

Gestión de desechos procedentes de la extracción y tratamiento de minerales de uranio

por K.T. Thomas*

Las operaciones de extracción y tratamiento de minerales de uranio no han suscitado gran preocupación por los peligros que puedan entrañar, y gracias al progreso de las técnicas de tratamiento de minerales y de gestión de desechos tal situación seguirá mejorando. Sin embargo, la evacuación de grandes cantidades de desechos procedentes de las operaciones de extracción y tratamiento sí tiene consecuencias sobre el medio ambiente a causa de los largos períodos de semidesintegración y fácil disponibilidad de los radionucleidos tóxicos ^{226}Ra y ^{222}Rn .

Extracción

Aunque el escombros obtenido durante la extracción no posee un grado de radiactividad apreciable, su control resulta necesario. El escombros que no se utiliza en el rellenado de minas se destina a menudo a otros usos: construcción de terraplenes en el emplazamiento de la mina, de carreteras, etc. Siempre que se emplee en obras de construcción, debe ser objeto de vigilancia por parte de las autoridades correspondientes, con el fin de garantizar que cualquier radioexposición que se produzca de la población se mantendrá dentro de límites aceptables. Han de evaluarse los efectos derivados de cualquier posible escape en cúmulos de escombros cuya concentración en radionucleidos naturales sea mayor que la de su entorno; cuando sea preciso, también debe recogerse y tratarse la cantidad fugada.

El agua de las minas se suele volver a utilizar en la medida de lo posible en la misma mina y en las instalaciones de tratamiento. Puede contener uranio, torio, radio u otros metales disueltos, lo que podría aumentar los niveles de Rn en el aire de las galerías. Cuando la mina produce más agua de la que puede emplearse, se recibe en un sistema de retención de desechos o, en algunos casos, se descarga en condiciones controladas a los cursos fluviales.

El aire procedente de la ventilación de la mina está contaminado con radón y con los nucleidos hijos de éste, y en cierta medida con polvo de mineral, polvo de escombros y humos. Este aire se somete, en su caso, a vigilancia y tratamiento, antes de su dispersión en la atmósfera, a fin de que ni los individuos ni la población general se vean expuestos a niveles inaceptables de radón o de polvo.

Tratamiento de minerales

Las características mineralógicas de la roca huésped y la elección del proceso de extracción influyen en el problema de la gestión de desechos. Dado que los

* Miembro de la Sección de Tratamiento y Evacuación de Desechos (División del Ciclo del Combustible Nuclear).

minerales que contienen uranio son típicamente bastante más blandos que el cuarzo y los silicatos, que constituyen la mayor parte de la ganga, se tiende a convertir en limo fino los minerales de uranio, radio, y otros de interés, y a mezclarlos a continuación con arcillas. La manipulación del limo así obtenido reviste una importancia fuera de lo común en las operaciones habituales de tratamiento de minerales y gestión de desechos.

El método más comúnmente adoptado es el tratamiento mediante lixiviación ácida a menos que el mineral contenga una proporción de caliza o de otros tipos de ganga que favorezcan un tratamiento alcalino. Los depósitos que contienen piritas plantean un problema de primer orden con respecto a la gestión de desechos. Estos se oxidan paulatinamente en las colas, produciendo ácido sulfúrico y elevadas concentraciones de sulfatos. La situación se complica si se hallan también presentes otros metales pesados, como el cobre o el cinc, en forma de sulfuros que pueden oxidarse y lixivarse a partir de las colas.

Las soluciones estériles procedentes del proceso de lixiviación alcalina se aprovechan en su mayor parte. La lechada acuosa se utiliza para transportar residuos y contiene grandes concentraciones de contaminantes tales como ácido sulfúrico, metales pesados, nitratos, sulfatos, aminas y cloruros. Los principales radionucleidos presentes en estas soluciones son ^{230}Th , ^{226}Ra , ^{222}Rn y ^{210}Pb , de los que el más abundante es el ^{226}Ra . Para reducir el volumen de las soluciones de desechos, se recomienda el reciclado, control y uso reducido del agua. El tratamiento principal que se da a los efluentes del proceso ácido es la neutralización con cal o con una mezcla de caliza y cal para alcalinizar el pH, seguido de un tratamiento mediante sales de bario y sales sódicas de ácidos grasos de cadena larga. Los efluentes de entre 4 y 40 Bq/litro (de 100 a 1000 pCi/litro) pueden mediante este tratamiento reducirse a niveles de actividad de entre 0,07 y 0,2 Bq/litro (de 2 a 5 litros pCi/litros) aproximadamente, los cuales se consideran aceptables. De manera análoga se tratan las soluciones de decantación procedentes del sistema de retención de desechos, en el que existe exceso de agua.

Las soluciones de filtrado varían sus características con el tiempo, especialmente en el caso de los residuos envejecidos portadores de sulfuro, con la consiguiente producción de ácido. Las filtraciones se limitan mediante una tecnificación adecuada del sistema de retención de desechos. En estos casos, la solución puede rebombearse al sistema o tratarse juntamente con el líquido de decantación. El control a largo plazo y con regularidad de las filtraciones constituye un problema que necesita especial atención.

