



ACTIVIDADES DEL OIEA EN APOYO DE LOS PROGRAMAS INTERNACIONALES DE RETORNO A SU PAÍS DE ORIGEN¹ DEL COMBUSTIBLE NUCLEAR FRESCO Y GASTADO DE REACTORES DE INVESTIGACIÓN

El OIEA ha estado involucrado más de treinta años en diferentes actividades de apoyo a los esfuerzos internacionales de no proliferación nuclear asociados con la reducción del comercio internacional de uranio altamente enriquecido (HEU, por sus siglas en inglés), cuyo enriquecimiento es $\geq 20\%$ en ^{235}U . En particular, un número de actividades y proyectos del OIEA han apoyado directamente a las dos principales iniciativas internacionales destinadas a retornar combustible fresco y gastado de reactores de investigación (RR), especialmente conteniendo HEU, al país donde el combustible fue enriquecido originalmente. Estas dos iniciativas son: el programa de los Estados Unidos de aceptación de combustible nuclear gastado de RR extranjeros (FRRSNF, por sus siglas en inglés) y el programa tripartito integrado por Estados Unidos, el OIEA y la Federación Rusa, conocido como programa ruso de retorno de combustible nuclear de RR (RRRFR, por sus siglas en inglés). Este informe da cuenta de los esfuerzos del OIEA en apoyo a ambos programas, incluyéndose una revisión histórica de los retornos de combustible completados a la fecha y una sucinta descripción de las distintas actividades de cooperación que realiza el OIEA.

INTRODUCCIÓN

Los RR han jugado un papel muy importante en el desarrollo de la ciencia y la tecnología nucleares. Sin embargo, en la actualidad sólo 230, de los más de 650 RR construidos en el mundo permanecen en operación. Además, un número importante de los reactores en funcionamiento se encuentran subutilizados y pueden cerrarse en un futuro cercano. La gestión del combustible gastado es una de las consideraciones más importante para muchas de estas instalaciones.

El OIEA ha procurado atender adecuadamente las necesidades cambiantes de sus Estados miembros en el campo de los RR, proporcionando asistencia en la planificación estraté-

gica para incrementar la utilización, la renovación de las instalaciones, la gestión del envejecimiento y la gestión del combustible gastado. Al mismo tiempo, el OIEA también ha abordado los temas de no proliferación nuclear relacionados con los RR, en particular la reducción del uso de HEU.

El OIEA ha participado durante más de 30 años en las diferentes iniciativas internacionales de no proliferación nuclear asociadas a la reducción del comercio internacional de HEU. En particular, un número importante de actividades y proyectos del OIEA han apoyado directamente a las dos principales iniciativas internacionales destinadas a retornar combustible fresco y gastado de RR, específicamente conteniendo HEU, al país donde el combustible fue enriquecido originalmente. Estas dos iniciativas

PABLO ADELFA¹,
SANDOR TOZSER²,
FRANCES MARSHALL²,
ANDREA BORIO DI TIGLIOLE²

¹Retirado del OIEA

²Sección de Reactores de Investigación, División del Ciclo del Combustible Nuclear y de Tecnología de los Desechos, Departamento de Energía Nuclear, OIEA

IAEA ACTIVITIES IN SUPPORT OF THE INTERNATIONAL PROGRAMMES TO RETURN FRESH AND SPENT RESEARCH REACTOR NUCLEAR FUEL TO THE COUNTRY OF ORIGIN

The IAEA has been involved for more than thirty years in supporting international nuclear non-proliferation efforts associated with reducing the amount of Highly Enriched Uranium (HEU), whose enrichment is $\geq 20\%$ in ^{235}U , in international commerce. In particular, IAEA projects and activities have directly supported the two main international efforts to return fresh and spent HEU research reactor fuel to the country where it was originally enriched: the United States Foreign Research Reactor Spent Nuclear Fuel (FRRSNF) Acceptance Programme and the United States-IAEA-Russian Federation tripartite initiative known as the Russian Research Reactor Fuel Return (RRRFR) Programme. This report gives an account of IAEA efforts in support of both programmes including a historical overview of fuel return shipments and a brief description of associated cooperation activities carried out by the IAEA.

¹País de origen significa aquel país donde el combustible nuclear fue originalmente enriquecido.



Carga de elementos combustibles frescos de HEU tipo VVR-TS en el contenedor de transporte TK-S16 (© S. Tozser/IAEA).



