

Embalajes de combustible nuclear gastado

Javier Camacho Moro



Introducción

Debido a que el combustible gastado es altamente radioactivo se tiene el concepto erróneo de que su transporte es un riesgo para la población.

Aunque muchos materiales son peligrosos en ciertas situaciones, la utilización de los embalajes y las prácticas de transporte adecuados eliminan o reducen el riesgo a niveles del transporte normal.



Seguridad en el transporte

- Garantizada independientemente del medio por:
 - El embalaje.
 - Las condiciones de transporte.
- Ambos se encuentran estrictamente regulados y según la vía de transporte (carretera, ferrocarril, avión o barco) establecen:
 - Criterios uniformes en cuanto al diseño del embalaje.
 - Otros criterios más específicos teniendo en cuenta las peculiaridades del medio.

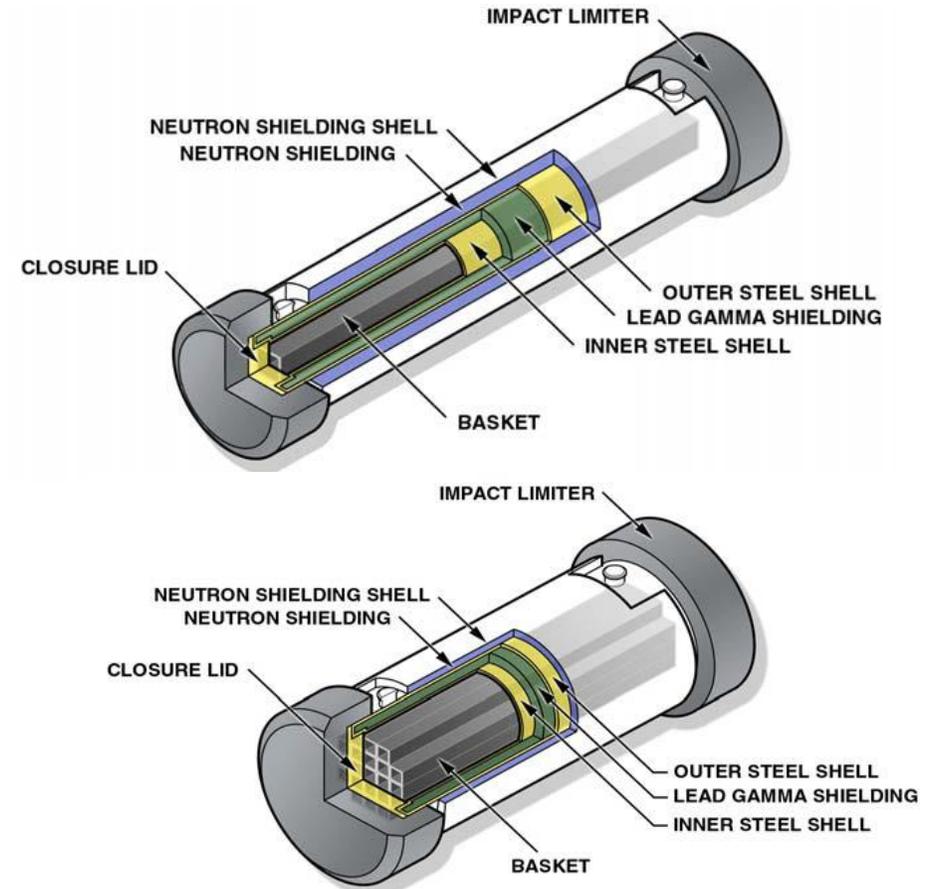
Seguridad en el transporte

- En la Unión Europea estos reglamentos están regulados en cada medio de transporte por acuerdos internacionales o códigos.
- Sin embargo, todos los aspectos técnicos se fundamentan sobre un solo documento, la norma de seguridad del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), “Reglamento para el transporte seguro de materiales radiactivos” TS-R-1.
- Esta norma de seguridad ha sido confeccionada por un grupo de expertos mundiales, y es revisada de una manera bianual de tal forma que cualquier innovación técnica sea reflejada de forma casi inmediata.

El embalaje

Un embalaje para transporte de combustible nuclear gastado consiste en un cilindro de acero que dispone de diferentes tipos de blindajes coaxiales, y que en su interior lleva un bastidor de carga.

