

# LA SEGURIDAD Y LAS CONSIDERACIONES ECONOMICAS EN LA EVACUACION DE DESECHOS RADIATIVOS

El empleo creciente de la energía atómica con fines industriales plantea problemas de evacuación de los desechos radiactivos. Con objeto de lograr que la explotación de las plantas nucleares resulte económica y de evitar una acumulación excesiva de desechos es necesario buscar constantemente métodos de evacuación más adecuados y eficaces.

No existe ningún proceso "óptimo" de aplicación universal; la eficacia de los procesos depende mucho de las condiciones locales y de la cantidad, el tipo y la variedad de los desechos que hayan de tratarse. La situación de la planta es de primordial importancia, ya que en algunos lugares los desechos de radiactividad muy baja pueden verterse en los ríos o en el mar o pueden enterrarse fácilmente y sin riesgo alguno en formaciones geológicas adecuadas. Pero en lugares de gran densidad de población y escaso terreno para el almacenamiento, la dispersión no es posible y por tanto se procura ante todo reducir al máximo el volumen de los desechos y facilitar su transporte. En establecimientos modestos todos los desechos líquidos, sea cual fuere su naturaleza, pueden tratarse con una instalación para fines generales, por ejemplo, un evaporador, pero en los centros más importantes conviene establecer una distinción entre los distintos tipos de desechos y recurrir a procesos más perfeccionados.

Como los desechos de radiactividad baja e intermedia son voluminosos, suele resultar imposible almacenarlos sin someterlos antes a tratamiento. Por lo general este tratamiento consiste en concentrar las sustancias radiactivas, que a continuación se encierran en bidones herméticos, se incorporan en bloques de hormigón o de material cerámico, o se someten a otros procesos a fin de que puedan almacenarse sin riesgos. Actualmente existe considerable interés por el empleo del asfalto para fijar desechos sólidos y lodos, ya que permite una mayor reducción del volumen y el bloque resultante es menos susceptible de ser lixiviado por el agua. En algunos centros, el asfalto se utiliza ya de manera corriente, aunque el hormigón sigue siendo el material normalmente usado en esos casos. Los principales métodos de concentración son la compresión, la incineración, la evaporación, la coagulación y la filtración.

Si bien los métodos básicos de evacuación son bien conocidos, en muchos centros se han ideado algunos perfeccionamientos y modificaciones útiles. Esos procedimientos y la experiencia recientemente adquirida fueron objeto de un Simposio celebrado en Viena del 6 al 10 de diciembre de 1965 sobre "Métodos prácticos de tratamiento de desechos de radiactividad baja e intermedia". A este Simposio, convocado conjuntamente por el Organismo Internacional de Energía Atómica y la Agencia Europea para la Energía Nuclear (AEEN) de la Organización de Cooperación y Fomento

Económico, asistieron representantes de 26 países y cuatro organizaciones internacionales.

“La búsqueda activa de procesos para la separación o el control de los isótopos radiactivos contenidos en los desechos, que tanta importancia tuvo hace varios años, pertenece ya al pasado”, dijo en su discurso de apertura de la reunión el Sr. J.Y. Servant, Director de la División de Salud, Seguridad y Eliminación de Desechos Radiactivos del OIEA. “Se han ideado procesos eficaces pero mucho queda aún por hacer para perfeccionar dichos procesos y para lograr que resulten eficaces en todas sus diversas aplicaciones. Al principio no se obtuvieron siempre los resultados perseguidos debido a la escasez de informaciones y a la falta de datos seguros. Para algunas plantas se incluyeron en los planos originales procesos que no se adaptaban a ciertos tipos de desechos o cuyos costos fueron mucho más elevados que los previstos. Confiamos en que el intercambio de informaciones que tendrá lugar en la presente reunión facilite la elección y el empleo de los procesos más eficaces para el tratamiento de ciertos tipos de desechos radiactivos.”

## PRIMORDIAL IMPORTANCIA DE LA SEGURIDAD

En la reunión se citaron muchas cifras relativas a los costos, obtenidas en plantas en funcionamiento. Sin embargo, hubo discrepancias evidentes en la base de cálculo, cuestión que ha sido examinada subsiguientemente por un grupo asesor de expertos del OIEA.

