

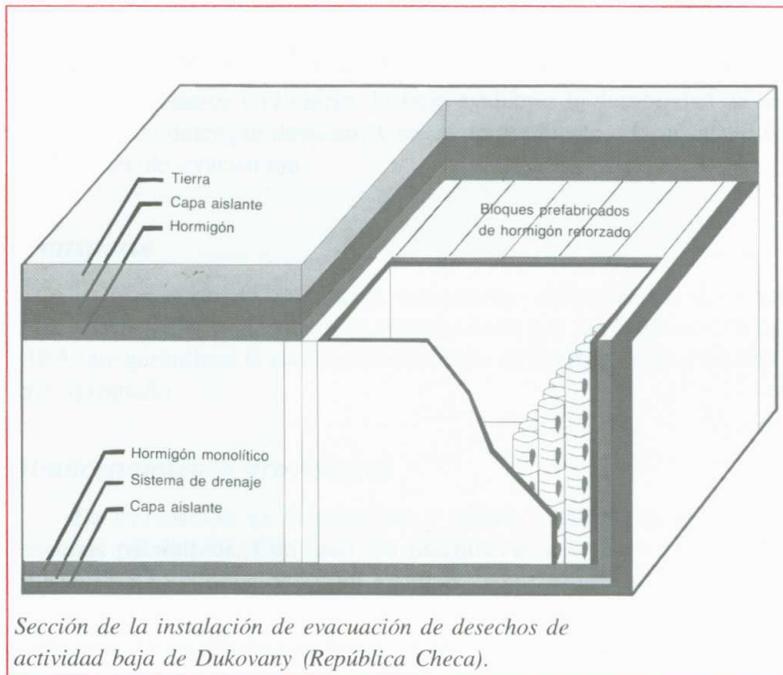
El objetivo básico de la gestión de desechos radiactivos es proteger al hombre y su medio, impidiendo el surgimiento de riesgos radiológicos en todo momento y circunstancia. Ello exige establecer salvaguardias para el medio ambiente a fin de que las generaciones futuras no tengan que responder por los desechos que se produzcan ahora.

Para lograr la protección permanente de la población, se aplican dos principios sencillos en relación con la evacuación definitiva de los desechos:

- Inmovilización de los elementos radiactivos en las matrices apropiadas, rodeándolos de barreras tecnológicas de confinamiento (contenedores y sobreembalajes); y
- Control de cualquier posible dispersión de la radiactividad residual en el medio ambiente. Esto se consigue seleccionando cuidadosamente el medio geológico de almacenamiento y diseñando las instalaciones de evacuación de manera adecuada. Estas barreras de evacuación tienen la finalidad de minimizar, sean cuales fueren las circunstancias, el nivel de radiactividad que llega a la biosfera, sobre todo en torno a la instalación de evacuación.

Evacuación de desechos de actividad baja, intermedia y de período corto

Los desechos que contienen casi exclusivamente radisótopos de período corto de semidesintegración y radiactividad baja o media deben aislarse de la biosfera durante un período relativamente limitado dada la rápida desintegración de la radiactividad.



La protección contra la acción del agua se logra mediante un sistema de barreras físicas y con una elevación suficiente sobre la capa freática.

La protección contra la acción accidental del hombre se garantiza mediante la vigilancia del emplazamiento, que se mantiene bajo control estatal durante el período precedente.

En varios países se ha practicado durante más de 30 años la evacuación segura de desechos de actividad baja e intermedia (DABI) cerca de la superficie. En varios de ellos se han logrado progresos en el desarrollo y explotación de instalaciones de evacuación cerca de la superficie, incluidos Alemania, los Estados Unidos de América, España y Francia.

Algunos países, dada la falta de lugares adecuados cerca de la superficie o por razones de política nacional, evacúan los desechos de actividad baja e intermedia a profundidades mucho mayores. El



Vista detallada de los tableros de recubrimiento de la instalación de evacuación de desechos de actividad baja de Mochovce (República Eslovaca).

Repositorio Final Sueco para desechos radiactivos de la explotación de Forstmark está construido en cavernas rocosas a unos 60 metros por debajo del lecho marino con acceso desde la tierra. Este repositorio está destinado a la evacuación de todos los desechos de actividad baja e intermedia de período corto derivados de la explotación de los 12 reactores nucleares de Suecia, así como de desechos de usuarios de materiales radiactivos de los sectores de la medicina, la industria y la investigación.

