

08.80.12

77

## CALCULOS NEUTRONICOS PARA EL REACTOR RP-10

J. BABINO J. TESTONI

DEPARTAMENTO DE REACTORES

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA

1. OBJETIVO DEL TRABAJO

El objetivo de este trabajo es realizar un análisis desde el punto de vista neutrónico, del reactor de 10 Mw para Perú (RP-10) para dos elementos combustibles (E.C.) tipo MTR distintos.

Se calculan secciones eficaces de celda para distintos quemados, la antirreactividad del Xe-Sm, la pérdida de reactividad por quemado, la composición del combustible en función del quemado, la reactividad del sistema en diversas situaciones, distribuciones de flujo neutrónico y el valor de absorbentes colocados en las cajas de irradiación.

2. DESCRIPCION DE LOS ELEMENTOS COMBUSTIBLES

Se estudiaron dos clases de elementos combustibles tipo MTR cuyas características se describen a continuación:

| <u>Elemento combustible</u>          | <u>Tipo "a"</u>         | <u>Tipo "b"</u>         |
|--------------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Número de placas                     | 19                      | 19                      |
| Espesor de la lámina combustible     | 0.07 cm                 | 0.09 cm                 |
| Espacio entre placas                 | 0.266 cm                | 0.246 cm                |
| Longitud activa del combustible      | 61.5 cm                 | 61.5 cm                 |
| Enriquecimiento de U-235 en U        | 20%                     | 20%                     |
| Concentración de U en el combustible | 45.45%                  | 38.46%                  |
| Contenido de U-235 en el E.C.        | 190 g                   | 190 g                   |
| Densidad del combustible             | 4.259 g/cm <sup>3</sup> | 3.914 g/cm <sup>3</sup> |

Las cajas destinadas a contener barras de seguridad y de control de tipo "tenedor", son E.C. normales a los cuales se les eliminan las placas 3, 4, 16 y 17. De esta manera, las cajas para barras contienen 15 placas en lugar de 19.

3. CALCULOS DE CELDA

Los cálculos de celda se realizaron con el código METHUSELAH /1/. Se efectuaron cálculos de evolución con un ritmo de quemado de 170.87 Mwd/tonelada de combustible (t.c.), correspondiente a una configuración típica de 28 E.C. tipo "a" funcionando a 10 Mw.

En los cálculos se utilizó un "buckling" de 0.00575 cm<sup>-2</sup>, obtenido por ensayos de manera de lograr un Kef del núcleo coherente con la reactividad que resulta de un cálculo tridimensional de difusión realizado con el código PUMA /2/.

Se obtuvieron así los parámetros de celda a dos grupos, en función del quemado, necesarios para realizar un cálculo del reactor en la aproximación de difusión.

De estos cálculos surge que la antirreactividad del Xe y del Sm vale entre 4000 pcm y 4500 pcm según la situación.

En los cálculos de reactor se utilizaron constantes del reflector de grafito idénticas a las utilizadas en /3/.

Las constantes para el agua liviana, las cajas de irradiación y el agua horada fueron obtenidas mediante el código GGC-3 /4/ a partir de su biblioteca a 200 grupos de energía, utilizando el espectro de neutrones obtenido en el correspondiente medio homogéneo con una fuente de fisión de U-235.

#### 4. CALCULOS DE REACTOR

En los cálculos de reactor se tuvo en cuenta el siguiente balance de reactividad:

Valor estimado de cada sistema independiente de seguridad (par de cajas para barras) /3/, /5/ ..... 8000 pcm

Reactividad del sistema sin potencia al comienzo de un ciclo de combustible, según recomendaciones del OIEA /6/ (8000 pcm/1.25) ..... 6400 pcm

Valor aproximado de Xe-Sm ..... 4000 pcm

Reactividad disponible al principio del ciclo (para quemado o irradiación) (6400 pcm - 4000 pcm) ..... 2400 pcm

Los cálculos de reactor se llevaron a cabo principalmente con el código de difusión bidimensional EQUIPOISE /7/; utilizando un "buckling" axial de  $0.00152 \text{ cm}^{-2}$  obtenido de un cálculo de difusión tridimensional realizado con el código PUMA, para una configuración de 28 E.C. tipo "a" frescos y sin potencia, rodeados de una fila de reflectores de grafito. De este cálculo tridimensional se obtuvieron también las distribuciones axiales de flujo rápido y térmico dentro del reactor y los correspondientes factores de forma  $f_1$  y  $f_2$ ; resultando:

$$f_1 = 1.31 \quad \text{y} \quad f_2 = 1.26$$

Con el código EQUIPOISE se estudiaron dos configuraciones:

Caso 1: E.C. tipo "a", 22 E.C. normales y 6 cajas para barras (4 de seguridad y 2 de control) y 4 cajas de irradiación. 1 fila de reflectores.

