

SIMULACIÓN CON EL CÓDIGO MCNP DEL REACTOR NUCLEAR RP-10 EN SU CONFIGURACIÓN #14, BOC

Lázaro G. ⁽¹⁾ glazaro@ipen.gob.pe; Parreño F. ⁽¹⁾ fparreno@ipen.gob.pe

⁽¹⁾ Departamento de Cálculo, Análisis y Seguridad – IPEN / Lima, Perú

ABSTRACT

Se presenta los resultados de exceso de reactividad del núcleo del reactor RP-10 en su configuración 14. Este exceso de reactividad ha sido calculado con MCNP4B con un modelo que describe en detalle las características de los elementos combustibles normales y de control, así como de cada elemento que constituye la configuración de trabajo #14. Este modelo fue previamente utilizado en el reactor RP-0 y ha sido aplicado en la configuración de arranque para el cálculo del exceso de reactividad y criticidad con diferentes posiciones de barras. En todos los casos hay una muy buena aproximación de los resultados de MCNP con los valores experimentales.

1. Introducción

En este trabajo se evalúa el exceso de reactividad, a partir del cálculo del K_{eff} , de la configuración nuclear 14 del reactor RP-10 con todas las barras de control fuera del núcleo. Los cálculos teóricos son realizados para una geometría tridimensional, en conjunto en cada uno de los elementos que constituyen la configuración nuclear de arranque del RP10 #14. Para este propósito se aplica el Método de Monte Carlo con MCNP4B[3]. El modelo de cálculo se valida con mediciones experimentales de la puesta en servicio[5], para cálculos de reactividad y posiciones de crítico, y con cálculos realizados con WIMS CITATION y PUMA Ref. [6] para el núcleo de arranque del RP10.

2. Cálculo

El código MCNP4B [3] fue utilizado con la biblioteca de datos ENDF/B-VI proveído por Los Alamos National Laboratory. En el presente trabajo, los cálculos fueron realizados en una SUN WORKSTATION de 200 MHz. y en una PC de 500 MHz de la DCAS/DGI.

3. Modelo de cálculo

La geometría utilizada en el modelo de cálculo del presente reporte es descrita en el Progress Report #1[1], (Fig. [4]; 2,3,4). La configuración nuclear 14 (Fig.1) del RP-10 fue modelada de acuerdo a una configuración real, tal como fue realizado para las configuraciones 6 y 7 del RP-0. Este modelo de cálculo es descrito en el Progress Report #2 [2].

Las secciones eficaces para los nucleidos fueron tomadas desde evaluaciones ENDF/B-VI. En el cálculo, las librerías para el tratamiento térmico $S(\alpha,\beta)$ fueron usadas para el agua y grafito. Debe tenerse en cuenta que los datos de secciones eficaces en esta biblioteca tienen de referencia los 300 grados Kelvin. Por lo tanto deben generarse datos a la temperatura correspondiente de evaluación experimental para cálculos más precisos, la cual puede asumirse como una fuente de error que será tomada en cuenta y corregida con el código NJOY.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1				NG	PI	BCF	PI	NG		
2				NG	NN006	NN005	NN007	NG		
3				PI	BS2	NN001	BC1	PI		
4			NG	NN013	NN002	PI	NN003	NN015	NG	
5			NG	NN014	BC2	NN004	BS3	NN016	NG	
6				PI	NN008	NN009	NN010	PI		
7				NG	NN011	BS1	NN012	NG		
8				NG	PI	NG	PI	NG		
9										
10										

Figura 1. Configuración 14 del RP-10.

4. Resultados

Se utilizan las tarjetas KCODE (criticidad del sistema) y KSRC (distribución espacial inicial de las fuentes puntuales) para describir la fuente. Los casos fueron evaluados considerando un tamaño de fuente de 5000 historias y 2000 ciclos totales, para determinar el exceso de reactividad con barras extraídas y el exceso teórico (error) de reactividad en posición de crítico.

En la Tabla 1 se presenta el valor de exceso de reactividad, para la configuración nuclear 14, obtenidos por simulación (modelo teórico) con el código MCNP4B y experimentalmente [5].

