Avances hacia el almacenamiento definitivo geológico de residuos radiactivos: ¿Dónde nos encontramos? Una evaluación internacional

Agencia de Energía Nuclear AEN/OCDE

CSN

Colección Otros Documentos 30.2004



CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

Avances hacia el almacenamiento definitivo geológico de residuos radiactivos: ¿Dónde nos encontramos? Una evaluación internacional

Agencia de Energía Nuclear AEN/OCDE



Colección Otros Documentos CSN

Referencia: ODE - 09.01

Esta publicación es la traducción actualizada del documento de la Agencia de Energía Nuclear (AEN/NEA) de la OCDE titulada "Progress Towards Geologic Disposal of Radioactive Waste: Where Do We Stand?: An International Assessment", que da cuenta de los progresos científicos y técnicos generales en el desarrollo de la solución de almacenamiento de los residuos radiactivos de larga vida en depósitos ubicados en formaciones geológicas profundas, reconociendo el carácter técnico y social de su desarrollo y la necesidad de un proceso de toma de decisiones por etapas, paso a paso, que de cavidad a la consideración de esta naturaleza

El documento original, editado en 1999, que puede encontrarse en la página de Internet http://www.nea.fr/html/general/policypaper.html, recoge una evaluación y reflexión internacional sobre la situación del almacenamiento geológico, basado en un estudio más amplio sobre la revisión de los desarrollos de la última década, que recopila la información facilitada por las instituciones de cada país representadas en el Comité de Gestión de Residuos Radiactivos (Radioactive Waste Management Committe, RWMC) de la Agencia.

El contenido general, las reflexiones y conclusiones del documento original permanecen en vigor. Su estructura y estilo con un lenguaje sencillo lo hace asequible a una audiencia amplia no necesariamente técnica, haciendo del mismo un documento de amplio alcance divulgativo.

Para su publicación en español, se ha procedido a actualizar el apartado correspondiente a la visión del grado de desarrollo o implantación del almacenamiento geológico en los diferentes países considerados en el documento original, con los progresos y actuaciones habidos desde la fecha de publicación del documento original, bajo la responsabilidad de la Dra. Mª del Carmen Ruiz López, responsable del área de residuos de alta actividad en el CSN y miembro del RWMC de la AEN/NEA.

Agradecimiento

El informe original está basado en un texto elaborado inicialmente por C. McCombie, C. Pescatore, T. Sumerling y P. Smith en nombre del Comité de Gestión de Residuos Radiactivos de la AEN.

© Copyright 2004. Consejo de Seguridad Nuclear

Publicado y distribuido por: Consejo de Seguridad Nuclear Justo Dorado, 11. 28040 - Madrid http://www.csn.es Peticiones@csn.es

Imprime: ELECE Industria Gráfica, S.L.

Depósito Legal: M - 24340 - 2004

Indice

Prólogo					
Introducción					
I.	Existe un amplio consenso técnico en lo relativo a los puntos claves	13			
II.	El almacenamiento geológico profundo. Un concepto sólido	17			
Ш.	Se han logrado avances científicos y técnicos	19			
IV.	La implantación del almacenamiento geológico. Avances pero también dificultades	23			
V.	La confianza de los expertos técnicos. Es necesaria pero no suficiente	27			
VI.	Resumen y conclusiones. Un mirada hacia atrás y hacia adelante	33			
Rihlingrafía					

V 3

Prólogo

Prólogo

Los residuos radiactivos de todo tipo se deben gestionar de forma responsable con el fin de asegurar la seguridad del público y la protección del medio ambiente, así como la seguridad frente a intervenciones maliciosas, ahora y en el futuro. El mayor reto lo plantea la gestión de los residuos de larga vida, que deben aislarse del entorno humano durante varios miles de años. La opción preferida para su eventual almacenamiento definitivo es su disposición en depósitos localizados a gran profundidad en formaciones geológicas cuidadosamente seleccionadas.

Desde que se propusiera el concepto del almacenamiento definitivo en formaciones geológicas, los esfuerzos realizados en investigación y desarrollo en todo el mundo han servido para ampliar la comprensión de cómo funcionarán las instalaciones de almacenamiento geológico profundo a lo largo de períodos muy prolongados, y para aumentar la confianza en la seguridad definitiva del concepto. Si bien se ha avanzado de forma significativa en el desarrollo de tales instalaciones, no es menos cierto que ha habido retrasos y contratiempos, debidos principalmente a la incapacidad de los expertos en gestión de residuos y de las instituciones para ganar un apoyo público o político suficiente. En los últimos años, conforme el concepto se aproxima a su implantación en varios países, se oyen voces en determinados ámbitos que abogan por el aplazamiento del almacenamiento definitivo y por una revisión en mayor profundidad de opciones alternativas en materia de gestión de residuos. Por otra parte, las reflexiones hechas en el seno de los grupos de expertos internacionales han reiterado una y otra vez la convicción de que el almacenamiento geológico profundo es ética y medioambientalmente bien fundado y seguro, y que las otras opciones son, en el mejor de los casos, posibilidades complementarias al almacenamiento geológico y no alternativas completas viables a largo plazo.

Este texto incluye información y opiniones vertidas por expertos en la gestión de residuos radiactivos de los países miembros de la AEN/OCDE, y presenta una evaluación de los desarrollos habidos en los últimos diez años en el campo del almacenamiento geológico profundo y de la gestión de los residuos radiactivos de larga vida. El informe trata aspectos técnicos y sociales, y pretende ser de interés para los encargados de la toma de decisiones cuyas responsabilidades abarquen la gestión de los residuos radiactivos y para otras personas y grupos interesados en el tema.

Este informe está basado en dos publicaciones recientemente completadas por los miembros del Comité de Gestión de Residuos Radiactivos de la AEN/OCDE, que se compone de altos representantes de las agencias de gestión de residuos, organismos reguladores, responsables políticos e instituciones de investigación y desarrollo con competencias en la materia, y viene a com-

pletar dichas publicaciones. Las publicaciones en cuestión tratan del "Almacenamiento Geológico de Residuos Radiactivos: una Revisión de los Desarrollos de la Última Década" y la "Confianza en la Seguridad a Largo Plazo de los Repositorios Geológicos Profundos. Desarrollo y Comunicación". Estos y otros informes se enumeran en la página 24, como sugerencias para una posterior lectura.

Introducción

!					
i					
	•				
1					
:					
:					
:		,			
					3
					:
					: ** *

Introducción

Los residuos radiactivos existen actualmente y se seguirán produciendo en el futuro. En los países con intereses nucleares, estos residuos proceden principalmente de los programas de energía nuclear de uso civil y, en algunos casos, de programas militares. En estos países los residuos también procederán, y cada vez más, de la clausura de instalaciones que hayan llegado al fin de su vida de servicio o que se hayan quedado obsoletas. En los países no nucleares, los residuos proceden del uso de materiales radiactivos en la medicina, la industria y la investigación. También se producen residuos contaminados por la radiactividad en algunas actividades industriales, tales como la extracción del petróleo, donde la radiactividad es incidental. En todos los casos, los residuos radiactivos se deben gestionar de forma responsable, con objeto de salvaguardar la seguridad pública, la protección del medio ambiente y la seguridad contra intervenciones maliciosas, ahora y en el futuro. Esta necesidad persistiría aunque se decidiera mañana mismo discontinuar los programas nucleares u otros usos de los materiales radiactivos.

