

08.85.11

C.A.T.N. Biblioteca	
PUBLICACIONES	
Nº	AÑO
1	1985

-67-

DETERMINACION DE LAS CONSTANTES DE DIFUSION A 2 GRUPOS DE
ENERGIA PARA EL REACTOR RA-2 MEDIANTE UNA CORRELACION
CALCULO-EXPERIENCIA

M.^K Fontelos y R.^M Waldman
Comisión Nacional de Energía Atómica

INTRODUCCION

La finalidad de este trabajo fue hallar constantes nucleares a 2 grupos de energía para el combustible del reactor RA-2 y los reflectores: agua liviana, grafito y berilio, que reprodujeran los valores experimentales de reactividad de diferentes configuraciones en menos de 300 pcm, cota máxima del error experimental.

Cálculos realizados con conjuntos de constantes citadas por diferentes autores y que resultan del empleo de diversos códigos de celda, dieron sistemáticamente valores de reactividad con un exceso de 3000 a 4000 pcm. Este hecho motivó a que en este trabajo se aplicara un método alternativo para la obtención de estas constantes. El mismo se basó en tratar de reproducir, además de la reactividad, los valores experimentales de las áreas de moderación y difusión que se denotan con las letras Σ y L^2 , respectivamente, y que son parámetros que caracterizan a cada uno de los materiales analizados. En el caso del combustible se tuvo en cuenta también el valor experimental de la constante de multiplicación infinita, k_{∞} .

CONDENSACION A 2GRUPOS DE ENERGIA

El procedimiento usado para la obtención de las secciones eficaces macroscópicas de absorción y transferencia, se muestra en la figura 1, y es el mismo que propusieron en la reunión de la A.A.T.N. del año 1981, los licenciados H. Amato y

R. Waldman. Mediante el código de transporte GGTC, se efectuó una primera condensación a 10 grupos rápidos y 5 grupos térmicos, tanto para el combustible como para los 3 reflectores. Luego, para tener en cuenta la heterogeneidad del combustible, se llevó a cabo con el código de transporte unidimensional ANISN, un cálculo de celda sin modificar el número de grupos de energía considerados. Por último, para condensar a 2 grupos de energía, se efectuó con el mismo código, un segundo cálculo de celda. Como geometría se empleó un cilindro infinito formado por una zona central de combustible y una corona de reflector. El escape según el eje z se tuvo en cuenta a través de un buckling con un ahorro de reflector de 7 cm, que corresponde al valor experimental.

Conocidas las secciones eficaces de absorción y transferencia a 2 grupos de energía, se obtuvieron los coeficientes de difusión a través del cálculo de las secciones eficaces de transporte. Los resultados obtenidos se analizan por separado para el combustible y cada uno de los 3 reflectores.

Constantes del combustible.

Considerando cada uno de los 3 materiales reflectores se obtuvieron para el combustible 3 juegos de constantes, observándose que en todos los casos las discrepancias entre ellas son pequeñas, como puede apreciarse de la tabla 1. De la referencia CNEA-303 (1971) se extrajeron valores de reactividad en función del buckling geométrico, que al ser ajustados por una función cuadrática dada por la teoría de difusión a un grupo modificado, proporcionaron valores de k_{∞} , β y L^2 que concuerdan, dentro del error experimental y de la aproximación del modelo, con los obtenidos a partir de las constantes del combustible (ver tabla 2).

Constantes de los reflectores.

En el caso del agua, se consideraron 2 juegos de constantes: uno para las zonas de 2 cm de espesor que están en contacto con el combustible y otro, para las zonas más alejadas. Las diferencias del orden del 10% que se observan entre ellas en la

tabla 3 se deben a la modificación, debido a la proximidad del combustible, del espectro del flujo neutrónico que se emplea como función de peso en la condensación del primer juego de constantes. En esta tabla aparecen también las constantes obtenidas para el grafito y berilio.

CORRELACION CALCULO-EXPERIENCIA

Los cálculos de reactividad se efectuaron con el código de difusión bidimensional EXTERMINATOR-2, empleando geometría X-Y. En todos los casos, los valores de reactividad calculados con estas constantes superaron a los experimentales en 1500 a 4000 pcm. Teniendo en cuenta que las constantes del combustible reproducen el valor experimental de k_{∞} , β y L^2 , todo hace suponer que estas diferencias se deben a problemas en el cálculo del escape, principalmente de neutrones con altas energías que es el que predomina en núcleos compactos como los aquí estudiados. A esta conclusión se llegó también en el trabajo de Amato-Waldman, donde las discrepancias disminuían al aumentar el número de grupos rápidos empleados en el cálculo. Cuando el número de estos grupos es pequeño, el cálculo del escape depende fuertemente del valor del coeficiente de difusión rápido del reflector. Por lo tanto, se decidió modificar estos coeficientes de manera tal de lograr un buen acuerdo entre los valores de reactividad medido y calculado para un núcleo de referencia para cada reflector y verificar si estas constantes reproducían el valor de reactividad de otras configuraciones.

ESTUDIO PARAMETRICO

Antes de efectuar la selección definitiva de las constantes, se analizó la influencia de cada uno de los parámetros de entrada, a saber:

Paso de red: Estableciendo un compromiso entre la precisión buscada y el tiempo de máquina empleado, se eligieron pasos de

red del orden de 1.5 cm en el combustible, 1 cm en el grafito y berilio y para el agua, 1 cm en la region cercana al combustible y 2 cm para los puntos más alejados.

Cambio de simetría: Conservando el espaciado se efectuaron cálculos de reactividad para diferentes nucleos, considerando para cada uno simetrías de orden 2 y 4 obteniéndose un cambio inferior a 50 pcm en el valor de reactividad pero una gran diferencia en el tiempo de computación. Por ejemplo, en el caso del núcleo 4x4 reflejado en sus 4 caras con una caja de grafito, el tiempo de CPU fue de 185 seg frente a 25 seg, respectivamente.

Criterio de convergencia: Considerando errores de convergencia $\epsilon = 10^{-2}$ y 10^{-3} , se calculó el valor de reactividad de varias configuraciones que difieren en el tamaño, tipo de reflector y simetría considerada. En la tabla 4 aparecen los resultados obtenidos junto con el tiempo de CPU empleado en cada caso. La diferencia en reactividad es siempre inferior a 5 pcm, por lo tanto, se concluye que para configuraciones sin barras de control, es suficiente considerar $\epsilon = 10^{-2}$ con el consiguiente ahorro de tiempo de computacion.

Influencia de la variación de las constantes de los reflectores:

En los cálculos de reactividad de 3 configuraciones cercanas al estado crítico reflejadas con agua, grafito y berilio, respectivamente, se variaron cada una de las constantes de dichos reflectores. Los resultados obtenidos aparecen en la tabla 5, tabulados para un 1% de cambio. En ella se observa, como era de esperar, que el valor del coeficiente de difusión rápido es el que más influye en el cálculo de reactividad. En los tres casos se observó, además, que al considerar $\Sigma_{21}=0$, se producían cambios menores que 20 pcm en el valor de reactividad.

MODIFICACION DE LAS CONSTANTES NUCLEARES

Considerando $\Sigma_{21} = 0$, las definiciones de G y L^2 son:

$$G = \frac{D_1}{\Sigma a_1 + \Sigma_{12}}, \quad L^2 = \frac{D_2}{\Sigma a_2}$$

Para reproducir los valores experimentales de estos parámetros medidos con un espectro de fisión, se modificaron (además de los coeficientes de difusión rápidos), los valores de $^{12}\text{D}_2$ aunque estos cambios afectaron muy poco a los valores de reactividad.

Con los valores finalmente seleccionados para las constantes y que aparecen en la tabla 6, se calculó el valor de reactividad de 13 configuraciones que difieren en el exceso de reactividad, tamaño y tipo de reflector. En la tabla 7 pueden compararse los valores calculados con los experimentales. En el caso de configuraciones supercríticas, estos últimos se extrajeron del Informe Proyecto Centro atómico Perú, Medición de reactividad en núcleos reflejados con H_2O , C y Be, CNEA (1983), mientras que los que corresponden a configuraciones subcríticas se obtuvieron mediante la técnica de fuente pulsada de neutrones. En todos los casos las diferencias entre los valores medidos y calculados son inferiores a 350 pcm.

CONCLUSIONES

El hecho de haber obtenido un conjunto de constantes nucleares que calcule adecuadamente la reactividad de todas estas configuraciones, las hace confiables para cálculos previos de cualquier otra configuración reflejada con grafito, berilio y/o agua, cuyo exceso de reactividad esté comprendido entre los estudiados. Por ejemplo, el valor de reactividad de las configuraciones empleadas por el Lic. Angel Gomez en el trabajo que presenta en esta reunión de la A.A.T.N., fueron correctamente predichos mediante cálculos con estas constantes.

Actualmente se está aplicando este mismo método de trabajo al cálculo de reactividad en configuraciones con trampas de agua y en presencia de elementos combustibles especiales con y sin barras de control insertadas.

TABLA 1 . CONSTANTES DEL COMBUSTIBLE QUE RESULTAN DE VARIAR EL REFLECTOR.