Preparación de contenedores de transporte cargados con combustible fresco de HEU, previamente al transporte aéreo a su país de origen (Fotografía: S. Tozser/IAEA)

son: el programa de los Estados Unidos de aceptación de combustible nuclear gastado de RR extranjeros (FRRSNF, por sus siglas en inglés) y el programa tripartito integrado por Estados Unidos, el OIEA y la Federación Rusa, conocido como programa ruso de retorno de combustible nuclear de RR (RRRFR por sus siglas en inglés). Los esfuerzos del OIEA han incluido el desarrollo y mantenimiento de varias bases de datos con información relacionada con los RR y con los inventarios de combustible gastado de esos reactores. Estas herramientas han sido esenciales en la planificación y gestión tanto del programa de reducción del enriquecimiento de los reactores de investigación y ensayo (RERTR, por sus siglas en inglés) como de los programas de retorno de combustible de esos reactores. Otras actividades del OIEA han apoyado directamente la conversión a combustible de bajo enriquecimiento (LEU, por sus siglas en inglés, cuyo enriquecimiento es $\leq 20\%$ en ^{235}U) de RR y los programas de retorno de combustible gastado.

El apoyo del OIEA a los programas de repatriación de combustible de RR se fortaleció tras el anuncio del lanzamiento de la iniciativa de reducción de la amenaza global (GTRI, por sus siglas en inglés) en mayo de 2004 en la sede del OIEA en Viena por el secretario de Energía de los Estados Unidos, Spencer Abraham. Lo que fue seguido por el acuerdo bilateral firmado por los presidentes de los Estados Unidos y la Federación Rusa en Bratislava (acuerdo de Bratislava), en mayo de 2004 y las recomendaciones que surgieron de la conferencia RERTR'2004,

celebrada en Viena en noviembre de ese mismo año.

ACTIVIDADES DEL OIEA EN APOYO AL PROGRAMA FRRSNF

En 1986, con el objetivo de estimular a los operadores de reactores de investigación a convertir sus instalaciones para la utilización de LEU, el Departamento de Energía de los Estados Unidos (DOE, por sus siglas en inglés) expandió su política de remoción del combustible gastado de los RR conocida como *Off-Site Fuels Policy*, a efectos de incluir la aceptación de combustible nuclear gastado de reactores extranjeros que contuvieran uranio enriquecido en los Estados Unidos. Los Estados Unidos aceptaron combustible nuclear gastado de RR extranjeros hasta la expiración del programa (en 1988, para combustibles de HEU y en 1992, para combustibles de LEU). A pesar de la finalización del programa, se siguieron realizando algunos retornos urgentes de combustible gastado, para aliviar circunstancias especiales de algunas instalaciones.

Durante el periodo siguiente a la expiración del *Off-Site Fuels Policy* (que coincidió con la creación del programa de combustibles de RR en el Departamento de Energía Nuclear del OIEA), el OIEA participó como observador en muchas de las reuniones del grupo *ad hoc* de los operadores de RR, conocido como el grupo Edlow/Egan. Desde enero de 1992 este grupo solicitó al DOE que volviera a aceptar combustible gastado, enriquecido en los Estados Unidos, proveniente de RR extranjeros. Con el mismo fin, el director general del OIEA, Hans Blix, envió

cartas al secretario del DOE O'Leary (1 de julio de 1993) y al ministro de Energía Atómica de la Federación Rusa, Victor Michailov (2 de febrero de 1995), sugiriendo que estos dos socios principales en el RERTR podrían contribuir al objetivo de no proliferación del RERTR mediante la aceptación de combustible de RR extranjeros.

Un registro de decisión fue publicado por el DOE el 13 de mayo de 1996 para reiniciar el programa FRRSNF con un plazo hasta el 13 de mayo de 2006 para que el combustible elegible fuese descargado de los reactores y una fecha límite del 13 de mayo de 2009 para que el combustible fuese recibido en Estados Unidos (estas fechas límite fueron posteriormente extendidas a mayo 2016 y mayo 2019, respectivamente).

Después de la reactivación del FRRSNF, el OIEA inició una serie de actividades para asistir a los Estados miembros elegibles en el retorno del combustible gastado de sus RR a Estados Unidos.

Inicialmente, el OIEA convocó a un grupo de expertos para que desarrollaran criterios y pautas destinados a esos Estados miembros. Los expertos prepararon el primer documento orientativo sobre el trabajo preparatorio, tanto técnico como administrativo, necesario para el retorno del combustible gastado de origen estadounidense: *Guidelines Document on Preparatory Work Prior to Return of Spent Fuel of US-Origin from Foreign Research Reactors*, junio de 1996 [1]. En base a este documento y en respuesta a una solicitud del Gobierno estadounidense, el OIEA organizó,



en cooperación con el Gobierno de los Estados Unidos a través del laboratorio nacional de Argonne (ANL, por sus siglas en inglés), dos cursos interregionales de capacitación sobre las *Provisiones técnicas y administrativas necesarias para el envío de combustible gastado de RR a su país de origen*. El primer curso se celebró en ANL en enero de 1997 [2] y el segundo, en mayo de 1999, también en ANL. Estos cursos incluyeron a participantes que operaban RR provistos por la Unión Soviética. El propósito de los cursos fue suministrar a los participantes la información técnica, organizativa y administrativa necesaria para preparar el combustible irradiado de reactores de investigación para su envío a Estados Unidos.