Los residuos radiactivos pueden ser de corta o de larga vida, según su ritmo intrínseco de decaimiento. Muchos países han establecido vías para el almacenamiento seguro de materiales ligeramente contaminados o cuya contaminación radiactiva es de vida relativamente corta. Estos materiales suponen un riesgo relativamente reducido y constituyen la mayor parte del volumen total de los residuos radiactivos producidos. Los residuos radiactivos de larga vida se presentan en volúmenes mucho más reducidos, pero siguen constituyendo un riesgo durante muchos miles de años y deben aislarse del medio ambiente durante períodos de tiempo proporcionales a dicho riesgo. Entre estos residuos figuran, por ejemplo, el combustible gastado de las centrales nucleares, en aquellos países donde éste material no se considera un recurso a explotar, y los residuos solidificados de alta actividad procedentes del reprocesado del combustible gastado. El presente informe se refiere al almacenamiento geológico de los residuos radiactivos de larga vida.

El concepto de aislar los residuos radiactivos de larga vida del entorno humano mediante su disposición en repositorios profundos —el almacenamiento geológico— se propuso hace ya más de 40 años. Desde entonces el concepto se ha desarrollado. Los detalles varían de un país a otro, y también según el tipo de residuo. En general, el concepto del almacenamiento geológico conlleva el tratamiento de los residuos para lograr una forma física y química adecuada, su introducción en barreras tecnológicas de larga vida emplazadas a gran profundidad y el sellado de estas instalaciones con materiales apropiados. A diferencia de lo que sucede en la superficie, en este entorno subterráneo profundo las condiciones permanecen estables durante los largos períodos necesarios para que la radiactividad decaiga a un nivel suficientemente bajo.

El concepto del repositorio geológico profundo se ha desarrollado tras un dilatado proceso de consideración, investigación y desarrollo, y tras un largo debate que ha incluido discusiones éticas y la consideración de otras opciones. Se descartó el almacenamiento temporal monitorizado por la necesidad que suponía de mantener controles activos durante períodos extremadamente prolongados. Se han llevado a cabo estudios de conceptos como el almacenamiento en los sedimentos inferiores del lecho oceánico y en sondeos ultraprofundos, así como de propuestas "exóticas" tales como el almacenamiento en zonas de subducción geológica o en los casquetes polares y su lanzamiento al espacio. Todas estas posibilidades se consideraron inadecuadas en términos de coste o riesgo, o inviables como consecuencia de restricciones políticas o legales.

En los últimos años, conforme el concepto se aproxima a su implantación en varios países, se oyen voces en determinados ámbitos que abogan por el aplazamiento del almacenamiento definitivo y por una revisión en mayor profundidad de opciones alternativas en materia de gestión de residuos. El debate sobre éste y otros temas aún no se ha concluido, y los expertos en la gestión de residuos se han dado perfecta cuenta que el conocimiento técnico del concepto del almacenamiento geológico y la confianza técnica en el mismo no son suficientes en sí mismos para justificar este método como solución al problema de la gestión de los residuos ante una audiencia más amplia. Para que resulte aceptable cualquier decisión de aplicar el concepto, será preciso desarrollar una mayor confianza entre una audiencia mucho más extensa.

Este informe presenta una evaluación del estado actual del almacenamiento geológico profundo y de los desarrollos habidos durante la última década. Está basado en información y opiniones vertidas por expertos en la gestión de residuos radiactivos de los países miembros de la AEN/OCDE y en la revisión de informaciones procedentes de otras fuentes. El informe trata tanto aspectos técnicos como sociales, y pretende ser de interés para los encargados de la toma de decisiones cuyas responsabilidades abarquen la gestión de los residuos radiactivos y para otras personas y grupos interesados en el tema. Los puntos claves se resumen en el siguiente apartado y se amplían en las secciones posteriores, que se refieren a los avances en la ciencia y tecnología asociadas y en la implantación del concepto, así como los demás factores necesarios para conseguir un nivel apropiado de aceptación por parte de la sociedad. El apartado final incluye las conclusiones y comentarios sobre lo que se requiere para avanzar más en este tema.

I. Existe un amplio consenso técnico en lo relativo a los puntos claves

Existe un consenso prácticamente unánime entre los involucrados en la gestión de los residuos, ya sean responsables del desarrollo, reguladores o los encargados de las decisiones políticas, en lo referente a los siguientes puntos.

 Los residuos radiactivos de larga vida existen. De las distintas opciones de almacenamiento definitivo consideradas, el almacenamiento geológico profundo es la más apropiada para la gestión a largo plazo.

Se ha revisado en el pasado un amplio espectro de alternativas, todas las cuales han resultado insuficientes en algún aspecto. El almacenamiento geológico, sin embargo, satisface las inquietudes éticas, es técnicamente viable y se considera que ofrece un alto grado de seguridad pública, de garantías contra las intervenciones maliciosas y de protección del medio ambiente a corto y largo plazo.

 En los últimos diez años se ha avanzado de forma significativa en la comprensión científica relevante y en la tecnología necesaria para el almacenamiento geológico.

Esto incluye una profunda comprensión científica de los procesos que determinan la efectividad de los depósitos para el aislamiento de los residuos durante períodos prolongados, una mejor caracterización y evaluación cuantitativa de las formas en que las barreras tecnológicas y la roca circundante contribuyen a la seguridad, investigaciones específicas en emplazamientos candidatos, y experiencia en los aspectos prácticos de la ingeniería subterránea e implantación. Conforme ha ido aumentando la comprensión, no ha resultado necesario efectuar ningún cambio radical en la filosofía de esta opción, lo cual viene a confirmar la bondad del concepto básico del almacenamiento geológico.

• La tecnología de construcción y operación de los repositorios es lo suficientemente madura como para permitir su puesta en práctica.

Esta afirmación viene respaldada por la experiencia adquirida en todo el mundo en laboratorios de investigación subterráneos y, en varios países, en instalaciones subterráneas ya existentes para el almacenamiento de residuos radiactivos, que incluyen residuos con componentes radiactivos de larga vida. En particular, el primer repositorio geológico para residuos radiactivos construido expresamente para este propósito inició su fase operativa en marzo de 1999, en los Estados Unidos.

 Los períodos de tiempo previstos en el pasado para la implantación del almacenamiento geológico eran excesivamente optimistas. Esto se debió en parte al optimismo técnico, especialmente en lo relativo a la dificultad inherente a la adecuada caracterización de los entornos geológicos profundos, pero fue ante todo el resultado de una subestimación de las dimensiones política, pública y reguladora de los proyectos de almacenamiento. Desde el punto de vista técnico, no ha habido una urgente necesidad de instalaciones de almacenamiento definitivo debido al reconocido alto nivel de seguridad de las instalaciones de almacenamiento temporal, los relativamente pequeños volúmenes de residuos radiactivos de larga vida producidos por los programas civiles y el período de almacenamiento temporal preciso para permitir el adecuado enfriamiento de los residuos de mayor actividad antes de su almacenamiento geológico.

 Existe un alto nivel de confianza en la comunidad científica y técnica dedicada al almacenamiento definitivo de residuos en que el almacenamiento geológico es técnicamente seguro.