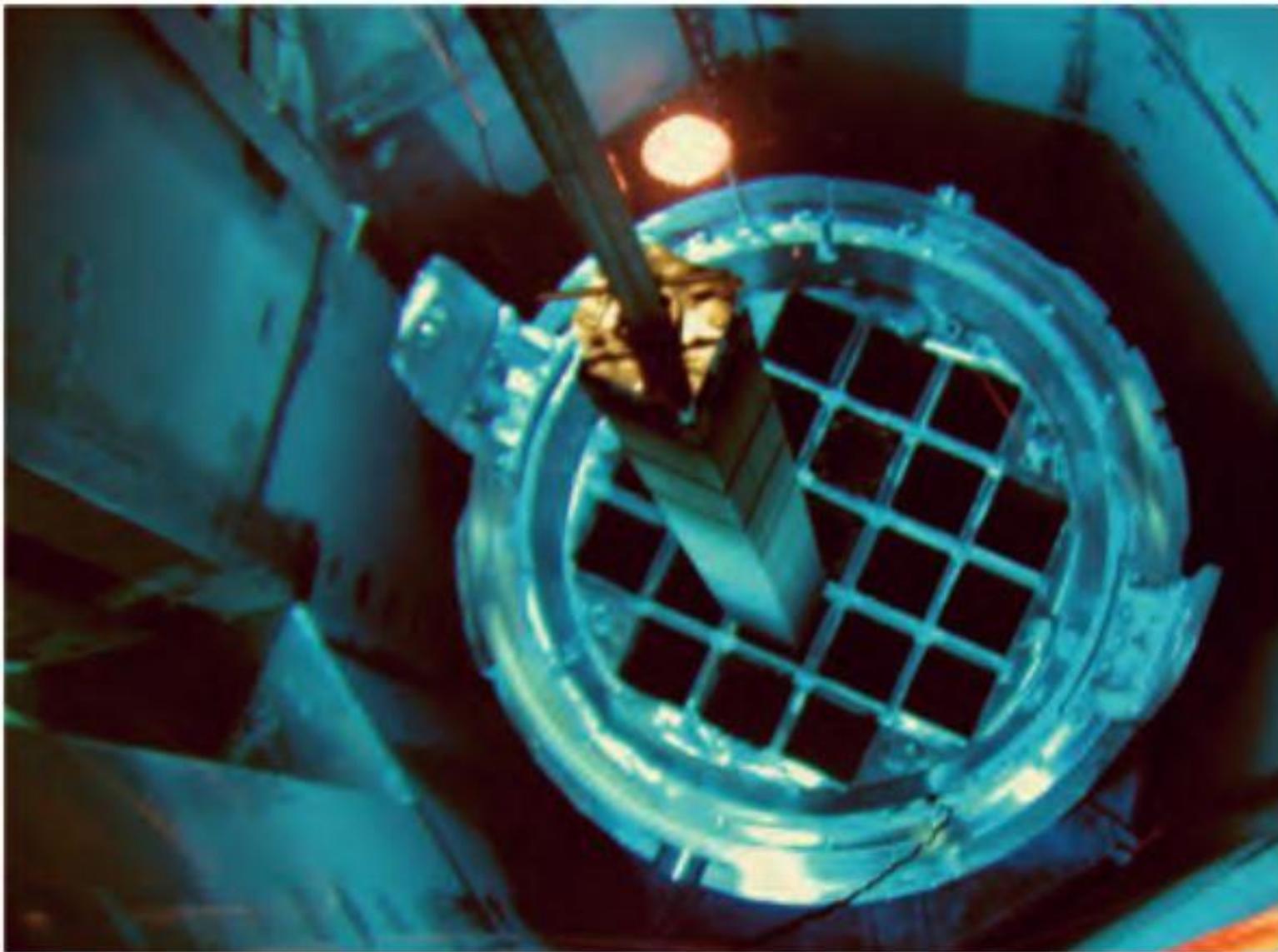
El esquema muestra la estructura de un embalaje de carretera y otro de ferrocarril



El embalaje

- El embalaje se abre por una de las bases del cilindro, a través de la cual se produce su carga y descarga.
- La tapa se cierra mediante tornillos, con una junta de estanqueidad de elastómero o metálica, para proporcionar un sellado hermético.
- En el cuerpo del embalaje o en las tapas hay orificios para tuberías o instrumentación, a través de los cuales:
 - Se procede al secado total del interior una vez cargado.
 - Se adicionan gases inertes para evitar la corrosión.
 - Se realizan las pruebas de fugas.
 - Se lleva a cabo la vigilancia de la presión interna una vez cerrado.

