionales de exención derivados, aunque hay acuerdo en cuanto a los principios básicos de la exención, y el OIEA en estos momentos está preparando orientaciones adecuadas.

La principal ventaja de esta opción es que cualquier productor de desechos puede ponerla en práctica, evitando el transporte innecesario de materiales radiactivos. Si se aplica adecuadamente, esta opción también impide el almacenamiento de cantidades innecesariamente grandes de desechos radiactivos, ya que éstos pueden extraerse tan pronto hayan alcanzado los niveles de exención.

Para que esta opción sea viable, es preciso contar con un sistema operacional de segregación de desechos a fin de garantizar que los desechos de período corto se separen debidamente de los de período largo. En un conjunto de desechos los radionucleidos de período de semidesintegración más largo serán los que determinarán el tiempo de almacenamiento requerido para la desintegración.

Aunque esta opción resulta adecuada para casi todos los desechos radiactivos generados en la esfera de la medicina nuclear con fines de diagnóstico, sólo tiene aplicaciones limitadas en lo tocante a las fuentes de radiación selladas.

Almacenamiento a corto plazo y posterior evacuación cerca de la superficie. Un procedimiento simplificado puede ser el siguiente: *El productor de desechos los transporta (antes o después del acondicionamiento) a una instalación central nacional de tratamiento y almacenamiento de desechos para su ulterior evacuación en un repositorio cerca de la superficie.*

Los desechos radiactivos con períodos de semidesintegración inferiores a los 30 años por lo general pueden evacuarse, después de ser debidamente acondicionados, en un repositorio somero. El establecimiento y la explotación de estos repositorios ha logrado su pleno desarrollo desde el punto de vista técnico y no hay grandes discrepancias entre los expertos en cuanto a la aceptabilidad del concepto, siempre que se establezcan las limitaciones y condiciones pertinentes para los desechos y el repositorio. Es probable que todavía haya desacuerdo entre los políticos, las personas que exigen "la ausencia de todo riesgo" y aquellas que, por cualquier razón, se oponen a la energía nuclear.

Casi todos los países pueden, en principio, establecer un repositorio somero en su territorio para la evacuación de los desechos de período corto allí generados. Como las cantidades serían pequeñas, normalmente no se justifica que un país tenga más de un repositorio, o muy pocos. El costo de un repositorio para pequeñas cantidades de desechos de período corto no resulta inaceptable incluso para los países pequeños, ya que el productor de cantidades pequeñas de desechos puede recurrir a soluciones sencillas.

Los desechos radiactivos destinados a esa clase de almacenamiento o evacuación tienen que ser debidamente acondicionados. Estas operaciones a menudo no pueden ser realizadas por los productores de desechos individualmente, sino más bien por una organización central dedicada a esos fines. El OIEA ha preparado una descripción genérica de una instalación de tratamiento y almacenamiento destinada a un país con un centro de investigaciones nucleares que disponga de un reactor de investigaciones. El conjunto incluye descripciones pormenorizadas de la instalación y los equipos utilizados, planos, y una evaluación genérica de la seguridad de la instalación. El conjunto fue puesto recientemente a disposición de los Estados Miembros del OIEA, y ya se ha utilizado para la explotación de nuevas instalaciones centrales de gestión y almacenamiento de desechos. Hace poco se completó un módulo de diseño similar para el acondicionamiento y almacenamiento provisional de fuentes de radiación gastadas, que se pondrá a disposición de los Estados Miembros en 1994.

Para aplicar esta opción, el país de que se trate tendrá que establecer una instalación central de tratamiento y almacenamiento de desechos en la que éstos puedan almacenarse hasta su evacuación en un repositorio somero. Tarde o temprano, el país tendrá que crear esa clase de repositorio para sus desechos radiactivos de período corto.

