

Experiencia obtenida en los Estados Unidos* en materia de transporte de combustible agotado

por Robert M. Jefferson y James D. McClure

INTRODUCCION

El presente artículo aporta información sobre la experiencia obtenida en los Estados Unidos relativa al transporte del combustible agotado y desechos de alta actividad (Ref. [1]). En él se expone un breve resumen del criterio seguido en los Estados Unidos en materia de combustible agotado y se presenta una reseña de la experiencia adquirida en relación con el transporte de combustible agotado, acompañada de un estudio de los incidentes o accidentes ocurridos durante dicho transporte de combustible agotado o en casos similares, basándose en los datos de los archivos del Departamento de Transporte y de la Comisión de Reglamentación Nuclear, ambos de los Estados Unidos. No se dispone de detalles relativos al transporte y manipulación del combustible nuclear agotado procedente de las actividades de propulsión nuclear de la Marina de los Estados Unidos, aunque es sabido que en este programa integrado se utilizan cofres y procedimientos de manipulación normalizados para el transporte del combustible nuclear de diversos puertos a las plantas de reelaboración.

CRITERIOS RELATIVOS AL COMBUSTIBLE AGOTADO (Ref. [2]) Y EXPERIENCIA OBTENIDA EN LOS ESTADOS UNIDOS

En octubre de 1977, el Departamento de Energía de los Estados Unidos anunció su política oficial en materia de almacenamiento del combustible agotado procedente de reactores nucleares. En virtud de tal sistema, se ofrecerá a las empresas productoras de electricidad la posibilidad de depositar el combustible bajo custodia gubernamental mediante el pago de un canon. El Gobierno también puede aceptar una limitada cantidad de combustible agotado procedente del extranjero, si ello ha de contribuir al logro de los objetivos de la no proliferación. El combustible agotado que se ponga bajo la custodia del Gobierno de los Estados Unidos será transportado, a expensas del usuario interesado, hasta el lugar donde se encuentre la instalación de almacenamiento oficialmente autorizada.

Al principio se había proyectado que, en los Estados Unidos, el combustible agotado sería reelaborado varios meses después de retirado del reactor, para ser reciclados poco después el uranio y el plutonio recuperados. Se llevaron a cabo expediciones de combustible agotado a las dos instalaciones de reelaboración: Nuclear Fuel Services, planta situada en West Valley (Nueva York), que actualmente no está en funcionamiento, y la instalación de la General Electric Company, situada en Morris (Illinois). La reelaboración del combustible agotado solo se llevó a efecto en la instalación de West Valley. Existe otra planta de reelaboración, propiedad de Allied-General Nuclear Services, situada en Barnwell (Carolina del Sur), pero a causa de cambios de la política gubernamental sobre la reelaboración, esta planta de Barnwell no ha recibido ninguna consignación de combustible agotado.

Nuclear Fuel Services ha recibido aproximadamente 2000 conjuntos de combustible agotado, habiéndose reelaborado gran parte de este material. La capacidad de almacenamiento en la planta de West Valley es de 925 conjuntos de combustible (provenientes ya sea de reactores BWR o PWR). La General Electric tiene en almacén aproximadamente 1200 conjuntos de

* Este trabajo ha sido patrocinado por el Departamento de Energía de los Estados Unidos de América.

