

GERENCIA DE PROTECCION RADIOLOGICA
Y SEGURIDAD

REPO-34

CNEA-NT 30/87

07.87.01

POLITICA ARGENTINA PARA LA
ELIMINACION DE RESIDUOS
RADIATIVOS

Palacios, Elías ✓

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
BUENOS AIRES - ARGENTINA

1987

REPUBLICA ARGENTINA
COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
Dependiente de la Presidencia de la Nación
GERENCIA DE PROTECCION RADIOLOGICA Y SEGURIDAD

REPO-34

CNEA-NT 30/87

07.87.41

POLITICA ARGENTINA PARA LA
ELIMINACION DE RESIDUOS
RADIOACTIVOS

Palacios, Elías v

Este trabajo fue presentado en el Seminario Regional sobre
"Management Options for Low-and Intermediate-Level Wastes in
Latin American", realizado en Río de Janeiro, Brasil, del 13
al 17 de octubre de 1986.

BUENOS AIRES
1987

INIS CLASSIFICATION AND KEYWORDS

E52.00

GEOLOGY
RADIATION PROTECTION
RADIOACTIVE WASTE DISPOSAL
REPOSITORIES (*)
ROCKS
UNDERGROUND DISPOSAL

(*) Not shown in INIS Thesaurus 1985.

POLITICA ARGENTINA PARA LA ELIMINACION

DE RESIDUOS RADIATIVOS

Elías Palacios

1. INTRODUCCION

Uno de los objetivos primarios del Programa Nuclear Argentino es la generación de energía eléctrica mediante un ciclo de combustible con reciclado de plutonio. En la actualidad, la central nuclear Atucha I, de 330 MW(e) y la de Embalse, de 600 MW(e) se encuentra en operación y la de Atucha II, de 745 MW(e), está en construcción. Además, se cumplen en el país las etapas de extracción, concentración, purificación y enriquecimiento de uranio, fabricación de elementos combustibles, y se encuentra en estado avanzado de construcción una planta para reprocesamiento de combustible irradiado. El Programa Nuclear Argentino también comprende la investigación y el desarrollo asociados a la producción de subproductos tales como los radioisótopos y fuentes selladas de Co-60.

Dos décadas antes de que el primer reactor nuclear de potencia de la Argentina, iniciara la producción de electricidad de origen nuclear, se estaba trabajando activamente en estudios radioecológicos de productos de fisión, incluyendo el transporte desde el depósito sobre el suelo a la cadena alimenticia, de radionucleidos provenientes del "fallout" de explosiones nucleares. Las evaluaciones llevadas a cabo en este campo resultaron ser una experiencia básica para el planteo de modelos ambientales, lo que fue útil, no solamente para desarrollar criterios para otros tipos de evaluaciones ambientales, sino también para establecer límites para la liberación de efluentes radiactivos en diversas instalaciones nucleares.

Durante el mismo período, se formó una política básica de protección radiológica, aplicable a la protección del público. Esta política incluía tanto la limitación de las dosis individuales a una fracción del límite de dosis, como también, tomaba en consideración la dosis colectiva comprometida resultante de las fuentes o las prácticas que originaban las liberaciones de materiales radiactivo. Esta política evolucionó naturalmente, incorporando el concepto de optimización recomendado por la ICRP (1) (2). En efecto, Argentina fue pionera en la optimización cuantitativa relacionada con el control de efluentes (3) (4) (5).

2. CRITERIOS PARA LA ELIMINACION DE RESIDUOS RADIATIVOS

Una pequeña fracción de la actividad producida durante la operación de las instalaciones nucleares es liberada al ambiente como efluente líquido o gaseoso. El resto es tratado como residuo radiactivo y eliminado en sistemas de contención que aseguren un aislamiento de los radionucleidos por un período adecuado.

Cualquier exposición del hombre que aún pudiera ocurrir, se debería a alguna de las situaciones siguientes: a) liberación de material radiactivo proveniente del escenario normal y b) situaciones accidentales.