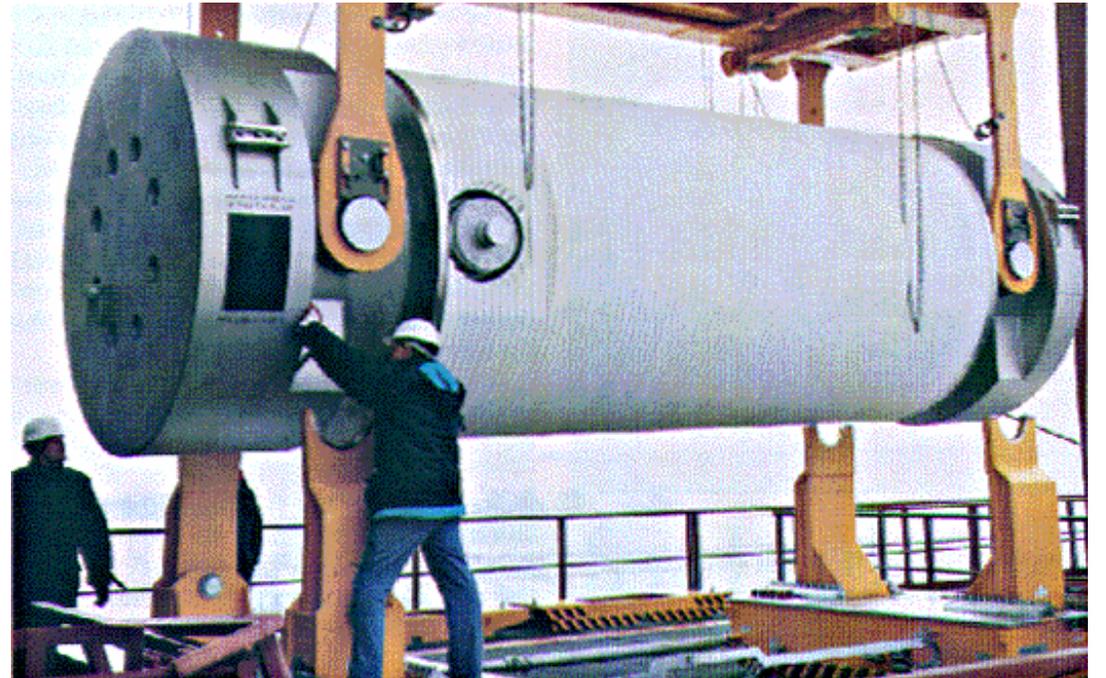
El embalaje



Proceso de carga de combustible gastado en el contenedor
(Fuente: Enresa)

El embalaje

En disposición de transporte horizontal, los dos extremos del cilindro están protegidos por los denominados absorbedores de impactos.



El embalaje

Los requisitos de seguridad básicos para el diseño de estos embalajes son:

- Evitar el escape de productos radiactivos al exterior, mediante barreras sucesivas de confinamiento.
- Limitar la exposición a las radiaciones en el exterior del embalaje mediante los blindajes adecuados.
- El mantenimiento de la subcriticidad incondicional del combustible.
- La adecuada refrigeración del calor de desintegración que emite el combustible gastado mediante un gran número de aletas metálicas.

El embalaje

- La filosofía establecida por la norma de seguridad TS-R-1 del OIEA es que la seguridad durante el transporte ha de estar garantizada por el embalaje, independientemente de la vía de transporte utilizada.
- De acuerdo con esto, los diseños de los embalajes deben cumplir con requisitos muy exigentes, de tal forma que, en caso que se produjera un accidente, el embalaje debe retener en su interior el contenido radiactivo, evitando de esa manera cualquier peligro.

Clasificación de embalajes

En transporte de materiales radiactivos, en orden creciente de calidad mínima que deben tener los embalajes, se consideran los siguientes tipos:

- Bultos exceptuados: Es un embalaje que contiene materiales radiactivos exceptuados y cumple los requisitos generales de diseño necesarios para todos los bultos y embalajes. Un material radiactivo solamente puede considerarse exceptuado si su actividad es inferior a los límites que definen los reglamentos.
- Industriales tipo 1, 2 y 3: Residuos de baja y media actividad.