88 Cuadro 1. Características de los cofres para la expedición de combustible agotado utilizados en los Estados Unidos

Tipo de cofre	Modo principal de transporte	Peso cargado (toneladas)	Capacidad en elementos PWR/ BWR	Fluido en la cavidad	Longitud/ diámetro de la cavidad (cm)	Tasa de generación térmica (kW)	Blindaje principal	Blindaje neutrónico	Número de cofres disponible	Número de cofres en construcción
NAC-1	Camión	22,25	1/2	Agua/aire	452/34,2	11,5	Plomo y acero	Anticongelante de agua boratada	4	—
NFS-4 ^a	Camión	22,25	1/2	Agua/aire	452/34,2	11,5	Plomo y acero	Anticongelante de agua boratada	2	—
NLI-1/2	Camión	21,4	1/2	Helio	452/32	10,6	Plomo y acero	Agua	5	—
NLI-10/24	Ferrocarril	86,6	10/24	Helio	404/114	77	Plomo y acero	Agua	1	—
TN-8	Camión/ferrocarril	35,7	3 PWR	Aire	427/170	35,5	Plomo y acero	Resina sólida boratada	—	4
TN-9	Camión/ferrocarril	33,9	7 BWR	Aire	452/170	21,5	Plomo y acero	Resina sólida boratada	—	4
TN-12 ^b	Ferrocarril	95,6	12/32	Aire	465/240	135	Acero	Resina sólida boratada	—	—
GE-IF-300	Ferrocarril	60,7	7/16	Agua/aire	458/95,2	61,5	Uranio y acero	Agua/glicol	4	—

NAC Nuclear Assurance Corp.
 NFS Nuclear Fuel Services
 NLI National Lead Company
 TN Transnuclear
 GE General Electric Co.

^a NAC-1 y NFS-4 tienen el mismo diseño.
^b Actualmente se examina la solicitud de concesión de licencia para el TN-12.

US Energy Research & Development Administration, *Alternatives for Managing Wastes from Reactors and Post Fission Operations in the LWR Fuel Cycle*, ERDA-76-43. Mayo 1976, Vol. 3, p. 22.13—22.17.

diversos tipos; cuenta con una capacidad de almacenamiento de 700 toneladas y en la actualidad tramita la autorización para aumentar dicha capacidad en otras 1100 toneladas. La capacidad de almacenamiento que representan estas cifras, en términos de conjuntos de combustible, se determina multiplicando el número de toneladas por un factor de 2 en el caso del combustible de PWR o de 5 para el combustible de BWR.

La planta de Nuclear Fuel Services ha utilizado cuatro tipos de cofres: NFS-1, NFS-2, NFS-4 y WEEX. Con excepción del tipo NFS-4, todos esos cofres han dejado de utilizarse.

General Electric ha hecho uso también de cuatro tipos de cofres: IF-100, IF-200, IF-300 y NAC-1 (igual que el NFS-4). De ellos, solo el IF-300 y el NAC-1 continúan en servicio.

En el Cuadro 1 se presenta un resumen de los cofres de combustible agotado hoy en uso en los Estados Unidos.

EXPERIENCIA OBTENIDA EN LOS ESTADOS UNIDOS EN MATERIA DE TRANSPORTE DE COMBUSTIBLE AGOTADO

El transporte de los cofres de combustible agotado puede considerarse como una operación relativamente sencilla, para la que se recurre a empresas de transporte, ya sea en camiones o por ferrocarril, para la manipulación y acarreo de la carga. Una de las empresas de camiones, la Tri-State Motor Transit Company, ha transportado gran número de las consignaciones realizadas en los Estados Unidos. La empresa posee un parque de diez remolques, en los que se pueden ubicar cofres del tipo NAC-1, NFS-4, NLI-1/2, y que se pueden adaptar también para el transporte de cofres del tipo TN-8 y TN-9. La Tri-State posee asimismo un remolque en que se puede cargar el cofre especial utilizado para transportar el combustible del reactor de ensayo Peach Bottom I. Otras empresas de transporte en camiones se han hecho cargo igualmente en expediciones de materiales nucleares o han manifestado interés en hacerlo y constituyen una reserva de posibles transportistas.