Es una prueba de la madurez de la industria nuclear el hecho de que en el Simposio se hayan estudiado ante todo los aspectos económicos de la evacuación de desechos, pues los problemas de seguridad han dejado desde hace mucho tiempo de ser objeto de preocupación. No obstante, algunos oradores, si bien subrayaron que las consideraciones relativas a la seguridad deben ser siempre primordiales, se opusieron a la adopción de normas excesivamente severas y a las restricciones fundadas en consideraciones de orden emotivo y no en un examen razonado de hechos bien establecidos.

Según A.W. Kenny (OMS), que estudió el grado de tratamiento necesario para impedir una contaminación peligrosa del medio ambiente, no existe ninguna distinción neta entre los dos tipos de tratamiento de desechos — concentración y dilución. Por ejemplo, la evacuación de desechos líquidos en la tierra puede, por adsorción del suelo, provocar la contaminación de éste al acumularse en él los radionúclidos. Si el almacenamiento y confinamiento son absolutamente seguros no habrá ningún peligro para la población, pero en la práctica existe siempre el temor de que los desechos almacenados lleguen accidentalmente hasta el medio ambiente; los métodos de transformar los desechos líquidos en sólidos aminoran los riesgos potenciales. Ultimamente se ha tratado de evaluar los efectos de las radiaciones ionizantes sobre el ser humano; un comité de la Organización Mundial de la Salud los ha comparado con otros riesgos. Hasta cierto punto, la industria nuclear es víctima del estudio constante a que están sometidos los efectos de las radiaciones. Estos efectos se conocen tal vez mejor que los de la

mayor parte de los agentes de contaminación característicos de otras industrias, pero no puede nunca demostrarse que sus efectos son nulos a un determinado nivel por la vieja dificultad filosófica de demostrar algo negativo. Es peligroso tratar de impedir por completo la contaminación radiactiva del medio ambiente, porque el dinero, los materiales y la mano de obra que requieren los esfuerzos a ello consagrados podrían destinarse más provechosamente a la solución de otros problemas de salud pública. Pero esta cuestión debe abordarse con más prudencia que en el caso de la mayor parte de los otros agentes de contaminación, por ejemplo, las sustancias químicas activas desde el punto de vista genético; ello se debe a que la toxicidad de las sustancias radiactivas no se puede eliminar. Por tanto, debemos recurrir a procesos de dispersión y dilución en el medio ambiente teniendo debidamente en cuenta las fuerzas contrarias de reconcentración.

Para evaluar los límites admisibles en la evacuación de desechos se toman como base las recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección Radiológica. Pero las recomendaciones fundamentales de la CIPR se refieren a dosis a que están expuestas secciones mal definidas de la población. Los cálculos derivados de estas recomendaciones han de utilizarse con prudencia al calcular los "límites máximos admisibles", puesto que utilizarlos sin flexibilidad y de manera dogmática como si se tratase de una doctrina religiosa o política "repugna al espíritu científico y no se presta con ello ningún servicio a los que los han recopilado". A menudo se basan en datos biológicos muy imprecisos; un límite máximo admisible en el que no se tienen en cuenta las formas químicas es en el mejor de los casos una primera aproximación.

## NORMAS RIGUROSAS

En una memoria sobre la evacuación de desechos líquidos en el suelo se exponían los resultados de algunos estudios efectuados en Hanford (Estados Unidos), donde existen condiciones favorables debido a la poca profundidad de la capa freática y a la reducida pluviosidad. El suelo adsorbe los radionúclidos y éstos descienden lentamente hasta que los que se lixivian con más facilidad alcanzan en forma de vestigios las aguas subterráneas, en cuyo momento se suspende la evacuación y se busca otra zona adecuada. En el lugar abandonado, las sustancias adsorbidas continúan siendo arrastradas muy lentamente por el agua de lluvia; su eliminación total durará varios siglos durante los cuales tendrá lugar una apreciable desintegración. Siempre que se evacúen desechos en el suelo hay que tener en cuenta el destino de los terrenos utilizados. Si éstos han de volver al uso público es necesario establecer valores admisibles y tal vez reglas para el tratamiento y la evacuación. Los desechos de actividad muy elevada podrán enterrarse a un metro o dos de profundidad, pero conviene tener en cuenta los efectos a largo plazo - dispersión por los agentes atmosféricos de las sustancias enterradas, reconcentración de ciertos radionúclidos en los seres vivos y subida de los radionúclidos a la superficie por las plantas de raíces profundas.

