



HACIA UNA CAPACITACION PARA EVALUAR

CONCEPTOS NUEVOS DE REACTORES

Miguel

Héctor M. ANTUNEZ- SeNID

INTRODUCCION

En futuros decenios se elevará considerablemente el precio del uranio por paulatino agotamiento de los yacimientos superficiales y de alta ley. Ello obligará a adoptar conceptos de reactores de potencia basados en ciclos de combustible de alto aprovechamiento de los nucleídos fértiles para generar Pu^{239} y U^{233} . En el marco de nuestro país, los reactores moderados con agua pesada y basados en el ciclo de torio/ U^{233} , similares a los CANDU (1)(2)(3)(4), constituyen la continuación natural del actual plan nuclear para la siguiente generación de centrales nucleoelectricas.

Ahora bien, para que el país pueda aspirar a ser protagonista activo en esa generación, es indispensable una decisión temprana acerca de la línea de reactores a adoptar. Naturalmente, las empresas dedicadas a otros conceptos también de alto aprovechamiento de nucleídos fértiles volcarán en la discusión, en su momento, los argumentos de cualquier naturaleza que las favorezcan; y una decisión temprana sólo puede esperarse si alcanzamos a tiempo un sólido dominio del problema y sus implicaciones en grupos técnicos reconocidamente imparciales.

Como una contribución a tan necesaria capacitación, se inició en 1978 la preparación en el área de cálculo de reactores para poder encarar la evaluación de un concepto como el ciclo de torio en reactores CANDU, no ensayado en el marco mundial. Tal evaluación necesariamente requiere la optimización de varios de los parámetros del reactor: desde la composición de isótopos pesados de las sucesivas cargas del reactor y su quemado (5), hasta la geometría y composición de cada una de las barras combustibles y la estrategia de recambio de los manojos (6). En particular, la confiabilidad del sistema de cálculo (datos y métodos) reviste gran importancia porque las facilidades experimentales locales no permiten mediciones en conjuntos críticos moderados con agua pesada.

DATOS NUCLEARES PARA CALCULOS NEUTRONICOS

A menudo los requerimientos de exactitud de los datos nucleares son mayores en las aplicaciones de cálculo de reactores- incluido el de blindajes -que en los casos relacionados con el conocimiento científico puro de los fenómenos nucleares (7).

La inquietud por la calidad, extensión y actualización del sistema de datos nucleares rutinariamente disponible para quienes necesitan en el país realizar cálculos neutrónicos, cristalizó por primera vez en 1970 en gestiones del Centro Atómico Bariloche para la solución integral del problema.

En procura de poder llegar a mejorar sustancialmente esas cualidades del sistema, y de llevarlo a una condición acorde con las capacidades del centro de cómputos instalado por la CNEA recientemente, se obtuvo el apoyo de la División Cálculo y Análisis del Departamento Reactores Nucleares y del Comité de Datos Nucleares.

Se eligió el ENDF/B (8) como archivo básico de datos nucleares evaluados. "Evaluados" en sentido amplio: recomendados luego de evaluar los valores de los datos nucleares de diversos orígenes disponibles en el marco mundial, y de completarlos y eliminar sus inconsistencias sobre la base de cálculos con modelos nucleares adecuados y de consideraciones de sistemática de nucleídos (7)(9).

Ese curso de acción, basar nuestro sistema en un archivo extranjero, implica reconocer la magnitud de los esfuerzos humanos y económicos necesarios para constituir localmente una organización que evalúe los datos en forma integral, establezca un archivo adecuado para su uso con los valores adoptados, y mantenga actualizados esos dos procesos. Ante la evidente prioridad, por el momento, de otras realizaciones, se concentró en el manejo de datos evaluados más bien que en su evaluación la pequeña capacidad de trabajo disponible.

ELECCION DE ENDF/B

En cuanto a la elección del ENDF/B entre los archivos cuya obtención podía gestionarse con posibilidades de éxito, se basó en diversas consideraciones.