En diversas oportunidades, los ferrocarriles de los Estados Unidos han tratado de negarse a aceptar el transporte de cofres de combustible agotado, de conformidad con la reglamentación que rige las tarifas de las empresas de transporte público, insistiendo en que tales consignaciones representan un riesgo superior al que acepta normalmente el transportista (esta disposición comprende tanto los cofres vacíos como cargados). Aunque el litigio sobre esta cuestión no ha terminado aún, el órgano federal competente, la Interstate Commerce Commission, se ha pronunciado ya con respecto a los tres primeros casos. Su veredicto es que las expediciones de los cofres de combustible agotado no constituyen un riesgo fuera de lo común y que el ferrocarril debería considerar esos envíos como una empresa de transporte público trata la carga común, siempre que los cofres cumplan todas las disposiciones reglamentarias y de embalaje establecidas por el Departamento de Transporte y por la Comisión de Reglamentación Nuclear. La totalidad de los cofres actualmente autorizados para su transporte por ferrocarril en los Estados Unidos (el tipo NLI-10/2 y GEIF-300) utilizan sistemas auxiliares de refrigeración en el vagón, así como complejos sistemas de fijación, razón por la cual se utilizan vagones de modelo especial para el transporte de estos cofres. Se considera probable que en el futuro se construyan igualmente vagones de concepción especial para los cofres de diseño especializado para el transporte por ferrocarril.

Todas las centrales nucleoelectricas en funcionamiento son posibles productores de combustible agotado y, a ese título, probables expedidores de ese subproducto. Algunas compañías de electricidad de los Estados Unidos han enviado partidas de combustible agotado para su reelaboración a las instalaciones de Nuclear Fuel Services o de General Electric, o bien las han transferido entre diferentes piscinas de almacenamiento destinadas a ese fin, situadas en el emplazamiento del reactor mismo o en instalaciones mancomunadas de un grupo de compañías de electricidad. Sin embargo, la mayoría de las empresas de este tipo de los Estados Unidos no ha comenzado todavía a efectuar los envíos de combustible agotado a instalaciones de almacenamiento situados fuera del emplazamiento del reactor o a las plantas de reelaboración.

En el Cuadro 2 figura una lista de las compañías de electricidad que han enviado consignaciones de combustible agotado. En resumen, ese Cuadro indica que se han

Cuadro 2. Expediciones de combustible agotado en los Estados Unidos: Reactores para la generación nucleoelectrónica (Compilado por Fuel-trac. Nuclear Assurance Corporation, Septiembre 1979)

Compañía de electricidad/reactor	Conjuntos enviados	Fecha
Carolina Power and Light		
de H.B. Robinson a Brunswick	56	1977-1978
	126	1978-1979
(Los envíos se prosiguieron hasta alcanzar 304)		
de H.B. Robinson a INEL	1	1975
de Brunswick 2 a Brunswick 1	144	1978
Commonwealth Edison		
de Dresden 1 a NFS	181	1964
	97	1966
	200	1967
	106	1969
	96	1970
	96	1971
	113	1973
de Dresden 1 a GE-Vallecitos	1	1964
de Dresden 1 a Savannah River	8	1964
de Dresden 1 a B&W-Lynchburg	1	1973
de Dresden 1 a INEL	2	1973
	1	1978
de Dresden 2 a GE-Morris	244	1976
	509	1976-1977
de Dresden 2 a BCL	1	1976
Connecticut Yankee Atomic Power Company		
de Conn Yankee a GE-Morris	80	1974-1975
Consolidated Edison Company		
de Indian Point 1 a NFS	124	1966-1969
	80	1969
	40	1971-1972
Consumers Power Company		
de Big Rock Point a NFS	48	1970
	139	1971
	72	1973
	13	1974
Dairyland Co-operative		
de LaCrosse a Savannah River	1	1973
de LaCrosse a GE-Morris	8	1979
Duke Power Company		
de Oconee a B&W-Lynchburg	1	1975
(y regreso)	1	1976
	2	1978
de Oconee a Crystal River	4	1978
de Oconee a Oconee	131	1976-1977
	153	1978-1979