Caso 2: E.C. tipo "b", 26 E.C. normales, 6 cajas para barras y 4 cajas de irradiación. 1 fila de reflectores.

Se obtuvieron los siguientes resultados:

A) Reactividad en función del quemado:

En la figura 1 se muestran los valores de reactividad en función del quemado para los casos estudiados. Puede deducirse que durante un ciclo de combustible de aproximadamente 27 días, el quemado medio del reactor varía, en el caso 1 entre 10500 y 15000 Mwd/t.c.; y en el caso 2, entre 9000 y 13500 Mwd/t.c.

B) Valores de reactividad de elementos combustibles periféricos y del ensanchamiento del reflector:

Se determinó que la substitución de una caja de irradiación por un elemento combustible significa un aumento de la reactividad del sistema de 750 pcm en el caso 1 con un quemado de 10700 Mwd/t.c. y de 460 pcm en el caso 2 con un quemado de 8840 pcm.

Asimismo, se evaluó la sensibilidad del sistema al agregado de reflector, recalculando las configuraciones mencionadas con un ensanchamiento del reflector de 3.8 cm sobre una de las paredes del núcleo. Se obtuvo para dicho cambio una ganancia de 330 pcm y 480 pcm para los casos 1 y 2 respectivamente.

C) Distribuciones de flujo neutrónico:

En las siguientes figuras se muestran -en simetría 4- los valores del flujo neutrónico rápido (valor superior) y térmico (valor inferior) en el centro de los E.C., sobre plano medio del reactor y para una potencia de 10 Mw. (En unidades de  $10^{14}$  neutrones/cm<sup>2</sup>seg).

|            |            |            |            |
|------------|------------|------------|------------|
| 3.1<br>1.1 | 2.7<br>.86 | 1.9<br>.67 | .86<br>.78 |
| 2.6<br>1.1 | 2.2<br>.78 | 1.1<br>1.3 | .58<br>.82 |
| 2.0<br>.66 | 1.7<br>.58 | .89<br>.77 | .36<br>.68 |
| .93<br>.68 | .77<br>.64 | .44<br>.61 |            |

|            |            |            |            |
|------------|------------|------------|------------|
| 2.9<br>1.0 | 2.6<br>.77 | 2.0<br>.62 | .98<br>.72 |
| 2.5<br>.98 | 2.2<br>.68 | 1.7<br>.56 | .80<br>.68 |
| 1.9<br>.59 | 1.6<br>.54 | .85<br>1.0 | .45<br>.65 |
| .90<br>.66 | .74<br>.64 | .44<br>.62 | .21<br>.51 |

 caja p/barra  
 caja irradiac.  
 reflector

Caso 1 - Q=10700 Mwd/t.c.    Caso 2 - Q=8840 Mwd/t.c.

Las reactividades correspondientes a estos casos son de 2280 pcm y 2540 pcm respectivamente, que corresponden a situaciones típicas de comienzo del ciclo de combustible.

Como puede observarse, los flujos rápido y térmico en las cajas de irradiación son de 1.1 y 1.3  $\times 10^{14}$  neutrones/cm<sup>2</sup>seg en el caso 1; y de 0.85 y 1.0 neutrones/cm<sup>2</sup> seg en el caso 2.

D) Valor de absorbentes colocados en las cajas de irradiación:

En la figura 2 se muestra el valor en reactividad de una perturbación en la sección eficaz de absorción térmica,  $\Delta\Sigma_a$ , introducida en las cajas de irradiación y el valor en reactividad del boro 10 diluido homogéneamente en las cajas de irradiación. Este cálculo se realizó substituyendo las constantes de estas cajas por las correspondientes a agua liviana con distintos grados de envenenamiento en boro 10.

Ambos cálculos se realizaron para el caso 1 con un quemado de 10700 Mwd/t.c.

Puede verse que la cantidad máxima de absorbentes que pueden colocarse en las cajas de irradiación al principio del ciclo de combustible (aquella que produce una caída de reactividad de 2400 pcm), es la que causa un aumento de  $0.04 \text{ cm}^{-1}$  en la sección eficaz de absorción térmica, o bien, la equivalente a  $180 \times 10^{-6} \text{ g/cm}^3$  diluidos homogéneamente en las cajas de irradiación.