Así, se tuvo presente la existencia de notables divergencias (7) entre diversas evaluaciones hechas con similares objetivos y esencialmente los mismos valores medidos de los datos, y sin escatimar esfuerzos por tratarse de datos de fuerte incidencia en el resultado de cálculos de importancia tecnológica, económica y en aspectos de seguridad. El caso de la sección eficaz de fisión del Pu^{239} para neutrones rápidos (9) es un ejemplo típico. Por ello, debe considerarse como una característica esencial de los diferentes archivos la magnitud y eficiencia del esfuerzo tendiente a su mejoramiento. Este proceso es complejo y debe comprender diversas acciones encaradas con carácter permanente por organizaciones ad-hoc o preexistentes, a las que se asigna o con las que se contrata el cumplimiento de tales acciones, proveyéndoles los recursos suficientes y ejerciendo un adecuado control de su gestión al respecto.

Las referidas acciones comprenden no solamente las verificaciones de consistencia tanto formal como física con las correspondientes correcciones (9), y la actualización de las evaluaciones sobre la base de nuevas mediciones de los datos nucleares y otra información que se va obteniendo; sino también el continuado completamiento con nuevos tipos de datos además de los habituales (entre los que no deben faltar los de resonancia y los de dispersión térmica). Un ejemplo de los nuevos son los de covariancia de los demás datos, que permiten determinar los intervalos de confianza de los resultados de los cálculos de parámetros de funcionamiento de reactores basados en el archivo (10).

ENDF/B lleva una clara ventaja en estos aspectos, y frecuentes citas bibliográficas muestran su utilización en numerosos países.

Tabla 1. ARCHIVOS PREVISTOS EN ENDF PARA CADA MATERIAL

1. Información general.
2. Parámetros de resonancia: Regiones de resonancias { no resueltas,
3. Secciones eficaces (E) para neutrones. { resueltas.
4. " " (E, θ) " "
5. " " (E, E') " "
6. " " (E, $E'; \theta$) " "
7. Ley de dispersión S (α, β, T) para neutrones térmicos.
8. Desintegración radioactiva y rendimientos de fragmentos de fisión.
- 9y10. Secciones eficaces de producción de isótopos radioactivos e isómeros.
12. Multiplicidades para fotones en procesos iniciados por neutrones.
13. Secciones eficaces de producción de fotones en procesos iniciados por neutrones.
14. Distribuciones angulares de fotones en procesos iniciados por neutrones.
15. " de energía " " " " " " " "
16. " angulares y de energía de fotones en procesos iniciados por neutrones.
- 17y18. Producción en función del tiempo de fotones.
- 19a22. " de electrones.
23. Secciones eficaces en procesos iniciados por fotones.
24. Distribuciones angulares de fotones en procesos iniciados por fotones.
25. " de energía " " " " " " "
26. " angulares y de energía de " " " " " "
27. Factores de forma atómicos. " " " " "
31. Covariancias de $\bar{y}$.
32. " " los parámetros de resonancia.
33. " " las secciones eficaces para neutrones.

Tabla 2. ORGANIZACION DE ENDF

ENDE	MAT	MF	MT
Archivo evaluado	Material o nucleóide	Archivo : tipo	Reacción

Tabla 3. CARACTERISTICAS DE ENDF Y DE LAS BIBLIOTECAS GENERADAS

	Composición	Grupos	Resonancias	Matrices	Contenido	Tipos espec
ENDF	Independiente	Puntos	Parámetros	Algunos procesos	Amplio	
Biblioteca maestra	Pseudo-independiente (W)	Finos	Parámetros y por grupos	Para cada proceso	Neutrones Fotones Acopladas	
Biblioteca de trabajo	Dependiente	Finos o gruesos	Por grupos (W)	De transferencia (W)	Acopladas	Ordenadas por grupos Macroscópicas — Pesadas

TAREAS SUBSIGUIENTES

Las dificultades que hubo que vencer en las etapas posteriores mostraron la importancia de elegir cuidadosamente un archivo de datos evaluados, satisfactorio por mucho tiempo.

Se ha logrado reunir la versión IV completa de ENDF/B, a la que últimamente se han agregado algunas porciones de la V.

En cuanto a programas utilitarios (8), se obtuvo el paquete para ENDF/B -IV: RIGEL 4/ CHECK 4/ SUMUP 4/ LISTF 4/ PLOTf 4/ RESEND/ CRECT/ DICT 4/ CAREN 4. Excepto el PLOTf 4, que espera la instalación de un graficador en el centro de cómputos de la CNEA, los demás han sido adaptados de CDC a IBM 370 y corridos con problemas de prueba. Además, acaba de llegar el paquete para ENDF/B-V: CHECKER/ CRECT/ STNDRD/ FIZCON/ PSYCHE/ RESEND/ INTER/ INTEND/ SUMRIZ/ PLOTEF/ LSTFCV/ RIGEL.