Compañía de electricidad/reactor	Conjuntos enviados	Fecha
Florida Power and Light Company		
de Turkey Point a Turkey Point	206	1976-1977
	272	1977-1978
de Turkey Point a BCL	5	1978
Jersey Central Power and Light Company		
de Oyster Creek a NFS	224	1975
Pacific Gas and Electric Company		
de Humboldt Bay a NFS	270	1971
Philadelphia Electric		
de Peach Bottom 2 a INEL	2	1976
Rochester Gas and Electric		
de R.E. Ginna a NFS	121	1973-1975
Southern California Edison		
de San Onofre 1 a GE-Morris	74	1972-1973
	21	1975
	55	1976
	104	1977-1978
	(continuará en 1979)	
Wisconsin Electric Power Company		
de Point Beach a NFS	44	1974
	76	1975
de Point Beach a GE-Morris	34	1975
	38	1976
	35	1977
de Point Beach a BCL	2	1976-1977
(y después a GE-Morris)	2	
Yankee Atomic Power Company		
de Yankee Rowe a NFS	74	1964
	39	1965
	37	1966
	38	1967
	36	1968
	36	1970
	36	1971
	36	1972

Abreviaturas:

INEL - Idaho National Engineering Laboratory
 NFS - Nuclear Fuel Services
 GE - General Electric
 B+W - Babcock and Wilcox
 BCL - Battelle, Columbus Laboratories

transferido 906 conjuntos de combustible agotado entre piscinas de almacenamiento situadas en el emplazamiento del reactor (es decir, sin que sea necesario el transporte fuera de la central). Además, se han expedido 3891 conjuntos de combustible agotado desde los emplazamientos de reactores a otros destinos.

Hasta el día de hoy no se han efectuado en los Estados Unidos envíos de desechos de actividad alta procedente de ciclos del combustible nuclear de tipo industrial. Los desechos de actividad alta derivados del programa de defensa de los Estados Unidos han sido producidos y almacenados en zonas oficiales reservadas y por lo tanto no han sido trasladados por empresas de transporte.

EXPERIENCIA RECOGIDA EN MATERIA DE ACCIDENTES O INCIDENTES DURANTE EL TRANSPORTE

Según estipulan los reglamentos del Departamento de Transporte, desde 1971 se encuentra en aplicación en los Estados Unidos un sistema uniforme obligatorio de notificación de incidentes que afecten a materiales peligrosos (aplicable a todos los modos de transporte), en conformidad con el cual los transportistas de tales materiales peligrosos deben notificar al Departamento de Transporte todos los incidentes ocurridos. Tal notificación deberá tener lugar en todos los casos en que se produzcan muertes, lesiones a personas y daños a la propiedad, así como cuando se hallen presentes materiales radiactivos y se sospeche que pueda existir contaminación radiactiva. En el Cuadro 3 se indican los totales de incidentes notificados en 1978 relativos a estos materiales peligrosos.

Cuadro 3. Resumen de incidentes relativos al transporte de materiales peligrosos 1971-78

	1971-1975	1976	1977	1978	Totales (71-78)
Materiales radiactivos	144	62	93	90	389
Todos los demás materiales peligrosos	31,874	12,001	15,384	18,058	77,312
SUBTOTALES	32,018	12,063	15,477	18,143	77,701

Se ha preparado un resumen circunstanciado de las notificaciones de incidentes relativos a materiales peligrosos correspondientes al período de 1971-75 (véase Ref. [3]) resumen que se está ampliando en Sandia Laboratories para que comprenda el año 1978. Los trabajos de Grella (véase Ref. [3]) han servido para determinar que los transportes por carretera o por ferrocarril, que constituyen los medios utilizados para el transporte de combustible agotado, representan 70 de las 144 notificaciones de incidentes relativos a materiales peligrosos. De estas 70 notificaciones, 24 indican que se habían producido escapes de materiales radiactivos. En este punto, es importante poner de relieve una distinción que solo se puede determinar mediante el examen detallado de las notificaciones de incidentes y de toda la documentación conexas esto es: que no todos los incidentes relativos a materiales peligrosos son accidentes de transporte. Por ejemplo, un detenido estudio de las notificaciones pone de manifiesto que un número importante de incidentes se refieren a casos de contaminación de poca importancia de cofres o de remolques, producida durante las operaciones normales (sin incidentes) de transporte.