Cuando la evacuación se efectúa en el mar, se mide la contaminación del medio con objeto de determinar la reconcentración en los alimentos utilizados por el hombre y luego se establecen límites a fin de mantener la irradiación por debajo de los que ha fijado la CIPR. En Windscale (Reino Unido) el alimento crítico es un alga comestible; en Hanford (Estados Unidos) se ha observado la reconcentración del cinc en las ostras.

Para proteger a la población, la industria nuclear ha establecido nuevas normas, que ni de lejos pueden compararse con las de la mayor parte de las otras industrias, estudiando detenidamente cada una de las evacuaciones y sus posibles consecuencias. Cuando se trata de evacuaciones importantes debería efectuarse un estudio preliminar de los aspectos de seguridad y vigilar de manera continua la contaminación del medio durante la operación. Las evacuaciones de menor importancia no requieren tantas precauciones pero es necesario evaluar su efecto acumulativo. La razón de ser de todas estas restricciones es que la población no debe quedar expuesta a dosis superiores a las que ha establecido la CIPR. Una parte esencial de la inspección de las evacuaciones de desechos es el programa de vigilancia de la actividad en los alimentos, el agua, los materiales de uso más común y el medio ambiente en general.

Los estudios que el tratamiento y la evacuación de desechos requieren van mucho más allá de la mera eliminación de los productos finales inútiles. D.J. Kvam (Estados Unidos) demuestra que pueden ejercer una influencia importante sobre el conjunto de las operaciones. El programa de tratamiento y evacuación de desechos del Lawrence Radiation Laboratory persigue ante todo dos objetivos: reducir la producción de desechos y facilitar su evacuación. El volumen de desechos se reduce sometiendo a revisión continua los proyectos y prácticas del laboratorio y mediante un programa de descontaminación. Ciertas técnicas de descontaminación, por ejemplo, la que se basa en ultrasonidos de elevada potencia específica, han ampliado la posibilidad de recuperar económicamente sustancias contaminadas. En 1964 se recuperó por descontaminación equipo valorado en dos millones de dólares. A pesar de la ampliación del programa y del aumento del personal del laboratorio, durante tres años consecutivos se han reducido no sólo los límites de actividad sino también los volúmenes de desechos. En Kjeller (Noruega) se trata una gran variedad de desechos gaseosos, sólidos y líquidos, de actividad específica comprendida entre la correspondiente a soluciones de productos de fisión de radiactividad relativamente elevada y la correspondiente a vestigios de elementos. B. Gaudernak y J.E. Lundby (Noruega) manifestaron que debido a las escasas posibilidades que para la evacuación presenta la zona, parte de los efluentes de baja actividad deben purificarse previamente. Es también necesario solidificar los desechos líquidos de actividad intermedia a fin de facilitar su almacenamiento y evacuación definitiva y comprimir los desechos sólidos para encerrarlos en recipientes blindados. El costo de la planta de tratamiento de desechos (edificio y equipo) fue de unos 170 000 dólares; su ampliación, que está efectuándose, costará alrededor de 130 000 dólares. Los gastos anuales de explotación (excluida la amortización del capital) son de 30 000 dólares aproximadamente.

## SELECCION DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO

E. de Robien, J. Pomarola y M. Brodsky (Francia) examinaron los problemas que plantea la selección del método de tratamiento de los efluentes líquidos. Estos problemas se refieren no sólo a la posibilidad de emplear *in situ* la capacidad de dispersión de las redes hidrológicas existentes o de almacenar *in situ* los efluentes líquidos concentrados sino también a la conveniencia de emplear esos procedimientos y a sus características económicas. Si no se puede emplear ninguno de ellos, hay que determinar la forma en que pueden coordinarse, en condiciones económicas, el tratamiento de los desechos líquidos y el método elegido para los desechos sólidos. En muchas partes de Europa las posibilidades de evacuación en los ríos son reducidas o inexistentes, y el almacenamiento *in situ* de los líquidos es raras veces factible. Por tanto, es necesario reducir los concentrados a una forma no lixiviable que constituya una protección eficaz contra los peligros que entrañan las radiaciones. La evaporación es un método idóneo. A. Nazarov, E. Golubev y C. Metalnikov (Unión Soviética) describieron una planta de evaporación totalmente automática y de control electrónico, destinada a la depuración continua del agua refrigerante de los reactores. Durante el funcionamiento de un reactor, deben controlarse cuidadosamente ciertas características del agua refrigerante; salinidad, actividad, contenido de productos de corrosión, etc. Una vez purificada, el agua vuelve al circuito del reactor.