2.1. CRITERIOS PARA EL ESCENARIO NORMAL

Los criterios de seguridad radiológica adoptados por la Autoridad Argentina para la situación "normal" en la liberación de residuos radiactivos son consistentes con las recomendaciones de la "International Commission on Radiological Protection" (ICRP). El principal objetivo es mantener las dosis individuales por debajo de límites apropiados y reducir el impacto radiológico total proveniente de la eliminación de residuos tanto como sea razonablemente alcanzable.

Los límites de dosis recomendados por el ICRP se aplican a la dosis total de radiación proveniente de todas las fuentes (excluyendo la radiación natural y las dosis con fines médicos). Para limitar la contribución de una fuente en particular, las autoridades nacionales deberían establecer un confín de dosis ("upper bound") el cual debería ser una fracción del límite de dosis recomendado. Para propósitos de planificación, la Autoridad Argentina fijó como confín de la dosis máxima resultante en un grupo crítico ideal, debido a la eliminación de residuos en un dado emplazamiento, 0,1 mSv en un año.

La optimización de la protección es el requerimiento básico recomendado por el ICRP relacionado con el control del detrimento. Este requerimiento implica que el detrimento proveniente de una fuente de radiación debería ser reducido por medidas de protección hasta un valor tal que reducciones futuras sean menos importantes que el esfuerzo adicional requerido para alcanzar tal reducción.

En el caso de eliminación de residuos y dado las bajas dosis que son esperadas en la exposición del público (6) (7), el detrimento puede ser considerado proporcional a la dosis colectiva comprometida resultante de la eliminación. En estos casos, la presencia de radionucleidos de vida muy larga hace que el cálculo de la dosis colectiva comprometida sea altamente especulativo. En optimización, sin embargo, lo que interesa son las diferencias de la dosis colectiva producida por diferentes alternativas de protección. El período de interés es por lo tanto el período en el cual los niveles de protección alternativos (soluciones de ingeniería) tienen influencia sobre las vías de exposición ya que las largas colas de la integral temporal de la tasa de dosis se cancelan cuando se sustraen las dosis debidas a las diferentes opciones. El período de integración para la evaluación de la dosis colectiva comprometida incompleta utilizado en Argentina es de 500 años, y se siguen procedimientos de cálculo similares a los utilizados por el UNSCEAR (United Nations Scientific Committee for the Evaluation of Atomic Radiation) (8).

2.2. CRITERIOS PARA SITUACIONES ACCIDENTALES

Es necesario tener en cuenta que aún en situaciones "normales" de liberación, la ocurrencia de efectos biológicos dañinos es de naturaleza proba-

bilística. Para fines de protección radiológica, la probabilidad de efectos estocásticos -llámese cáncer fatal o efectos genéticos serios- es de, aproximadamente, 2×10^{-2} por sievert de dosis equivalente efectiva. La probabilidad de efectos no-estocásticos por encima de la dosis umbral varía de 0 a 1 en un rango de dosis relativamente pequeño. Por ejemplo, para mortalidad debida a síndrome de radiación resultante de irradiación de todo el cuerpo, la probabilidad a dosis inferiores a 2 Gray es muy próxima a cero y se acerca a 1 para dosis de 6 Gray.

La probabilidad de muerte (o riesgo) de un miembro del público debido a un potencial accidente puede expresarse como $R = P_1 \times P_2$, donde R es el "riesgo", P_1 es la probabilidad de ocurrencia del accidente que daría lugar a una dosis H en los miembros del público bajo consideración y P_2 es la probabilidad condicional de muerte dada la dosis H (9).

Si varias situaciones accidentales potenciales, i, son posibles, el riesgo R definido en el párrafo anterior es:

$$R = \sum_i P_{1i} P_{2i}$$

donde: $\sum$ debería extenderse a todas las situaciones relevantes posibles de exposición.

En el criterio de la Autoridad Argentina, el objetivo básico es asegurar que el riesgo individual máximo de un miembro del público debido a potenciales situaciones accidentales, no exceda el riesgo debido al escenario normal. El orden de magnitud del confín de dosis establecido por la Autoridad Argentina (0,1 mSv en un año) corresponde a un riesgo de letalidad del orden de:

$$R_{\max} = 10^{-4} \text{ Sv/a} \cdot 10^{-2} \text{ Sv}^{-1} = 10^{-6} \text{ a}^{-1}$$

donde: $R_{\max}$ es el valor máximo de la probabilidad de letalidad comprometida para un año.