Las conclusiones que figuran en la Referencia [3] se basan en la experiencia recogida en los Estados Unidos durante el período de 1971-75, observándose que los incidentes con materiales radiactivos comprenden una pequeña proporción del total de los incidentes relativos a materiales peligrosos. Los totales correspondientes a 1978 refuerzan esta conclusión, ya que los incidentes con materiales radiactivos representan solo el 0,5% de todos los incidentes con este tipo de materiales. Los escapes mencionados en la Referencia [3] se

Cuadro 4. Accidentes de transporte en los Estados Unidos relacionados con materiales del ciclo del combustible nuclear* (1978) Ref. [4]

Fecha del accidente	Descripción accidente/incidente	Modo de transporte	Tipo de material	Descripción del embalaje	Contaminación/exposición
Feb. 78	Plegamiento remolque	Carretera	Combustible mezcla óxidos irradiado	Cofre para combustible irradiado	Nula
Feb. 78	No se produjo accidente	Carretera	Vacío	Cofre para combustible irradiado	Ligera contaminación del exterior del cofre
Feb. 78	No se produjo accidente	Carretera	Vacío	Cofre para combustible irradiado	Ligera contaminación del exterior del cofre
Feb. 78	Caída del bulto del camión	Carretera	Resinas deshidratadas	Embalaje aprobado por Dep. de Transp.	Nula
Mar 78	No se produjo accidente	Carretera	Vacío	Cofre para expedición de desechos	Ligera contaminación del exterior del cofre
Abr. 78	Vuelco camión	Carretera	Vacío	Cofre para expedición de desechos radiactivos	Nula
Mayo 78	Pérdida tapa contenedor	Carretera	Desechos de bajo nivel	Cajón madera contrachapada	Nula
Mayo 78	Embalaje inadecuado	Carretera	Filtros para líquidos	Embalaje aprobado por Dep. de Transp.	Nula
Mayo 78	No se produjo accidente	Carretera	Combustible agotado	Cofre para expedición de combustible irradiado	Ligera contaminación del exterior del cofre
Jul. 78	No se produjo accidente	Carretera	Desechos sólidos de uranio empobrecido	Bidón de 210 l	Ligera contaminación del camión solamente
Jul. 78	No se produjo accidente	Carretera	Vacío	Cofre para expedición de combustible agotado	Ligera contaminación del exterior del cofre

Fecha del accidente	Descripción accidente/incidente	Modo de transporte	Tipo de material	Descripción del embalaje	Contaminación/exposición
Jul. 78	No se produjo accidente	Carretera	Combustible agotado	Cofre para expedición de combustible agotado	Ligera contaminación del exterior del cofre
Ago. 78	Cofre rompió plataforma del camión	Carretera	Vacío	Cofre para expedición de desechos radiactivos	Nula
Ago. 78	Vuelco camión	Carretera	Desechos solidificados de reactor	Bidón de 210 l	Nula
Ago. 78	No se produjo accidente	Carretera	Combustible agotado	Cofre para expedición de combustible irradiado	Ligera contaminación del exterior del cofre
Sep. 78	Aparejo de carga — rompió plataforma del remolque	Carretera	Contaminación del aparejo de carga	—	Nula
Dic. 78	Vuelco camión	Carretera	Desechos solidificados de uranio empobrecido	Bidones metálicos	Nula
Dic. 78	Congelación	Carretera	Desecho bajo nivel	Bidón 210 l	Ligera contaminación del camión solamente

* Solo se refiere a la fase final del ciclo del combustible.

refieren frecuentemente a bultos del Tipo A, que contienen cantidades tan pequeñas de materiales radiactivos aun en el caso de que ocurriera una liberación completa del contenido, como consecuencia de un accidente de transporte, las consecuencias radiológicas serían insignificantes. Evidentemente, los embalajes del Tipo A no tienen la misma resistencia que los sólidos embalajes para el transporte de combustible agotado.