Clasificación de embalajes

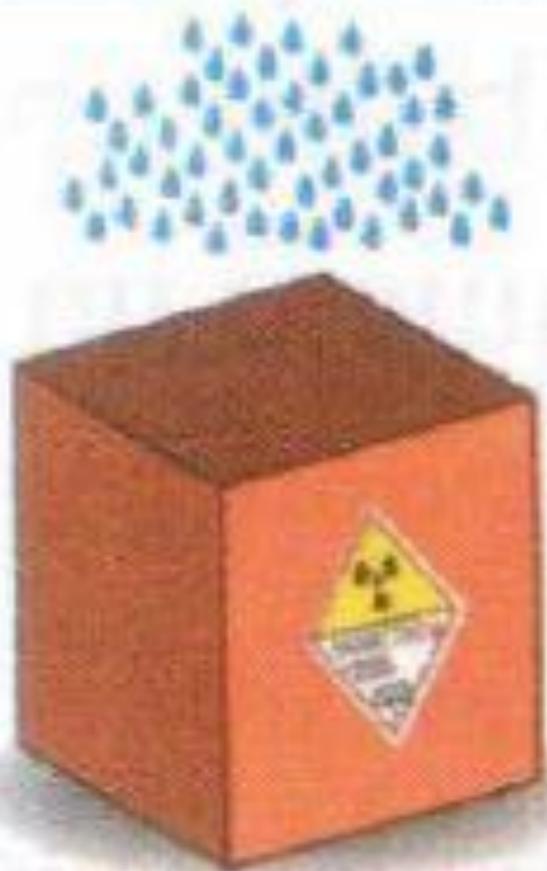
- Tipo A: Son bultos diseñados para soportar las condiciones normales de transporte, pero podrán resultar seriamente dañados en caso de accidente.
- Tipo B: Es un embalaje, cisterna o contenedor con material de actividad superior a los valores máximos permitidos en bultos tipo A.
 - B(U): Cuando un bulto Tipo B cumple todos los requisitos que le son aplicables se denomina bulto "Tipo B (U)". El certificado de aprobación de un bulto Tipo B (U) es aceptado como válido por los restantes países signatarios.
 - B(M): Cuando un bulto Tipo B no cumple todos los requisitos que le son aplicables se denomina bulto "Tipo B (M)", debiendo ser aprobada su utilización por la autoridad competente de todos los países implicados. En este caso, será necesario que en la solicitud de aprobación se indiquen los requisitos que no se cumplen y las medidas complementarias a aplicar.

Clasificación de embalajes

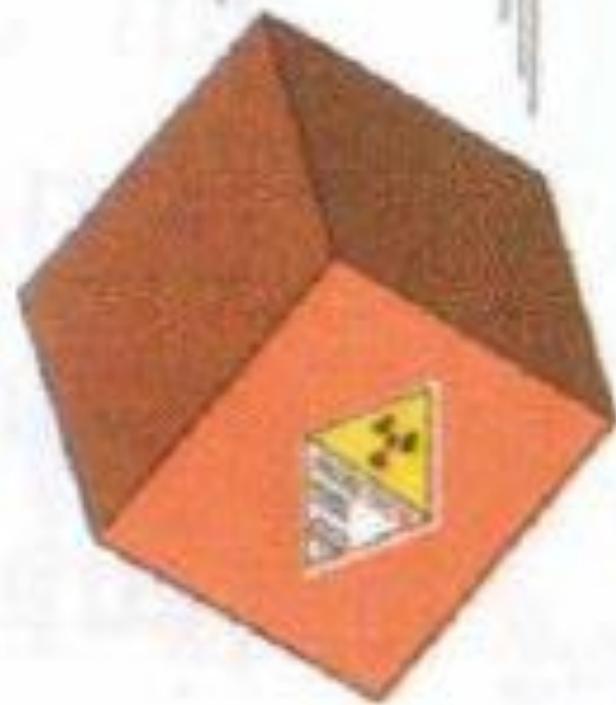
- Tipo C: Es un tipo de bulto destinado a contener muy elevadas cantidades de materiales para su transporte por vía aérea.

En función del tipo de embalaje, este tendrá que cumplir los requisitos de los ensayos que se muestran a modo de resumen en la siguiente figura.

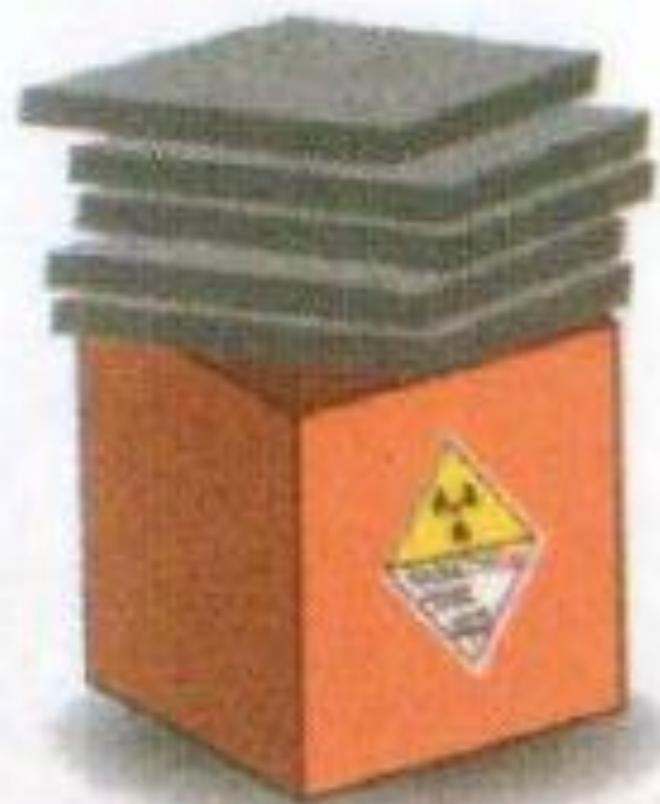
Ensayos de condiciones normales



Aspersión: con agua durante 1 hora.