Dado que el criterio aplicado en la Argentina requiere que se consideren todas las secuencias de eventos que lleven a situaciones accidentales (siendo el orden de magnitud diez), luego la contribución de cada una de ellas, en promedio, no debería superar el valor de $R_1 = 10^{-7}$ por año.

Por lo tanto, la probabilidad "aceptable" de ocurrencia de una secuencia accidental que da lugar a una dosis H_i , es: $< 10^{-7} \text{ a}^{-1} / 10^{-2} \text{ Sv}^{-1} \cdot H_i$, en la región de dosis H_i donde sólo se espera efectos estocásticos.

A altas dosis, el valor de la probabilidad aceptable es:

$< 10^{-7} \text{ a}^{-1} / f(H_i)$; donde $f(H_i)$ es una función no lineal de la dosis la cual se hace igual a 1 a altas dosis. La probabilidad anual de secuencias accidentales que den lugar a dosis letales no deberá exceder, por lo tanto, el orden de magnitud de 10^{-7} .

El procedimiento descripto se aplica para limitar el riesgo de situaciones accidentales y ha sido expresado por la autoridad regulatoria en la Norma CALIN 3.1.3. (figura 1).

3. BARRERAS MULTIPLES

Al implementar los objetivos de seguridad radiológica para la eliminación de residuos radiactivos se ha utilizado en Argentina el concepto de barreras múltiples. Este concepto consiste en interponer entre los residuos

radiactivos y el ambiente ocupado por el hombre una serie de barreras (geológicas y de ingeniería), independientes y redundantes, de manera que la falla de una de ellas no comprometa la seguridad del sistema.

Las barreras geológicas, adecuadamente seleccionadas, serían suficientes para cumplir con los criterios de seguridad radiológica descriptos en el parágrafo 2, tanto para el escenario normal como para el caso de eventos disruptivos. Sin embargo, la Autoridad Argentina requiere que se garantice, con barreras de ingeniería, un riesgo individual bajo para los individuos idealmente más expuestos, en forma independiente y redundante de las barreras geológicas.

Las barreras de ingeniería tienen como objetivos primarios asegurar la no ocurrencia de efectos no-estocásticos y mantener la probabilidad de ocurrencia de efectos estocásticos por debajo de límites apropiados. Estos objetivos se logran garantizando un "tiempo de aislamiento mínimo" antes que los residuos alcancen el medio ambiente.

La elección de las barreras adecuadas para lograr el "tiempo de aislamiento mínimo" se realizan para cada caso en particular y depende de las características de los residuos y del emplazamiento donde se prevé su eliminación, la eficacia de las barreras disponibles y los costos involucrados.

4. ALTERNATIVAS ADOPTADAS EN ARGENTINA

De acuerdo al tiempo de aislamiento requerido para cumplir con los objetivos de seguridad se pueden identificar tres grandes grupos de residuos radiactivos:

- i) Tiempo de aislamiento del mismo orden o menor que la vida útil de las instalaciones que producen los residuos (ej: 10 a 20 años).
- ii) Tiempo de aislamiento superior a 20 años pero no mayor que la vida útil de ciertos materiales de construcción fácilmente utilizables como barreras de ingeniería (ej: cemento, hormigón); y
- iii) Tiempo de aislamiento superior a algunas centenas de años (ej: mayor de 200 años).

Los residuos de baja actividad se encuentran encuadrados dentro de la primer categoría, es decir, requieren períodos de aislamiento de la biosfera que van de algunos meses a unas pocas decenas de años. Las barreras seleccionadas para la eliminación de estos residuos son:

- a) Tambores metálicos dentro de los cuales se colocan los residuos acondicionados en bolsas de plástico;
- b) Barreras geológicas que aseguren un retardo de los radionucleidos sustancialmente superior al tiempo de aislamiento requerido y esto se logra disponiendo los tambores en trincheras de escasa profundidad, ubicadas en suelos arcillosos de adecuada capacidad de retención, y posteriormente recubriéndolas con aproximadamente 1 metro de suelo; y
- c) Barrera física impidiendo el acceso del público a la zona de eliminación durante, como mínimo, el período de aislamiento ne-

cesario para garantizar un riesgo individual bajo (no más de 20 años).