En los Sandia Laboratories se examinan actualmente los registros oficiales del Departamento de Transporte y de la Comisión de Reglamentación Nuclear con objeto de extender hasta el presente los trabajos de Grellas. Aunque no se ha terminado todavía esta tarea se dispone ya de un resumen, que figura en el Cuadro 4, acerca de ciertas experiencias recientes en materia de transporte recogidas en los Estados Unidos desde enero de 1978 relativas al transporte de combustible agotado o de sistemas similares. Los casos que figuran en dicho Cuadro han sido tomados de los registros de la Comisión de Reglamentación Nuclear en relación con incidentes ocurridos con toda clase de expediciones de materiales radiactivos durante el año 1978.

Este Cuadro indica que, como se ha mencionado anteriormente, solo se transporta una cantidad muy pequeña de combustible agotado y que el transporte por carretera (en camiones) ocupa un lugar dominante en el registro de accidentes. (Esto es lógico puesto que muy pocas expediciones se transportan por ferrocarril). Desde el punto de vista de salud pública los peligros resultantes de tales accidentes de transporte han sido limitados o inexistentes. El examen detallado de estas notificaciones de incidentes con materiales peligrosos señala que en muchos casos la causa del accidente ha sido una "lixiviación" de la contaminación superficial durante el transporte normal (es decir transporte exento de incidentes).

OBSERVACIONES FINALES

La finalidad principal del presente artículo es la de presentar la información existente acerca de la experiencia obtenida en los Estados Unidos en materia de transporte de combustible agotado. El número limitado de expediciones de combustible agotado de reactores de potencia es reflejo de la política de los Estados Unidos en esta esfera. (Hasta el día de hoy no se han transportado desechos industriales de actividad alta). Dado que los materiales radiactivos se expiden en embalajes aprobados oficialmente empleando medios de transporte de los sistemas comerciales existentes, hemos examinado algunos casos recientes de accidentes relacionados con dichos materiales. Hemos comprobado así los casos recientes considerados que han dado lugar a una contaminación o exposición radiológica ínfima (nula en la mayoría de los casos). Estos trabajos constituyen la parte preliminar de un esfuerzo en mayor escala encaminado a tabular y evaluar las estadísticas del transporte de materiales radiactivos y, en general, a determinar la índole de las circunstancias de los accidentes de transporte. Cuando este análisis de accidentes de transporte quede concluido será posible disponer de datos definitivos en cuanto al número de fugas radiactivas importantes ocurridas en los Estados Unidos con los embalajes del Tipo B utilizados para el transporte de combustible agotado o de desechos de actividad alta; hasta la fecha no se tiene conocimiento de que se hayan producido tales incidentes. Esta información, combinada con análisis más circunstanciados de los riesgos, permitirá una determinación sistemática de los peligros inherentes que presentan las operaciones de transporte de materiales radiactivos.

Referencias

- [1] A.K. BHATTACHARYYA, et al., Spent Fuel Casks, and Handling Systems in the United States, IEAL-78/003-02/1, International Energy Associates Limited, 2600 Virginia Ave., NW, Washington, DC (Nov. 1978).
- [2] Draft Environmental Impact Statement, Storage of US Spent Power Reactor Fuel, DOE/EIS-0015-D, US Department of Energy (Agosto 1978).
- [3] A.W. GRELLA, "Ojeada retrospectiva a cinco años de experiencia en materia de accidentes en el transporte de materiales nucleares en los Estados Unidos (1971-1975)," IAEA-SR-10/5, Organismo Internacional de Energía Atómica, Viena, Austria (agosto 1976).
- [4] US Nuclear Regulatory Commission, (marzo 1979).