



PREGUNTA 15.2 – 15.4

Ing. Enrique Morales Rodríguez.-

- **RESIDUOS RADIATIVOS DE UNA CENTRAL NUCLEAR:**
- Residuos de baja actividad: herramientas y utensilios ligeramente contaminados con radioisótopos de vida corta (^3H , ^{131}I). Su volumen anual es muy grande, pero su actividad es apenas mayor que los residuos domésticos. Se debe contar con un espacio suficiente para mantenerlos confinados hasta que su actividad desaparezca por decaimiento.
- Residuos de media actividad: filtros y resinas de intercambio usadas en tratamiento de efluentes, materiales estructurales –tuberías, etc- activados por flujo neutrónico. El volumen es mucho más reducido (pocos cientos de m^3 en toda la vida útil), pero la actividad es considerable, requieren manipulación y almacenamiento bajo blindaje por un tiempo prolongado, ya que contienen radioisótopos de vida intermedia (^{90}Sr , ^{137}Cs)
- Residuos de alta actividad: elementos combustibles gastados.

- **RESIDUOS NUCLEARES**

- Los de mayor relevancia debido a su alta actividad, vida larga, significativa radiotoxicidad y emisión de calor, son los combustibles quemados.

- **COMPOSICION DE COMBUSTIBLES QUEMADOS**

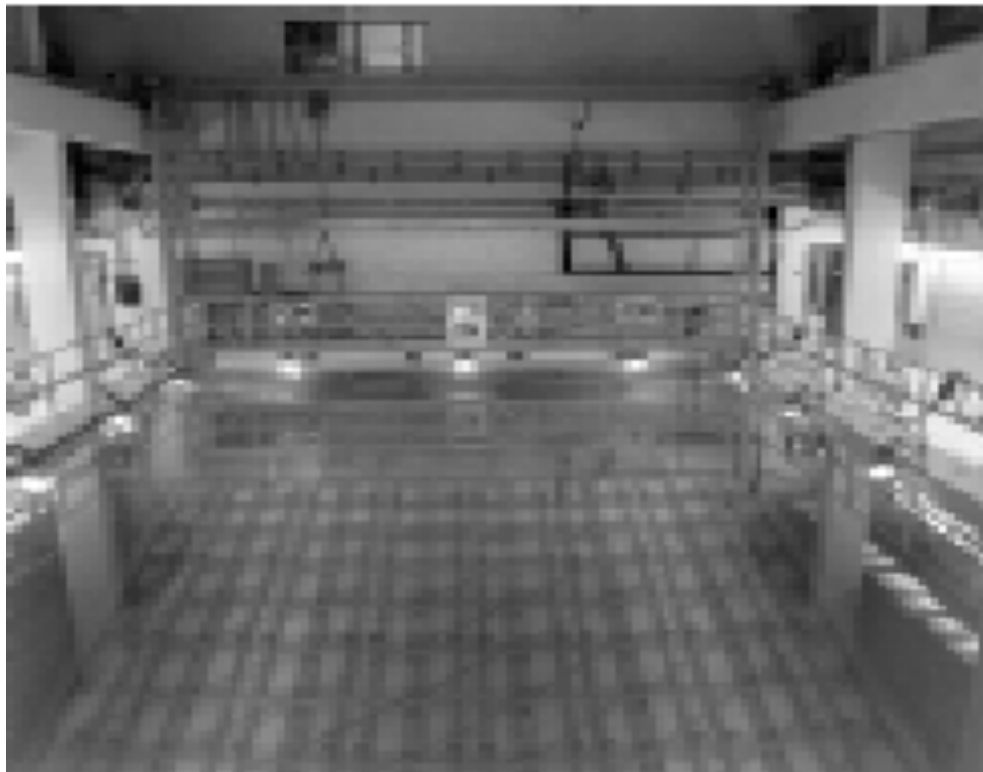
- Productos de fisión (vida corta), p. ej.: ^{88}Kr , ^{133}Xe , ^{135}Xe , ^{141}Ba , ^{131}I . Emisores β , γ de alta intensidad.
- Productos de fisión (vida intermedia), p.ej.: ^{137}Cs , ^{90}Sr . Emisores β , γ de alta intensidad.
- Productos de fisión (vida larga), p. ej.: ^{129}I , ^{135}Cs , ^{99}Tc , ^{93}Zr . Emisores β ó β , γ de baja intensidad. Radiotoxicidad moderada.
- Actínidos mayoritarios-isótopos de Uranio y Plutonio-p.ej.: ^{239}Pu , ^{241}Pu , ^{243}Cm , $^{242\text{m}}\text{Am}$. Emisores α , generalmente muy radiotóxicos.
- Actínidos minoritarios –isótopos de Neptunio, Americio y Curio- p.ej.: ^{238}Np , ^{245}Cm . Emisores α , generalmente radiotóxicos.
- Productos de activación: ^{93}Zr , ^{94}Nb