P. Linder, K.J. Björkqvist, G. Linderoth y S. Lindhe (Suecia) expusieron las razones de haberse elegido un evaporador como única instalación de tratamiento en el Centro de Investigaciones de Studsvik, de preferencia a otros métodos de tratamiento químico, intercambio iónico, electrodiálisis o, sencillamente, almacenamiento y desintegración. Los tres primeros métodos son sensibles a las variaciones de la composición química de los distintos líquidos, con el subsiguiente riesgo de que no puedan separarse algunos de los componentes activos. El almacenamiento sin concentración exigiría volúmenes grandes y costosos. D.W. Clelland y A.D.W. Corbet (Reino Unido) manifestaron que la precipitación química y el intercambio iónico suelen ser más adecuados en el caso de grandes cantidades de desechos de radiactividad, ya que son métodos económicos, mientras que la evaporación se utiliza en general para los efluentes de radiactividad elevada e intermedia porque su capacidad de separación es mucho mayor. Pero, a su juicio, la evaporación es un proceso costoso por la energía térmica que consume, el elevado nivel técnico que debe alcanzar la instalación y los problemas de corrosión que plantea. Al indicar la forma en que las condiciones locales pueden atenuar esos inconvenientes, P.A. Bonhote y E.D. Hespe (Australia) describieron un evaporador solar extraordinariamente barato y sencillo. En el Centro de Investigaciones de Lucas Heights el costo de la filtración de los lodos era demasiado elevado teniendo en cuenta el volumen tratado. Por ello se construyó un evaporador que consiste en un tanque de almacenamiento de hormigón rodeado por una pared de un pie de altura sobre la que descansa un techo corredizo de acero liso montado sobre raíles. El depósito está descubierto de día, pero se cubre por la noche o cuando llueve

o hace viento. Ese evaporador costó unos 5 900 dólares, y los gastos de explotación son despreciables. El costo por galón de lodo tratado es de 1,6 centavos. El volumen de lodo que debe evacuarse se ha reducido a un quinto de su volumen original, y se espera reducirlo a la décima parte. Sin embargo, no es probable que este método pueda utilizarse en lugares cuya evaporación media anual es inferior a 30 pulgadas (en Lucas Heights es de 43 pulgadas).

## CONFINAMIENTO EN ASFALTO

Una vez concentrados en un volumen mínimo, los desechos deben hacerse insolubles; N. van de Voorde y P. Dejonghe (Bélgica) describieron un método eficaz que consiste en incorporar los desechos en material asfáltico. Así se consigue una reducción en volumen mucho mayor que la que es posible lograr empleando vermiculita o cemento. Durante el debate, R.H. Burns (Reino Unido) presentó una evaluación del costo de fijar un volumen anual de desechos por cuatro métodos distintos: cemento, 49 000 £; cemento-vermiculita, 74 000 £; asfalto, 15 000 £; asfalto, después de un proceso de congelación y deshielo 12 000 £. Afirmó que la lixiviación era cien veces mayor si se emplea cemento o cemento-vermiculita que si se emplea asfalto. Pero el costo de una instalación de asfalto es relativamente elevado, por lo que el método no suele ser conveniente. J. Rodier, M. Allèz, P. Auchapt y G. Lefillâtre (Francia) describieron la forma en que los lodos se incorporan en asfalto. En regiones muy pobladas el almacenamiento *in situ*, exige una seguridad absoluta contra la dispersión, lo que se consigue con el asfalto sin que su precio sea prohibitivo.

Según R.H. Burns, G.W. Clare, A.J. Smith y D.A. Dunkason (Reino Unido) el enterramiento en el lugar donde se han producido los desechos o en sus alrededores es con mucho el medio más económico de evacuación. A veces no es posible recurrir a él por razones políticas o prácticas; si el terreno es escaso será preciso proceder a una reducción de volumen. La incineración y la incorporación en asfalto o en otros materiales impermeables puede contribuir en gran medida a que las autoridades competentes acepten el enterramiento de los desechos. Al describir los procedimientos utilizados en Harwell para clasificar primero los desechos de baja actividad, en la memoria se dice que hasta hace un año esta operación se efectuaba en grandes cajas de guantes. Después se instaló un banco de clasificación en una zona en la que se trabaja con trajes a presión, con lo que los operarios pueden manejar en el banco un volumen dado de desechos mucho más rápidamente y en mayores condiciones de seguridad.

En un estudio sobre las tendencias actuales de las actividades de investigación y desarrollo, R.E. Blanco, W. Davis, H.W. Godbee, L.J. King, J.T. Roberts, W.C. Yee, G.J. Alkire, E.R. Irish y B.W. Mercer (Estados Unidos) declararon que en los Estados Unidos se están elaborando nuevos métodos de tratamiento más perfeccionados a fin de lograr una mayor retención de los radionúclidos y reducir los costos de explotación. La finalidad primordial es un sistema de tratamiento continuo en gran escala y en condiciones económicas que permita descargar los desechos tratados,



Empleados con trajes presurizados clasifican desechos radiactivos en el interior de una zona herméticamente cerrada (De la memoria presentada por R.H. Burns y otros).

mientras que los residuos radiactivos extraídos podrían incorporarse en betún o en otros medios plásticos para su almacenamiento o evacuación definitiva o inyectarse bajo tierra en lugares adecuados.

En los trabajos sobre manipulación de desechos radiactivos descritos en una memoria presentada por V. Balukova, V. Kulichenko, A. Nazarov y A. Sibirov (Unión Soviética) se dice que en la Unión Soviética, Checoslovaquia, Hungría y Bulgaria se está tratando de mejorar los actuales métodos de purificación y almacenamiento y se procura elaborar y utilizar

técnicas más modernas y materiales nuevos que sean más ventajosos que los que se emplean en la actualidad. Se está investigando la manera de aumentar la eficacia de la purificación de los desechos líquidos y se llevan a cabo trabajos sobre la concentración de la actividad en la fase sólida, la reducción del volumen de los desechos y la disminución del costo del tratamiento y el almacenamiento. En varios países se están examinando las posibilidades de los sorbentes naturales y minerales con objeto de hacer más interesante desde el punto de vista económico el método de intercambio iónico. Para la aplicación de sorbentes naturales, Checoslovaquia fabrica un equipo que funciona por el principio de sorción en contracorriente en suspensiones de sorbentes sólidos, y emplea la electrocoagulación en la fase de precipitación.

E. López-Menchero (AEEN) describió los trabajos de investigación y desarrollo efectuados por los países de la AEEN. Una de las principales finalidades de las investigaciones es el tratamiento de efluentes líquidos, y el objetivo más importante es la separación en forma sólida de los productos de fisión de período largo. En lo que respecta a los desechos sólidos, los importantes trabajos realizados son en general trabajos de desarrollo.

---

## **SE INFORMA AL OIEA SOBRE LAS ACTIVIDADES DE DIVERSAS ENTIDADES REGIONALES DE ENERGIA NUCLEAR**

Durante los primeros meses de 1966, directores y altos funcionarios de entidades regionales de energía nuclear visitarán el Organismo para dar conferencias sobre las actividades de sus respectivas organizaciones. La primera de esas conferencias fue pronunciada el 14 de enero por el Sr. Jules Gueron, Director General de Investigaciones y Formación Profesional de la Euratom.

A esta primera serie de conferencias seguirá probablemente otra dada por representantes de organizaciones como el Consejo de Asistencia Económica Mutua (CAEM), la Comisión Interamericana de Energía Nuclear (CIEN), la Agencia Europea de Energía Nuclear (AEEN), de la Organización de Cooperación y Fomento Económicos (OCFE), y la Comisión Científica, Técnica y de Investigación, de la Organización para la Unidad Africana.