En agosto de 2006, se realizó en Viena una reunión técnica sobre *Retorno del combustible gastado de los RR al país de origen: requerimientos técnicos y administrativos y experiencias nacionales*. A esta reunión asistieron 46 expertos representando a 27 Estados miembros. La reunión fue organizada con el objetivo de recolectar la información sobre el tema acumulada hasta ese momento en todo el mundo e incorporarla en una publicación del OIEA. La reunión permitió a los operadores responsables de los RR, que habían previamente enviado con éxito combustible gastado de RR al país de origen, describir sus experiencias, intercambiar información y transferir esa experiencia a los administradores y operadores de RR que no habían todavía concretado ningún retorno de combustible gastado pero estaban considerando hacerlo en el futuro. El resultado principal de la reunión fue la publicación por el OIEA del TECDOC 1593, *Return of Research Reactor Spent Fuel to the Country of Origin: Requirements for Technical and Administrative Preparations and National Experiences* [3].

Esta publicación actualizó la guía mencionada anteriormente, que ya estaba obsoleta y reunió en un único documento del OIEA todos los requisitos necesarios para la preparación técnica y administrativa necesaria para el envío de combustible gastado de RR a su país de origen, junto con un importante número de experiencias nacionales en la repatriación de combustible gastado de RR.

El TECDOC 1593 se divide en dos partes, la primera de ellas incluye un documento que cubre cuestiones genéricas que deben ser consideradas por los países interesados en el retorno

No.	País	Reactor	Contenedor utilizado	Modo de transporte	Masa de U [kg]	Fecha de finalización
1	Serbia	RA, Vinca	TK-S16	Transporte aéreo	48.0	2002-08-08
2	Rumania	WWR-S Magurela	TK-S16	Transporte aéreo	14.0	2003-09-30
3	Bulgaria	IRT-2000, Sofia	TK-S16	Transporte aéreo	17.0	2003-12-23
4	Libia	IRT-1 Tajura	TK-S16	Transporte aéreo	17.0	2004-03-07
5	Uzbekistán	WWR-SM Tashkent	TK-S16	Transporte aéreo	3.0	2004-09-09
6	República Checa	LWR-15, Rez	TK-S16	Transporte aéreo	6.0	2004-12-21
7	Lituania	IRT-M, Salaspils	TK-S16	Transporte aéreo	3.0	2005-05-25
8	República Checa	Critical Assembly, CTU	TK-S16	Transporte aéreo	14.0	2005-09-27
9	Libia	IRT-1 Tajura	TK-S16	Transporte aéreo	3.0	2006-07-25
10	Polonia	MARIA	TK-S16	Transporte aéreo	39.8	2006-08-10
11	República Checa	Rez	TK-S16	Transporte aéreo	0.2	2006-10-15
12	Alemania	RRR	TK-S16	Transporte aéreo	268.0	2006-12-18
13	Polonia	MARIA	TK-S16	Transporte aéreo	8.8	2007-08-28
14	Vietnam	Dalat	TK-S16	Transporte aéreo	4.0	2007-09-17
15	Rumania	Pitesti	TK-S16	Transporte aéreo	30.0	2009-06-28
16	Hungría	BRR	TK-S16	Transporte aéreo	18.6	2009-07-06
17	República Checa	Rez	TK-S16	Transporte aéreo	12.2	2010-06-18
18	Bielorrusia	Minsk, Pamir	TK-S16	Transporte aéreo	47.0	2010-11-29
19	Ucrania	Sevastopol	TK-S16	Transporte aéreo	25.1	2010-12-29
20	Ucrania	KINR	TK-S16	Transporte aéreo	9.8	2010-12-29
21	Ucrania	Kharkov 1st	TK-S16	Transporte aéreo	15.7	2010-12-29
22	Kazakstán	Alatau	TK-S16	Transporte aéreo	33.0	2011-11-30
23	Ucrania	Kharkov 2nd	TK-S16	Transporte aéreo	108.6	2012-03-21
24(*)	Polonia	MARIA	TK-S16	Transporte aéreo	26.8	2012-09-22
25(*)	Hungría	BRR	TK-S16	Transporte aéreo	16.8	2012-12-17
26	Kazakstán	Alatau	TK-S16	Transporte aéreo	10.2	2014-09-29
27	Georgia	Breeder-1	SKODA VPVR/M	Transporte aéreo	1.8	2015-12-22

Última actualización: 2016-12-31

(*) = El OIEA no fue parte del contrato

TOTAL 801.3 kg

Tabla 1. Combustible HEU fresco de RR retornado a Rusia.

de combustible en el marco del FRR-SNF, incluyéndose una actualización del llamado "Apéndice A" y las instrucciones de cómo completarlo. Esta parte provee información clave para la planificación y ejecución de las repatriaciones de combustible gastado y está diseñada para ser usada por todas las partes involucradas en la planificación, preparación, coordinación y operaciones asociadas al retorno del combustible gastado. La segunda parte captura prácticamente toda la experiencia acumulada hasta la fecha de publicación e identifica y discute los métodos básicos y

las actividades que sirvieron como marco preparatorio para la implementación exitosa de los diferentes embarques.

