

La gestión de desechos nucleares en Suiza

por R. Rometsch*

En julio de 1979 se revisó la legislación suiza relativa a la energía atómica. La nueva legislación trata principalmente de la concesión de licencias para la explotación de instalaciones nucleares, la introducción de nuevos procedimientos y la aclaración de las condiciones exigidas para la concesión de las licencias. Una de estas condiciones es la de que deben existir proyectos que garanticen la seguridad a largo plazo respecto de los desechos nucleares y que prevean, entre otras cosas, su evacuación definitiva en un cementerio atómico. Así pues, se prescribe ahora la manera en que se deben cumplir los requisitos necesarios para proteger contra los desechos radiactivos la salud humana, y los derechos y bienes de la comunidad aunque, como es evidente, ya existían estipulaciones al respecto en la anterior ley sobre energía atómica. La legislación general contiene requisitos similares para los demás tipos de desechos.

La razón de que se hayan reforzado en especial los requisitos legales relativos a la gestión de desechos radiactivos reside en el cambio radical que ha experimentado el sentir público en materia de energía nuclear. En los primeros años de utilización de la energía atómica con fines pacíficos, se consideraba, en general, que bastaba aplicar las rigurosas normas usuales de radioprotección al nuevo tipo de aplicaciones industriales, así como a la manipulación de los desechos nucleares. Ya mediada la década del sesenta —cuando la energía atómica llegó a ser competitiva y se desarrolló con rapidez (a veces excesiva) la producción de energía nucleoelectrónica— fue cuando se entabló un intenso debate público. Se manifestó preocupación por los posibles efectos perjudiciales de la energía nuclear, y el tema de los desechos radiactivos cobró un interés muy especial. Conociendo las propiedades de la desintegración radiactiva es posible calcular la radiotoxicidad remanente hasta un período muy lejano, y ello hizo reflexionar sobre el futuro y exigir una protección explícita para las generaciones venideras, cosa pocas veces exigida en relación con los desechos de toxicidad permanente.

Este tipo de reacción pública se dio en muchos países. Otra circunstancia agravante fue que la primera noción que muchas personas tuvieron de la energía atómica les llegó con motivo del bombardeo de Hiroshima y Nagasaki. La energía atómica se convirtió en un símbolo de potencia y de iniquidad... y resultaba evidente que sus subproductos de desechos requerían un tratamiento especial en todos los sentidos. Lo que se había considerado hasta entonces como cosa natural —es decir, que los países que reelaboraban combustible nuclear para otros se encargasen también de los desechos radiactivos separados— dejó de ser posible. Suiza —que, a causa de la

pequeñez de su programa nuclear, ha de ser forzosamente cliente con respecto a la reelaboración— tuvo que aceptar nuevos contratos en los que se prevé que todos los desechos de reelaboración deben volver al país en que se haya generado la energía nucleoelectrónica, el cual se ocupará de la evaluación definitiva.

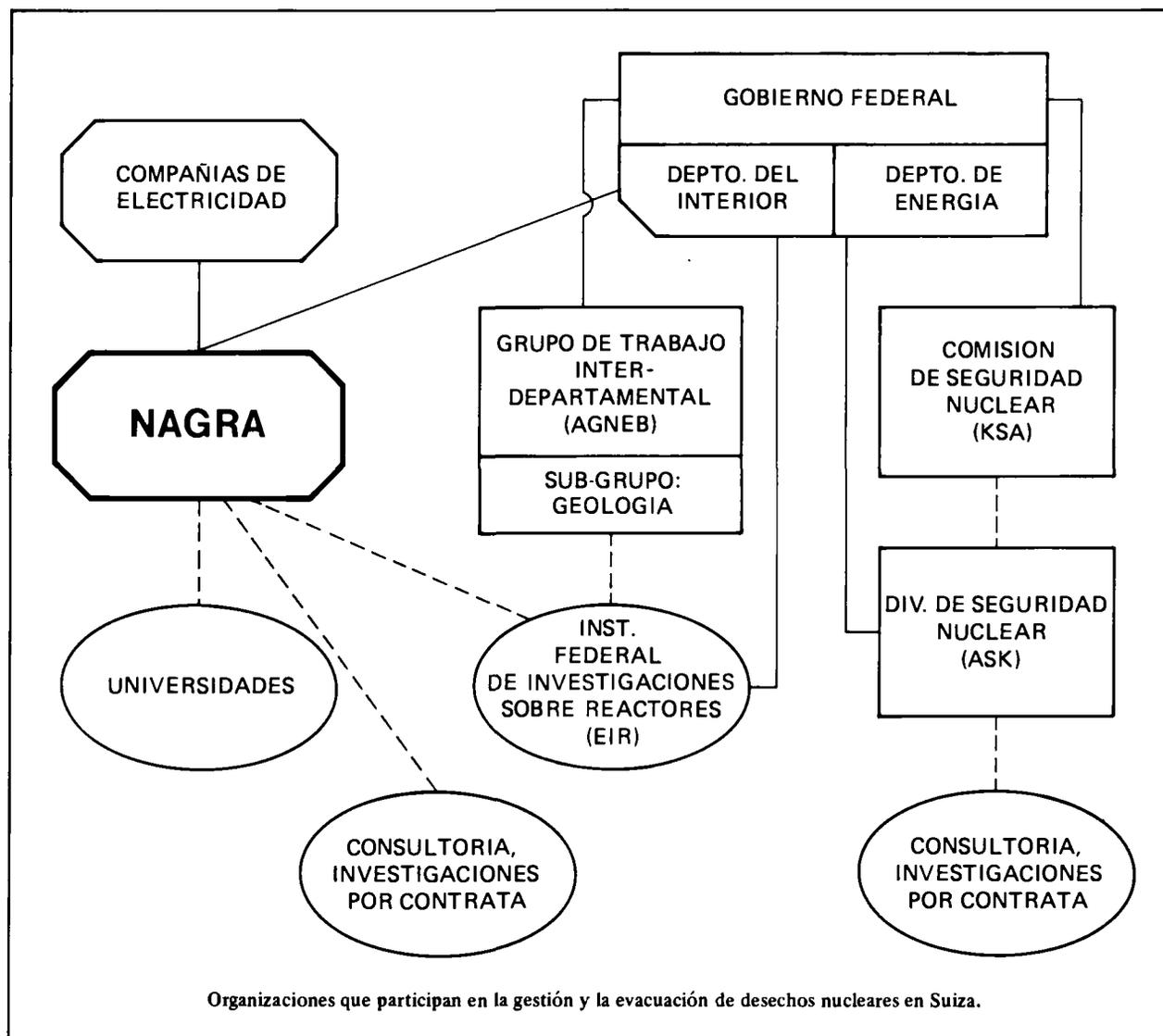
Todo esto condujo naturalmente, por los procedimientos tradicionalmente democráticos de Suiza, a la nueva y estricta legislación. Como ésta no podía aplicarse con carácter retroactivo a las centrales nucleoelectrificadas que ya estaban en funcionamiento, el Gobierno Federal tuvo que ocuparse de ellas por separado. Paralelamente a la promulgación de la ley, que fue ratificada por gran mayoría en un referéndum, se arbitraron disposiciones por las que se exigía a las cuatro compañías de electricidad que tenían centrales nucleares en construcción o en explotación que establecieran un proyecto que garantizase la seguridad a largo plazo en cuanto a la gestión y evacuación de los desechos. Se dispuso que, después del 31 de diciembre de 1985, no se renovarían los permisos de explotación de las centrales nucleares que no dispusiesen de proyectos adecuados.

Ahora bien: las exigencias impuestas a las centrales nucleares existentes, así como los requisitos legales establecidos para la concesión de nuevas licencias, deben considerarse también en relación con otro artículo de reciente formulación. La ley revisada no deja lugar a dudas de que, en Suiza, la responsabilidad de la evacuación definitiva corresponde directamente a quien produce los desechos nucleares, si bien el Gobierno se reserva el derecho de efectuar esa evacuación a expensas de los productores. Ese derecho solo se ejercerá en caso de que a los productores no les sea posible cumplir sus obligaciones al respecto.

Estructura operativa

Para enfrentar las tareas paralelas de establecer el proyecto de demostración que garantizase la viabilidad y la seguridad de la evacuación, y preparar proyectos concretos para la evacuación efectiva de todo tipo de desechos radiactivos, los empresarios productores decidieron encomendar ambas a una organización común. Así fue como, en 1972, se fundó la cooperativa *Nagra*, cuyo objetivo era, por aquel entonces, establecer una instalación para la evacuación de desechos de baja actividad. Integraban la *Nagra* seis empresas de servicios públicos que tenían intereses en centrales nucleares y el Gobierno Federal, representado por la Oficina de Salud Pública, que es la encargada de los desechos resultantes de las actividades industriales médicas y de investigación. Se asignaron nuevos recursos a la Cooperativa en 1979, cuando se la encargó también de los desechos de alta actividad y se fijaron las fechas tope para los proyectos ya mencionados. Para el período 1980–1985, se asignaron unos 200 millones de francos

* Presidente de la Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, *Nagra*, (Cooperativa Nacional encargada del almacenamiento de desechos radiactivos), Parkstrasse 23, CH-5401 Baden (Suiza) y fue Director General Adjunto del Departamento de Salvaguardias del OIEA.



suizos*. La asignación presupuestaria para 1982 es de 40 millones de francos suizos. La *Nagra* tiene solo unos 30 empleados fijos, pues lo que se pretende es disponer una estructura análoga a la empleada en la gestión de proyectos para asignar y supervisar trabajos por contrata a universidades y al Instituto Federal de Investigaciones sobre Reactores (EIR), así como a organizaciones privadas de consultoría en materia de ingeniería o de geología.

Como los organismos gubernamentales que otorgan las licencias utilizan métodos de trabajo similares, interesa evitar la pugna de intereses contrarios, lo cual se logra separando los servicios gubernamentales de ejecución de los de regulación, que se encuadran en departamentos políticos diferentes; y disponiendo que la *Nagra* y los organismos reguladores utilicen oficinas de consultoría distintas. Por otra parte no se pretende obtener una duplicación completa de la metodología técnica; se pueden emplear, por ejemplo, modelos comunes de análisis de seguridad. El Instituto Federal de Investiga-

ciones sobre Reactores (EIR) cumple una función especial, pues actúa como contratista de la *Nagra*, tiene un programa de desechos independientes y puede cumplir tareas técnicas específicas a petición de los organismos reguladores. El esquema general de organización puede verse en la figura que acompaña a estas líneas.

Volúmenes y clases de desechos

En Suiza se trazan planes nacionales de evacuación para todos los tipos de desechos nucleares producidos. A los fines de la planificación, se supone incluso que la opción de vertimiento en el mar de los desechos de actividad baja e intermedia —opción que se viene aplicando actualmente— ha de abandonarse. Sobre esta base, las empresas interesadas en las centrales nucleares, junto con la *Nagra*, publicaron en 1978 un programa de gestión y evacuación de la totalidad de los desechos radiactivos que dimanaría de un programa global máximo referente a la energía nucleoelectrónica. Se partió del supuesto de que la capacidad instalada acabaría llegando a los 6000 MW(e), aunque la existente hasta la fecha era solo de unos 2000 MW(e) y la capacidad en construcción correspon-

* En abril de 1982, un franco suizo equivalía a 0,51 dólares de los Estados Unidos.



Trabajo geofísico de campo en el norte de Suiza; cooperan la Comisión Geofísica Suiza (SGPK) y la Cooperativa Nacional para el Almacenamiento de Desechos Radiactivos (Nagra).

día a unos 1000 MW(e). La superposición de los tiempos probables de vida útil de las centrales, estimados en 40 años, obliga a abarcar un período de 60 años. También se tuvieron en cuenta, y se añadieron al total, los desechos procedentes de las aplicaciones isotópicas y de las investigaciones nucleares.

Se adoptó una clasificación de los desechos similar a la propuesta y utilizada por el OIEA. Se basa esa clasificación en la actividad por volumen, es decir:

- 10^{-9} a 10^{-1} Ci/m³ para desechos de actividad baja (DAB)
- 10^{-1} a 10^4 Ci/m³ para desechos de actividad media (DAI)
- y superior a 10^4 Ci/m³ para desechos de actividad alta (DAA)

En consecuencia, se escogió la opción de evacuación geológica para todos los tipos de desechos y se definieron tres tipos de cementerios definitivos. Sin embargo, una consideración más detallada de la cuestión de la seguridad hizo que se optara por evacuar juntamente con los DAI los DAB que contuviesen radionucleidos de período largo en concentraciones superiores a cierto

valor umbral. Así pues, los DAB se pasarán a un cementerio que asegure 100 años de contención absoluta (tipo A); la combinación de DAB con componentes de período largo junto con DAI, a un cementerio que asegure unos 600 años de contención absoluta y que muestre muy baja probabilidad de perturbaciones geológicas durante algunos milenios (tipos B); y los DAA, a un cementerio (tipo C) en que la contención absoluta duraría por lo menos 1 000 años y en el cual las perturbaciones geológicas fuesen extremadamente improbables durante unos 10 000 años. Suponiendo que todo el combustible agotado de Suiza sea reelaborado en otros países y que todos los desechos de esta operación vuelvan a Suiza, y suponiendo que todas las centrales nucleoelectricas, al final de su vida útil, sean desmanteladas, destinándose a un cementerio definitivo las partes radiactivas, el volumen total de desechos acondicionados de los próximos sesenta años sería del orden siguiente:

- 100 000 m³ de DAB en un cementerio de Tipo A emplazado en una caverna somera.
- 60 000 m³ de DAB + DAI en un cementerio de Tipo B, emplazado en una caverna rocosa a 100 – 600 m de profundidad

Cuadro 1. Etapas de la gestión de desechos

Lugar de producción y categoría de desecho	Acondicionamiento en el lugar de producción	Capacidad de almacenamiento intermedio en el lugar de producción, expresado en años-producto.	Capacidad de almacenamiento intermedio, en años-producto. Organización encargada	Acondicionamiento definitivo. Organización encargada	Tipo de cementerio definitivo. Organización encargada. Año de iniciación
Investigaciones nucleares y aplicaciones médicas e industriales DNB	Inexistente	1 año, acopio temprano	3 a 5 años EIR	Compactación incineración e incorporación en hormigón EIR	Vertimiento en el mar EIR desde 1969 Cementerio Tipo A Nagra 2000 o después
Explotación de centrales nucleoelectricas DAB + DAI aproximadamente 1/5	Incorporación en hormigón, en betún o en plástico	10 a 20 años	3 a 5 años EIR	Incorporación en hormigón complementaria EIR	Vertimiento en el mar EIR desde 1969
			10 a 20 años CEL	Incorporación en hormigón complementaria Nagra	Cementerio tipo B Nagra 1995
Desmantelamiento de centrales nucleoelectricas DAB algunos DAI	Desintegración e incorporación parcial en hormigón	Durante la operación de desmantelamiento	No es aplicable Empresas de servicios públicos	Incorporación en hormigón complementaria Nagra	Cementerio tipo A Nagra después del 2000
Combustible agotado, sin reelaboración, DAA	Inexistente (almacenamiento en piscina)	7 a 12 años	50 a 60 años CEL	Superrevestimiento metabólico o cerámico Nagra	Cementerio tipo C Nagra después del 2020
Combustible agotado, con reelaboración, DAA	Vitrificación en la planta de reelaboración	Planta de reelaboración 3 años	En Suiza, 10 – 20 años CEL	Superrevestimiento metálico o cerámico Nagra	Cementerio tipo C Nagra 2020
Devuelto tras la reelaboración, DAI en pequeña proporción	Vitrificación; incorporación en hormigón o en betún	Algunos años en la planta de reelaboración	10 a 20 años CEL	Posible superrevestimiento adicional Nagra	Cementerio tipo B Nagra 1995

Abreviaturas de las organizaciones encargadas: AER Instituto Federal de Investigaciones sobre Reactores
 CEL Consorcio de Estudios de Empresas de Servicios Públicos
 Nagra Cooperativa Nacional encargada del Almacenamiento de Desechos Radiactivos

● 1 000 m³ de DAA en un cementerio de Tipo C emplazado en una caverna profunda de la roca de basamento cristalino de las tierras bajas.

Recientemente, en conformidad con un grupo de trabajo interdepartamental del Gobierno Federal, se ha efectuado también la evaluación correspondiente al caso de que no se llevase a cabo la reelaboración. El resultado consiste en una reducción de dos quintas partes, del volumen de desechos de Tipo B, pero con un aumento del volumen de desechos del Tipo C de por lo menos un factor de diez.

Además de atender a los factores “volúmenes de desechos” y “tipos de cementerio”, el programa de

trabajo de la *Nagra* incluye como parámetros importantes las fechas en que habrá que habilitar los diferentes cementerios. Estas fechas dependen de la capacidad intermedia de almacenamiento (tanto el almacenamiento central como el almacenamiento en la propia planta nucleoelectrica) y de la duración del ciclo de reelaboración y devolución de los desechos solidificados. El análisis de todos estos factores arrojó los resultados que se indican en el cuadro 1, en el cual se indica también la esfera de responsabilidad que corresponde a cada una de las organizaciones que intervienen en las diversas etapas de la gestión de desechos.

Cuadro 2. Programa de investigación y desarrollo de la Nagra

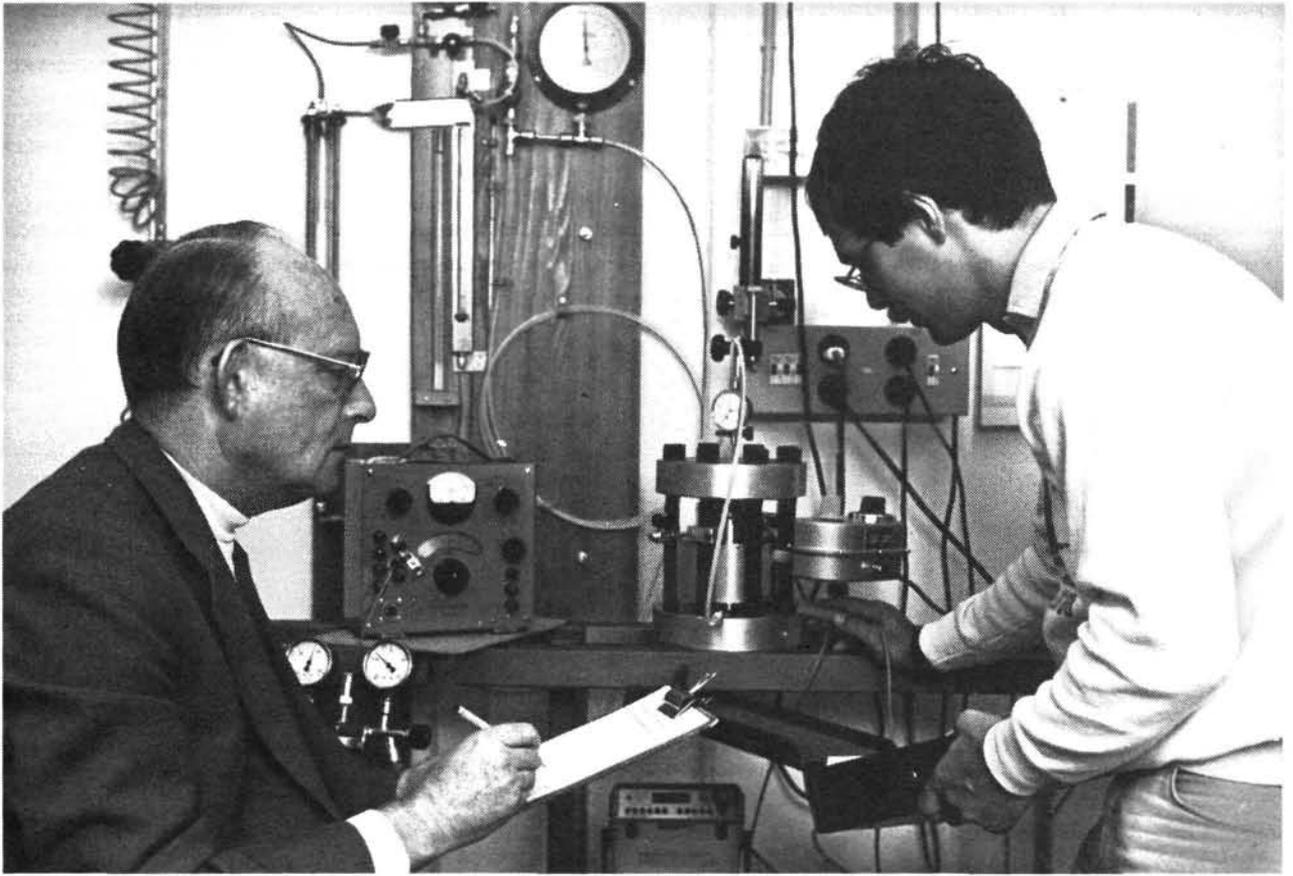
Proyecto	Actividades
Tecnología de los desechos	
Clasificación de desechos con arreglo a los nucleidos que contienen	Análisis de la literatura, trabajos de laboratorio, cálculos; enlace con las centrales nucleares; trabajos de laboratorio; experimentos en gran escala
Características de vitrificación de los DAA	Proyecto internacional de trabajo de laboratorio
Evaluación de criterios de superrevestimiento para los DAA y combustible agotado	Literatura; estudios de ingeniería; trabajo de laboratorio complementario
Planificación de cementerios	
Diseño de cementerios tipos A, B, C	Diseño de ingeniería, cálculos
Evaluación de materiales de amortiguación	Estudios conjuntos, proyecto internacional; labor de laboratorio complementaria
Experimentos in situ	Participación en Stripa; laboratorio petrográfico del Grimsel
Ciencias geológicas	
Investigación geológica local y regional de rocas graníticas de basamento en el norte de Suiza:	Estudio y análisis de la literatura; geofísica (reflexión y refracción sísmicas, gravimetría, levantamiento aeromagnético, prospección telúrica); 12 perforaciones profundas (1200 – 2500 m)
Hidrología local y regional del norte de Suiza:	Clasificación de aguas minerales; determinación isotópica de la edad; modelos regionales de flujo.
Estudios tectónicos	Estudio de la neotectónica; programa de posibles campos geodésicos; estadísticas sismológicas
Selección del emplazamiento para el cementerio de DAB+DAI	Evaluación de la literatura, selección de 3–6 emplazamientos para trabajo sobre el terreno
Clasificación de rocas hospedantes (petromecánica, geoquímica, sorción)	Análisis de la literatura; trabajos de laboratorio sobre sorción; experimentos in situ con anhidrita y granito
Metodología para la determinación de la edad del agua	Desarrollo y aplicación de métodos de ^{39}Ar , ^{14}C , ^{36}Cl , ^{81}Kr ; investigación de técnicas de muestreo
Análisis de seguridad	
Determinación de criterios para la asignación de desechos a los tipos de cementerio apropiados	Perfeccionamiento de la clasificación de desechos; clasificación de desechos; análisis de seguridad simplificados
Modelos matemáticos:	
hidrogeología	Desarrollo del modelo; calibración; cálculo
lixiviación	Desarrollo del modelo; calibración; cálculo
especiación química, solubilidad	Adaptación del modelo; extensión de los datos
transporte en medios porosos y fisurados de la geosfera	Desarrollo del modelo; intercomparación
transporte en la biosfera	Adaptación del modelo; acopio de datos locales

Amparo de las generaciones futuras

Desde luego, la experiencia adquirida durante tres decenios en la manipulación de desechos radiactivos es una excelente base de partida para dar el nuevo paso que exige la nueva ley, es decir, el de garantizar la eliminación segura a largo plazo en un cementerio que no requiera vigilancia ni control de tipo alguno. Es claro, sin embargo, que aún hay que allegar muchos otros conocimientos detallados. Esto tiene importancia particular en lo que se refiere a las formaciones geológicas profundas consideradas para el cementerio de Tipo C. Por consi-

guiente, la *Nagra* ha trazado un vasto programa de investigación y desarrollo. La mayor parte del tiempo y de los fondos se dedican a los trabajos geológicos, geofísicos e hidrológicos de campo. Los principales componentes del programa figuran en el cuadro 2.

La labor preparatoria sobre análisis de seguridad entraña cuestiones fundamentales de criterio relacionadas con la previsibilidad en el futuro lejano de posibles perturbaciones en el emplazamiento de los cementerios y el cálculo de las consecuencias para los seres humanos. En octubre de 1980, la Comisión de Seguridad Nuclear



Dos investigadores del Instituto Politécnico de Mecánica de Suelos, de Zurich, efectúan un experimento con material de obturación destinado a un cementerio definitivo, como parte de un programa de investigaciones financiado por la Nagra.

Examen de testigos obtenidos en las perforaciones de la Nagra en Grimsel (Suiza).



Suiza y la División de Seguridad Nuclear del Departamento de Energía publicaron directrices que constituyen una base importante para esa labor. Además de definir el concepto de “cementeros definitivos” en el sentido en que se ha utilizado más arriba, las directrices establecen un límite, de 10 mrem anuales, para la dosis de radiación que una persona puede recibir en cualquier momento debido a descargas de radionucleidos procedentes de uno de estos cementeros. Esto implica un enfoque determinista del análisis de seguridad. Sin embargo, se admite también que ciertos sucesos que desbaratarían los cálculos mecanicistas de la dosis de radiación puede excluirse, ya que son sumamente improbables.

Situación actual, opinión pública y perspectivas existentes

El programa de investigación y desarrollo marcha bien, en general. Cabe señalar, en particular, que los trabajos de los laboratorios universitarios, institutos y oficinas de consultoría —es decir, las actividades para las que no se requieren permisos especiales— se cumplen conforme a los planes previstos.

En cambio, el trabajo de campo preparatorio relacionado con las investigaciones geológicas —el programa de perforaciones profundas— va bastante retrasado, por lo complicados que son los procedimientos de concesión de licencias. La idea en que se inspiraba la nueva legislación era la de allanar el camino a esas investigaciones y evitar que se prejuzgase la elección de los emplazamientos de los cementeros, pues con ese objetivo se confería al Consejo Federal de Ministros la responsabilidad de la concesión directa de permisos. No obstante, el proceso democrático que ampara los derechos de los ciudadanos también un procedimiento administrativo complicado.

Fue necesario celebrar consultas con las autoridades cantonales y comunales, y con otros departamentos federales. Además, hubo que tener en cuenta centenares de objeciones de ciudadanos y de grupos de ciudadanos. Se entabló un amplio debate público, con participación de los medios de comunicación, que obligó a celebrar múltiples reuniones de información en las que los funcionarios y los representantes de la *Nagra* discutieron las cuestiones planteadas. El Ministro competente del Consejo Federal decidió visitar a las autoridades locales

de los cuatro cantones en que se proyectaban perforaciones profundas. Por último, pareció atinado seguir también los procedimientos locales usuales para la concesión de permisos, aun después de obtenida la licencia federal. Queda entendido, desde luego, que no se debe bloquear el permiso federal introduciendo aspectos ajenos a la cuestión.

Probablemente, las perforaciones profundas —parte esencial de las investigaciones geológicas para un cementerio de DAA— podrán iniciarse a fines del verano de 1982. Solo en ese momento se autorizarán completamente las primeras dos o tres perforaciones, a pesar de que el permiso federal se obtuvo en febrero de este año. En cierto número de casos, aún se demorarán un poco más los permisos de perforación locales. En esas circunstancias, no hay posibilidades de que se termine todo el programa en el plazo fijado para el proyecto de garantías. Esto no obstante, se procurará presentar tal proyecto en la fecha requerida, aunque no contenga todos los resultados concluyentes que se había planeado originalmente. Cuando más adelantado esté tal proyecto, tanto más fácil será que el Gobierno Federal amplíe el plazo por un período especificado.

Las demoras que sufre actualmente la concesión de licencias no afectan a los proyectos de acondicionamiento de cementeros. A este respecto, los calendarios responden a necesidades de carácter práctico, la más urgente de las cuales es la de contar con un cementerio para DAB y DAI hacia 1995. Se examinaron alrededor de una centena de emplazamientos posibles para este cementerio de tipo B; y se seleccionaron veinte que se consideraba eran más merecedores de ulterior estudio. Los resultados de estos estudios se publicaron en un informe geológico detallado para fomentar la discusión pública.

Se tiene la impresión que solo mediante los trabajos científicos y técnicos más rigurosos, y sometiendo todos los resultados al más libre de los debates públicos, será posible colmar la brecha abierta entre la idea que la mayoría de la población tiene del problema de los desechos nucleares y la que tienen los científicos e ingenieros que, basándose en su experiencia, consideran que sí existen soluciones técnicas. Todo este proceso es necesario para que en un país tradicionalmente democrático como Suiza resulten políticamente aceptables a las soluciones técnicas.