Esta confianza es el fruto de muchos años de trabajo por numerosos profesionales en instituciones de todo el mundo. Ha habido un intercambio extremadamente libre de información y experiencia entre estos profesionales, amén de una fuerte tradición de documentación abierta y a disposición para su revisión independiente por los homólogos y el público. La gran percepción entre el público de un amplio grupo de técnicos contrarios que pone en entredicho la viabilidad del almacenamiento seguro no refleja la realidad del debate. El número de escépticos es relativamente reducido en la comunidad técnica en general, y entre los expertos en la gestión de residuos existe un amplio consenso en cuanto a la seguridad y los beneficios del almacenamiento geológico.

• Sin embargo, el gran público no comparte necesariamente el alto nivel de confianza de la comunidad científica y técnica.

Los desarrollos en materia de almacenamiento definitivo de los residuos radiactivos se someten a un escrutinio detallado por las autoridades reguladoras y de planificación. Además, y habida cuenta de sus dimensiones ética y política, estos desarrollos son el objeto de una discusión más extendida y menos técnica. El público en general tiene reservas a la hora de aceptar irreversiblemente una acción cuyas consecuencias no se comprenden plenamente. La falta de confianza entre una parte del público también puede estar vinculada a una falta de confianza en la seguridad de la energía nuclear, y a veces a una clara oposición a la energía nuclear y a las organizaciones asociadas a la misma, o incluso a una falta de confianza en los desarrollos científicos en general.

Existe la necesidad de trabajos científicos y técnicos continuados y de gran calidad.

Aunque la tecnología necesaria para el almacenamiento geológico está bien desarrollada, su futuro refinamiento, verificación, demostración, implantación y control de calidad bajo condiciones de referencia son tareas que constituirán un reto durante décadas.

• Es necesario disponer de una política coherente y de unos estrictos marcos reguladores, con puntos de decisión identificados, que también permita el diálogo público.

Al igual que en proyectos polémicos de cualquier naturaleza, el apoyo universal o de mayoría absoluta no es un objetivo realista. Por otra parte, hay que asegurar a la sociedad que cada decisión tomada recibe la debida consideración. Para proyectos tan complejos y a tan largo plazo como éste, se requiere un proceso de toma de decisiones que se caracterice por hitos y puntos de decisión intermedios. Este proceso de toma de decisiones por pasos debe proporcionar oportunidades para que todos los colectivos afectados e interesados puedan ofrecer sus comentarios y contribuciones, y debe incluir revisiones técnicas rigurosas y el debate sobre tópicos elegidos por el público. En particular, la comunidad de gestión de residuos debe estar dispuesta a discutir los méritos de otras estrategias en la materia, incluida una mayor flexibilidad en la implantación del almacenamiento geológico. Un avance paso por paso hacia la implantación del almacenamiento geológico profundo aseguraría que la decisión de aplicar plenamente esta opción de forma irreversible no se tomará en un solo paso, y permitiría identificar y desarrollar otras posibilidades. En última instancia, los gobiernos tienen la responsabilidad de tomar decisiones que gocen de un nivel apropiado de apoyo por parte del público y que proporcionen un marco que permita emprender las acciones necesarias.

II. El almacenamiento geológico profundo. Un concepto sólido

Se reconoció muy a principios de la era nuclear que hacía falta una estrategia que mantuviera a los residuos producidos alejados de las personas durante los períodos muy prolongados necesarios para permitir el decaimiento radiactivo de los componentes de larga vida. Se juzgó asimismo que lo éticamente correcto sería que la generación y las organizaciones que habían creado los residuos se encargaran de su almacenamiento seguro y permanente.

El concepto del almacenamiento geológico de los residuos radiactivos de larga vida se basa en depósitos subterráneos que garanticen la seguridad, es decir, que contemplen la resistencia a cualquier perturbación de los residuos, ya sea maliciosa o accidental, y su contención durante períodos muy dilatados. El concepto se desarrolló tras amplias consultas y un largo proceso de consideración y discusión, que contemplaba otras opciones. Las potenciales formaciones geológicas se seleccionan por su estabilidad a largo plazo, su capacidad de albergar la instalación de almacenamiento de los residuos y también su capacidad de evitar o atenuar en gran medida cualquier eventual liberación de radiactividad. Esta barrera de seguridad natural se complementa y amplía mediante un sistema tecnológico diseñado para proporcionar la contención primaria física y química de los residuos. Así, el sistema en su totalidad está diseñado para asegurar que ninguna cantidad significativa de radiactividad procedente de los residuos pueda volver a la superficie y para proporcionar la seguridad y protección del medio ambiente a muy largo plazo, de tal manera que no se deposite en las generaciones futuras ninguna carga en materia del cuidado de los residuos.

La mayoría de las naciones que tienen que resolver el tema de los residuos radiactivos de larga vida han establecido programas de gestión destinados en última instancia a disponer dichos residuos en una instalación de almacenamiento geológico. No obstante, la posibilidad de otras opciones de gestión se sigue discutiendo. Las opciones que con mayor frecuencia se sugieren en los debates públicos y científicos actuales son el almacenamiento temporal prolongado a largo plazo y la separación y transmutación¹ de los radionucleidos de larga vida contenidos en los residuos. Aunque ambas opciones podrían formar parte de una estrategia global de gestión de los residuos radiactivos, y de hecho el almacenamiento temporal a largo plazo se prevé en algunos países, ninguna de ellas evita la necesidad de una vía de almacenamiento definitivo, como por ejemplo un depósito geológico. No pueden considerarse alternativas al almacenamiento.

¹ La separación y transmutación consisten en el procesado de los residuos para extraer los radionucleidos de larga vida y su posterior irradiación en un reactor nuclear o acelerador para generar productos con un período de semidesintegración más corto, que requieran el aislamiento durante un período de tiempo relativamente corto para reducir el riesgo que suponen. Se tendrían que construir instalaciones especiales para este propósito. Se reconoce que no sería viable aplicar esta técnica a todo tipo de residuos, y que determinadas cantidades de materiales radiactivos todavía requerirían el aislamiento a largo plazo, es decir en un depósito geológico.

El punto de vista actual de los expertos en la gestión de residuos radiactivos, según se expresa en la Opinión Colectiva de la AEN de 1995, es el siguiente:

- Nuestras responsabilidades para con las generaciones del futuro se cumplen mejor a través de una estrategia de almacenamiento definitivo que no dependiendo de instalaciones temporales que requieran ser supervisadas, que leguen responsabilidades de cuidado a largo plazo y que posiblemente sean olvidadas por la sociedad en el futuro.
- El almacenamiento definitivo en formaciones geológicas es actualmente la estrategia preferida para los residuos de larga vida.

Sin embargo, este punto de vista se debe defender en el marco de un debate abierto si pretende ganar una amplia aceptación. Los aspectos éticos del almacenamiento definitivo geológico y la forma en que se puede adaptar para satisfacer objetivos sociales conflictivos se discuten en el Apartado 5.