El resultado teórico del exceso de reactividad fue evaluado considerando totalmente extraídas las barras de control y de seguridad al mismo tiempo, es decir para: BS1 (100%), BS2 (100%), BS3 (100%), BC1 (100%), BC2 (100%) y BCF (100%). Como se indica en la tabla 1, se obtuvo un valor de exceso de reactividad de 6770 pcm con una incertidumbre de 37 pcm.

El resultado experimental del exceso de reactividad fue obtenido del procedimiento de calibración de barras [6] y equivalía inicialmente a 8200 pcm. Este resultado fue corregido por efectos de perturbación con el código

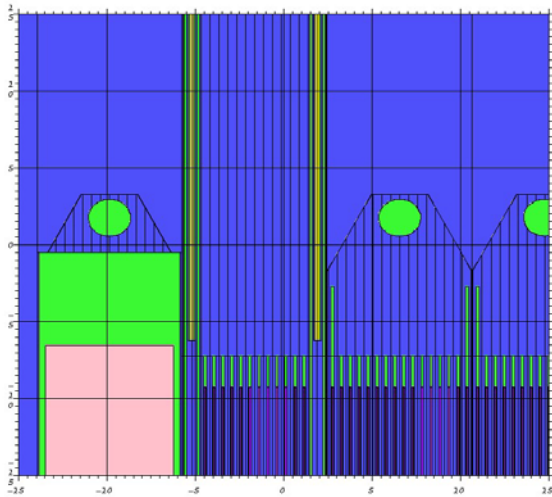


Figura 2. Detalle del modelo utilizado con MCNP al representar la parte superior de los elementos combustibles y los grafitos de la configuración No. 14 del RP10. Se puede ver las asas del manipuleo de los elementos, la disposición de las barras de control y las disposición axial de cada elemento en su posición final en el arreglo del núcleo.

PUMA[6] en dicha referencia; entre las barras que fueron manipuladas durante la calibración: BS3, BC1 y BC2. Los valores para las perturbaciones fueron de 150 pcm (BS3-BC1), 500 pcm (BS3-BC2) y 790 pcm (BC2-BC1). El exceso de reactividad es entonces 8200 pcm – 150 pcm – 500 pcm – 790 pcm = 6790 pcm, tal como se indica en la tabla 1.

Tabla 1. Excesos de reactividad para la configuración 14 del RP-10.

MCNP4B[3]	Experimental [5], [6]
6770 (± 37) pcm	6790 pcm

Este valor se consiguió considerando un buen grado de detalle (Fig. 2) de la posición de barras 100% extraídas, ya que se observó cierto grado de influencia en el valor del Keff.

Para propósitos de confirmar los resultados de MCNP para el exceso de reactividad de puso a prueba el modelo empleado en el cálculo de criticidad con barras de control insertadas. Los valores experimentales en la puesta en servicio se muestran en la Tabla 2. En la Tabla 3 se presentan resultados teóricos del valor de reactividad, evaluados considerando la extracción porcentual de barras de control y de seguridad, en forma simultanea, para cada una de las posiciones de crítico experimental, de la tabla 1, consideradas en el procedimiento de calibración de barras de la configuración nuclear 14 [6].

Puede observarse que, para las diversas posiciones de crítico, el único porcentaje de extracción que varía corresponde al de la BC1, entre el 31,1% y 31,5%. Los valores de reactividad fluctúan entre los 75 (± 26) pcm y 188 (± 37) pcm, respectivamente. No se precisan incertidumbres experimentales acerca de esta dispersión de valores de posición de crítico para la BC1., pero en estas 4 puestas a crítico se obtuvieron 4 posiciones diferentes de crítico con la misma barra BC1, en el mismo día.

Tabla 2. Valores de reactividad en estado crítico para la configuración 14 del RP-10.

RP10 Configuración N ^o 14						
% de extracción – posiciones de crítico						
1	BS1	BS2	BS3	BC1	BC2	BCF
2	100	100	100	31,5	0	100
3	100	100	100	31,4	0	100
4	100	100	100	31,2	0	100
5	100	100	100	31,1	0	100

Tabla 3. Valores calculados con MCNP4B para cada una de las posiciones de la tabla 1.

Posiciones de crítico	MCNP4B [3]
ρ ($\pm \Delta\rho$) pcm	
1	188 (± 37) pcm
2	136 (± 26) pcm
3	139 (± 25) pcm
4	75 (± 26) pcm

En la Figura 3 y 4 se presentan las fluctuaciones en el cálculo del Keff, para el exceso de reactividad y fluctuaciones para posición de crítico de la tabla 2, observadas durante la simulación.

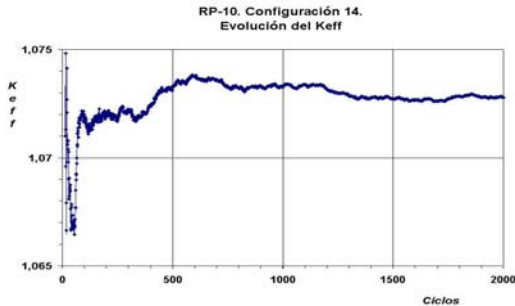


Figura 3. Variación del valor del Keff como función del número de ciclos, para la simulación del exceso de reactividad de la Configuración 14 del RP-10.

Se observan grandes fluctuaciones en el valor del Keff durante los primeros ciclos. Esto se debe a que se está conformando la distribución espacial de la fuente y, el número de ciclos evaluados hasta ese momento es insuficiente para realizar una estadística confiable. Posteriormente se hace notoria la convergencia del Keff a los valores señalados en las Tablas 1 y 3.

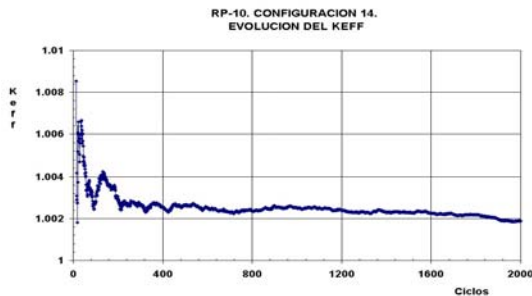


Figura 4. Variación del valor del Keff como función del número de ciclos, para la simulación de la posición experimental de crítico de la Configuración 14 del RP-10.

5. Conclusiones

1. El valor experimental del exceso de reactividad, obtenido indirectamente de la calibración de barras de control y seguridad, y que equivale a 6790 pcm, cae dentro de las evaluaciones teóricas del exceso de reactividad de MCNP4B que da como resultado 6770 (± 37) pcm. Esto nos permite validar que el modelo de cálculo teórico empleado es el más correcto diseñado para el RP10.

2. De la simulación de las posiciones de crítico experimental dadas en la tabla 2 se obtienen valores para el Keff entre 1.00075 (± 0.00026) y 1.000188 (± 0.00025). Lo que equivale a un exceso de reactividad entre los 75 (± 26) pcm y 188 (± 37) pcm. Con un mayor número de posiciones de crítico se tendrá una mejor estadística. Otra fuente de error está en la composición de las barras de control (análisis de sensibilidad en impurezas), barras de seguridad, barra fina y estructuras anexas asociadas.
3. Con fines de lograr mayor precisión y exactitud, es necesario conocer y hacer ingresar en el modelo de cálculo aquellos factores experimentales de perturbación que provocan la dispersión de valores en la posición de crítico de la barra BC1.

6. Referencias

- (1) Gerardo Lázaro, Fernando Parreño, Mariano Vela. Datos para la modelación del RP-0; Progress Report #1, Proyecto ARCAL XLIV. Julio 2000.
- (2) Gerardo Lázaro M., Fernando Parreño, Mariano Vela. Simulación con el código MCNP4B del Reactor RP-0 en su configuración N° 6; Progress Report #2, Proyecto ARCAL XLIV. Agosto 2000.
- (3) J. Briesmeister. MCNP. Monte Carlo N-Particle transport Code System. CCC-660; Oak Ridge National Laboratory.
- (4) Planos de los ECN, ECC, RG, RB; PL-01425/81f ; PL-01440/82
- (5) Planillas de calibración de barras de control del RP-10. Diciembre 1988.
- (6) M. Higa, M. Madariga. Análisis por cálculo de las experiencias físicas de la puesta en servicio del reactor peruano: RP-10. CNEA, 1988.