REFERENCIAS

- /1/ R. Alpiar, AEEW - R135 (1964)
- /2/ C. Grant, CNEA-Re- en preparación
- /3/ R. Corcuera, J. Testoni, CNEA-Re-126 (1976)
- /4/ J. Adir, S.S. Clark, R. Froehlich, L. J. Todt, GA-7157 (1967)
- /5/ Informe de riesgos del RA-3 (1978)
- /6/ "Manejo sin riesgos de los conjuntos críticos y de los reactores de investigación", OIEA, Viena (1972)
- /7/ T. B. Fowler, M. L. Tobias, ORNL-3193 (1962).

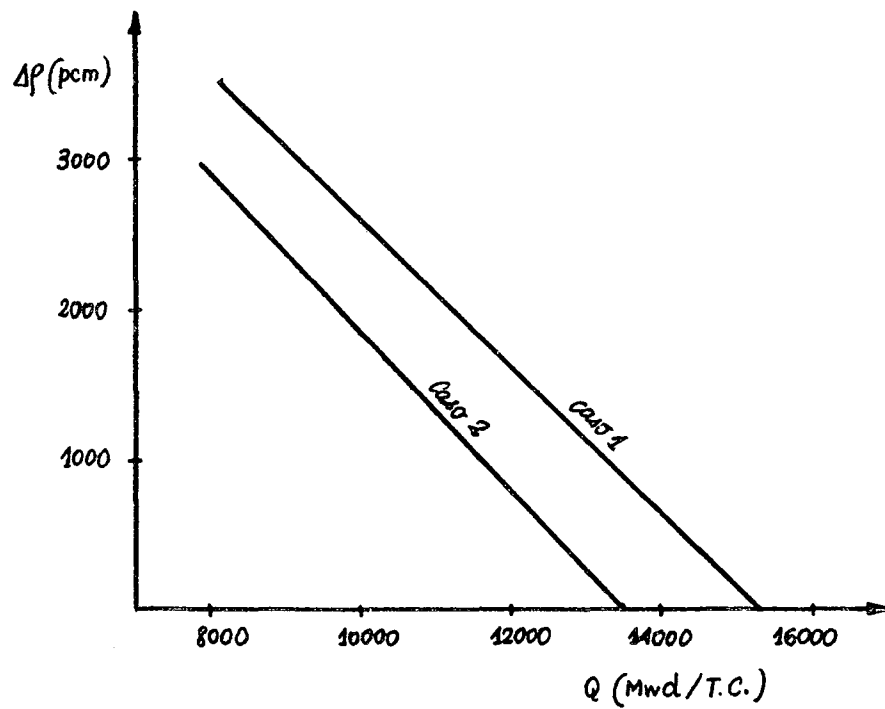


FIGURA 1: Reactividad en función del quemado medio.

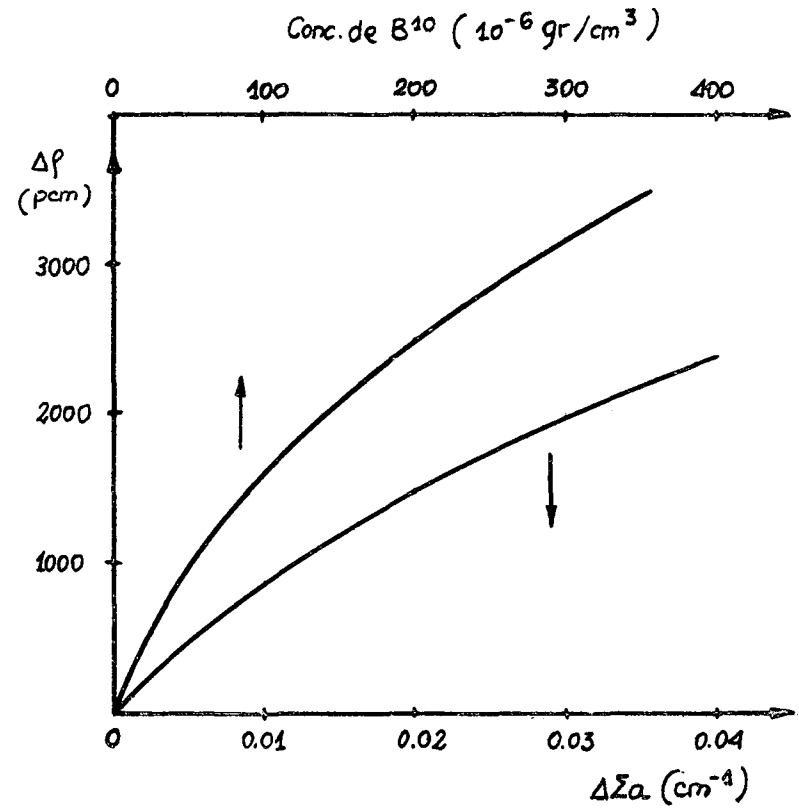


FIGURA 2: Valor en reactividad de absorbentes colocados en las cajas de irradiación.