El polvo seco de mineral procedente de la explotación, los humos derivados de tratamientos ácidos y los contaminantes presentes en el aire durante las fases de separación y secado de la torta amarilla se tratan empleando métodos convencionales tales como extracción de polvo, ciclones, depuración y precipitación electrostática. El radón liberado durante la fase de tratamiento del mineral, aunque es difícil de eliminar, puede manipularse sin riesgos gracias a un diseño adecuado del sistema de depuración.

Residuos de las plantas de tratamiento

Los residuos de tratamiento del mineral de uranio, que contienen sustancias radiactivas y no radiactivas, son materiales sólidos y líquidos restantes después de haber extraído el uranio del mineral. Los sólidos están constituidos principalmente por el grueso del mineral primitivo, finamente triturado, así como por diversas sustancias químicas precipitadas a partir de los líquidos residuales.

La lechada residual se bombea a un sistema de retención de desechos en el que los sólidos se posan y se van acumulando. En algunas instalaciones el mineral se trata sin emplear el triturado fino, y los residuos resultantes se transportan en forma final casi seca a una zona de evacuación de desechos.

La radiactividad específica de los residuos de las plantas de tratamiento de uranio es baja. Cerca de un 15% de la radiactividad total existente en el mineral primitivo se conserva en la torta amarilla producida por la planta de tratamiento. Una vez desintegrados los nucleidos radiactivos de más corta vida, queda en los residuos aproximadamente un 70% de la radiactividad inicial del mineral. Dado que el torio y el radio tienen largos períodos de semidesintegración, y debido también a la presencia en los residuos de trazas de uranio, cuyo período de semidesintegración es también muy largo (cientos de millones de años), los residuos seguirán siendo radiactivos durante un período de tiempo prácticamente indefinido.

Puesto que al menos un 97% del ^{226}Ra suministrado a la planta de tratamiento permanece sin disolverse a lo largo del proceso de lixiviación, la concentración de radio en los residuos es solo apenas menor que la existente en el mineral. A causa de la existencia de este ^{226}Ra en los residuos, se liberará radón de manera constante. Mientras que las partículas arrastradas por el aire que proceden de la superficie de los residuos podrían tener cierta importancia, las emisiones de radón constituyen lo más difícil de controlar. Pueden limitarse reduciendo al mínimo la superficie de exposición de los residuos; para ello se cubren con agua, con una membrana impermeable o con una capa de tierra. Además de estas medidas, puede hacerse disminuir la dosis de irradiación de la población instalando sistemas de retención de desechos tan lejos como sea posible de las zonas habitadas ya existentes y restringiendo el establecimiento de nuevas zonas habitadas próximas a las de deposición de los desechos. En algunos países se ha propuesto como límite máximo para la emanación de ^{222}Rn en residuos estabilizados un valor de $0,07 \text{ Bq m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ($2 \text{ pCi m}^{-2} \text{ s}^{-1}$).

En la actualidad no parece existir otro método de aplicación general que no sea la evacuación de residuos

sólidos en vertederos o depósitos de retención de desechos. Estos depósitos pueden y deben emplazarse cuidadosamente, construirse según las normas más exigentes, vigilarse de manera cuidadosa y mantenerse en altos niveles de seguridad.

El diseño básico y objetivos de operación de los depósitos de confinamiento de residuos de tratamiento deben encaminarse a conseguir la estabilidad física y química de los residuos y mantener en niveles aceptablemente bajos las fugas de materiales radiactivos. La medida principal a adoptar para reducir al mínimo las filtraciones de agua es la de garantizar que existen barreras de elevada impermeabilidad y baja transmitividad situadas en todas las direcciones en las que actúan cargas hidráulicas o fuerzas de empuje que tiendan a alejar el agua del embalsamiento. En cuanto al revestimiento, existen varias posibilidades y la elección en cada emplazamiento dependerá de numerosos factores, entre ellos el grado de control que se precisa y los costos.

Tras el cierre definitivo de la planta de tratamiento, el control, vigilancia y mantenimiento de los depósitos de retención de desechos plantean problemas que perdurarán en el futuro. Algunos de ellos son: la naturaleza fluida de la capa de lúgamo, la dificultad de repoblación vegetal, las condiciones climáticas y pluviales adversas, las filtraciones y la formación de ácidos en los minerales que contienen piritas. El diseño y construcción de terraplenes a tal efecto deberían, mejorados al máximo, resolver tales problemas. Una repoblación vegetal efectiva de la zona de residuos puede estabilizar el vertedero frente a la erosión eólica y, mediante un diseño adecuado de perfiles de la superficie, la vegetación puede reducir la erosión debida al agua y, hasta cierto punto, la entrada de humedad.

En los últimos tiempos se han realizado importantes esfuerzos por mejorar las técnicas de gestión de residuos de tratamiento del mineral y por aminorar su posible incidencia en el medio ambiente. Los métodos de diseño empleados en la actualidad están experimentando una evolución técnica.