El único caso de involucramiento operativo directo del OIEA en el FRRSNF ocurrió cuando, por solicitud de Portugal, el OIEA inició un proceso de licitación internacional para el retorno a los Estados Unidos del combustible gastado y fresco de HEU del RR portugués RPI. El OIEA gestionó el marco de trabajo para esta contratación, en consulta con el FRRSNF y Portugal. Un grupo de expertos internacionales fue convo-

cado en enero de 2008 a la sede de la OIEA en Viena para realizar la revisión y evaluación técnica de las ofertas presentadas en respuesta al llamado a licitación del OIEA. El OIEA completó posteriormente un contrato con el proveedor seleccionado que concluyó cuando el combustible gastado y fresco de HEU del reactor portugués fue repatriado exitosamente a los Estados Unidos en julio de 2008 [4].

ACTIVIDADES DEL OIEA EN APOYO AL PROGRAMA RRRFR

La organización del programa RRRFR comenzó en diciembre de 1999 [4], cuando, con el antecedente de la exitosa implementación del programa FRRSNF, se iniciaron negociaciones entre los Estados Unidos, Rusia y el OIEA, con el objetivo de gestionar el combustible de HEU de RR de origen soviético que se encontraba almacenado en varios países fuera de Rusia. En octubre del 2000 el director general del OIEA envió una carta a los gobiernos de esos países, alentándolos a eliminar el combustible de HEU de los RR de origen soviético. Catorce de las dieciséis respuestas recibidas, que involucraban a 20 RR, fueron favorables. La positiva acogida de la propuesta condujo a la puesta en marcha del programa RRRFR en el año 2002.

Retornos de combustible realizados en el marco del RRRFR

Desde el primer envío, realizado en agosto del 2002 [5], el programa RRRFR ha concretado 63 retornos a Rusia de combustible fresco y gastado de HEU de origen soviético y ruso, totalizando aproximadamente 2200 kg. de HEU.

Envíos de combustible fresco de HEU

Entre 2002 y 2015 se realizaron 27 retornos a la Federación Rusa de combustible de HEU fresco de RR, en el marco de contratos administrados por el OIEA, totalizando aproximadamente 800 kg. Los envíos se listan en la Tabla 1 en orden cronológico.

Una vez completados los primeros envíos, se comenzó a aplicar un escenario preparatorio "estandarizado" para los retornos siguientes que incluye una verificación de los materiales fisiónables, realizada por inspectores de salvaguardias del

No.	País	Reactor	Contenedor utilizado	Modo de transporte	Masa de U [kg]	Fecha de finalización
1	Serbia	RA, Vinca	TK-S16	Transporte aéreo	48.0	2002-08-08
2	Rumania	WWR-S Magurela	TK-S16	Transporte aéreo	14.0	2003-09-30
3	Bulgaria	IRT-2000, Sofia	TK-S16	Transporte aéreo	17.0	2003-12-23
4	Libia	IRT-1 Tajura	TK-S16	Transporte aéreo	17.0	2004-03-07
5	Uzbekistán	WWR-SM Tashkent	TK-S16	Transporte aéreo	3.0	2004-09-09
6	República Checa	LWR-15, Rez	TK-S16	Transporte aéreo	6.0	2004-12-21
7	Lituania	IRT-M, Salaspils	TK-S16	Transporte aéreo	3.0	2005-05-25
8	República Checa	Critical Assembly, CTU	TK-S16	Transporte aéreo	14.0	2005-09-27
9	Libia	IRT-1 Tajura	TK-S16	Transporte aéreo	3.0	2006-07-25
10	Polonia	MARIA	TK-S16	Transporte aéreo	39.8	2006-08-10
11	República Checa	Rez	TK-S16	Transporte aéreo	0.2	2006-10-15
12	Alemania	RRR	TK-S16	Transporte aéreo	268.0	2006-12-18
13	Polonia	MARIA	TK-S16	Transporte aéreo	8.8	2007-08-28
14	Vietnam	Dalat	TK-S16	Transporte aéreo	4.0	2007-09-17
15	Rumania	Pitesti	TK-S16	Transporte aéreo	30.0	2009-06-28
16	Hungría	BRR	TK-S16	Transporte aéreo	18.6	2009-07-06
17	República Checa	Rez	TK-S16	Transporte aéreo	12.2	2010-06-18
18	Bielorrusia	Minsk, Pamir	TK-S16	Transporte aéreo	47.0	2010-11-29
19	Ucrania	Sevastopol	TK-S16	Transporte aéreo	25.1	2010-12-29
20	Ucrania	KINR	TK-S16	Transporte aéreo	9.8	2010-12-29
21	Ucrania	Kharkov 1st	TK-S16	Transporte aéreo	15.7	2010-12-29
22	Kazakstán	Alatau	TK-S16	Transporte aéreo	33.0	2011-11-30
23	Ucrania	Kharkov 2nd	TK-S16	Transporte aéreo	108.6	2012-03-21
24(*)	Polonia	MARIA	TK-S16	Transporte aéreo	26.8	2012-09-22
25(*)	Hungría	BRR	TK-S16	Transporte aéreo	16.8	2012-12-17
26	Kazakstán	Alatau	TK-S16	Transporte aéreo	10.2	2014-09-29
27	Georgia	Breeder-1	SKODA VPVR/M	Transporte aéreo	1.8	2015-12-22