III. Se han logrado avances científicos y técnicos

Se requiere un amplio abanico de actividades técnicas para implantar el almacenamiento definitivo: los residuos tienen que ser acondicionados y almacenados temporalmente, hay que desarrollar contenedores duraderos, los emplazamientos deben ser seleccionados y caracterizados, la seguridad evaluada, hay que solicitar (y obtener) las licencias correspondientes y la instalación se tiene que construir, operar y, finalmente, clausurar. Durante la última década se ha avanzado en muchas de estas actividades, y en particular en lo referente a la ciencia y tecnología necesarias para soportar la evaluación de la seguridad y la implantación del almacenamiento geológico. Entre los ámbitos específicos en los que se ha avanzado de forma significativa figuran los siguientes:

 Desarrollo o construcción de instalaciones para el tratamiento y almacenamiento temporal de los residuos.

Los desarrollos habidos en las tecnologías relativas al almacenamiento temporal y en la construcción de instalaciones centralizadas de almacenamiento temporal para residuos de alta actividad, residuos reprocesados y combustible gastado, han sido particularmente destacables, por ejemplo las instalaciones CLAB y ZWILAG, en Suecia y Suiza, respectivamente.

 Experiencias adquiridas en experimentos en el laboratorio y en el campo, incluido el estudio de análogos naturales.

Se han establecido amplios programas de investigación científica con el fin de estudiar procesos de importancia desde el punto de vista de la seguridad bajo las condiciones específicas que se pueden dar en los depósitos geológicos. Estos incluyen fenómenos tan diversos como la corrosión metálica, la evolución de las propiedades de arcillas, la migración de solutos en distintos medios, la sorción química y el cambio climático a largo plazo. Los estudios de análogos naturales consisten en examinar procesos que se dan en la naturaleza, similares a los que determinarían el comportamiento a largo plazo de un depósito profundo. Estos estudios se consideran especialmente valiosos para aumentar la confianza, toda vez que permiten comprobar nuestra comprensión de procesos que son demasiado lentos o aplican a escalas espaciales demasiado grandes para poderlos medir directamente en el laboratorio o en el campo.

Construcción y operación de laboratorios en formaciones rocosas subterráneas.

Se han llevado a cabo trabajos de investigación y desarrollo en más de diez instalaciones en distintos puntos del mundo, localizados en emplazamientos no previstos para la construcción de depósitos de almacenamiento pero que pueden aportar una información relevante. Además, algunos laboratorios en formaciones rocosas subterráneas están localizados en emplazamientos candidatos para depósitos profundos. Estos laboratorios proporcionan un entorno para el desarrollo y demostración de métodos de ingeniería subterráneos y datos valiosos para la comprobación de modelos científicos y matemáticos en la evaluación de la seguridad. Asimismo, pueden albergar demostraciones prácticas capaces de aumentar la confianza de quienes observan su operación, y han servido como centros para la promoción de proyectos de investigación cooperativos a escala internacional.

• Experiencia de la caracterización de emplazamientos.

Hace diez años, se disponía de pocos datos de entornos y emplazamientos potenciales para el almacenamiento geológico, y los métodos y estrategias de adquisición de datos estaban menos desarrollados. Hoy, ya se han realizado amplios programas de caracterización detallada mediante técnicas geofísicas, numerosos sondeos y hasta pozos y rampas exploratorios en distintos emplazamientos de varios países, entre ellos Bélgica, Canadá, Finlandia, Francia, Alemania, Suecia, Suiza, el Reino Unido y los Estados Unidos. Además, se ha adquirido una valiosa experiencia del uso de los datos geológicos para comprender el comportamiento esperado de los emplazamientos en lo relativo a la seguridad.

• Desarrollo del diseño de barreras tecnológicas.

En los últimos diez años se ha prestado mayor atención al desarrollo de sistemas robustos de barreras tecnológicas, en parte como consecuencia de la dificultad percibida en la adecuada caracterización de determinados entornos geológicos. Son sistemas que, mediante una combinación de barreras físicas y controles químicos, ofrecen una confianza en su capacidad de proporcionar un alto nivel de contención a largo plazo, con unas solicitudes relativamente reducidas sobre las características de la roca hospedante. Por otra parte, en algunos programas en los cuales se han investigado emplazamientos reales, se ha aplicado un alto grado de refinamiento con objeto de adaptar el diseño de las barreras tecnológicas a las características reales del emplazamiento.

Mejora de las técnicas de evaluación de la seguridad.

Junto a una mayor comprensión científica y haciendo uso de datos procedentes de estudios experimentales, se han aplicado modelos matemáticos mejorados y técnicas de computación avanzadas que facilitan representaciones más realistas del potencial comportamiento de los sistemas de almacenamiento geológico y de sus componentes, las cuales permiten un mayor nivel de confianza. También se ha avanzado en técnicas que fomentan una amplia consideración de los procesos, eventos y características relevantes y

que permiten organizar y presentar los cálculos de las evaluaciones de seguridad. Se ha logrado un mayor reconocimiento de la importancia e inevitabilidad de distintos tipos de incertidumbres (por ejemplo, de las debidas a la falta de conocimiento detallado o de la escasez de datos), y se han desarrollado métodos para manejarlas. Así, en líneas generales, existe una mayor confianza en que los resultados de las evaluaciones basadas en tales métodos, modelos y datos constituyan una base fiable para determinar la aceptabilidad del diseño y emplazamiento de un depósito desde el punto de vista de la seguridad.

Mejor integración de la caracterización de emplazamientos, diseño y evaluación de la seguridad.

El citado progreso en la adquisición de datos, conocimiento científico y modelación cuantitativa ha permitido avanzar también en la comprensión de los componentes de los sistemas de almacenamiento definitivo geológico y en sus respectivos papeles en distintos tipos de roca, además de en distintas circunstancias específicas al emplazamiento. Estos avances, juntos con una mejor integración y control de los programas de caracterización y diseño centrados en los requisitos de la evaluación de seguridad, han permitido una mejor orientación de estas actividades.

• Desarrollo de marcos reguladores, incluidos los requisitos de cumplimiento.

En la mayoría de los países en los que existe la necesidad de un eventual almacenamiento geológico, se encuentran ya implantadas guías reguladoras que establecen los principios y requisitos específicos de dicha práctica. En muchos países se han establecido también requisitos específicos al emplazamiento y/o una información más detallada sobre la forma en que se exigirá a los responsables de la gestión de residuos y del desarrollo de un depósito demostrar el cumplimiento. Se ha establecido en numerosos países un proceso de intercambio de información entre el organismo regulador y los responsables de la gestión de residuos, que incluye una revisión de las actividades de investigación de estos últimos y evaluaciones de seguridad iterativas. Asimismo, se ha adquirido experiencia del proceso de cumplimiento a través del proceso de licenciamiento de instalaciones de almacenamiento de residuos de baja y media actividad y de la revisión de los estudios de seguridad como apoyo a la toma de decisiones en distintas fases del desarrollo de depósitos geológicos profundos.

En general, los esfuerzos científicos y técnicos realizados han sido de una magnitud y profundidad considerables. Se han invertido importantes recursos e investigado numerosas vías, con el fin de asegurar la disponibilidad de soluciones técnicas robustas, basadas en un riguroso conocimiento científico.



IV. La implantación del almacenamiento geológico. Avances pero también dificultades

El progreso que se ha logrado en los aspectos científicos y técnicos del almacenamiento geológico significa que la tecnología precisa para esta vía se encuentra disponible ya. Aún no se ha implantado ninguna instalación geológica profunda para el almacenamiento definitivo de combustible nuclear gastado y residuos radiactivos de alta actividad, pero en varios países se han aprobado proyectos para instalaciones subterráneas para residuos de menor contenido radiactivo.