Los residuos de media actividad estarían incluidos en su mayoría dentro de la categoría 2. Las barreras seleccionadas para estos residuos son:

- a) Inclusión en una matriz estable: (ej: cemento, bitumen, plástico);
- b) Disposición en cubículos de hormigón apropiados para asegurar su integridad por períodos de 100-200 años;
- c) Barrera geológica que asegure un retardo sustancialmente superior a 200 años. Esto se logra construyendo los cubículos de hormigón en terrenos arcillosos de adecuada capacidad de intercambio iónico, en áreas de muy bajo gradiente hidráulico; y
- d) Sellado final de los cubículos con cemento.

Además, se prevé para los residuos de media actividad conteniendo pequeñas cantidades de emisores alfa, provenientes del reprocesamiento de elementos combustibles irradiados, utilizar para su eliminación una mina subterránea agotada, ubicada en una formación rocosa, a algunas decenas de metros de profundidad, en áreas de baja conductividad hidráulica.

La categoría 3 está formada por los residuos de alta actividad provenientes del reprocesamiento de elementos combustibles irradiados. Las barreras contempladas en Argentina son las siguientes (9) (10).

- a) Aislación absoluta de los residuos durante los primeros 1000 años, tiempo necesario para garantizar la no ocurrencia de efectos no-estocásticos. Para ello se los recubrirá con unos 10 cm de plomo;
- b) Inclusión de los residuos en una matriz estable y de muy baja tasa de lixiviación. Se prevé la inclusión en vidrios del tipo borosilicato, con una tasa de lixiviación inferior a $4 \cdot 10^{-4}$ g/cm² a, conteniendo 10% en peso de óxido de productos de fisión y actínidos asociados. Esto retardaría la llegada de cantidades significativas de residuos a la biosfera en el orden de los 10.000 años, tiempo suficiente para garantizar un riesgo individual bajo;
- c) Barreras geológicas estables, con muy baja conductividad hidráulica. Se contempla eliminarlos en una formación granítica a 500 metros de profundidad o más, ubicada fuera de zonas sísmicas, en áreas de escaso interés minero actual y potencial, con conductividad hidráulica del orden de 10^{-9} m/s o menor y,
- d) Sellado de la instalación con bentonita de alta capacidad de intercambio. La bentonita tiene la propiedad de expandirse con bajos tenores de humedad alcanzando muy baja conductividad hidráulica.

Finalmente, restan considerar los residuos de la minería de uranio que si bien son de muy baja actividad específica, contienen radionucleidos de vida muy larga. El riesgo que implican estos residuos para los individuos es pequeño pero dado el tiempo que permanecerán en la biosfera, de cente-

nas de miles de años, el detrimento colectivo esperado (exposición de gran cantidad de personas a dosis bajas) no es despreciable. En este caso, las barreras de ingeniería modificarían muy poco los resultados finales. En Argentina, la eliminación de estos residuos se realiza en la misma zona de donde se extrajo el mineral, rellinando depresiones del terreno y recubriéndolas posteriormente con dos metros de suelo vegetal. De esta forma se reduce la concentración de radón en la zona, a niveles del mismo orden de magnitud o menores de los que había antes de la explotación del yacimiento.

REFERENCIAS

- (1) International Commission on Radiological Protection, Sutton (UK). "Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Adopted January 17, 1977". ICRP Publication 26. Oxford, Pergamon Press, 1977. 53 p. Annals of the ICRP; vol. 1: n° 3, 1977.
- (2) International Commission on Radiological Protection, Sutton (UK). "Radiation protection principles for the disposal of solid radioactive waste". ICRP Publication 46. Oxford, Pergamon Press, 1985. 23 p. Annals of the ICRP; vol. 15: n° 4, 1985.
- (3) Beninson, D. "Limitation of future radiation exposures from the present operation of nuclear fuel cycle installations". International Symposium on the application of the dose limitation system in nuclear fuel cycle facilities and other radiation practices. Madrid, Oct. 19-23, 1981. Proceedings series. STI/PUB/599. p. 565-574.
- (4) Beninson, D. and González, A.J. "Application of the dose limitation system to the control of carbon-14 releases from heavy-water moderated reactors". International Symposium on the application of the dose limitation system in nuclear fuel cycle facilities and other radiation practices. Madrid, Oct. 19-23, 1981. Proceedings series. STI/PUB/599. p. 3-20.
- (5) Migliori de Beninson, A. and Palacios, E. "Política en materia de gestión de desechos y su aplicación en Argentina". International Conference on radioactive waste management. Seattle, Washington, May. 16-20, 1983. Proceedings series. STI/PUB/649. vol. 1: 139-148. REPO-08. CNEA-NT 31/85.
- (6) Beninson, D. and Migliori de Beninson, A. "Radiological collective dose commitments from the disposal of high level radioactive waste". INECE/WG 7/7, Buenos Aires, 1978.
- (7) Migliori de Beninson, A. and Cancio, D. "Impacto radiológico de la gestión de residuos radiactivos del Plan Nuclear Argentino". International Conference on radioactive waste management. Seattle, Washington, May 16-20, 1983. Proceedings series. STI/PUB/649. vol. 1: 331-334. REPO-07. CNEA- III 30/85.
- (8) United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. "Ionizing radiation; sources and biological effects, 1982. Report to the General Assembly, with annexes". New York, United Nations, 1982. 773 p. United Nations Publication. Sales N°E. 82. IX.8 06300 p.
- (9) Palacios, E. et al. "Bases conceptuales para la construcción de un repositorio en Argentina". International Conference on radioactive waste management. Seattle, Washington, May. 16-20, 1983. Proceedings series. STI/PUB/649. vol. 3: 179-190. REPO-09. CNEA-NT 38/85.
- (10) Beninson, D. et al. "The Argentine radioactive waste repository: basic criteria, preliminary siting and design conceptual basis". International Symposium on siting, design and construction of under-

ground repositories for radioactive wastes. Hannover; Germany,
F.R.; march 3-7; 1986. IAEA-SM-289/3. REPO-19.

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1 CURVA CRITERIO

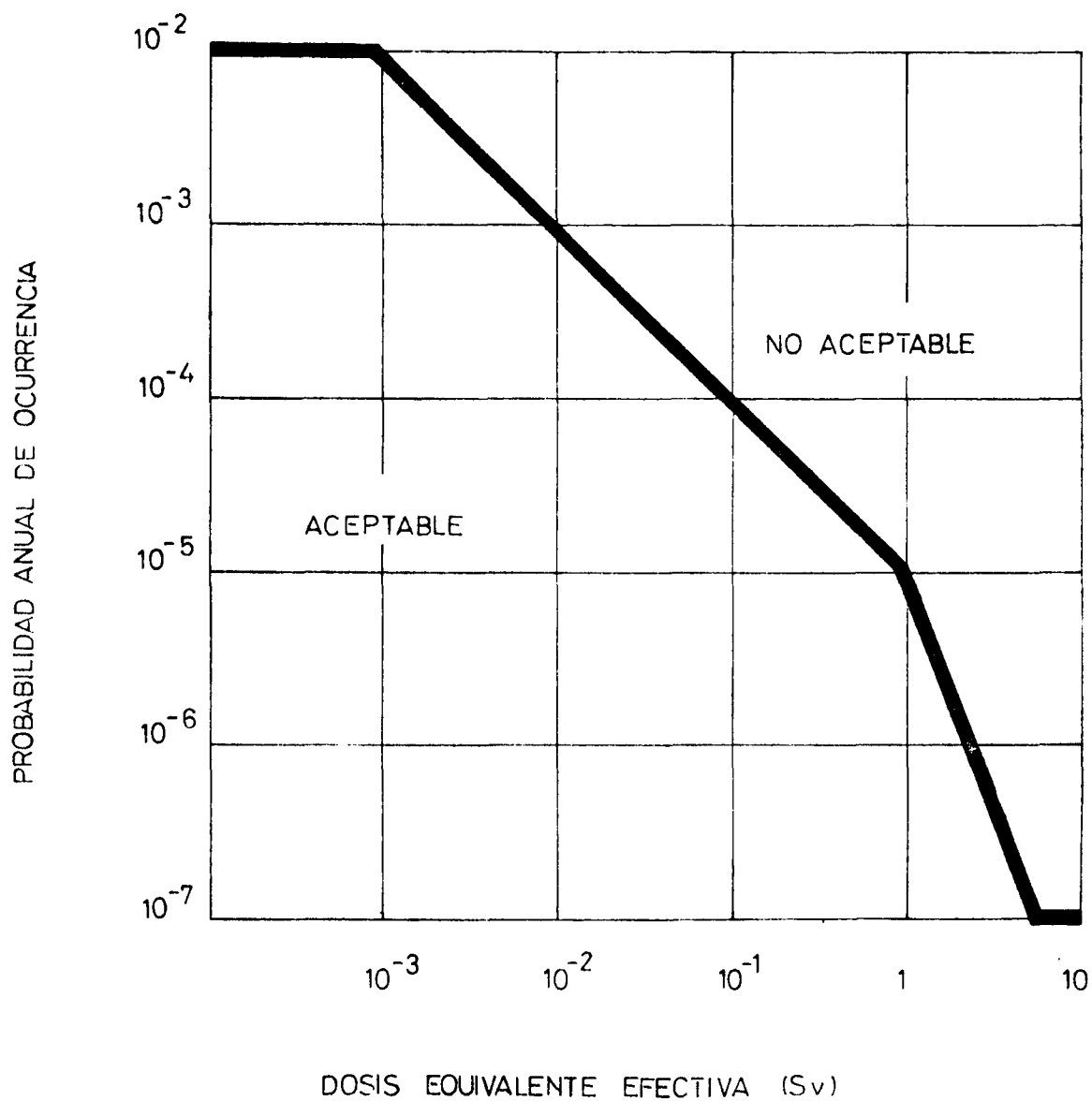


FIGURA N° 1: CURVA CRITERIO

- REPO-01 Beninson, D.; Migliori de Beninson, A.
"Radiological impact of radioactive waste management"
- REPO-02 Lucero Michaut, H.
"Aplicación de la geoestadística a la resolución de problemas estructurales en macizos rocosos homogéneos"
- REPO-03 Ventura, M.; Ferreri, J.C.
"Evolución temporal de un macizo granítico bajo cargas térmicas generadas por productos de fisión"
- REPO-04 Ventura, M.; Ferreri, J.C.
"Evolución temporal de un macizo granítico bajo cargas térmicas generadas por productos de fisión (estudio paramétrico)"
- REPO-05 Beninson, D.
"Radioactive emissions and radiation exposures resulting from nuclear power production"
- REPO-06 Beninson, D.; Lindell, B.
"Application of ICRP recommendations to radioactive waste isolation"
- REPO-07 Migliori de Beninson, A.; Cancio, D.
"Impacto radiológico de la gestión de residuos radiactivos del Programa Nuclear Argentino"
- REPO-08 Migliori de Beninson, A.; Palacios, E.
"Política en materia de gestión de desechos y su aplicación en Argentina"
- REPO-09 Palacios, E.; et al.
"Bases conceptuales para la construcción de un repositorio en la Argentina".
- REPO-10 Palacios, E.; et al.
"Estudios para la selección del emplazamiento de un repositorio en Argentina"
- REPO-11 Matar, J.A.; Girardi, J.P.; Matar de Sarquís, M.
"Aplicación de técnicas geoestadísticas al estudio de una formación granítica destinada a la construcción de un repositorio"
- REPO-12 Ferreri, J.C.; VENTURA, M.
"Numerical aspects of the study of the regional thermal impact of a radioactive waste repository"
- REPO-13 Ferreri, J.C.; Caballero, C.H.
"Difusión de calor a partir de una fuente plana rectangular finita"
- REPO-14 Beninson, D.; González, A.J.
"Radiological protection criteria for radioactive waste repositories"
- REPO-15 Palacios, E.; Ferreri, J.C.
"Marco conceptual para el desarrollo de los modelos de predicción de los efectos locales de un repositorio de residuos radiactivos de alta actividad"

- REPO-16 Ferreri, J.C.; Ventura, M.
"Aspectos numéricos del modelado de los efectos locales de un repositorio de residuos radiactivos de alta actividad"
- REPO-17 Beninson, D.
"Criterios de radioprotección en el caso de eventos disruptivos probabilísticos"
- REPO-18 Ferreri, J.C.; Grandi, G.
"Models for the study of the local effects produced by a high-level radioactive waste repository"
- REPO-19 Beninson, D.J.; et al.
"The argentine radioactive waste repository: basic criteria, preliminary siting and design conceptual basis"
- REPO-20 De Micheli, S.M. de; et al.
"Uso del plomo en contenedores de residuos radiactivos de alta actividad: estudio de resistencia a la corrosión"
- REPO-21 Peruca, J.C.; et al.
"Investigaciones geológicas e hidrológicas con procesamiento geoestadístico en la preselección del emplazamiento de un repositorio subterráneo para los residuos radiactivos de alta actividad del Programa Nuclear Argentino"
- REPO-22 Varani, J.L.; et al.
"Analysis of different vitreous matrices of the borosilicatype"
- REPO-23 Varani, J.L.; Petraitis, E.J.; Vazquez, A.
"Vitrificación de residuos radiactivos líquidos de alta actividad"
- REPO-24 Varani, J.L.; Petraitis, E.J.; Pasquali, R.C.
"Evaluación de matrices vítreas para inclusión de residuos radiactivos"
- REPO-25 Russo, D.; Messi de Bernasconi, N.; Audero, M.
"Fijación de residuos de alta actividad en matriz vítrea sinterizada"
- REPO-26 Wetten, C.; Grassi, J.I.
"Hydrogeological features of a rocky massif to be used as a nuclear repository"
- REPO-27 Girardi, J.P.; Matar de Sarquís, M.
"Selection of a minimum fracturation area by means of geostatic for emplacement of subsurface civil works of a nuclear repository in crystalline rock"
- REPO-28 Matar, J.A.; et al.
"Geostatistical investigations of rock masses. The Sierra del Medio case (Argentina)"
- REPO-29 Perucca, J.C.; et al.
"Geological and geophysical investigations at Sierra del Medio Massif - Argentina"

- REPO-30 Russo, D.O.; Messi de Bernasconi, N.; Audero, M.A.
"Inmovilización de residuos de alta actividad en vidrios sinterizados: 1) Proceso de prensado en caliente"
- REPO-31 Bevilacqua, A.M.; et al.
"Inmovilización de residuos de alta actividad en vidrios sinterizados: II) Proceso de prensado a temperatura ambiente"
- REPO-32 Ventura, M.
"Predicción de la migración de radionucleídos en un medio rocoso. Parte I"
- REPO-33 Ventura, M.
"Predicción en la migración de radionucleídos en un medio rocoso. Parte II-Caso bidimensional"
- REPO-34 Palacios, E.
"Política argentina para la eliminación de residuos radiactivos"
- REPO-35 Pahisa, M.; et al.
"Primeros ensayos vinculados a la vitrificación de residuos líquidos de alta actividad".

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
Gerencia Protección Radiológica y Seguridad

	Domicilio Postal Postal Address	Télex	Facsimil	Teléfono
Sede Central (Main Headquarters)	Av. Libertador 8250 1429 - Buenos Aires Argentina	21388 PREAT AR	701 - 2431 (int. 248) (ext. 248)	701 - 2431
Centro Atómico Ezeiza Ezeiza Atomic Center	Casilla de Correo 40 1802 - Aeropuerto Ezeiza Argentina	23462 CAE PRS AR	620 - 0480	620 - 0160