Última actualización: 2016-12-31

(*) = El OIEA no fue parte del contrato

TOTAL 801.3 kg

Tabla 1. Combustible HEU fresco de RR retornado a Rusia.

OIEA seguido de un procedimiento de inspección visual y caracterización del combustible fresco, realizado conjuntamente por expertos que representan a los contratistas y a los operadores de los RR. Asimismo, se emplean esquemas "estandarizados", coordinados con las autoridades locales pertinentes, para los procedimientos de licenciamiento, protección radiológica, preparación para emergencias y protección física, entre otros.

Envíos de combustible gastado de HEU

En contraste con los envíos de combustible fresco, relativamente sencillos y "estandarizados", el transporte de los elementos combustibles gasta-

dos requiere una preparación más compleja, incluyendo, entre otros, la aprobación del diseño del embalaje de transporte, la preparación del sitio para la operación de los contenedores, la selección de la ruta, del modo de transporte y el licenciamiento del tránsito por terceros países.

La Tabla 2 muestra los envíos realizados bajo el programa RRRFR en un orden cronológico. En total, desde 2006 hasta 2016 se realizaron con éxito 36 retornos de combustible gastado a la Federación Rusa, totalizando aproximadamente 1.426 kg. de HEU. En los primeros cuatro embarques se utilizaron exclusivamente contene-



No.	País	Reactor	Contenedor usado	Modo de transporte	Masa de U [kg]	Fecha de finalización
1	Uzbekistán	WWR-SM Tashkent	TUK-19	RW	10.0	2006-01-10
2	Uzbekistán	WWR-SM Tashkent	TUK-19	RW	13.0	2006-02-14
3	Uzbekistán	WWR-SM Tashkent	TUK-19	RW	14.0	2006-03-20
4	Uzbekistán	WWR-SM Tashkent	TUK-19	RW	26.0	2006-04-15
5(*)	República Checa	Rez	VPVR/M	RW	80.0	2007-11-29
6	Lituania	Salaspils	TUK-19	RW	14.4	2008-05-12
7	Bulgaria	Sofia	VPVR/M	RW	6.3	2008-07-04
8	Hungría	BRR	VPVR/M	PR-RW-SV-RW	154.5	2008-10-10
9	Kazakstán	Alatau	TUK-19	RW	17.3	2008-12-25
10	Kazakstán	Alatau	TUK-19	RW	16.6	2009-03-01
11	Kazakstán	Alatau	TUK-19	RW	18.8	2009-04-01
12	Kazakstán	Alatau	TUK-19	RW	21.0	2009-05-01
13	Rumania	Magurele	TUK-19	AT	23.7	2009-06-29
14(*)	Polonia	EWA	VPVR/M	PR-RW-SV-RW	187.0	2009-09-13
15	Libia	Tripoli	TUK-19	AT	5.2	2009-12-21
16(*)	Polonia	EWA, MARIA	TUK-19, VPVR/M	PR-RW-SV-RW	137.4	2010-03-18
17(*)	Polonia	MARIA	TUK-19	PR-RW-SV-RW	43.5	2010-05-23
18(*)	Ucrania	KINR	VPVR/M	PR-RW	55.9	2010-05-25
19(*)	Polonia	MARIA	TUK-19	PR-RW-SV-RW	43.5	2010-07-24
20(*)	Polonia	MARIA	TUK-19	PR-RW-SV-RW	43.5	2010-10-10
21	Bielorrusia	Minsk. Pamir	VPVR/M	RW	42.0	2010-10-24
22(*)	Serbia	Vinča RA	TUK-19, VPVR/M	PR-RW-SV-RW	13.2	2010-12-17
23	Ucrania	KINR	VPVR/M	PR-RW	19.6	2012-03-25
24	Uzbekistán 1/2	WWR-SM.	TUK-19	AT	36.4	2012-08-13
25	Polonia	MARIA.	VPVR/M	PR-RW-SV-RW	61.9	2012-09-15
26	Uzbekistán 2/2	WWR-SM.	TUK-19	AT	36.4	2012-10-28
27	República Checa	LVR15	VPVR/M	PR-RW-SV-RW	68.1	2013-04-05
28	Vietnam	Dalat RR	VPVR/M&TUK-145/C	PR-AT-PR	11.6	2013-07-03
29	Hungría	BRR	VPVR/M&TUK-145/C	PR-AT-PR	16.4	2013-10-07
30	Hungría	BRR	VPVR/M&TUK-145/C	PR-AT-PR	16.4	2013-10-21
31	Hungría	BRR	VPVR/M&TUK-145/C	PR-AT-PR	16.4	2013-11-04
32	Polonia	MARIA	TUK-19	PR-RW-SV-RW	17.0	2014-09-29
33	Kazakstán	Alatau	TUK-19	PR-AT-PR	18.9	2014-12-16
34	Kazakstán	Alatau	TUK-19	PR-AT-PR	18.4	2014-12-30
35	Uzbekistán	FOTON	VPVR/M&TUK-145/C	PR-AT-PR	5.0	2015-09-24
36	Polonia	MARIA	TUK-19	AT	61.0	2016-09-03