• El almacenamiento definitivo de residuos radiactivos en cavernas subterráneas es ya una realidad y constituye una demostración directa de la viabilidad de tales proyectos.

En Alemania, se utilizó la mina de sal de Asse para el almacenamiento de residuos radiactivos de baja actividad entre 1967 y 1978, como proyecto de demostración, y entre 1981 y 1998 operó un depósito profundo para residuos de media actividad en un domo de sal en Morsleben. Ambas instalaciones se encuentran a profundidades de más de 500 metros. Actualmente se encuentra en sus fases finales el proceso de licenciamiento para el almacenamiento de residuos no emisores de calor en una antigua mina de mineral de hierro en Konrad, a una profundidad de 1.000 metros.

En Suecia, un repositorio a profundidad intermedia se viene utilizando desde 1988 para el almacenamiento definitivo de residuos de baja y media actividad, en el emplazamiento nuclear de Forsmark. En este caso, las cavernas de almacenamiento se excavan en el manto granítico del litoral, a unos 60 metros por debajo del lecho del mar báltico, y el acceso desde tierra es por medio de un túnel.

En Finlandia se inauguró en 1992 una instalación para el almacenamiento definitivo de residuos de baja y media actividad en el emplazamiento nuclear de Olkilouto, seguida de otra en 1998 en el emplazamiento de Loviisa. Estas instalaciones consisten en cavernas excavadas en el manto granítico a profundidades de unos 100 metros.

En Noruega, la instalación de residuos de baja y media actividad de Himdalen comenzó a operar en 1999. Consta de cuatro cavernas situadas bajo 50 metros de manto rocoso.

Más significativo todavía, en los Estados Unidos en 1999 se emitieron los permisos necesarios para el inicio del almacenamiento definitivo de residuos procedentes del programa de defensa del país en la Planta Piloto de Aislamiento de Residuos (WIPP), localizada en la zona sudoriental de Nuevo Méjico. Los residuos a almacenar en esta instalación contienen componentes significativos de larga vida, aunque quedan excluidos los de

alta actividad emisores de calor. Los residuos se depositan en cavernas excavadas a una profundidad de 650 metros, en una formación de sedimentos salinos. La primera expedición de residuos al depósito tuvo lugar el día 26 de marzo de 1999, fecha que marcó la operación del primer depósito geológico profundo del mundo construido expresamente para este propósito.

 Los programas de almacenamiento definitivo de residuos de larga vida parecen estar más avanzados en Estados Unidos y Escandinavia.

En los Estados Unidos, se han completado unas extensas investigaciones en la superficie y se han construido túneles de acceso y experimentales a 350 metros bajo tierra en el emplazamiento de Yucca Mountain, en el sur de Nevada. En diciembre de 1998 se envió al Congreso una completa "Evaluación de Viabilidad". En julio de 2002, el Congreso aprobó la recomendación del emplazamiento de Yucca Mountain para el desarrollo de un depósito para el almacenamiento de residuos de alta actividad, cuya Resolución fue firmada por el Presidente.

En Finlandia, tras 20 años de investigación, el gobierno aprobó en diciembre de 2000 la denominada "Decisión en Principio" para el desarrollo de una instalación de almacenamiento profundo de combustible gastado en Olkilouto, que fue ratificada por el Parlamento en mayo de 2001. Estos hechos se produjeron tras la aceptación de la comunidad local y la declaración favorable del organismo regulador.

En Suecia, tras la realización de estudios de viabilidad en varias áreas, el Gobierno expresó en el año 2001 su apoyo para continuar la investigación en tres emplazamientos, habiéndose iniciado las investigaciones en dos de ellos, en Östharmmar y Orkarshamn.

• En algunos países se han producido retrasos o contratiempos, o existen incertidumbres sobre el futuro de los proyectos de depósitos geológicos.

En Canadá, un panel independiente que informaba al gobierno sobre su revisión del concepto del almacenamiento definitivo geológico de combustible nuclear gastado concluyó en 1998 que en general, y desde una perspectiva técnica, la seguridad del concepto se había demostrado de forma adecuada. Sin embargo, el mismo panel también observó que, por aquellas fechas, no se había demostrado que el concepto gozara de un amplio apoyo por parte del público y que, por tanto, no contaba en su forma actual con el nivel de aceptabilidad necesario para poderse adoptar como enfoque canadiense a la gestión de los residuos nucleares. En particular, recomendó unas reformas organizativas y unos procesos de consulta más amplios. A raíz de estas recomendaciones, en junio de

2002 el Parlamento aprobó luna Ley para la gestión a largo plazo de los residuos nucleares que, tras un estudio detallado de las alternativas especificadas en la misma, permita la toma de una decisión final.

En el Reino Unido, la denegación en 1997 de una solicitud de permiso para construir una instalación de caracterización de rocas en Sellafield, como paso previo al posible desarrollo de un depósito a profundidad, dejó al país sin ningún plan práctico para el almacenamiento definitivo de los residuos radiactivos. Una posterior investigación por la Cámara de los Lores respaldó el almacenamiento geológico, concluyendo que era viable y deseable, pero también establecía que era necesaria la aceptación pública. Al igual que en Canadá, se recomendaron unas extensas consultas y reformas organizativas. En septiembre de 2001, el Gobierno abrió un debate nacional estableciendo un programa de consultas en varias etapas, que permitan la toma de una decisión en el año 2007, mediante la promulgación de legislación si fuera necesario.

En Suiza, la propuesta de desarrollar un depósito geológico para residuos de baja y media actividad en Wellenberg se rechazó en un referéndum público celebrado a nivel de cantón en 1998 y en 2002. La nueva Ley Nuclear promulgada en 2003, atribuye la responsabilidad al gobierno federal, involucrándolo en el desarrollo del programa con la participación de los cantones.

En Alemania, se encuentra en una fase avanzada la investigación de la idoneidad de un gran domo de sal en Gorleben para albergar un depósito para todo tipo de residuos, incluidos el combustible nuclear gastado y los residuos de alta actividad, y se han excavado pozos verticales hasta una profundidad de 960 metros. Sin embargo, en el año 2000 el gobierno federal alemán declaró su intención de interrumpir la generación nucleoeléctrica y de desarrollar un nuevo plan para la gestión de los residuos radiactivos que entre otras cosas considera el almacenamiento geológico directo como única vía de solución final, que se pretende llevar a cabo de manera que sea aceptada por el público y entre tanto requiere nuevas instalaciones de almacenamiento temporal del combustible gastado en el emplazamiento de las centrales nucleares. Esta reorientación ha dado lugar a una revisión de la Ley sobre la Energía Atómica, promulgada en el 2002.

En resumen, y si bien se ha avanzado de manera significativa hacia la implantación en varios países, el ritmo del progreso ha sido más lento de lo previsto hace diez años, y se han producido contratiempos significativos en algunos países, que han conducido a replanteamientos de los procesos acompañados en algunos casos de actuaciones legislativas y organizativas que permitan avanzar en las soluciones para la gestión de los residuos radiactivos.