Almacenamiento a largo plazo y posterior evacuación en capas geológicas profundas. Otro procedimiento simplificado podría ser el siguiente: *El productor de desechos los traslada (antes o después del acondicionamiento) a una instalación central nacional de tratamiento y almacenamiento. De ser necesario, los desechos se transportan posteriormente a una instalación regional para su almacenamiento a largo plazo hasta su evacuación en capas geológicas profundas.*

Hay desechos procedentes de aplicaciones nucleares que no pueden evacuarse en instalaciones someras debido a su largo período de semidesintegración y su nivel de actividad. Entre estos desechos se cuentan, en particular, las fuentes selladas que contienen radio 226 y americio 241. Como se señala en el informe de 1991 del OIEA *The Nature and Magnitude of the Problem of Spent Radiation Sources* (IAEA TECDOC 620), se prevé que esas fuentes de radiación sean evacuadas en repositorios emplazados en formaciones geológicas profundas.

El establecimiento de esa clase de repositorio geológico profundo es sumamente costoso. Los países que sólo tienen que evacuar fuentes selladas en formaciones geológicas profundas no pueden sufragar su costo. Sin embargo, cualquier país que disponga de energía nucleoelectrica está obligado a crear esa clase de repositorio. Como la actividad de las fuentes de radiación selladas es despreciable en comparación con la del combustible gastado o la de los desechos de actividad alta, una solución sería evacuar las fuentes selladas de período largo, incluidas las recibidas de otros países, junto con los desechos de actividad alta procedentes de los reactores nucleares de potencia.

La evacuación conjunta de las fuentes selladas provenientes de un país con los desechos de actividad alta de otro país exigirá la concertación de acuerdos

internacionales o bilaterales. Aunque no es perentorio concertar tales acuerdos, teniendo en cuenta que no se crearán repositorios profundos hasta bien avanzado el próximo siglo, sería prudente iniciar el proceso, el que es muy probable que sea arduo y prolongado.

Hasta que se cuente con repositorios geológicos profundos, se necesitan instalaciones de almacenamiento provisional para los desechos acondicionados que puedan explotarse en condiciones de seguridad durante muchos decenios. Considerando que los volúmenes son muy pequeños y estrictos los requisitos para las instalaciones de almacenamiento provisional, también conviene hallar soluciones regionales para el almacenamiento a largo plazo de

las fuentes selladas de período largo acondicionadas. El Organismo ha iniciado un proceso para la adopción de ese enfoque regional.

Gran parte de la legislaciones nacionales prohíben hoy día la importación de desechos radiactivos para su evacuación y se han hecho declaraciones políticas en el sentido de que "todos los países se deben encargar de sus propios desechos y evacuarlos". El motivo de tales requisitos y declaraciones, sin embargo, es el temor a tener las grandes cantidades de desechos radiactivos que generan las centrales nucleares y no las pequeñas cantidades de desechos radiactivos que producen, por ejemplo, las aplicaciones médicas.

Aún no se han adoptado medidas definitivas en cuanto a la gestión de fuentes de radiación gastadas de período largo. Antes será menester tomar decisiones respecto del establecimiento de instalaciones regionales de almacenamiento a largo plazo y la concertación de acuerdos internacionales o bilaterales sobre la evacuación conjunta de fuentes selladas y de desechos de actividad alta procedentes de los reactores nucleares de potencia.

Desafíos futuros

Hoy es posible llevar a cabo la gestión a escala nacional de todos los desechos radiactivos generados por las aplicaciones nucleares, con la excepción de unas pocas fuentes de radiación selladas de período largo que requerirán la adopción de medidas internacionales. Si esto puede lograrse o no en un país, dependerá de los conocimientos técnicos y recursos que ese país posea. EL OIEA está ayudando a sus Estados Miembros para que cuenten con esa posibilidad. Sin embargo, aún queda un largo trecho por recorrer antes de que la mayoría de los Estados Miembros puedan establecer una infraestructura nacional adecuada para la gestión de desechos.

La gama de aplicaciones de la radiación incluye la radiografía, que se utiliza típicamente en las industrias aeronáutica y del acero por razones de seguridad y de control de calidad.

(Cortesía: Tech/Ops; Dahiström, Bildhuset, Suecia)