Última actualización: 2016-12-31

TOTAL 1426.3 kg

(*) = Participación del OIEA

PR = camino público (autopista, camiones); RW = ferrocarril; SV = buque, marítima; AT = transporte aéreo

Tabla 2. Combustible HEU gastado de RR retornado a Rusia

dores rusos TUK-19. En los envíos siguientes se comenzó a emplear los contenedores VPVR/M adquiridos por el OIEA.

Como se aprecia en la Tabla 2, los medios de transporte utilizados han evolucionado con el tiempo. Inicialmente, el único método autorizado era el transporte ferroviario. Más tarde, debido a las dificultades de tránsito en

terceros países, se comenzó a emplear el transporte marítimo en 2008, y el transporte aéreo en 2009. En este momento, prácticamente todos los modos de transporte se encuentran a disposición del programa. El contenedor TUK-19 fue licenciado para el transporte aéreo en 2009, mientras que el paquete VPVR/M (alojado en

un recipiente de cierre complementario llamado TUK-145/C)² recibió la licencia como embalaje tipo "C" en

² El paquete VPVR/M que contiene los combustibles gastados se coloca en un contenedor de transporte TUK-145/C convirtiéndose de embalaje tipo "B" a embalaje tipo "C".



Medición de la tasa de dosis en la superficie de un contenedor de transporte cargado con combustible gastado de HEU.



Colocación del contenedor externo de absorción de choque sobre un contenedor de transporte cargado con combustible gastado de HEU, para su transporte aéreo.

2012 [6]. El primer envío aéreo que utilizó el contenedor VPVR/M fue realizado en julio de 2013 en el transporte del combustible gastado del RR de Dalat desde Vietnam a Rusia [7], seguido por dos envíos aéreos desde Hungría en octubre de 2013.

La organización e implementación de los transportes de combustible gastado son complejas. Las diferentes particularidades de cada proyecto hacen imposible la aplicación de un procedimiento "estandarizado". Sin embargo, algunos componentes del proceso, entre otros la caracterización de combustible, el control de las medidas de seguridad, los procedimientos de carga y la preparación del contenedor de transporte, pueden utilizarse en forma genérica en los diferentes envíos.

Los procedimientos de organización e implementación de los retornos de combustible gastado están fuera del alcance de este informe, pero se encuentran bien documentados en el OIEA-TEC-DOC-1632 [8].

Apoyo programático del OIEA al RRRFR

El OIEA provee apoyo técnico, asesoramiento y organización para la repatriación del combustible de LEU y HEU, así como entrenamiento y asesoramiento para la conversión de los RR a LEU, dado que la conversión a LEU es condición previa para poder participar en los programas de retorno. Los Departamentos de Energía Nuclear, Seguridad Nuclear, de Cooperación Técnica y la Oficina de compras del OIEA partici-

pan en estas actividades. El papel del OIEA en respaldo del RRRFR se apoya en tres pilares:

- Verificación del material físil (salvaguardias).
- Aplicación de las normas de seguridad del OIEA especialmente en seguridad nuclear, seguridad física, transporte, preparación para emergencias y gestión de residuos.
- Cooperación técnica, asegurando soporte multidisciplinario para los estados miembros.

