

GERENCIA DE PROTECCION RADIOLOGICA Y SEGURIDAD

REPO-9

C.N.E.A. Biblioteca

ARCHIVO PUBLICACIONES

CNEA-NT 38/85

NO

1

AÑO

1985

BASES CONCEPTUALES PARA LA CONSTRUCCION
DE UN REPOSITORIO EN LA ARGENTINA

Palacios, E.; Matar, J.A.;
Perucca, J.C.; Preisz, G.E.

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA

BUENOS AIRES - ARGENTINA

1985

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

REPO-9

C.N.E.A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
NO 1	AÑO 1985

CNEA-NT 38/85

BASES CONCEPTUALES PARA LA CONSTRUCCION
DE UN REPOSITORIO EN LA ARGENTINA

Palacios, E.; Matar, J.A.;
Perucca, J.C.; Preisz, G.E.

Este trabajo fue presentado en la "International Conference on Radioactive Waste Management" realizada en Seattle, (Washington, EE.UU.) entre el 16 y el 20 de mayo de 1983.

* Casilla de Correo 40
1802 AEROPUERTO DE EZEIZA, Argentina

Buenos Aires
1985

INIS CLASSIFICATION AND KEYWORDS

E52.00

ARGENTINA
GRANITES
HIGH-LEVEL RADIOACTIVE WASTES
RADIOACTIVE WASTE DISPOSAL
RADIOLOGICAL IMPACT (*)
REPOSITORIES (*)
SITE SELECTION
UNDERGROUND DISPOSAL

(*) Not shown in INIS Thesaurus 1985.

BASES CONCEPTUALES PARA LA
CONSTRUCCION DE UN REPOSITORIO EN ARGENTINA

Palacios, E.*; Matar, J.**; Perucca, J.C.**; Preisz, G.E.**

* Comisión Nacional de Energía Atómica, Argentina
** Universidad Nacional de San Juan, Argentina

RESUMEN

En el Programa Nuclear Argentino se prevé reprocesar los elementos combustibles irradiados y reciclar el plutonio producido para generar energía eléctrica. Como consecuencia de ello, los residuos radiactivos de alta actividad estarán inicialmente en forma líquida y deberán ser adecuadamente tratados para su eliminación. Los criterios básicos de protección utilizados para la eliminación son evitar efectos no estocásticos de la radiación, limitar el riesgo individual y disminuir el impacto radiológico colectivo tanto como sea razonable. Siguiendo estos criterios, se ha iniciado la selección del emplazamiento y un proyecto de ingeniería básica para la construcción de un repositorio para las necesidades del país. En primer término, se identificaron alrededor de 200 manifestaciones graníticas potencialmente aptas, distribuidas por todo el país. A continuación se preseleccionaron las formaciones graníticas que se encontraban fuera de zonas sísmicas, que eran parte de formaciones geológicas estables y poco alteradas y que se encontraban fuera de áreas de interés minero potencial. De esa preselección, cuatro cuerpos graníticos aflorantes fueron identificados como los más adecuados para proseguir los estudios. Seguidamente, se comenzaron estudios de detalle en una formación granítica preseleccionada, que se encuentra en el sur del país, en la provincia del Chubut.

ABSTRACT

The Argentine nuclear programme provides for the reprocessing of spent fuel elements and the recycling of plutonium produced for the generation of electricity. As a result, high level radioactive wastes will initially arise in liquid form and will then have to be disposed of by appropriate treatment. The basic protection criteria applied for this purpose are: to avoid non-stochastic radiation hazards, to limit the risk to the individual and to reduce the collective radiological impact as far as is reasonably achievable. On the basis of these criteria, the selection of a site and a basic engineering project for the construction of a repository to meet the country's needs have been undertaken. In the first stage, some 200 potentially suitable granite occurrences distributed throughout the country were identified. A preselection was then made of granite formations which lie outside seismic areas, which are parts of stable and scarcely altered geological formations, and which also lie outside potential mining areas. Four granite outcrops were identified in this preselection as being the most promising for further study. Detailed investigations were subsequently taken up in one of the preselected granite formations which is located in the province of Chubut in southern Argentina.

1. INTRODUCCION

Durante el funcionamiento de reactores nucleares se produce una gran cantidad de radionucleidos. Una pequeña parte de ese material es eliminado a la atmósfera y más del 99,9% de la actividad queda retenida en los elementos combustibles irradiados. Para recuperar el plutonio producido durante la irradiación es necesario disolver los elementos, eliminando el resto como residuo.

El Programa Nuclear Argentino prevé seis centrales nucleares hasta fines del siglo con una potencia eléctrica instalada de 3,4 GW. Se reprocesarán los elementos combustibles irradiados y el plutonio será reciclado para producir energía eléctrica. Como consecuencia de ello, se decidió llevar a cabo un programa intensivo de investigación y desarrollo sobre gestión de residuos radiactivos de alta actividad. La primera etapa de este programa fue evaluar las dosis futuras y las dosis colectivas resultantes de repositorios, y el desarrollo de criterios de aceptabilidad para juzgar las consecuencias de eventos disruptivos al azar que pudieran afectar dichos repositorios².

En la segunda mitad de la década del 70 se llevó a cabo el "International Nuclear Fuel Cycle Evaluation (INFCE)", y Argentina tuvo una activa participación, evaluando el impacto radiológico de la gestión de los residuos provenientes de varias estrategias del ciclo de combustible^(3,4).

Si bien no se han generado todavía cantidades significativas de residuos de alta actividad en Argentina, se espera su producción a partir de la puesta en operación de una planta de reprocesamiento de elementos combustibles, que está en estado avanzado de construcción.

Los problemas relacionados con el almacenamiento de residuos radiactivos de alta actividad serán significativos en la segunda mitad de la década del 90. No obstante, se tomó la decisión de resolver con anticipación los aspectos tecnológicos de la eliminación de residuos radiactivos de alta actividad⁵. En el presente se está llevando a cabo un estudio de factibilidad para la construcción de un repositorio en una formación geológica de tipo granítico a unos 500 m de profundidad.

2. CRITERIOS DE PROTECCION RADIOLOGICA PARA LA ELIMINACION DE RESIDUOS RADIOACTIVOS

Los objetivos básicos de protección radiológica para la eliminación de residuos radiactivos no difieren de los utilizados en las demás etapas del ciclo de combustible, es decir, evitar la ocurrencia de efectos no estocásticos, limitar la probabilidad de ocurrencia de efectos estocásticos y reducir tanto como sea razonable el detrimento colectivo⁽⁶⁻⁹⁾.

El tiempo requerido entre la eliminación de los residuos radiactivos y su entrada a la biosfera permite dividir el problema en dos etapas. Una abarca el período en que la actividad de los productos de fisión es predominante y que se prolonga durante los primeros 1000 años. Pasado este período, el problema cambia de escala porque, al desaparecer por decaimiento radiactivo los productos de fisión, se asegura un riesgo individual pequeño. No obstante, resta un problema residual, constituido por los radionucleidos de período de semidesintegración muy largo, que perdurará hasta millones de años. Los efectos no-estocásticos se evitarán enteramente diseñando el con-

tenedor de residuos de manera que los mantenga convenientemente aislados durante el período necesario para que los niveles de actividad hayan decaído suficientemente.

Para limitar el riesgo individual, es decir para lograr que el riesgo individual de las personas que más se irradian sea del mismo orden que los riesgos de la vida diaria, es necesario que los residuos queden inmovilizados dentro del contenedor alrededor de 1000 años. De esta manera se consigue limitar la probabilidad de ocurrencia de efectos estocásticos a un nivel suficientemente bajo.

Finalmente, se debe reducir tanto como sea razonable el detrimento colectivo. Transcurrido el período de aislamiento logrado con barreras de ingeniería, el contenedor se va a corroer por acción del agua y los residuos comenzarán a lixiviar emigrando hasta la biosfera. Para reducir ese impacto global, además de usar un contenedor que garantice un riesgo individual bajo, se pretende colocarlo en un lugar que retarde la llegada de los radionucleidos a la biosfera por un período del orden de los 100.000 años. Se piensa lograr ese aislamiento colocando los contenedores en una formación geológica estable, a más de 500 m de profundidad, en una zona que no tenga interés minero potencial, fuera de zonas sísmicas y con muy escasa conductividad hidráulica.

3. BARRERAS DE INGENIERIA

Los residuos radiactivos provenientes del reprocesamiento de elementos combustibles irradiados serán incluidos en una matriz vítrea del tipo borosilicato, dentro de un recipiente de acero inoxidable. Este recipiente será recubierto con una pared de plomo de 10 cm de espesor aproximadamente, protegido exteriormente por una lámina metálica. El diseño del contenedor tendrá características similares a otros ya estudiados en la bibliografía⁽¹⁰⁻¹²⁾ (véase la Fig. 1).

Se fijó el contenido de óxidos de productos de fisión y transuránidos en un 10% del peso. Además, se limitó el tiempo mínimo de decaimiento de los residuos, desde el momento que son retirados del reactor, en 20 años. La potencia térmica de cada contenedor será de 500 W.

Una barrera de ingeniería adicional es el sellado final de las aberturas con un material de relleno que oponga una gran resistencia a la llegada del agua y a la migración de los radionucleidos^(13,14). Esto se logrará con una mezcla de arena y bentonita de alta capacidad de retención, con la cual se rellenarán todas las aberturas efectuadas en el repositorio.

En los estudios de las barreras de ingeniería participan diversos institutos nacionales especializados en materiales y corrosión. Se llevan a cabo también estudios con modelos para el diseño de los contenedores, de manera que se cumpla con el reglamento de transporte del OIEA¹⁵.

4. AISLAMIENTO GEOLOGICO

Evaluaciones previas mostraban que la eliminación de residuos radiactivos en rocas cristalinas, a 500 m o más de profundidad, reduciría suficientemente el impacto radiológico global^(3,4,10,16). Por tal motivo, y teniendo en cuenta las características geológicas del país, se decidió la eliminación en forma-

ciones graníticas estables a 500 m de profundidad, fuera de zonas sísmicas y con escasa conductividad hidráulica.

En general, se observa que la permeabilidad de la roca disminuye a medida que aumenta la profundidad, hasta que, por debajo de 300 m, se estabiliza (^{10, 17, 18}). Los valores típicos para granitos no alterados, a profundidades de 50 m, son de 10^{-8} a 10^{-12} m/s. Se estableció que la permeabilidad de la roca en la zona donde se construya el repositorio no deberá superar los 10^{-9} m/s.

Al eliminar en un macizo granítico estos residuos que generan calor, se romperá el equilibrio geotérmico de la roca y la temperatura se elevará en la zona próxima al repositorio. Este incremento de temperatura puede provocar distintos fenómenos en el granito, tales como descomposición de la roca, agrietamiento por dilatación diferencial, etc. (¹⁹⁻²¹). A fin de garantizar las propiedades del granito y del material de relleno, se fijó como temperatura de diseño en la roca la de 60°C.

5. BASE DE DISEÑO PARA EL REPOSITORIO

El repositorio deberá satisfacer las necesidades del Programa Nuclear Argentino. Las seis centrales nucleares previstas hasta fines de esta centuria, operando durante 30 años, generará alrededor de 80 GW·a de energía eléctrica¹. El reprocesamiento de los elementos combustibles utilizados para generar esa energía producirá alrededor de 3000 contenedores de las características descritas en la Sección 3. Asimismo, se deberán prever futuras ampliaciones del repositorio en la medida en que se amplíen las necesidades del programa nuclear.

Estudios de la evolución temporal de la temperatura en una formación granítica (^{22, 23}) muestran que el límite de 60°C como temperatura máxima de diseño en la roca requiere una separación entre contenedores de aproximadamente 5 m y una densidad de potencia térmica en el plano horizontal del repositorio de 5 W/m².

Los contenedores serán depositados en posición vertical, en agujeros construidos en el piso de las galerías, las cuales estarán 20 m separadas entre sí (Fig. 2). Los agujeros tendrán un diámetro de 1 m y una profundidad de 4,5 m aproximadamente.

6. SELECCION DEL EMPLAZAMIENTO

El primer paso fue analizar todos los afloramientos de rocas graníticas conocidos en el país, a partir de la información obtenida en la bibliografía existente. Se relevaron las características petrográficas y estructurales de cada uno de los afloramientos, las dimensiones y cotas de los cuerpos rocosos, las características sísmicas e hidrogeológicas de la región, su potencialidad minera y petrolera y las características poblacionales, agrícola-ganaderas e industriales de las zonas estudiadas. Se identificaron de este modo 198 afloramientos graníticos (granitos, granodioritas, tonalitas, migmatitas y sus variedades desde alaskitas hasta trohndjemitas), distribuidos en todo el país (Figura 2)²⁴.

En una segunda etapa se realizó una preselección de las formaciones identificadas, siguiendo los siguientes criterios de eliminación: a) cuerpos ubicados

dentro de zonas sísmicas o en áreas de explotación minera o petrolera; b) características petrográficas de la roca que denote alteraciones importantes, tales como avanzado estado de erosión o de descomposición; c) cuerpos ubicados en áreas de conocidas características hidrogeológicas desfavorables.

Además, como criterio adicional de selección, se tuvieron en cuenta ciertas características desfavorables desde el punto de vista de la construcción y explotación del repositorio. Se consideraron características desfavorables, ubicaciones dentro de zonas densamente pobladas, turísticas o de difícil acceso²⁵.

Como resultado de esta segunda etapa, se identificaron siete cuerpos ubicados en las provincias del Chubut y de Río Negro, al sur del país, como las mejores de acuerdo a los criterios de preselección establecidos²⁶.

Una tercera etapa, basada en un relevamiento de los cuerpos graníticos preseleccionados, permitió identificar los macizos La Esperanza y Chasicó en la Provincia de Río Negro y las Sierras de Calcatapul y del Medio en la Provincia del Chubut como los más apropiados para continuar los estudios de detalle²⁷.

7. ESTUDIOS EN LA SIERRA DEL MEDIO

Se decidió realizar estudios de detalle en la Sierra del Medio de acuerdo al siguiente esquema: a) fotointerpretación; b) análisis estadístico de alineaciones; c) reconocimiento geológico y geofísico del macizo rocoso; d) perforaciones hasta 200 m; e) análisis geomorfológico e hidrogeológico regional; y, f) pozos profundos hasta 800 m.

Se efectuó la fotointerpretación y cartografía expeditiva geológico-estructural de la región en una superficie de 5000 km², mediante fotografías aéreas a escala 1:40000. Se detectaron las principales trazas y alineaciones, las líneas de drenaje, manantiales y demás rasgos particulares de cada zona. Las grandes fracturas de carácter regional (megatrazas) fueron estudiadas mediante imágenes satelitarias a escalas 1:500000, sobre un área de 35.000 km²(²⁸).

Sobre las fotografías aéreas de la Sierra del Medio se identificaron todas las alineaciones detectadas, así como los rasgos estructurales más significativos (master-joints, fallas, diques, etc.), a escala 1:40000. Posteriormente se construyeron cartas de isodensidad de alineaciones y diques, quedando identificados por descarte los sectores menos alterados²⁸.

Se realizó un censo de diaclasas en el sector del cuerpo granítico menos alterado. Se analizaron los parámetros "cantidad de discontinuidades por metro", N/L, e "Índice de calidad de roca en superficie", RQDS, mediante una grilla de muestreo de 500 m en sentido N-S por 75 m en sentido E-O. El análisis geoestadístico de los parámetros analizados permitió identificar el área con menos alteraciones superficiales, con un error del 25%.

Como apoyo al relevamiento fotogeológico, se investigó expeditivamente la composición petrográfica del cuerpo granítico mediante una serie de perfiles transversales, con muestreo de las facies más significativas. Estas muestras fueron analizadas macro y microscópicamente, determinándose las variedades de roca presentes en todo el macizo. Simultáneamente, se desarrolló una campaña geofísica preliminar, cuyo objetivo básico fue comprobar el comportamiento de

los bordes de la sierra granítica y la eventual presencia de fenómenos estructurales vinculados con el ascenso del bloque rocoso. Se relevaron perfiles con métodos sísmológicos y geoelectrónicos²⁸.

Una vez definida geoestadísticamente la zona de mejor calidad de toda la sierra, se realizó un relevamiento geológico-estructural de mayor detalle. La investigación y sus resultados fueron volcados a una carta a escala 1:1000, con curvas de nivel cada diez metros, que se densificaron hasta cinco metros en los lugares cuyas características así lo exigían.

La foliación fue objeto de un detallado análisis para delimitar los sectores donde los afloramientos aparecen más compactos, separándolos de aquellos donde predominan planos de debilidad por orientación de los máficos presentes. En las fracturas o fallas principales se investigó la eventual presencia de procesos de milonitización. También se realizó un estudio detallado del comportamiento de diaclasas²⁸.

En base al análisis de alineaciones y al reconocimiento geológico y geofísico del macizo, se ubicaron diez pozos para la investigación petrográfica y estructural. Estos pozos, cuyas profundidades varían de 200 a 280 m, fueron realizados para estudiar los bordes del área seleccionada y las fracturas, diques y otras anomalías superficiales en profundidad. Los resultados obtenidos fueron analizados por técnicas de geoestadística²⁸.

Se realizó un análisis geomorfológico regional que sirvió de base para los estudios de neotectónica e hidrogeología. Se construyó una carta geomorfológica regional a escala 1:40000 y se estudió el escurrimiento superficial en el macizo rocoso propiamente dicho y en las acumulaciones acuíferas superficiales y subterráneas dentro de toda la cuenca²⁸.

Se estudió por métodos geoestadísticos la variabilidad del parámetro N/L en superficie y los resultados de las perforaciones hasta 200 m. La Fig. 3 resume la información de los estudios geológicos y geoestadísticos y muestra el área seleccionada para las perforaciones profundas²⁸.

En la actualidad se están realizando cuatro pozos hasta 600 m, los cuales proveerán la información necesaria para concluir los estudios de detalle en la Sierra del Medio.

8. ANTEPROYECTO DE INGENIERIA

Con la finalidad de estudiar la factibilidad del proyecto y de obtener una primera evaluación de costos del repositorio, se realiza un anteproyecto de ingeniería que se encuentra en avanzado estado de realización. El anteproyecto incluye el diseño conceptual del repositorio a 500 m de profundidad, las obras de acceso, el equipamiento para la transferencia de contenedores y material de relleno y los mecanismos de izamiento de equipos y personal²⁹.

Se analizan tres alternativas de acceso: a) por laboreo vertical o pique; b) por laboreo inclinado; c) por laboreo combinado. En la Fig. 4 se observa la idealización del repositorio, con acceso combinado de rampa con pique vertical.

El diseño de las obras de acceso y galerías y los procedimientos de excavación se analizan tanto desde el punto de vista técnico-económico como desde

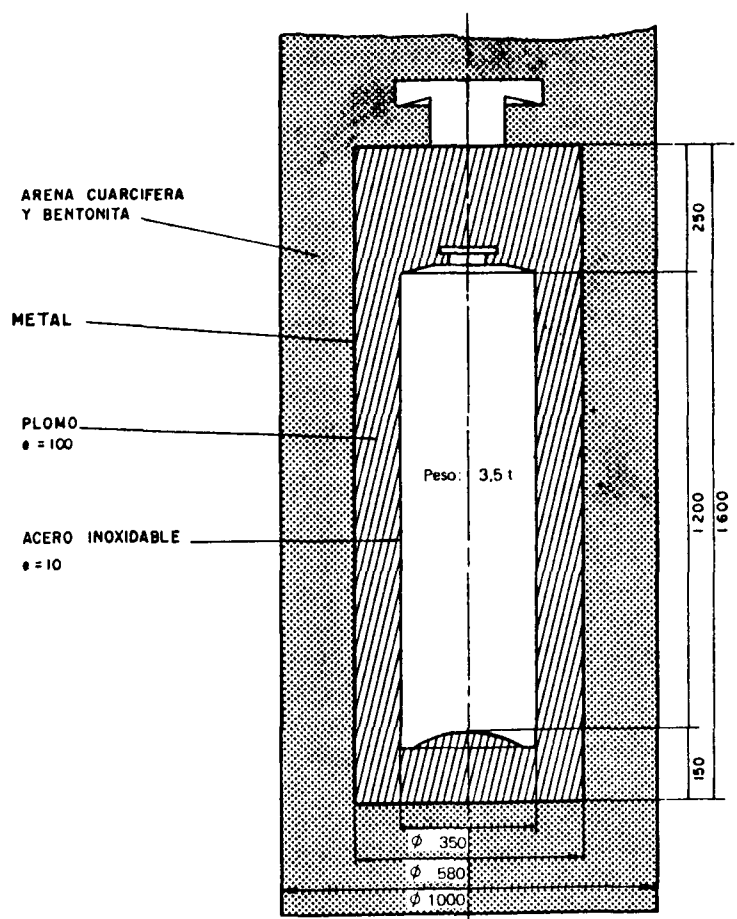
el de las tensiones que introducen en el macizo rocoso. El anteproyecto de ingeniería estará concluido en diciembre de 1983.

REFERENCIAS

- 1 Castro Madero, C. "El Plan Nuclear Argentino y su proyección futura". Futurable vol. 10: 25-39, 1981.
- 2 Beninson, D.; Bennet, B. and Webb, G. "Collective dose commitments from nuclear power programmes". International Conference on Nuclear Power and its Fuel Cycle. Salzburg, may 2-13, 1977. Proceedings Series. STI/PUB/465. vol. 4: 23/40.
- 3 Beninson, D. y Migliori de Beninson, A. "Radiological Impacto of Radioactive Waste Management". Buenos Aires, CNEA, 1981. CNEA-NT 8/81. REPO-1. 71 p. Contribución argentina al INFCE (INFCE/DEP/WG 7/18).
- 4 INFCE Working Group 7. Secretariat. "Waste Management and Disposal. Report of Working Group 7". Viena, IAEA, 1980. 281 p.
- 5 Gonzalez, A.J. y Migliori de Beninson, A. "The transfer of technology on radioactive waste disposal; the argentine experience". Second International Conference on Nuclear Technology Transfer (ICONTT-II). Buenos Aires, nov. 1-5, 1982. Transactions Am. Nucl. Soc. vol. 42: 92-93, 1982, n° 1.
- 6 International Commission on Radiological Protection, Sutton (UK). "Implications of Commission Recommendations that Doses be kept as Low as Readily Achievable. A Report by Committee 4 of the International Commission in April 1973". ICRP Publication 22. Oxford, Pergamon Press, 1973. 23 p.
- 7 International Commission on Radiological Protection, Sutton (UK). "Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Adopted January 17, 1977". ICRP Publication N° 26. Oxford, Pergamon Press, 1977. 53 p. Annals of the ICRP vol. 1: n° 3, 1977.
- 8 Beninson, D. "Optimization of radiation protection". Topical Seminar Application of the dose limitation system for Radiation Protection; Practical implications. Vienna, mar. 5-9, 1979. Proceedings Series. STI/PUB/521. P. 85-99.
- 9 Migliori de Beninson, A. y Palacios, E. "Política en materia de gestión de desechos y su aplicación en Argentina". International Conference on Radioactive Waste Management. Seattle, may 16-20, 1983. Proceedings Series. STI/PUB/649. vol. 1: 139-148.
- 10 Kaernbraenslesaeckerhet, Stockholm (Sweden). "Handling of spent nuclear fuel and final storage of vitrified high-level reprocessing waste". Sweden, KBS, 1978. 5 vol.
- 11 Burton, W.R.; Griffin, J.R. "A design study of long-term storage and underground disposal systems for highly active waste". United Kingdom, 1981. UKAEA-NDR-514(R).
- 12 Cameron, D.J. "Fuel isolation research for the canadian nuclear fuel waste management program." Pinagua, Manitoba, Atomic Energy of Canada Ltd., 1982. AECL-6834. 65 p.

- 13 Pusch, R. "Highly compacted Na bentonite as buffer substance". Stockholm, KBS, 1978. KBS TR 74. 42 p.
- 14 Jacobsson, A.; Pusch, R. "Egenskaper hos bentonitbaserat buffertmaterial". Stockholm, KBS, 1978. KBS TR 32. 73 p.
- 15 International Atomic Energy Agency, Vienna (Austria). "Advisory material for the application of the IAEA transport regulation". 2. ed. Vienna, IAEA, 1982. 143 p. (Safety Series n° 37).
- 16 Migliori de Beninson, A. y Cancio, D. "Impacto radiológico de la gestión de residuos radiactivos del Programa Nuclear Argentino". International Conference on Radioactive Waste Management. Seattle, may 16-20, 1983. Proceedings Series. STI/PUB/649. vol. 1: 331-344.
- 17 Potter, J.M. "Experimental permeability studies at elevated temperature and pressure of granitic rocks". New Mexico, USA, Los Alamos Scientific Lab., 1978. LA-7224.
- 18 Rocha, M. y Franceiss, F. "Determination of permeability in anisotropic rock masses for integral samples". Rock. Mech. vol. 9, (1977).
- 19 Pusch, R., Jacobsson, A. y Bergstrom, A. "Bentonite-based buffer substances for isolating radioactive waste products at great depths in rock". Symposium on the underground disposal of radioactive wastes. Otaniemi, Finland, jul. 2-6, 1979. Proceedings Series. STI/PUB/528. vol. 1: 487-501.
- 20 Chapman, N.A. "Mineralogical and geochemical constraints on maximum admissible repository temperatures". Symposium on the Underground Disposal of radioactive wastes. Otaniemi, Findland, jul. 2-6, 1979. Proceedings Series. STI/PUB/528. vol. 2: 209.
- 21 Hood, M., Carlsson, H. y Nelson, P. "The application of field data from heater experiments conducted at Stripa, Sweden, to parameters for repository design". Symposium on the underground disposal of radioactive wastes. Otaniemi, Findland, jul. 2-6, 1979. Proceedings Series. STI/PUB/528. vol. 2: 105.
- 22 Ventura, M. y Ferreri, J.C. "Evolución temporal de un macizo granítico bajo cargas térmicas generadas por productos de fisión". Buenos Aires, CNEA, 1985. REPO-3. CNEA-NT 23/85. 35 p.
- 23 Ventura, M. y Ferreri, J.C. "Evolución temporal de un macizo granítico bajo cargas térmicas generadas por productos de fisión, estudio paramétrico". Buenos Aires, CNEA, 1985. REPO-4. CNEA-NT 24/85. 13 p. y fig.
- 24 Castro, C. y otros. "Plutones graníticos; panorama nacional. San Juan, Argentina, Univ. Nac. de San Juan-Instituto de Investigaciones Geológicas, 1980.
- 25 Regairaz, A. y otros. "Investigación sobre antecedentes de cuerpos intrusivos graníticos de la República Argentina". San Juan, Argentina, Univ. Nac. de San Juan-Instituto de Investigaciones Geológicas, 1980.
- 26 Perucca, J.C. y Castro, C. "Plutones graníticos; cuerpos seleccionados". San Juan, Argentina, Univ. Nac. de San Juan-Instituto de Investigaciones Geológicas, 1981.

- 27 Acosta, C. y otros. "Calificación expeditiva de plutones graníticos seleccionados". San Juan, Argentina, Univ. Nac. de San Juan-Instituto de Investigaciones Mineras, 1981.
- 28 Perucca, J.C. y otros. "Investigación del intrusivo Sierra del Medio". San Juan, Argentina, Univ. Nac. de San Juan-Instituto de Investigaciones Mineras, 1983.
- 29 Preisz, G. y otros. "Anteproyecto de ingeniería de un repositorio para el programa nuclear argentino (informe de progreso)". San Juan, Argentina, Univ. Nac. de San Juan, Instituto de Investigaciones Mineras, 1982.



DIMENSIONES EN mm.

FIG.1. Contenedor para eliminación de residuos radiactivos.

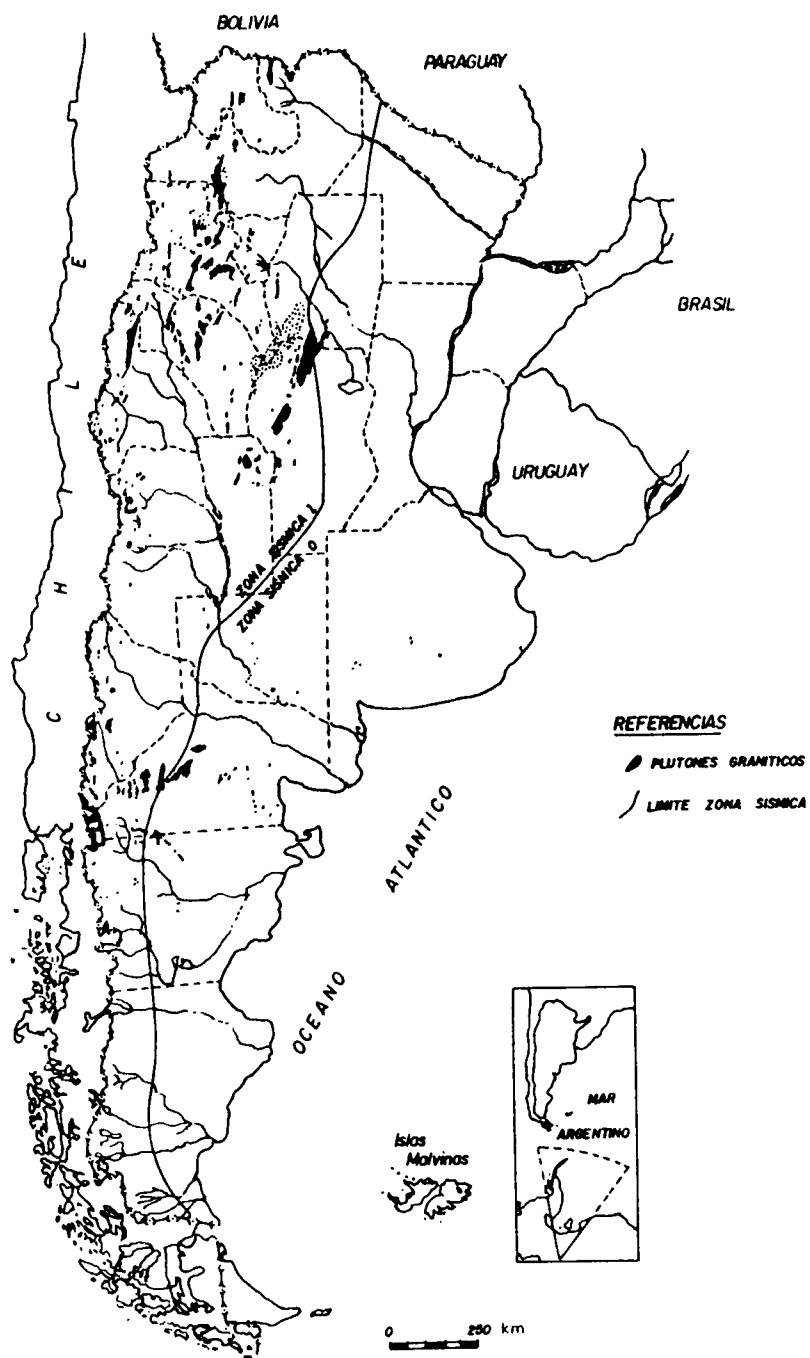


FIG.2. Afloramientos graníticos en la Argentina.

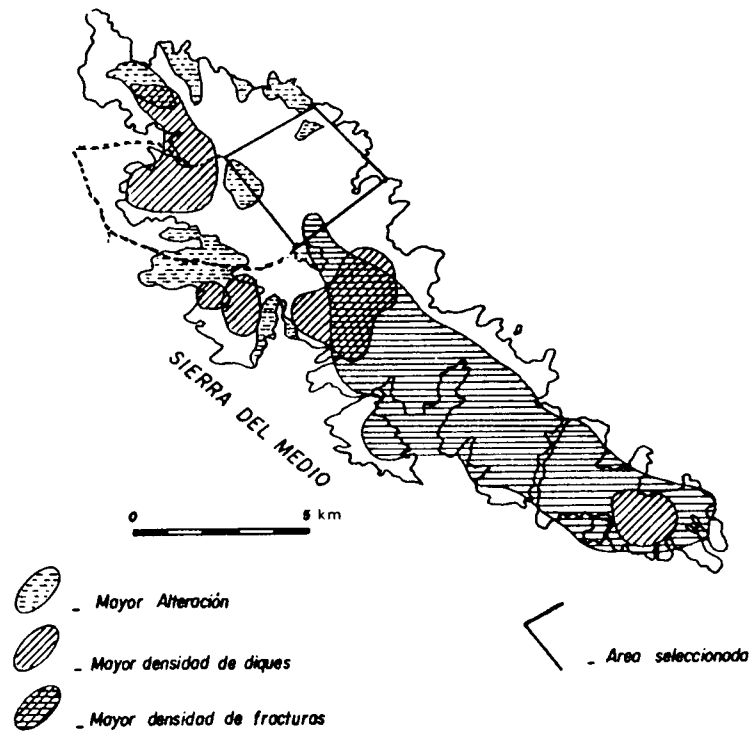


FIG.3. Area seleccionada para perforaciones profundas.

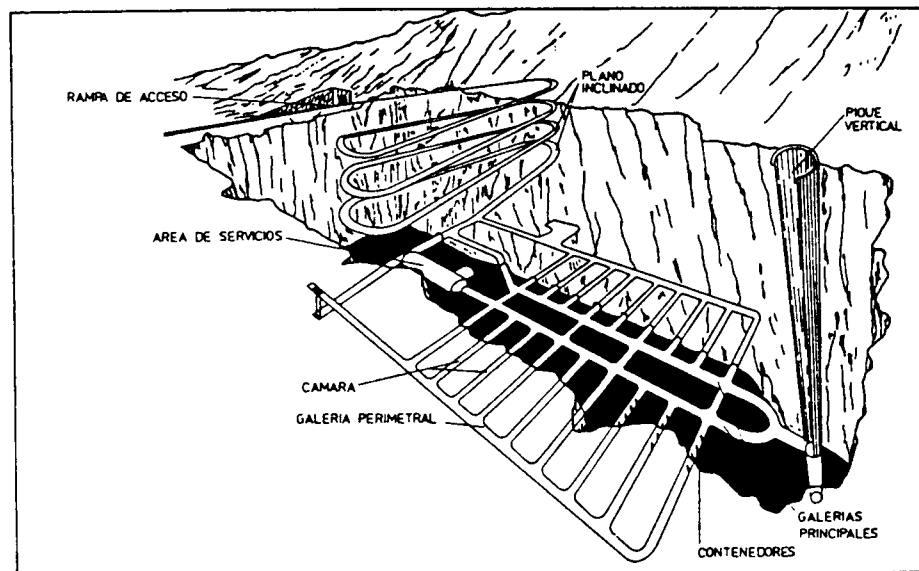


FIG.4. Idealización de repositorio con acceso combinado de rampa con pique vertical.

- REP01 - Beninson, D.; Migliori de Beninson, A.
"Radiological impact of radioactive waste management"
- REP02 - Lucero Michaut, H.
"Aplicación de la geoestadística a la resolución de problemas estructurales en macizos rocosos homogéneos"
- REP03 - Ventura, M.; Ferreri, J.C.
"Evolución temporal de un macizo granítico bajo cargas térmicas generadas por productos de fisión"
- REP04 - Ventura, M.; Ferreri, J.C.
"Evolución temporal de un macizo granítico bajo cargas térmicas generadas por productos de fisión (estudio paramétrico)"
- REP05 - Beninson, D.
"Radioactive emissions and radiation exposures resulting from nuclear power production"
- REP06 - Beninson, D.; Lindell, B.
"Application of ICRP recommendations to radioactive waste isolation"
- REP07 - Migliori de Beninson, A.; Cancio, D.
"Impacto radiológico de la gestión de residuos radiactivos del Programa Nuclear Argentino"
- REP08 - Migliori de Beninson, A.; Palacios, E.
"Política en materia de gestión de desechos y su aplicación en Argentina"
- REP09 - Palacios, E. y otros.
"Bases conceptuales para la construcción de un repositorio en la Argentina"
- REP10 - Palacios, E. y otros.
"Estudios para la selección del emplazamiento de un repositorio en Argentina"
- REP11 - Matar, J.A.; Girardi, J.P.; Sarquis, M.A. M. de
"Aplicación de técnicas geoestadísticas al estudio de una formación granítica destinada a la construcción de un repositorio"
- REP12 - Ferreri, J.C.; VENTURA, M.
"Numerical aspects of the study of the regional thermal impact of a radioactive waste repository"
- REP13 - Ferreri, J.C.; Caballero, C.H.
"Difusión de calor a partir de una fuente plana rectangular finita"
- REP14 - Beninson, D.; González, A.J.
"Radiological protection criteria for radioactive waste repositories"
- REP15 - 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"
- REP16 - Ferreri, J.C.; Ventura, M.
"Aspectos numéricos del modelado de los efectos locales de un repositorio de residuos radiactivos de alta actividad"
- REP17 - Beninson, D.
"Criterios de radioprotección en el caso de eventos disruptivos probabilísticos"
- REP18 - Ferreri, J.C.; Grandi, G.
"Models for the study of the local effects produced by a high-level radioactive waste repository"

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.)	701 - 2431
Centro Atómico Ezeiza Ezeiza Atomic Center	Casilla de Correo 40 1802 - Aeropuerto Ezeiza Argentina	18079 CAE AR	620 - 0480	620 - 0160