- **INVENTARIO RADIATIVO DE UNA CENTRAL NUCLEAR 1000 MWe LUEGO DE UN AÑO DE FUNCIONAMIENTO**
- Actínidos y otros emisores α , β vida larga (fundamentalmente radiotóxicos): 50.000 Curies (Ci)
- ^{137}Cs : $2,5 \times 10^6$ Ci
- ^{90}Sr : 2×10^6 Ci
- Productos de fisión vida corta (emisores γ de alta actividad) y actínidos vida corta: 10^9 Ci
- Actividad total : $\approx 10^9$ Ci
- Potencia térmica liberada (inicialmente): > 30 kW (25.000 kcal / hr)
- Volumen del inventario de residuos: 15 m^3 .

- **ACTIVIDAD DE LOS RESIDUOS LUEGO DE 10 AÑOS DE DECAIMIENTO:**

- **Productos de vida corta: ≈ 0 Ci**
- **^{137}Cs : 2×10^6 Ci**
- **^{90}Sr : $1,5 \times 10^6$ Ci**
- **Actínidos y otros emisores α , β vida larga : 50.000 Ci**

- **ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLES QUEMADOS DURANTE FUNCIONAMIENTO DE LA CENTRAL:**
 - 1) Inicialmente, en piletas de decaimiento, donde son refrigerados y van decayendo los isótopos más activos. La profundidad de agua (15 –20 mt) en que están sumergidos, actúa como blindaje de radiación.
 - 2) Luego de unos 10 - 20 años, pueden ser transferidos a almacenamiento en silo seco. Gruesas paredes de hormigón (algunos metros de espesor) actúan como blindaje y la refrigeración, aún necesaria, se realiza por circulación interna de aire y transferencia de calor al exterior mediante superficies extendidas. Se libera así espacio en las piletas.