Cooperación técnica suministrada por el OIEA

Cooperación técnica convencional

La asistencia se suministra como parte integral de un proyecto de cooperación técnica del OIEA, incluyéndose: la formulación del proyecto, la organización de reuniones técnicas, la realización de misiones de análisis de situación, suministro de equipos y servicios necesarios para la implementación del proyecto.

Proyectos específicos de cooperación técnica

Proveen asistencia a necesidades programáticas generales o atienden problemas especialmente relevantes y son, en general, proyectos complejos y costosos. Dos ejemplos de este tipo de proyecto del OIEA son: (1) La adquisición de los contenedores de transporte Skoda VPVR/M y (2) El retorno del combustible gastado de Vinca (Serbia).

Adquisición de los contenedores Skoda VPVR/M

Cuando se hizo evidente la necesidad de nuevos contenedores para implementar el transporte de la gran

cantidad de combustible gastado almacenado en muchos RR de origen soviético, el OIEA adquirió diez contenedores de doble propósito (transporte/almacenamiento) de alta capacidad (VPVR/M fabricados por Skoda en la República Checa). El contrato de 4 millones de euros, completamente operado por el OIEA incluyó la elaboración de los requisitos técnicos, la evaluación de las ofertas, la preparación del contrato, la implementación de las inspecciones de calidad y la evaluación de las pruebas de licenciamiento y operación [9], [10].

Retorno del combustible gastado de Vinca (Serbia)

El proyecto consistió en la estabilización y posterior transporte a Rusia de 8.030 elementos combustibles gastados del RR de Vinca (Serbia), que contenían 2.5 toneladas de material combustible irradiado, bajo condiciones deficientes de almacenamiento y con indicios de degradación [11].

El OIEA lanzó en 2005 una licitación internacional para el acondicionamiento y transporte de los elementos combustibles seriamente corroídos. El OIEA seleccionó un consorcio de la Federación Rusa e implementó el contrato correspondiente [11].

El proyecto se completó exitosamente en diciembre del 2010 y representó, al momento de su finalización, el transporte individual más grande del programa RRRFR y también el proyecto de cooperación técnica más importante, complejo y costoso en la historia del OIEA, con un presupuesto total de más de 55 millones de dólares estadounidenses [12], [13], [14], [15].



Captura y diseminación de buenas prácticas

La captura y diseminación de buenas prácticas se ha venido efectuando a través de la organización de seminarios y talleres regionales de experiencias adquiridas y mediante la elaboración de publicaciones específicas.

Los seminarios y talleres comenzaron en 2005 cuando el OIEA en cooperación con el DOE inició el ciclo denominado *Russian Research Reactor Fuel Return Programme Lessons Learned*. Las reuniones se realizan anualmente, con el propósito de congrega a los actores principales en la preparación y realización de los envíos y compartir las experiencias adquiridas en beneficio de los futuros participantes. La Tabla 3 presenta la historia de los talleres regionales realizados hasta el momento.

Una publicación relevante, elaborada para divulgar las experiencias e información práctica recogida durante la implementación del programa RRRFR es el IAEA-TECDOC-1632, *Experience of Shipping Russian-origin Research Reactor Spent Fuel to the Russian Federation* [8].

CONCLUSIONES

Las actividades internacionales en la parte final del ciclo del combustible nuclear de los RR han estado dominadas durante los últimos 30 años por los programas RRSNF y RRRFR, que han operado con el apoyo del OIEA.

No	Lugar	Fecha	Participantes
1	Belgrado, Serbia	octubre 2006	75 participantes de 15 países
2	Poiana-Brasov, Rumania (*)	abril 2007	43 participantes de 10 países y la UE
3	Rez, República Checa	mayo 2008	97 participantes de 17 países
4	Varna, Bulgaria	junio 2009	88 participantes de 17 países
5	Poiana-Brasov, Rumania	mayo 2010	71 participantes de 16 países
6	Jackson Hole, WY, EEUU	junio 2011	95 participantes de 17 países
7	Lago Balaton, Hungría	junio 2012	76 participantes de 17 países
8	Sebastopol, Ucrania	junio 2013	77 participantes de 17 países
9	Da Nang City, Viet Nam	Junio 2014	83 participantes de 16 países
10	Samarkanda, Uzbekistán	junio 2015	81 participantes de 21 países
11	Charleston, SC, EEUU	junio 2016	78 participantes de 17 países

(*) Taller sobre *Marco legal internacional aplicable para el envío de combustible gastado de reactores de investigación de origen ruso a la Federación Rusa*, organizado por el OIEA en cooperación con la Unión Europea.

Tabla 3. Talleres regionales sobre lecciones aprendidas en el programa RRRFR.