Con el objeto de establecer una capacidad para generar bibliotecas acopladas de secciones eficaces para neutrones y rayos gamma en grupos finos o gruesos de energía a partir de datos de formato ENDF, se seleccionó y obtuvo el sistema modular de programas de cálculo AMPX-II (11). De ellos, AIM, AJAX, BONAMI, CHOX, DIAL, DOSE, GRPS, LAPHNGAS, LAVA, MALOCS, NITAWL, NPTXS, RADE, SMUG y XSDRNPM, así como ANISN y GIP, que no forman parte de AMPX-II, están en operación en el centro de cómputos y han resuelto los correspondientes problemas de prueba. El no disponerse del compilador FORTRAN IV H para el que AMPX-II ha sido preparado, ha ocasionado un número de errores que no fue fácil subsanar por no estar publicada una descripción de los programas, que pueden calificarse de complejos. Otros dos programas, XLACS y XLACS-2, de aproximadamente 150 subrutinas cada uno, fueron también puestos en operación con las mismas dificultades; algunos elementos de las matrices que generan son erróneos y se ha descubierto un error de programación.

Estos esfuerzos están dirigidos como primer objetivo a actualizar la biblioteca del programa de celda WIMS (12).

En cuanto a métodos de cálculo, se están evaluando posibles alternativas para llegar posteriormente, a través de una homogeneización de celda confiable basada en el uso de WIMS, a una herramienta adecuada para una optimización neutrónico-termohidráulica de la celda.

RECONOCIMIENTO

Entre todas las personas que han cooperado para avanzar hasta este punto deseo destacar por el esfuerzo que han dedicado, a T.C. de Schilman, A. De Lorenzi, E. Pepe, E. R. Pezzoni y J. E. Volkis.

REFERENCIAS

- 1.- J. Veeder, "Thorium Fuel Cycles in CANDU", Trans. Am. Nucl. Soc., 29, 267 (1978) y AECL-6254 (1978).
- 2.- S. Banerjee y F. W. Barclay, "Characteristics of Plutonium-Topped Thorium Cycles in Heavy-Water-Moderated Pressure Tube Reactors", Nucl. Technol., 43, 55 (1979) y AECL-6268 (1979).
- 3.- M. F. Duret y H. Hatton, "Some Thorium Fuel Cycle Strategies", AECL-6414 (1979).

- 4.- "Data Base for a CANDU-PHW Operating on the Thorium Cycle", INFCE/WG8/CAN/DOC 4, AECL-6595 (1979).
- 5.- K.W.Dormuth y R.F. Lidstone, "A Study of the Running-in Period of a CANDU-PHW Thorium Converter", AECL-5391 (1977).
- 6.- R.E.Kay, "Some Physics Scoping Studies on Fuel Bundles for Use in Enriched UO_2 and ThO_2 Fuelled CANDU-PHW Reactors", Canadian Nuclear Association Conference, Junio 13, 1979.
- 7.- E.Kiefhaber, "Evaluation of Integral Physics Experiments in Fast Zero Power Facilities", Advan. Nucl. Sci. Technol., 8, 47(1975).
- 8.- D. Garber y otros, "ENDF-102, Data Formats and Procedures for the Evaluated Nuclear Data File", BNL-NCS-50496 (Oct. 1975).
- 9.- S.Pearlstein, "Evaluated Nuclear Data Files", Advan. Nucl. Sci. Technol., 8, 115 (1975).
- 10.- H.M.Antúnez, "Aplicaciones de la metodología de sensibilidad e incerteza a la física de reactores nucleares", presentado en esta reunión.
- 11.- "AMPX-II, Modular Code System for Generating Coupled Multigroup Neutron-Gamma-Ray Cross-Section Libraries from Data in ENDF Format", PSR-63, RSIC, ORNL (1978).
- 12.- J.R.Askew y otros, "A General Description of the Lattice Code WIMS", J.Brit. Nucl. Energy Soc., 5, 564 (1966).