CONSTANTES	REFLECTOR		
	AGUA	GRAFITO	BERILIO
D_1	1.4196	1.3992	1.3813
Σ_{a1}	1.6886E-03	1.7085E-03	1.7468E-03
Σ_{12}	2.5821E-02	2.6312E-02	2.7189E-02
$(\nu \Sigma_f)_1$	2.0703E-03	2.1059E-03	2.1574E-03
D_2	0.2415	0.2425	0.2463
Σ_{a2}	6.3083E-02	6.2719E-02	6.1462E-02
Σ_{21}	2.1289E-04	2.2669E-04	2.3223E-04
$(\nu \Sigma_f)_2$	1.0100E-01	1.0040E-01	9.8324E-02

TABLA 2. VALORES DE k_∞ , ζ , Y , L^2 PARA EL COMBUSTIBLE Y QUE RESULTAN DE CONSIDERAR DISTINTOS REFLECTORES.

REFLECTOR	k_∞	$\zeta(\text{cm}^2)$	$L^2(\text{cm}^2)$
AGUA	1.5736	51.6	3.8
GRAFITO	1.5735	49.9	3.9
BERILIO	1.5727	47.7	4.0
VALORES EXPERIMENTALES	1.5735	49.8	3.9

TABLA 4. VALORES DE REACTIVIDAD Y TIEMPOS DE CPU QUE RESULTAN DE VARIAR EL CRITERIO DE CONVERGENCIA.

NUCLEO	REFLECTOR	SIMETRIA	$\epsilon = 10^{-2}$		$\epsilon = 10^{-3}$	
			ρ (pcm)	CPU(s)	ρ (pcm)	CPU(s)
4x4	AGUA	4	- 4808	13	- 4814	19
5x4		4	443	12	442	31
4x4	GRAFITO	4	1304	23	1303	30
5x4		4	5776	26	5779	40
5x5		4	9800	48	9799	65
4x3		2	- 6060	146	- 6062	180
5x3		2	- 1081	146	- 1079	210
4x3 	GRAFITO + BERILIO	2	- 4048	95	- 4048	165
5x3		2	890	105	888	170

TABLA 5. INFLUENCIA DE LAS CONSTANTES DE LOS REFLECTORES EN EL CALCULO DE REACTIVIDAD.

REFLECTOR	CTE. MODIFICADA	$\Delta \rho(\text{pcm})/1\%$ de cambio
AGUA	D_1	- 72
	Σ_{12}	- 6
	Σ_{a1}	- 4
	D_2	- 20
	Σ_{a2}	- 28
GRAFITO	D_1	- 94
	Σ_{12}	6
	Σ_{a1}	0
	D_2	- 9
	Σ_{a2}	- 2
BERILIO	D_1	-164
	Σ_{12}	- 8
	Σ_{a1}	32
	D_2	- 12
	Σ_{a2}	- 4

TABLA 6. CONSTANTES DE DIFUSION A DOS GRUPOS DE ENERGIA.

COMPUESTO	GRP	D(cm)	$\Sigma_{\text{transf.}} (\text{cm}^{-1})$	$\Sigma_R (\text{cm}^{-1})$	$\nu \Sigma_f (\text{cm}^{-1})$
COMBUSTIBLE	1	1.39920	2.6312E-02	1.7085E-03	2.1059E-03
	2	0.24257	2.2669E-04	6.2719E-02	1.0040E-01
AGUA (1º)	1	1.41600	5.2005E-02	4.4693E-04	0.0
	2	0.14778	0.0	1.8244E-02	0.0
AGUA (2º)	1	1.64330	6.0339E-02	5.2401E-04	0.0
	2	0.15155	0.0	1.8710E-02	0.0
GRAFITO	1	1.72000	4.6739E-03	7.9602E-06	0.0
	2	0.89603	0.0	2.5601E-04	0.0
BERILIO	1	1.05000	8.8680E-03	1.4262E-03	0.0
	2	0.50000	0.0	1.0400E-03	0.0

TABLA 7. VALORES DE REACTIVIDAD MEDIDOS Y CALCULADOS PARA DIFERENTES CONFIGURACIONES.

REFLECTOR	NUCLEO	$\rho_{med.}(pcm)$	$\rho_{calc.}(pcm)$	$\Delta\rho(pcm)$
AGUA	4x4	- 4734	- 4808	- 74
	5x4 *	350	443	93
	5x5	5340	5340	0
GRAFITO	4x3	- 5890	- 6060	- 170
	5x3	- 1100	- 1081	19
	4x4 *	1560	1304	- 256
	5x4	5840	5776	- 64
	5x5	9980	9800	- 180
	5x4 	1680	1993	313
	5x4 	3200	3355	155
BERILIO	5x4	3550	3380	- 170
BERILIO+	4x3 * 	- 3930	- 4048	- 118
GRAFITO	5x4 	4660	4572	- 88