Caída: desde 0,3 a 1,2 metros sobre superficie indeformable.



Apilamiento: 5 veces el peso del bulto durante 24 horas.



Penetración: caída de barra de 6 kg desde 1 metro.

Condiciones de accidente



Caída: desde 9 metros sobre superficie indeformable.



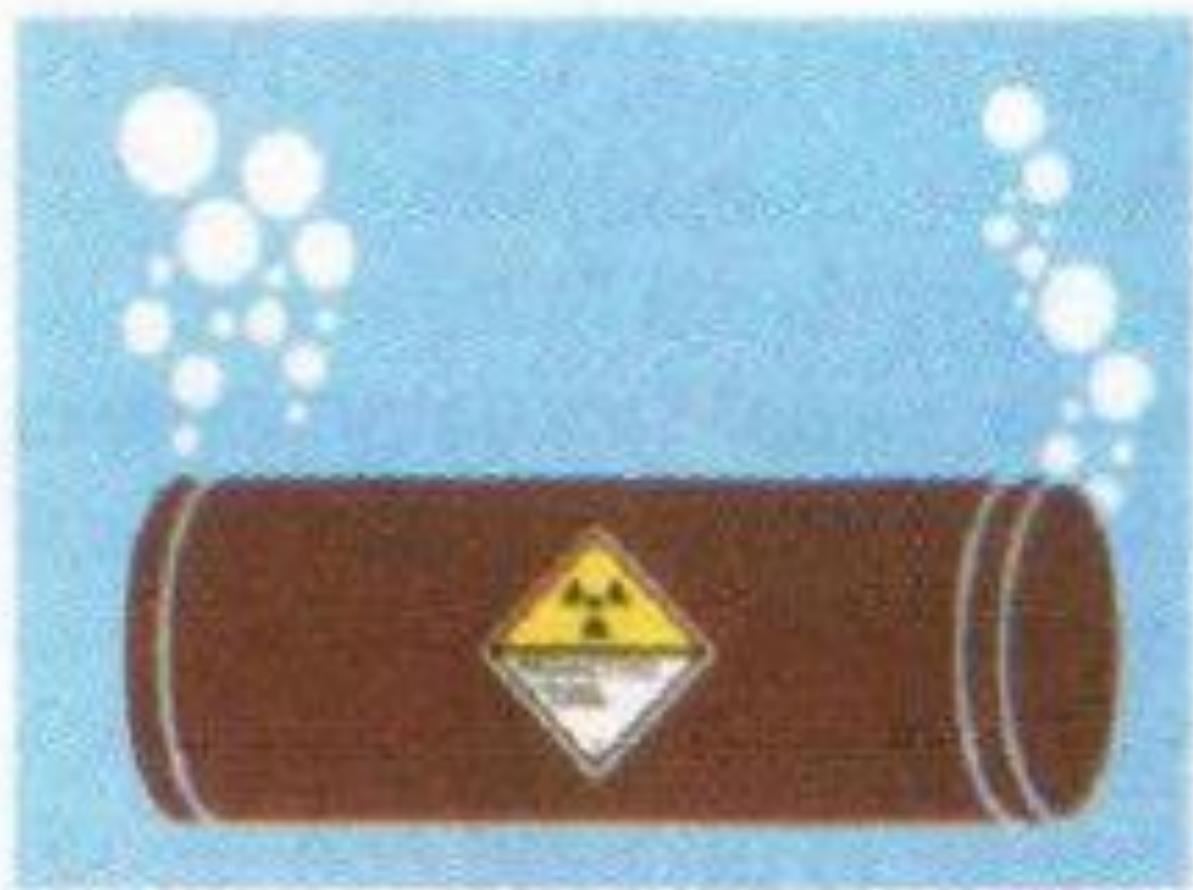
Perforación: caída desde un metro sobre una barra.



Aplastamiento: caída de plancha de 500 kg desde 9 metros (para bultos de peso y densidad bajos).



Térmico: fuego a 800 °C durante 30 minutos.



Inmersión: entre 15 y 200 metros de profundidad.