Dada la escasa radiactividad específica de los residuos, la aparición de puntos de fuga en los depósitos de confinamiento, con la consiguiente lenta dispersión de los residuos, no tendría consecuencias catastróficas, ni tan siquiera importantes, pues para que se produjesen efectos perjudiciales sería precisa una radioexposición prolongada y constante. Sin embargo, aunque las consecuencias de una eventual fuga en los depósitos de confinamiento de residuos se prevé que a largo plazo serán de menor cuantía, nuestra responsabilidad con respecto a las generaciones venideras nos indica que la finalidad de la gestión de residuos de las plantas de tratamiento debe ser estabilizar y confinar dichos residuos durante un período indefinido valiéndonos de los mejores medios prácticos de que se disponga.

A la hora de evaluar los efectos perjudiciales para la salud revisten importancia los radisótopos ^{226}Ra , ^{222}Rn y ^{210}Pb contenidos en los residuos, y los ^{238}U y ^{234}U procedentes del tratamiento de la torta amarilla. La emanación de ^{222}Rn podría perfectamente proseguir durante varios cientos de miles de años al existir un equilibrio activo entre el ^{226}Ra y el ^{230}Th . Sin embargo,

se considera improbable la presencia prolongada de estos nucleidos padre durante períodos de tiempo tan largos, y en algunas evaluaciones se ha partido de la hipótesis de un tiempo de permanencia de 1000 años, en promedio, para el radio y el torio. En estos estudios se ha calculado un compromiso de dosis colectiva que oscila entre 10 000 y 33 000 rem-hombre por GW y año según los diferentes ciclos del combustible. Este valor presupone que al cabo de 1000 años todo el ^{226}Ra ha pasado de los residuos al agua que se renueva. Las emanaciones de radión constituyen tan solo una aportación secundaria al efecto total.

Según se desprende de minuciosos estudios, la contribución de la radiactividad remanente en los residuos de tratamiento al compromiso de dosis colectiva es pequeña comparada con la radiación natural de fondo.

Actividades del OIEA

El OIEA ha trabajado durante muchos años en el estudio de las bases radiológicas y tecnológicas de gestión de desechos procedentes de la elaboración del uranio. Se han organizado también reuniones en relación con estos temas, encuadradas en simposios, seminarios y reuniones internacionales sobre gestión de desechos.

En la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el medio humano, que se celebró en Estocolmo del 4 al 16 de junio de 1972, se pidió a los Gobiernos que estudiaran con el OIEA y otros Organismos competentes las posibilidades de cooperación internacional frente a los problemas planteados por los desechos radiactivos, entre ellos los de extracción y los de evacuación de residuos. Se mantiene, pues, el interés del Organismo en esta esfera.

En 1976 se publicó, en colaboración con la Organización Internacional del Trabajo (OIT), un manual sobre seguridad radiológica en los centros de extracción y de tratamiento de los minerales de uranio y torio. El OIEA creó un grupo de expertos que elaborase el material

básico de referencia necesario para redactar un Código sobre gestión de desechos en la extracción y tratamiento de minerales de uranio y de torio, así como una guía para su aplicación. Este volumen se publicó en 1976 (Nº 44 de la Colección Seguridad del OIEA). Al aprobarse la publicación de este Código y Guía, se recomendó a los Estados Miembros que lo tomaran en consideración a la hora de formular sus respectivas reglamentaciones nacionales.

A partir de 1978, los grupos de expertos del OIEA han venido examinando los métodos y modalidades empleados actualmente en materia de confinamiento de residuos de las plantas de tratamiento de uranio. En 1981 se publicará un informe técnico sobre este tema. Se ofrecerá en él una visión global de los métodos empleados actualmente para el confinamiento de dichos residuos, y para la selección de emplazamientos. En relación con este tema, se desarrolló un programa coordinado de investigación sobre el origen, distribución, movimiento y depósito del radio en vías acuáticas interiores y acuíferos. Este programa se desarrolló entre 1976 y 1980, y se materializará en un informe en 1982.

Habida cuenta de los progresos obtenidos en los últimos años y de la importancia actual y futura de este tema, se considera oportuno convocar un simposio internacional para 1982 (en colaboración con OCDE/AEN) con el fin de examinar técnicas y métodos de elaboración empleados en la gestión de desechos procedentes de la extracción y tratamiento de minerales de uranio. Este será el primer simposio del OIEA consagrado exclusivamente a este tema y brindará una visión global de la situación en que se encuentran los programas de investigación y desarrollo, con indicaciones acerca de cualquier novedad que a este respecto pudiera esperarse próximamente. Se prevé iniciar en 1982 la revisión y actualización del Código sobre gestión de desechos procedentes de las operaciones de extracción y tratamiento de los minerales de uranio y la Guía para su aplicación.



Instalación de lixiviación en pilas, en Wyoming (EE.UU.); el uranio se extrae de materiales de baja ley a medida que la solución de lixiviación fluye a través de las pilas de mineral. Mediante los métodos descritos en este artículo se protege el entorno contra los efluentes y desechos resultantes de este y otros tipos de operaciones de tratamiento de mineral.