Evacuación de desechos de actividad alta y de combustible gastado

Para la evacuación de desechos de actividad alta y de combustible gastado se dispone de dos alternativas principales. El combustible gastado puede evacuarse como desecho luego de un período suficiente de almacenamiento que permita su desintegración, o puede reelaborarse para recuperar el plutonio o el uranio con miras a su reciclado, tras lo cual se procede a acondicionar y evacuar los desechos de actividad alta resultantes.

Todos los países que se dedican a la reelaboración del combustible gastado tienen previsto vitrificar los desechos de actividad alta resultantes como vidrio de borosilicato monolítico. Independientemente de la opción que se escoja, hay acuerdo en el sentido de que la evacuación geológica profunda mediante un sistema de barreras tecnológicas y naturales para aislar los desechos es el método idóneo para la evacuación de desechos de actividad alta y combustible nuclear gastado.

Para garantizar la protección por períodos de escala geológica, la principal solución contra la intrusión humana y el riesgo del agua es enterrar los desechos de período largo a una profundidad de varios cientos de metros en formaciones geológicas estables. Se han determinado distintos tipos de formaciones geológicas favorables, entre otras, granito, sal, toba volcánica, arcilla y basalto.

Los medios geológicos en que se sitúen los repositorios de desechos de actividad alta tendrán que conservar su capacidad de aislamiento durante miles de años (como las formaciones de sal), y también retardar eficazmente el movimiento de retorno de los radionucleidos a la biosfera.

En el diseño del repositorio se incorpora el uso de capas múltiples de protección en forma de barreras tecnológicas y naturales que aíslan los materiales radiactivos del medio ambiente. Los desechos sólidos se sellan en recipientes de metal o cerámica resistentes a la corrosión para evitar que la humedad afecte a los desechos de actividad alta vitrificados o al combustible gastado. Esto es importante, ya que la mayoría de los científicos consideran que la principal forma en que pudieran ser transportados los elementos radiactivos de un repositorio al medio ambiente es mediante la circulación del agua.

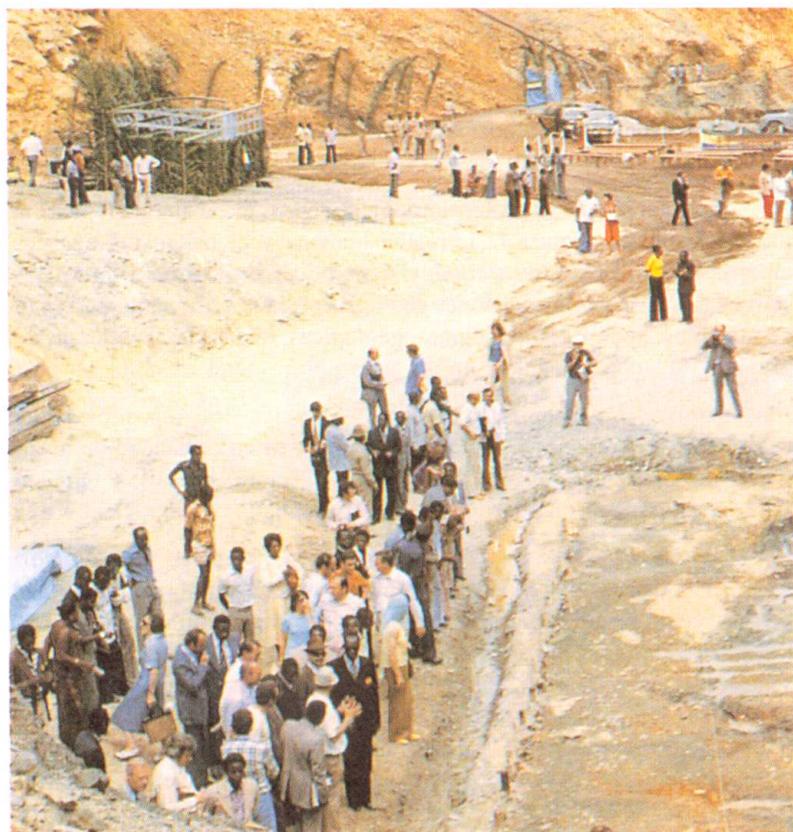
Las barreras naturales forman las capas de protección siguientes. La mayoría de los científicos estiman que cuando los contenedores de

desechos se colocan por primera vez en la roca, el calor dimanante de los bultos de desechos elimina cualquier humedad presente en la masa rocosa circundante. Después de un período de 1000 años, el diseño del repositorio ayudará a impedir el desplazamiento de los elementos radiactivos. Si los elementos radiactivos se disolviesen y comenzasen a desplazarse a través de la roca, parte de este material se adheriría a las zeolitas, o minerales de la roca volcánica, lo que haría que se desplazasen con más lentitud desde el repositorio.