La lentitud de los avances en algunos países se puede atribuir en parte al optimismo técnico del pasado, por ejemplo en lo relativo a las dificultades de la caracterización geológica y al desarrollo de un conocimiento adecuado de emplazamientos reales. Además, la carga que supone el cumplimiento de los requisitos reguladores — el demostrar con un alto nivel de confianza que los estrictos requisitos de seguridad se satisfarán a lo largo de períodos muy dilatados en el futuro, y asegurar un grado adecuado de transparencia y trazabilidad en esta demostración — se ha hecho aparente sólo según los programas han ido entrando en la fase de desarrollo de propuestas específicas y de su presentación para el escrutinio regulador.

Este progreso más lento no es crítico desde el punto de vista técnico, toda vez que los residuos se pueden ir almacenando temporalmente en condiciones de seguridad, y siempre se esperaba que el desarrollo del almacenamiento definitivo geológico fuera un proyecto a largo plazo. Más significativos son los contratiempos que ha habido, principalmente por haber subestimado las dimensiones pública y política del tema del almacenamiento geológico de los residuos radiactivos. Estos aspectos, que pueden desacelerar de forma drástica el progreso, o incluso imposibilitarlo, se tratan en el siguiente apartado.

V. La confianza de los expertos técnicos. Es necesaria pero no suficiente

En los últimos años las instituciones encargadas de la gestión de los residuos se han dado perfecta cuenta que el conocimiento técnico del concepto del almacenamiento geológico y la confianza técnica en el mismo son insuficientes por sí solos para justificar esta vía ante un público más amplio como solución en materia de gestión de los residuos radiactivos, o para llevar esta vía a su implantación satisfactoria. Debido en parte a la sensibilidad del público a cualquier tema relacionado con la protección del medio ambiente, a la energía nuclear y, muy especialmente, a los residuos nucleares, y en parte por la naturaleza singular y la necesaria longevidad del concepto propuesto, las decisiones sobre si implantar el almacenamiento geológico y sobre el cuándo y cómo, requieren un profundo examen por parte del público y una participación mucho más extensa de éste en el proceso de toma de decisiones. Para que la implantación del almacenamiento definitivo sea aceptable, habrá que desarrollar una sensación global de confianza entre un público mucho más amplio.

V.1. Los requisitos para una confianza generalizada

Es muy probable que la generación de confianza en la toma de decisiones sobre los desarrollos de depósitos geológicos requiera no sólo la confianza en los aspectos técnicos relacionados con la seguridad, según los juzgan los responsables de las decisiones de las agencias de gestión de residuos y de los organismos reguladores — un requisito previo que ha sido hasta la fecha la mayor preocupación de los expertos en gestión de residuos y de las instituciones — sino también:

- La confianza entre la comunidad técnica en general y el público en los aspectos éticos, económicos y sociales de la idoneidad del almacenamiento definitivo geológico.
- La confianza entre el público en que la estructura organizativa, los marcos jurídicos y el proceso de revisión reguladora proporcionan un camino bien definido, lógico y creíble para la toma de decisiones.

La confianza en los aspectos éticos, económicos y sociales de la idoneidad del concepto de almacenamiento definitivo geológico no se puede conseguir de forma aislada, sino que requiere una revisión de dicho concepto en un contexto más amplio, incluida la evaluación de otras estrategias.

V.2. Las políticas y los marcos jurídicos – ¿oportunidades para la participación del público?

Una base importante sería el establecimiento de una política nacional estable y de unos marcos jurídicos que plasmaran el camino previsto para la toma de decisiones a lo largo de los dilatados períodos de tiempo asociados con el desarrollo del almacenamiento geológico. Existen tales marcos en varios países, por ejemplo en Finlandia, Francia y los Estados Unidos, pero parecen menos claros en estos momentos en otros. La Convención Conjunta sobre la Seguridad en la Gestión del Combustible Gastado y la Seguridad en la Gestión de los Residuos Radiactivos de 1997, desarrollada bajo la administración del Organismo Internacional de la Energía Átómica (OIEA), puede dar un ímpetu añadido al establecimiento de políticas nacionales donde éstas todavía no se hayan implantado

El nivel de consultas públicas que habría que incorporar en el desarrollo de la política o en el proceso de toma de decisiones es un asunto a tratar en cada nación. En Suecia, el principal vehículo para el diálogo público ha consistido en reuniones con colectivos locales para definir el contenido de la documentación aceptable para un estudio de evaluación medioambiental.

Todos los países también deberían tener en cuenta que el debate sobre los residuos radiactivos y otros temas medioambientales se está volviendo cada día más internacionalizado. Habrá debates en los foros científicos y públicos internacionales independientemente de que se incluyan o no disposiciones en los marcos nacionales, y tales debates pueden incidir en los puntos de vista nacionales.

V.3. Implantación por etapas – oportunidades para la toma de decisiones por etapas

Se prevé que la planificación, el desarrollo técnico y la correspondiente investigación, selección de emplazamientos, construcción y eventual licenciamiento y operación de una instalación de almacenamiento definitivo geológico se produzcan a lo largo de un período de varias décadas. Se reconoce hace tiempo que durante este período habría un desarrollo de forma incremental y por etapas de una justificación de la seguridad del depósito, conforme el diseño se vaya refinando, se obtenga una comprensión de los fenómenos relevantes para la seguridad y se acumulen datos. Se reconoce cada vez más que la decisión de aplicar recursos a cada etapa de desarrollo del depósito tendrá que ir acompañada de un nivel apropiado de confianza en la seguridad, y que el desarrollo por etapas de la instalación de almacenamiento y de sus correspondientes evaluaciones de la seguridad brinda la oportunidad de acometer un proceso de revisión reguladora y social también por etapas.

Un proceso de revisión reguladora abierto y acometido por etapas puede generar confianza en que las propuestas hechas por los responsables del desarrollo se someten a un detallado escrutinio técnico en nombre del público. Al llegar a determinados hitos clave, posiblemente se tenga que someter el proceso a una consulta pública más directa. Esto podría comprender desde amplias consultas con los organismos nacionales sobre temas relacionados con la estrategia hasta discusiones estrechas con las comunidades directamente afectadas y con sus representantes, a la hora de considerar los desarrollos en un emplazamiento específico, así como el debate parlamentario con el fin de juzgar los avances realizados hasta la fecha y tomar decisiones específicas sobre los desarrollos futuros.

V.4. Cuestiones éticas y otras – el marco amplio

La implantación del concepto del almacenamiento geológico aborda la cuestión ética de que la generación que se haya beneficiado de la energía nuclear y de los demás usos de la radiactividad facilite los medios para el almacenamiento seguro y permanente de los residuos resultantes. Este es el principio de la equidad intergeneracional. Más recientemente se ha planteado otra cuestión ética no menos válida, que mantiene que nuestra generación no debería cerrar las opciones a las generaciones del futuro ni menoscabar su capacidad de tomar decisiones. Algunos críticos han sugerido que el almacenamiento geológico limita las opciones para las generaciones venideras. Por el contrario, aquellos involucrados en la gestión de los residuos señalan que la mayor preocupación es que se asegure por lo menos una solución que ofrezca una seguridad pasiva —el almacenamiento geológico—y que no suponga ninguna carga para las generaciones del futuro, apuntando además que un proceso de desarrollo de un depósito por etapas mantendría abiertas las opciones durante largos períodos de tiempo en el futuro.