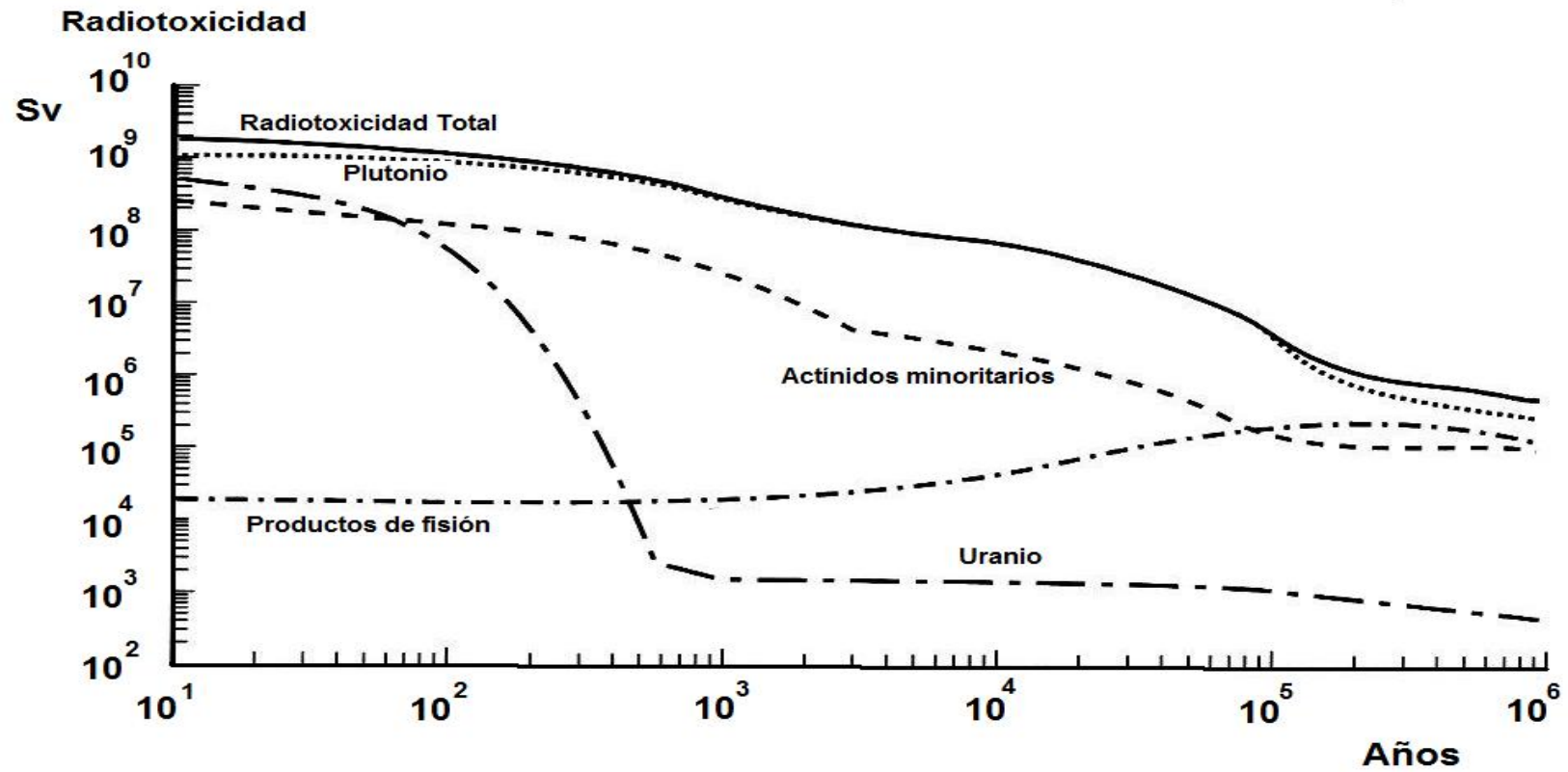
- **OPCIONES DE DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS:**

- 1) Repositorio geológico: estructuras geológicas estables, a 500 – 1000 mt de profundidad, rodeadas de diversas barreras de ingeniería.
- 2) Recuperación de plutonio y / o actínidos mayores a ser reusados como combustibles. Los procesos de recuperación emplean métodos químicos de (disolución del combustible, complejamiento del Pu), fisicoquímicos (extracción con solventes). Disposición de actínidos menores , cesio, estroncio, y emisores β , en repositorio geológico.
- 3) Transmutación de isótopos de larga vida mediante reacciones nucleares, p. ej., con neutrones de espectro duro ($^{99}\text{Tc} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{100}\text{Tc} \rightarrow (-\beta^-) {}^{100}\text{Ru}$). Fisión total de actínidos.



MIEMARNR

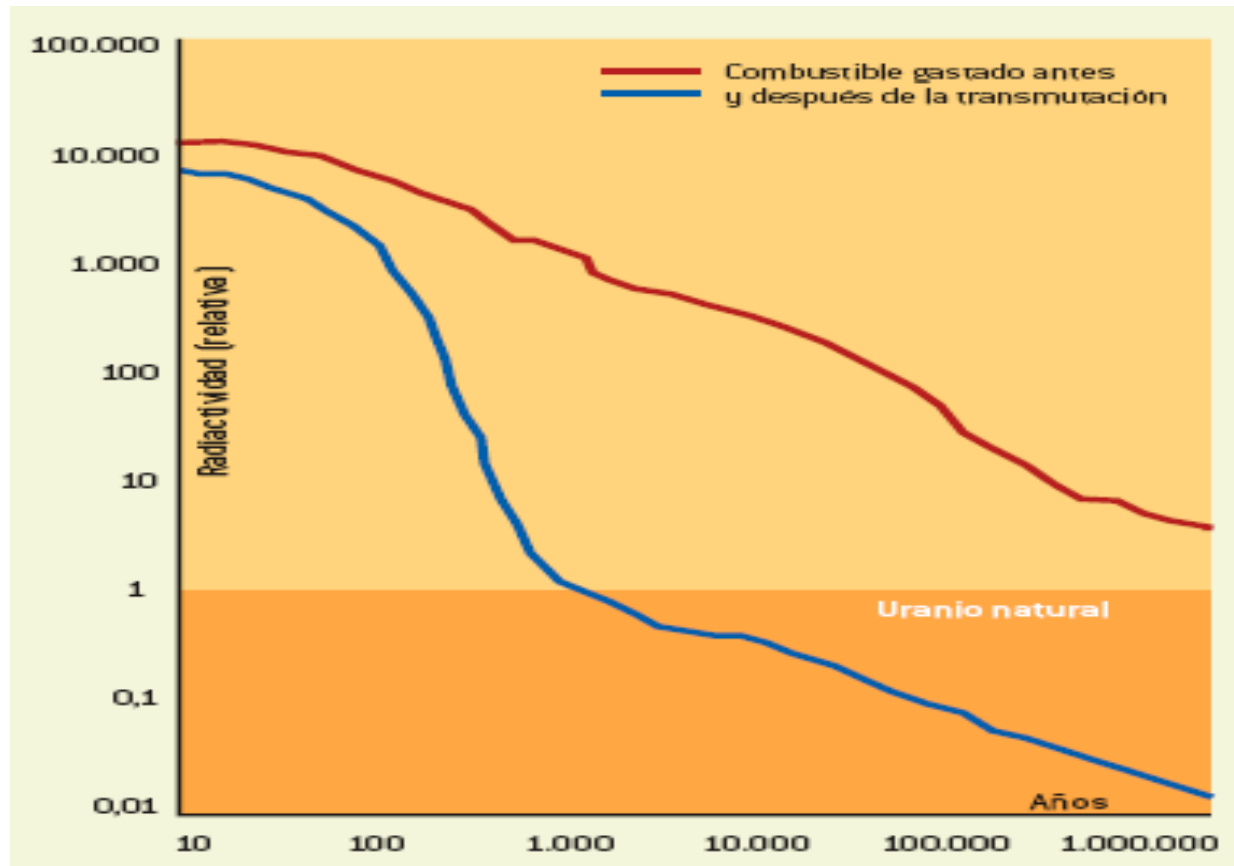
AUTORIDAD REGULADORA NACIONAL EN RADIOPROTECCIÓN





MIEMARNR

AUTORIDAD REGULADORA NACIONAL EN RADIOPROTECCIÓN



- **ALMACENAMIENTO CENTRALIZADO TRANSITORIO DE RESIDUOS:**

- En caso de prever que no se contará con una decisión definitiva al momento de cierre de la central, se deberá contar con un repositorio transitorio, en que los residuos estén aislados mediante diversas barreras de ingeniería (no es repositorio geológico).
- Es el caso actual de España, que se encuentra abocada a la construcción de un repositorio centralizado (almacenará residuos de diversas centrales), pero transitorio hasta contar con decisión definitiva.

- **CASO DE URUGUAY:**

- En caso de implementarse un programa nuclear, la necesidad o no de un repositorio geológico y, en tal caso, sus características, dependerán de la estrategia final que se tome sobre los residuos, la que a su vez dependerá de consideraciones económico-financieras, de Tratados internacionales vigentes, eventual cooperación internacional para reprocesado y del estado del arte de la tecnología en el futuro (p. ej: desarrollo de la transmutación en condiciones viables).
- En caso de requerirse un repositorio centralizado transitorio, en el Uruguay existen abundantes zonas apropiadas (en áreas no protegidas) en que se reúnen los requisitos generales:
 - - Zona no inundable
 - - Apartada de actividad humanas que puedan inducir daños estructurales: actividad minera, industrias químicas y petroquímicas, rutas aéreas, etc.
 - - Fácilmente vigilable.
 - Las consideraciones geológicas y climáticas son favorables en cualquier punto del territorio.