Depósitos naturales análogos a los repositorios de desechos radiactivos

En la naturaleza hay muchos ejemplos de materiales radiactivos que han podido aislarse con eficacia durante períodos sumamente largos, y que pueden utilizarse para demostrar la viabilidad básica de la contención geológica de los desechos radiactivos.

Los expertos suelen señalar el ejemplo de una reacción nuclear en cadena espontánea que ocurrió hace unos 2000 millones de años en un



Oklo, emplazamiento del reactor nuclear más antiguo que se conoce, ha proporcionado valiosa información sobre el aislamiento a largo plazo de los desechos radiactivos.

yacimiento rico en uranio de Oklo, en Gabón, Africa occidental. Otro ejemplo es el yacimiento muy rico en uranio situado cerca del Lago Cigar, en el Canadá.

La reacción natural en cadena produjo el mismo tipo de desechos radiactivos que los reactores nucleares construidos por el hombre. Estudios de los emplazamientos indican que la mayoría de los productos de fisión y prácticamente todos los otros elementos (incluido el plutonio) se han desplazado a una distancia menor de 1,8 metros del lugar donde se formaron 20 millones de siglos atrás.

La investigación de estos depósitos naturales análogos a los repositorios de desechos radiactivos es tema de varios proyectos de investigación internacionales.

La cooperación internacional desempeña un papel fundamental en los programas de gestión de desechos radiactivos. La Comisión de las Comunidades Europeas (CCE) ha patrocinado programas de investigación durante más de 15 años, incluidos experimentos sobre el terreno en emplazamientos de evacuación potenciales de Mol (Bélgica) y Asse (Alemania).

El recién concluido proyecto "Stripa" fue organizado por la Agencia para la Energía Nuclear de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (AEN/OCDE) y en él participaron Suecia y otros nueve países de la OCDE. Este proyecto, en que se investigaron muchos aspectos de la evacuación de desechos de actividad alta y combustible gastado en roca dura fracturada, se llevó a cabo en una antigua mina de mineral de hierro de Suecia.

En el Canadá, los Estados Unidos de América, Finlandia, Francia, Italia, el Japón y Suiza existen laboratorios subterráneos en que se han realizado o se están realizando estudios de este tipo.

Seguridad radiológica y ambiental de la evacuación geológica

La evaluación de la seguridad de un repositorio geológico profundo consiste esencialmente en analizar en detalle las posibles consecuencias a largo plazo de la evacuación con miras a cuantificar los riesgos que puedan surgir en cualquier momento después de la clausura definitiva del repositorio. Luego tendrán que compararse los resultados con las normas de seguridad apropiadas. El proceso de evaluación también ayuda a determinar las esferas decisivas en que pueda requerirse una mayor investigación, y ofrece orientación para la selección del emplazamiento y el diseño del repositorio.

Gracias a los programas nacionales e internacionales coordinados por el OIEA, en los últimos años se han logrado considerables progresos en lo que respecta a la comprensión de los procesos pertinentes y a las evaluaciones de seguridad. En varios emplazamientos concretos se ha

aplicado la metodología elaborada para los repositorios profundos de desechos de actividad alta. Los resultados de las evaluaciones realizadas en virtud de este proyecto han sido sumamente convincentes y han indicado una ausencia de toda liberación de radiactividad en los emplazamientos investigados para un período de por lo menos 10 000 años, y liberaciones radiológicamente insignificantes en el futuro muy distante.

En 1991, los expertos que asesoraban al OIEA, la CCE y la Agencia para la Energía Nuclear de la OCDE expresaron una *opinión colectiva* con el texto siguiente:

Actualmente se dispone de métodos de evaluación de la seguridad para evaluar adecuadamente las posibles repercusiones radiológicas a largo plazo de un sistema de evacuación de desechos radiactivos cuidadosamente diseñado para el hombre y el medio ambiente; el uso apropiado de los métodos de evaluación de la seguridad, aparejado a una información suficiente con respecto a los emplazamientos de evacuación que se hayan propuesto, puede servir de base técnica para decidir si determinados sistemas de evacuación ofrecerán a la sociedad un grado satisfactorio de seguridad para las generaciones actuales y las generaciones futuras.