Condiciones de accidente aéreo



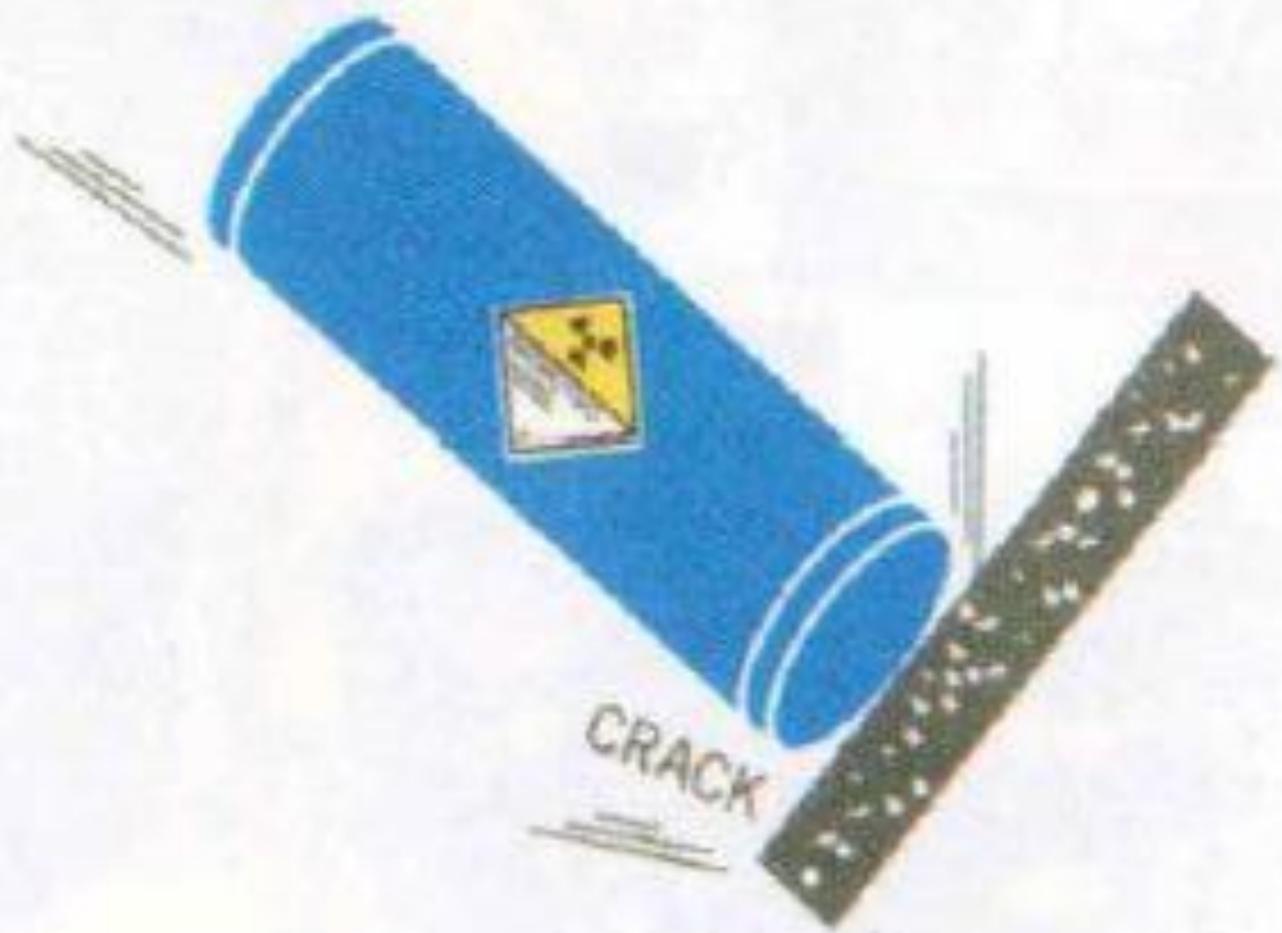
Perforación: caída desde 3 metros sobre una barra (peso del bulto ≥ 250 kg).



Desgarramiento: caída de barra de 250 kg desde 3 metros (peso del bulto < 250 kg).



Térmico: fuego a 800 °C durante 60 minutos.



Impacto: choque sobre blanco indeformable a 90 m/s.



Inmersión: a 200 metros
de profundidad.

Embalajes de transporte

En el caso particular de los embalajes de transporte del combustible nuclear gastado, estos son embalajes tipo B de acuerdo con la norma de seguridad del OIEA, y para su homologación deben ser sometidos a los siguientes ensayos:

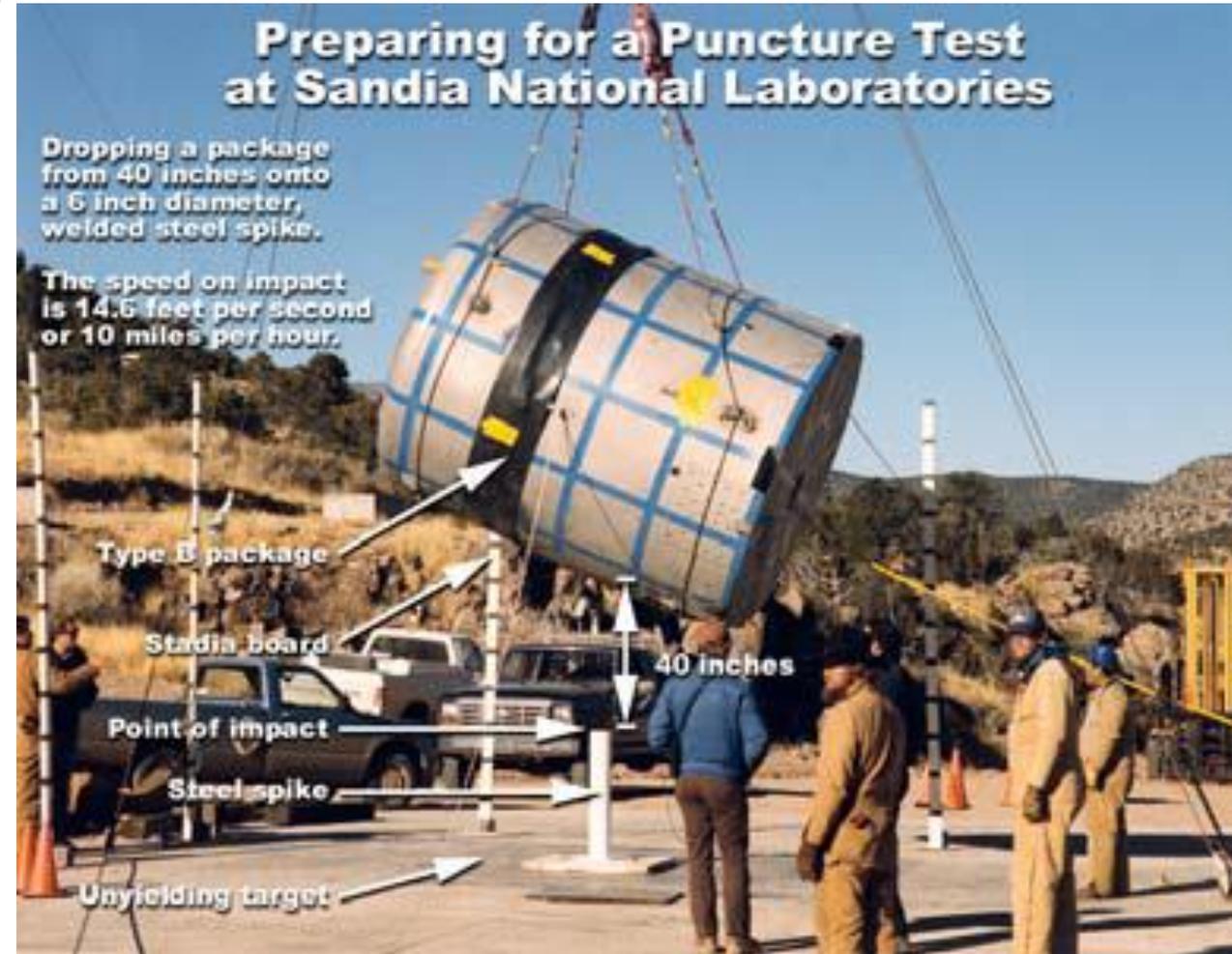
Embalajes de transporte

Una caída libre desde 9 metros de altura sobre un blanco rígido, (plancha de acero o losa de hormigón), sin pérdida de integridad.



Embalajes de transporte

Una caída libre desde 1 metro de altura sobre un punzón de acero de 15 cm de diámetro y 20 cm o más de altura, siendo la cara superior plana y horizontal con bordes redondeados, sin pérdida de integridad.



Embalajes de transporte

Un ensayo de resistencia al fuego, en el cual el embalaje debe soportar una temperatura de 800 °C durante un periodo de 30 minutos, sin pérdida de integridad.



Embalajes de transporte

- Un ensayo de inmersión en condiciones equivalentes a una profundidad de 15 metros durante 8 horas.
- Para aquellos embalajes tipo B diseñados para transportar material altamente radiactivo, como el combustible nuclear gastado, este ensayo se hace más severo, incrementando la presión hasta la equivalente a una profundidad de 200 metros y el tiempo de ensayo a 1 hora, garantizando la estanqueidad.
- A efectos de demostración, se considerará que cumple estas condiciones una presión externa manométrica de por lo menos 2 MPa.

Embalajes de transporte

- Los ensayos se consideran satisfactorios si no se produce una pérdida en el blindaje suficiente para que el nivel de radiación a 1 m, aumentase a más de 10 mSv/h, suponiendo que el embalaje llevase el máximo contenido radiactivo autorizado.
- Cuando se realizan estos ensayos, son supervisados por la autoridad competente del país donde se vaya a fabricar el embalaje, de tal forma que se garantiza que se han realizado de acuerdo con lo establecido en la reglamentación.

Embalajes de transporte

- Los ensayos se consideran satisfactorios si no se produce una pérdida en el blindaje suficiente para que el nivel de radiación a 1 m, aumentase a más de 10 mSv/h, suponiendo que el embalaje llevase el máximo contenido radiactivo autorizado.
- Cuando se realizan estos ensayos, son supervisados por la autoridad competente del país donde se vaya a fabricar el embalaje, de tal forma que se garantiza que se han realizado de acuerdo con lo establecido en la reglamentación.

Embalajes de transporte

Adicionalmente, y más allá del marco normativo, eventualmente se llevan a cabo diferentes ensayos encaminados a evaluar el comportamiento de los embalajes de transporte de combustible nuclear gastado en condiciones extraordinarias de accidente.

En Estados Unidos y el Reino Unido a lo largo de las décadas de los 70 y 80 se realizaron ensayos tales como, impactar a 96 km/h un camión que transporta un embalaje tipo B contra un muro de hormigón de 3 metros de espesor y 690 toneladas

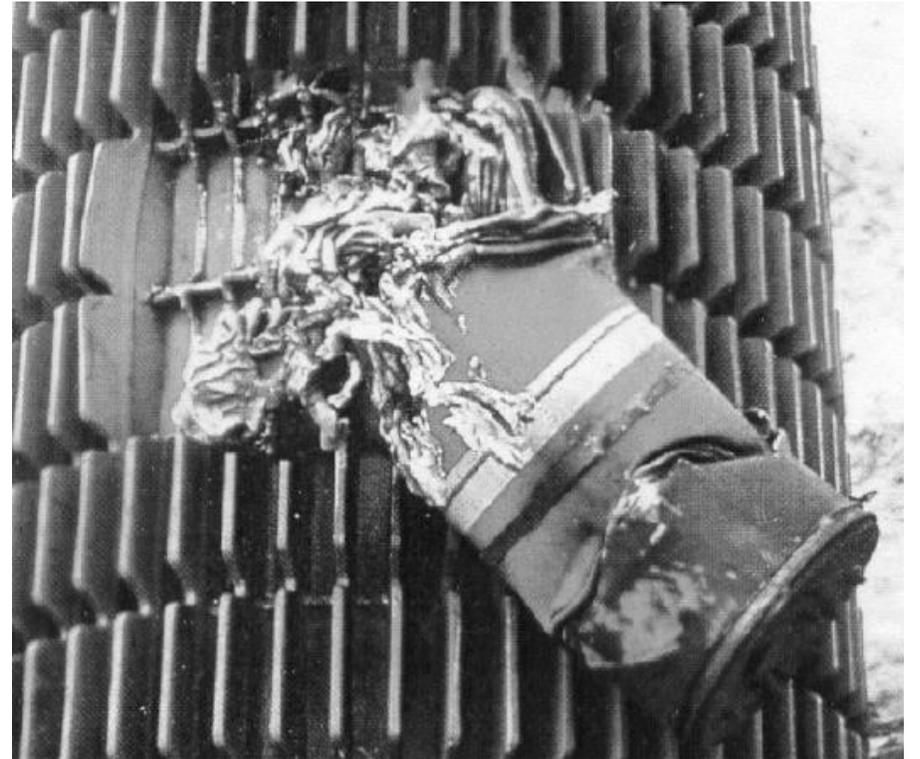


Embalajes de transporte

Impactar una locomotora diesel a 131 km/h contra un embalaje tipo B, o hacer impactar un convoy ferroviario de 140 toneladas a 164 km/h contra un embalaje tipo B depositado sobre la línea férrea, todos ellos con resultados satisfactorios.



En Alemania, para simular la colisión del motor de un avión contra un embalaje, entre 1978 y 1980 se llegaron a ensayar impactos de proyectiles cilíndricos de gran tamaño (60 cm de diámetro, 5 m de longitud) a velocidades cercana a la del sonido (300 m/s).



Embalajes de transporte

Más próximo en el tiempo se encuentra un ensayo, también realizado por las autoridades de la República Federal de Alemania, en 1999, en el cual se provocó la explosión de un vagón cisterna lleno de propano junto a un contenedor de combustible nuclear gastado.



Bibliografía

- <http://www.emplazamientoatc.es/organizacion/comisioninterministerial/documentoscomite/riesgos.pdf>
- http://csn.ciemat.es/MDCSN/recursos/ficheros_md/433406761_157200911327.pdf
- http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1384s_web.pdf
- <https://www.csn.es/documents/10182/1008558/El%20transporte%20de%20material%20radiactivo.%20Transporte%20de%20residuos%20radiactivos%20y%20de%20combustible%20nuclear%20irradiado>