Existe además una cuestión de equidad intrageneracional, en particular la necesidad de que la sociedad identifique una estrategia para la gestión de recursos, durante la vida de las generaciones actuales, y la participación del público en el proceso de toma de decisiones. Así, a la hora de considerar la asignación de recursos, los riesgos de los residuos radiactivos se deben poner en perspectiva frente a proyectos competidores en el área de la salud humana y de la protección del medio ambiente. En este contexto es también relevante la consideración de la equidad y de la justicia para las comunidades que se consideran afectadas por la construcción y operación de una instalación centralizada nacional, como puede ser un depósito geológico para residuos de larga vida.

El punto de vista predominante entre los expertos en la gestión de residuos sigue siendo el expresado en la Opinión Colectiva de la AEN de 1995. Se acepta, sin embargo, que esta comunidad no puede tomar decisiones unilaterales sobre estrategias que tengan dimensiones éticas, económicas y políticas, sino que se hace necesario el juicio informado de la sociedad. La decisión se deberá tomar manteniendo una amplia visión de todas las opciones, y también se deberán tener en cuenta las restricciones prácticas del tema. No se llegará al consenso completo en ninguna sociedad. En última instancia, los gobiernos tienen la responsabilidad de tomar decisiones que gocen de un nivel apropiado de apoyo público y que proporcionen el marco necesario para la realización de las correspondientes actuaciones.

V.5. La flexibilidad del concepto de almacenamiento definitivo geológico – escuchando las preocupaciones del público

Entre las preocupaciones planteadas por los colectivos públicos interesados figuran la falta percibida de participación en el proceso de toma de decisiones, que se ha tratado anterior-

mente, y su creencia en que aceptar el concepto del almacenamiento definitivo significa renunciar inmediatamente a cualquier control sobre los residuos emplazados. Se trata de un temor injustificado.

Si bien el almacenamiento geológico se ha concebido como un sistema de seguridad pasiva, sin el requisito de un control a largo plazo, el concepto no descarta la monitorización y mantenimiento de un depósito por esta generación y otras del futuro. La sociedad podría optar por implantar controles institucionales a largo plazo, incluidas la protección del emplazamiento y su monitorización. Estas acciones pueden indudablemente aumentar la confianza; sin embargo, uno de los principales objetivos del almacenamiento geológico es asegurar que incluso si tales controles fallaran, seguirían estando protegidos el medio ambiente natural y la salud humana.

El almacenamiento geológico encaminado a una configuración de depósito final que ofrezca la máxima seguridad pasiva también se puede implantar por etapas o de forma flexible, aplazando los pasos que sean difíciles de invertir. En Suecia, por ejemplo, se propone almacenar inicialmente sólo el 10% del combustible gastado, interrumpiendo posteriormente el proceso durante unos años para evaluar la experiencia adquirida y monitorizando los residuos ya emplazados. En otros países se ha considerado la posibilidad de emplazar los residuos pero de retrasar el relleno o sellado de los túneles subterráneos (p.e., en Suiza, el Reino Unido y los Estados Unidos). Esto crea un almacén subterráneo del cual se podrían recuperar los residuos con facilidad si fuera necesario, pero que también podría cerrarse si se tomara esa decisión.

Un mensaje importante que les cuesta comunicar a las instituciones de gestión de residuos es que no se introducirían los residuos en una instalación subterránea si la seguridad quedara en entredicho y, además, que el concepto del almacenamiento geológico es reversible, es decir, que los residuos se podrían recuperar mediante técnicas mineras si fuera necesario. El grado de dificultad y el coste de recuperar los residuos de forma segura de un depósito depende de los detalles del concepto de almacenamiento, incluidos los materiales utilizados. Sin embargo, la recuperación se considera un escenario extremadamente improbable y sus implicaciones se tendrían que contraponer a los beneficios existentes en el momento de tomar tal decisión.

V.6. El papel de los expertos e instituciones de gestión de residuos

Los expertos y las instituciones del campo de la gestión de residuos deberían continuar con el trabajo científico y técnico necesario para proporcionar medios seguros y económicos para la gestión a largo plazo de los mismos. Aunque son la sociedad y los gobiernos quienes deben tomar la decisión sobre si implantar soluciones y cuándo, los expertos e instituciones de gestión son los responsables de asegurar la disponibilidad de soluciones apropiadas.

Los procedimientos y métodos que adopten los expertos e instituciones de gestión de residuos para abordar sus futuras necesidades serán específicos de cada nación o programa. No obstante, el desarrollo de tales procedimientos y métodos y los avances en el desarrollo de un depósito se verán influidos por desarrollos en otras partes, y se producirán con mayor efectividad a través del intercambio internacional de ideas. Los foros internacionales seguirán siendo importantes para satisfacer las futuras necesidades de los organismos de gestión de residuos y de comunicación a audiencias más amplias. La compartición de ideas y recursos en el marco de proyectos de cooperación ha demostrado ser valiosa tanto para los responsables del desarrollo de la instalación como para las autoridades reguladoras. Así, los foros internacionales que permitan el diálogo entre las partes y los proyectos de cooperación seguirán desempeñando con toda probabilidad un papel importante en el futuro para todos los involucrados en la gestión de residuos.

En última instancia, la responsabilidad en materia de asuntos públicos y políticos recae en la sociedad y en el gobierno. No obstante, los especialistas en la gestión de residuos deben estar dispuestos también a emprender actividades en las áreas de contacto entre lo técnico y lo público y político, y reconocer que los correspondientes intercambios deben ser bidireccionales. En otras palabras, los especialistas técnicos deben facilitar información sobre los requisitos, restricciones y opciones prácticos, pero también escuchar las preocupaciones del público y políticas, que pueden incluir temas de índole no técnica, e intentar responder a las mismas.



VI. Resumen y conclusiones. Una mirada hacia atrás y hacia adelante

En los últimos diez años se ha avanzado de forma significativa en lo científico y técnico hacia la implantación del almacenamiento definitivo geológico, gracias a los extensos trabajos realizados en el marco de los programas nacionales. Estos avances se apoyan, fomentan y guían por intercambios en el seno de los foros internacionales.

Se encuentran ya en fase operativa varias instalaciones subterráneas para el almacenamiento de residuos de reducida actividad, entre ellos residuos con componentes de larga vida. En 1999 comenzó a operar un depósito geológico para residuos de larga vida, construido expresamente para este propósito, y en algunos países los proyectos relativos a depósitos geológicos para el combustible gastado y otros residuos de alta actividad se están acercando al punto en el que podrán tomarse decisiones sobre el inicio de la fase de construcción, aunque de momento ningún depósito de este tipo está en operación. De hecho, en la mayoría de los países los proyectos se encuentran todavía a muchos años de su implantación. No obstante, a pesar de los contratiempos que ha habido, y si bien algunos países han aplazado sus programas de selección de emplazamientos o han cuestionado la idoneidad de los ya seleccionados, ninguna nación ha cambiado su decisión de avanzar hacia el almacenamiento geológico.

Los expertos en la gestión de los residuos mantienen su confianza en el concepto del almacenamiento geológico. De hecho, su confianza en la viabilidad del almacenamiento geológico profundo en condiciones de seguridad se ha visto afianzada por:

- La mejor comprensión de los procesos relevantes desde el punto de vista de la seguridad, mediante la caracterización de emplazamientos y la I+D.
- El desarrollo de conceptos detallados de instalaciones de almacenamiento profundas en muchos países.
- La demostración de la seguridad de los conceptos de almacenamiento geológico por la aplicación de métodos rigurosos de evaluación de dicha seguridad.
- La revisión independiente de tales evaluaciones por grupos de expertos nacionales e internacionales.
- El desarrollo, y en algunos casos la demostración, de las tecnologías necesarias para la implantación de depósitos geológicos profundos.

