

Actualización de la experiencia francesa en materia de expedición de combustible irradiado

por B. Lenail

El transporte de combustible irradiado es una actividad industrial que ya tiene un largo historial en Francia. De hecho, los primeros embarques de combustible irradiado de las primeras centrales nucleares (reactores de gas-grafito) de la Electricité de France (EDF) se realizaron en 1966 desde Chinon a La Haya.

No habían transcurrido diez años cuando, en 1973, comenzaron las expediciones de combustible de reactores de agua ligera (LWR). Por esa época, el material que se transportaba a La Haya era combustible irradiado proveniente de las centrales nucleares de Bélgica, la República Federal de Alemania y Suiza, y de la estación franco-belga de Chooz.

La experiencia acumulada con ambos tipos de reactores ha sido considerable: en total, se han expedido cerca de 10 000 toneladas de uranio irradiado hacia las dos plantas reelaboradoras de La Haya (en el noroeste de Francia) y Marcoule (en el sudeste). También se han transportado hacia allí combustibles de los reactores rápidos *Rapsodie* y *Phénix*, pero, naturalmente, las cantidades provenientes de estos reactores han sido relativamente pequeñas.

La COGEMA, desde luego, no ha trabajado sola en esta esfera y siempre ha contado con el apoyo activo de varios grupos especializados en diversos tipos de transporte o encargados de determinadas regiones geográficas, o ambas cosas.

Expediciones de combustible irradiado: cantidades

Las expediciones de combustible irradiado hacia La Haya y Marcoule efectuadas por la COGEMA reflejan una experiencia acumulada que sólo puede compararse con el transporte de combustible a la planta británica de Sellafield.

Reactores de gas-grafito que utilizan uranio natural

Al principio, todo el combustible se enviaba a La Haya, comenzando los envíos en 1966 con la expedición de combustible de uranio natural de los reactores de gas-grafito de la EDF y de combustible irradiado del reactor español de Vandellós, a cargo de Hifrensa. Sin embargo, hace ya algunos años que una parte del combustible se envía a Marcoule para aliviar la planta de La Haya y aumentar la capacidad de reelaboración de combustible de reactores de agua. Se espera que a partir de 1986 todo el combustible de reactores de gas-grafito se envíe a Marcoule.

Hoy día esta actividad representa un volumen de aproximadamente 100 bultos, o expediciones de 500 a 600 toneladas de uranio por año. Se espera que estos envíos continúen durante otros 10 a 15 años.

Desde el 1 de enero de 1985 el total acumulado de combustible transportado ha alcanzado la cifra de 6865 toneladas. En el cuadro adjunto se ofrece un desglose anual de dicha cifra.

Reactores de agua ligera alimentados con uranio enriquecido

Las expediciones de combustible oxidado a La Haya comenzaron en 1973, pero se mantuvieron en un nivel más bien bajo (unas 100 toneladas anuales) hasta 1981, año en que se triplicaron con relación al anterior. Desde entonces han ido en aumento y se espera que en el transcurso del próximo decenio el flujo se establezca entre 1200 y 1500 toneladas anuales, o en unas 250 expediciones por año.

El acumulado total el 1 de enero de 1985 fue de 3370 toneladas, como se muestra en el cuadro.

Expediciones de combustible irradiado en Francia, por años

Toneladas de combustible de uranio expedidas desde centrales con reactores de gas-grafito:

	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975
La Haya	53	150	166	235	197	101	291	430	555	532
Marcoule	—	—	—	—	—	—	—	—	—	52
	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	Totales
La Haya	326	333	388	238	160	185	111	144	81	4676
Marcoule	174	62	201	308	365	222	190	199	416	2189

Toneladas de combustible de reactores de agua ligera expedidas a La Haya:

1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	Total
9	25	95	53	106	94	121	140	441	665	810	811	3370

El Sr. Lenail es el Jefe de los Servicios Técnicos y Comerciales de la División de Reelaboración de la *Compagnie générale des matières nucléaires* (COGEMA) en Francia.

El centro industrial de Marcoule. (Cortesía: COGEMA)

Reactores rápidos

Aunque los reactores rápidos han alcanzado un nivel de desarrollo relativamente elevado en Francia, hasta el presente no han aportado un volumen alto de combustible para expedición. Hasta el momento, la COGEMA ha expedido 12 toneladas de uranio y plutonio.

Esto responde a tres razones: en primer lugar, hay pocos reactores. Hasta la fecha sólo dos reactores han aportado combustible para ser reelaborado: el *Rapsodie*, que estuvo funcionando unos diez años en Cadarache, y el *Phénix*, la primera central de demostración (250 MW(e)) ubicada en Marcoule. En segundo lugar, los combustibles de reactores rápidos se someten a un grado de quemado muy elevado en comparación con los otros tipos, y las cantidades que se liberan para expedición son inversamente proporcionales al grado de irradiación. En tercer lugar, solamente una parte del combustible del *Phénix* tiene que embarcarse por carreteras públicas desde Marcoule hasta La Haya, en tanto que el resto se reelabora en la propia Marcoule y por lo tanto no requiere transporte como tal.

Bultos para el transporte: aspectos reglamentarios

El reglamento francés para el transporte de materiales radiactivos se basa en las recomendaciones del OIEA. Este reglamento se actualiza periódicamente cada vez que se revisan las recomendaciones del Organismo.

El reglamento nacional y las recomendaciones del Organismo estipulan que la seguridad tiene que radicar en el propio bulto y no en la modalidad ni en los procedimientos especiales que se apliquen en el transporte.

El reglamento se basa en el principio de que el grado de seguridad que ofrece el bulto debe ser acorde con los posibles riesgos del material que contiene y transporta.

En el caso de los tipos de combustible irradiado que presentan mayor riesgo, los bultos deben satisfacer los criterios más rigurosos. Lógicamente, estos bultos deben ser resistentes y cumplir todas sus funciones de protección y contención tanto en condiciones normales de manipulación como en condiciones accidentales previstas. Además, deben ser capaces de resistir, sin sufrir daños graves, accidentes severos como una caída libre de nueve metros contra un objetivo de concreto no deformable y un fuego de hidrocarburo de media hora de duración a una temperatura de 800°C. Estos ensayos son sumamente rigurosos, como se ha comprobado en varios experimentos, y en realidad son más severos que cualquier accidente que pueda sufrir el bulto en la vida real.

Por otra parte, los ensayos realizados en los bultos actuales han demostrado que son más resistentes que lo

que exige el reglamento. De hecho, los accidentes ocurridos durante el transporte de combustible irradiado en Francia, como en otros lugares, nunca han ocasionado la ruptura de un bulto ni la violación de su función de contención.

Requisitos de la COGEMA. Los criterios reflejados en el reglamento se establecieron atendiendo más a los riesgos para el público en general y el medio ambiente que a los riesgos que afrontan los trabajadores. La experiencia de la COGEMA no tardó en demostrar que la dosis integral que recibía el personal dedicado a las operaciones de carga y descarga podía ser importante si no se tomaban medidas de precaución.

Este problema preocupaba a la COGEMA precisamente porque en las plantas de reelaboración, a diferencia de las centrales de reactor, las operaciones de descarga de bultos se realizan casi a diario (250 bultos anuales en La Haya). Por consiguiente, la COGEMA se sintió obligada redefinir los siguientes conceptos:

- *Criterios para normar los bultos.* Incluyen el tamaño, las dimensiones, la posición de los pernos y aberturas, el estado de la superficie y otros, lo que imposibilita la utilización de todo bulto que no admita la aplicación de procedimientos normados y técnicas automáticas.
 - *Cargas de transporte útiles.* Se definen de la manera más amplia posible a fin de reducir el número de expediciones, las dosis integrales que recibe el personal de descarga y los costos de transporte.
 - *Conceptos para el transporte seco.* Se refieren al transporte después de haberse drenado completamente el agua de la cavidad interna. La COGEMA siempre se ha preocupado por la posibilidad de que —pese a las propiedades contentivas del bulto, diseñado para mantenerse hermético incluso en condiciones accidentales— ocurra algún accidente durante su vida útil (a causa de una violación de los procedimientos de manipulación o del mal estado de las juntas) que puedan dar lugar a una fuga de líquido radiactivo en las carreteras públicas.
- Estos dos requisitos combinados (grandes capacidades de expedición y expediciones secas) indican a las claras que hay que hallar soluciones tecnológicas difíciles debido al calor liberado por el combustible y a la necesidad de evitar el recalentamiento. No obstante, la COGEMA considera que, tomando en cuenta todos los factores, las opciones elegidas son buenas.

Bultos de combustibles para reactores de uranio natural/gas-grafito

Todos los bultos utilizados por la COGEMA para expedir combustible de uranio natural tienen una forma cúbica de 2,3 metros por lados y un peso de 50 a 55 toneladas cuando están llenos. El blindaje consiste en plomo colocado entre dos capas (interna y externa) de acero inoxidable.

La capacidad de estos bultos varía considerablemente: de 2,2 a 5 toneladas de uranio, de acuerdo con la disposición interior. Es de 2,2 toneladas cuando el combustible se transporta en un contenedor con su funda de grafito, y de 5 toneladas cuando el combustible se transporta sin aislamiento en un cesto.

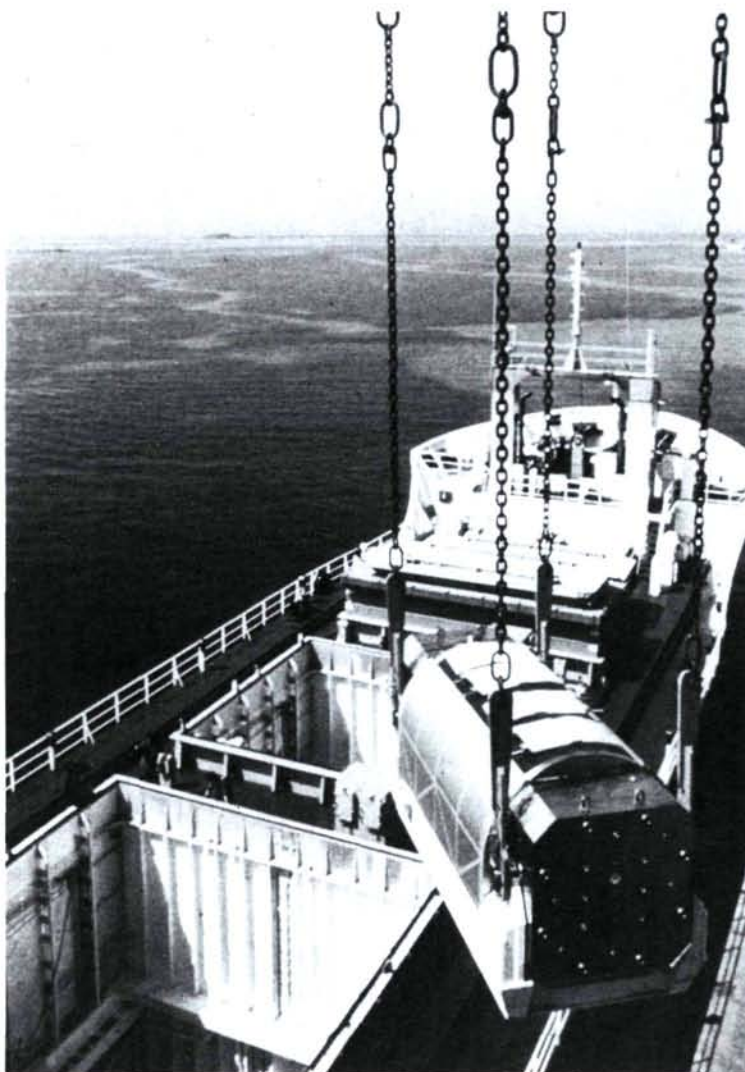
Bultos para combustible de reactores de agua ligera

Hace diez años, antes de que la COGEMA introdujera las normas antes mencionadas, estas expediciones se hacían en bultos de diferentes tipos y tamaños. Algunos eran secos, y otros no; algunos eran idóneos para el transporte por carretera, y otros no.

Características principales de algunos bultos estándar

Bultos	Peso cargado (toneladas de uranio)	Capacidad (número de conjuntos de combustible)	
		BWR	PWR
TN 17/2	72	17	6
TN 12/2 y LK 100	102/105	32	12
TN 13/2	110	—	11 o 12

TN = Transnucléaire BWR = reactor de agua en ebullición
LK = Lemer PWR = reactor de agua a presión



El combustible irradiado contenido en un cofre de acero fundido llamado bulto TN-12 se deposita en un compartimento de diseño especial para un viaje seguro por vía marítima. (Cortesía: Transnucléaire)

La introducción de las normas redujo a tres los tipos de bultos que podían utilizarse. Estos bultos son de gran capacidad, se pueden expedir por ferrocarril o por mar, y son capaces de satisfacer todos los requisitos posibles (para centrales con reactores de agua a presión y de agua en ebullición, cualquiera que sea su generación eléctrica). Sin embargo, no se pueden expedir por carretera salvo a distancias muy cortas.

El diseño de los bultos incluye una pared de acero ancha con revestimiento de acero inoxidable en la parte interior y varios sistemas de eliminación del calor en el exterior. En la actualidad hay 70 de estos bultos estándar en servicio.

Tipos de transporte

Como se señaló anteriormente, no son los imperativos de la seguridad los que rigen la selección del modo de transporte porque se considera que la seguridad radica exclusivamente en el diseño del bulto. La selección del modo obedece directamente a los requisitos de manipulación. Debido al peso considerable de los bultos, es natural que se dé preferencia al transporte por ferrocarril cuando se trata de viajes por tierra; de otro modo, se prefiere el transporte por mar. El transporte por carretera se reserva para el lugar de destino final de una expedición, es decir, para el trayecto entre el empalme ferroviario y

la instalación (reactor o planta de reelaboración) cuando ambos puntos no están conectados por una red ferroviaria.

Los buques y los vagones de ferrocarril que se utilizan para transportar combustible son equipos especializados con determinadas características. Los vagones de ferrocarril, por ejemplo, tienen un peso de carga agregado de aproximadamente 150 toneladas, de ahí que sean los vagones más pesados tirados normalmente por trenes ordinarios sin limitaciones particulares de velocidad. Este notable resultado se obtuvo mediante un diseño especial: los bultos que pesan de 100 a 110 toneladas descansan sobre una estructura baja con un *bogie* doble en cada extremo.

Los buques también presentan características poco usuales. Las cinco naves que prestan servicio regular entre Europa y el Japón con cargas de combustible, por ejemplo, están equipadas especialmente para transportar estos bultos (de 15 a 20 por barco) y también están diseñadas especialmente para garantizar una buena estabilidad en el mar y un alto nivel de flotabilidad (mediante la compartimentación). Cuentan, asimismo, con un blindaje especial, ventilación y equipo de supervisión que permite garantizar la protección permanente de la nave a la vez que están dotadas de los más modernos medios de navegación.