Ambos programas han contribuido efectivamente a disminuir los riesgos asociados al comercio internacional de HEU y han sido exitosos en la reducción de los inventarios de HEU existentes internacionalmente. Adicionalmente, estos programas han colaborado a aliviar la presión económica y política asociada a la acumulación de combustible gastado en los RR, debido a que las repatriaciones de combustible gastado efectuadas en el marco de ambos programas se realizaron sin costo (países de bajos ingresos) o con costos muy

convenientes (países de altos ingresos). Al momento de publicación de este informe, estos programas están próximos a finalizar después de haber alcanzado la mayoría de sus metas. En este nuevo escenario, muchos países con uno o más RR deberán, para poder continuar operándolos, enfrentar, por sus propios medios, el problema de la económicamente costosa y políticamente complicada disposición final de cantidades relativamente pequeñas de combustible gastado o cerrar permanentemente sus RR. ■

- [1] Disponible en: <http://www.rertr.anl.gov/FRRSNF/GUIDE.html>
- [2] Disponible en: <http://www.rertr.anl.gov/Course.html>
- [3] IAEA-TECDOC-1593, "Return of Research Reactor Spent Fuel to the Country of Origin: Requirements for Technical and Administrative Preparations and National Experiences". Proceedings of a technical meeting held in Vienna, Austria, August 28-31, 2006.
- [4] P. Adelfang, I.N. Goldman, E.E. Bradley, D.O. Jinchuk, "IAEA Cooperation with RERTR and Spent Fuel Return Programmes: A Retrospective and Future Look". Proceedings of the 30th International Meeting on Reduced Enrichment for Research and Test Reactors, Washington D.C., USA, October 5-9, 2008.
- [5] M. Pešić, O. Šotic, W. H. Hopwood Jr., "Transport of HEU Fresh Fuel from Yugoslavia to Russian Federation", Nuclear Technology & Radiation Protection, Vol. XVII, No. 1-2, pp 71-76, 2002.
- [6] S.V. Komarov, M.E. Budu, D.V. Derganov, O.A. Savina, I.M. Bolshinsky, S.D. Moses, L. Biro, "Licensing Air and Trans-boundary Shipments of Spent Nuclear Fuel". CN-187 - International Conference on the Safe and Secure Transport of Radioactive Materials, Vienna, Austria, October 17-21, 2011.
- [7] Disponible en: <http://www.iaea.org/newscenter/news/2013/vietnamheu.html> "Vietnam Removes High Enriched Uranium Research Reactor Fuel", Vienna, Austria, July 3, 2013.
- [8] IAEA-TECDOC-1632, "Experience of Shipping Russian-origin Research Reactor Spent Fuel to the Russian Federation", November 2009, Vienna, Austria.
- [9] M. Tyacke, F. Sviták, J. Rychecký, M. Pícek, A. Smirnov, S. Komarov, E. Bradley, A. Dudchenko, K. Golubkin, "Devel-

- opment of new transportation/storage cask system for use by DOE Russian Research Reactor Fuel Return Program", PATRAM (Packaging, Transport, Storage & Security of Radioactive Material) Journal, 2010 Vol. 21, No. 2, pp 111-121.
- [10] F. Sviták: Experience Gained from Skoda VPVR/M Cask Use for RRRFR programme. Regional Workshop on RRRFR Program Lessons Learned. June 7-10, 2011, Jackson Hole, Wyoming US.
- [11] E. Bradley, M. Pešić, J. Kelly, P. Adelfang, I. Goldman, D. Jinchuk, "Repatriation of Vinca RA reactor spent fuel", PATRAM (Packaging, Transport, Storage & Security of Radioactive Material) Journal, 2009, Vol 20, No 2, pp 55-59.
- [12] S. Tozser, P. Adelfang, J. Boogaard, J. Kelly, "IAEA's Technical Advisory Support of Vinča's SNF Repatriation in the Final Preparatory Stage of the Shipment". RRFM-2011, Rome, Italy, March 20-24, 2011.
- [13] O. Šotic, R. Pešić, "Nuclear Fuel Shipments for the Republic of Serbia", Proceedings of the 15th International Topical Meeting on Research Reactor Fuel Management (RRFM'2011), Rome, Italy, March 20-24, 2011.
- [14] J.P. Boogaard, H. Abou Yehia, "IAEA's Safety Review of Vinca's Spent Nuclear Fuel Repackaging Operation", Proceedings of the 14th International Topical Meeting on Research Reactor Fuel Management (RRFM'2010), Marrakech, Morocco, March 21-25, 2010.
- [15] S. Tozser, P. Adelfang, J. Boogaard, "Status Report on the SNF Repatriation Project from Vinca Institute". Proceedings of the 32th International Meeting on Reduced Enrichment for Research and Test Reactors, Lisboa, Portugal, October 10-14, 2010.