Las opiniones que ha expresado un amplio y representativo abanico de expertos en la gestión de residuos viene así a confirmar el punto de vista generalizado que de momento, y para el futuro previsible, el almacenamiento geológico representa la única opción verdaderamente disponible

para asegurar la seguridad y protección de los residuos durante decenas de miles de años, o incluso más. Posiblemente el mayor reto al que se tienen que enfrentar estos expertos consiste en asegurar que su confianza en el almacenamiento geológico sea comunicada al público en general y que dicho público la comparta. De hecho, el público muchas veces ignora la existencia de un extendido consenso técnico sobre la viabilidad del almacenamiento definitivo seguro. Una posición contraria expresada con vehemencia por una minoría de científicos e ingenieros puede dar la impresión de una importante divergencia de criterios en la comunidad técnica.

Los expertos en el tema y otras partes interesadas reconocen que el tema de la gestión de los residuos a largo plazo tiene una dimensión ética, social y política. Las decisiones sobre la aceptabilidad de una estrategia de gestión a largo plazo, como el almacenamiento geológico, sólo se pueden tomar a nivel de gobierno o de la sociedad tras un proceso de consultas con un amplio espectro de organismos, y teniendo en cuenta el parecer del público. Un proceso por etapas hacia la implantación de los depósitos geológicos proporcionará más tiempo y brindará mayores oportunidades de extender la base de apoyo o identificar opciones alternativas. Por otra parte, esperar el apoyo universal o de una aplastante mayoría no es un objetivo realista. Al igual que para cualquier otro proyecto polémico, será necesario un proceso social apropiado de toma de decisiones en todas las naciones que opten por el almacenamiento geológico.

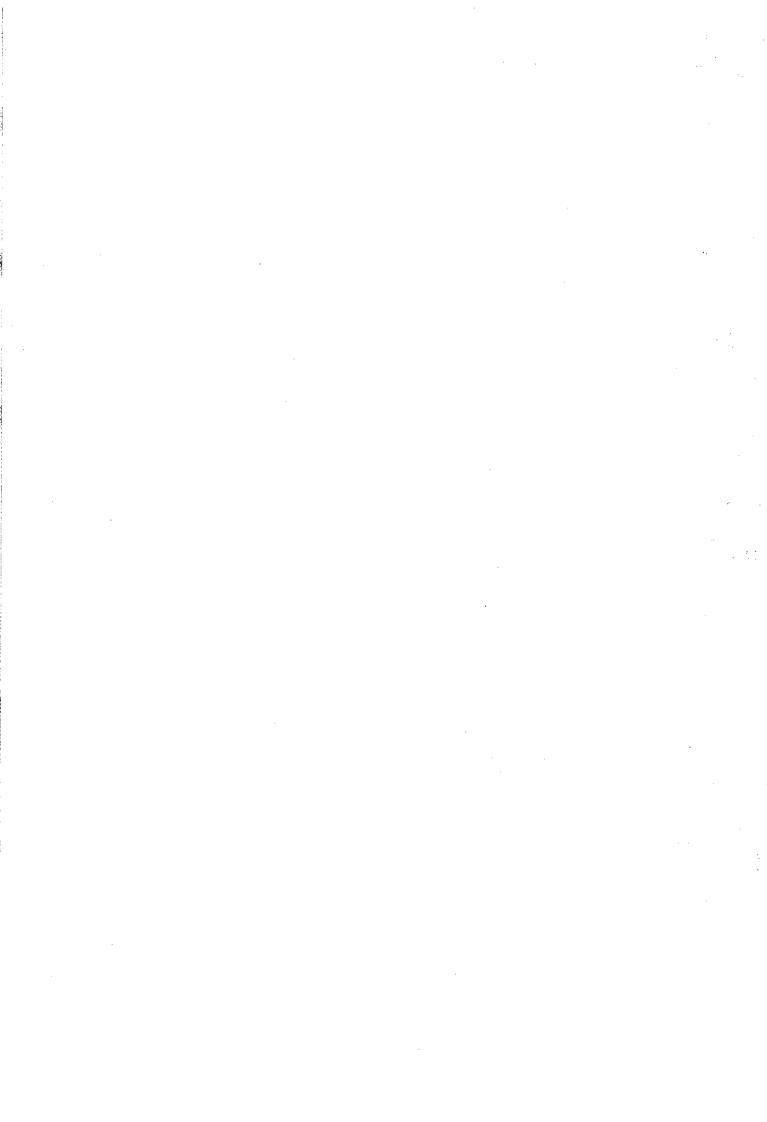
Los expertos en la gestión de residuos y sus instituciones deberán cumplir con su responsabilidad de desarrollar soluciones seguras, económicas y técnicamente robustas y de participar en un debate abierto sobre las mismas. La sociedad en su globalidad tiene el derecho y la obligación de participar en la selección de los métodos y en la asignación de recursos proporcionados para la gestión de todos los residuos, radiactivos y no radiactivos, que supongan un potencial riesgo a largo plazo.

Bibliografía

	÷.
	· ·

Bibliografía

- 1. Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA), *Issues in Radioactive Waste Disposal*, IAEA-TECDOC 909, Viena, 1994.
- 2. Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA), Safety Indicators in Different Time Frames, IAEA-TECDOC 767, Viena, 1994.
- 3. Agencia de Energía Nuclear de la OCDE, Collective Opinions in Radioactive Waste Management, París, 1991, 1995.
- 4. Agencia de Energía Nuclear de la OCDE, Confidence in the Evaluation of Safety of Deep Geological Repositories Its Development and Communication, París, 1999.
- 5. Agencia de Energía Nuclear de la OCDE, Geological Disposal of Radioactive Waste: Review of Developments in the Last Decade, París, 1999.
- 6. Agencia de Energía Nuclear de la OCDE, Radioactive Waste Management Programmes in OECD/NEA Member Countries, París, 1998.
- 7. Agencia de Energía Nuclear de la OCDE, Regulating the Long-Term Safety of Radioactive Waste Disposal (Proceedings of the Cordoba Workshop), París, 1997.
- 8. Agencia de Energía Nuclear de la OCDE, Strategic Areas in Waste Management The Viewpoint and Work Orientations of the NEA Radioactive Waste Management Committee, París, 1999.
- 9. "Radioactive Waste", *Physics Today* (número especial), vol. 50, nº 6, junio de 1997.
- 10. Comité de Ciencia y Tecnología de la Cámara de los Lores Británicos, *Management of Nuclear Waste*, 3^{er} informe, Londres, 1998.
- 11. Agencia de Energía Nuclear de la OCDE, *The regulatory control of the Radioactive Waste Management in NEA Member Countries*, NEA/RWM/RF(2002)/REV 1. OECD nuclear Energy Agency, Paris (consultar www.nea.fr/html/rf/welcome.html).







Avances hacia el almacenamiento definitivo geológico de residuos radiactivos: ¿Dónde nos encontramos? Una evaluación internacional

Colección Otros Documentos CSN



CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR