

REACTOR RA-3: DETERMINACION DE LA INFLUENCIA DE LA PRESENCIA DE ALUMINIO EN LA PERIFERIA DEL NUCLEO SOBRE EL AHORRO POR REFLECTOR AXIAL

A. V. De Lorenzi, J. Testoni

Departamento de Reactores Nucleares  
COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA.

El objeto de este trabajo consiste en determinar la influencia de la presencia de aluminio (grillas, extremo de los elementos combustibles, etc.) en la zona superior e inferior de un reactor tipo MTR. Se toma como base para realizar los cálculos una configuración esquemática del reactor RA-3 (fig.1) considerando un grado de quemado uniforme correspondiente a una evolución de 248.7 días.

Las principales características del núcleo del RA-3 son:

- Dimensiones de los elementos combustibles: 8cm.x7.62cm.
- Espesor de la lámina combustible (MEAT): 0.052 cm.
- Ancho de la lámina combustible: 6.0 cm.
- Espesor de vaina: 0.039 cm-
- Número de placas: 19
- Enriquecimiento del Uranio: 90%
- Concentración del uranio en el combustible: 18.7%
- Densidad del Combustible: 3.16 gr/cm<sup>3</sup>

Se considera la existencia de capas horizontales de reflector de 10 cm constituidas por una mezcla homogénea de aluminio y agua contiguas al núcleo del reactor en la zona superior e inferior del mismo. Como los métodos de cálculo utilizados requieren simetría cilíndrica, es necesario definir un reactor cilíndrico equivalente al RA-3, usando como criterio de equivalencia la conservación de los volúmenes del núcleo y los reflectores axiales de grafito y aluminio-agua.

Se realizaron cálculos de difusión en geometría R-Z a tres grupos de energía

| GRUPO | Esup(ev) | Einf(ev) |
|-------|----------|----------|
| 1     | 1.000+07 | 5.530+03 |
| 2     | 5.530+03 | 0.625+00 |
| 3     | 0.625+00 | 0        |

La reactividad al sistema es de 10.229 pcm.

Con el objeto de disminuir el tiempo de cálculo se realizaron cálculos unidimensionales axiales utilizando un buckling radial igual a 0.004673, tal que reproduce el Kef obtenido en el cálculo R-Z. La validez de esta aproximación queda verificada en el hecho de que los flujos correspondientes al eje central del reactor obtenidos en el cálculo unidimensional difieren en menos del 1% de los obtenidos en el cálculo R-Z.

Se determinaron los valores del Buckling axial mediante el ajuste a una función cosenoidal (modo fundamental)  $\phi = F \cos B_z Z$  del flujo en la zona central del reactor, donde la influencia del reflector es despreciable. El ajuste se realizó con un programa que minimiza por un método iterativo la función:

$$X^2 = \sum_{i=1}^N (\phi_i - F \cos B_z Z_i)^2$$

donde  $\phi_i$  son los flujos neutrónicos correspondientes a las alturas  $Z_i$  medidas a partir del centro del reactor,  $N$  es el número de puntos tomados,  $B_z$  es el Buckling axial y  $F$  un factor de normalización,  $F = \phi_0 / \cos B_z Z_0$ , variando  $B_z$  y obteniendo así un  $B_z$  óptimo y un  $Z$  de corte,  $Z_c = \pi / 2B_z$ , ( $F \cos B_z Z_c = 0$ ). Un punto importante en este procedimiento es la determinación de la región sobre la cual se hace el ajuste, es decir, el número de puntos de flujo,  $N$ , que se consideran partiendo del centro del reactor.

El criterio utilizado para la determinación de  $N$  fue graficar  $B_z$  (o  $X^2/N$ ) en función de  $N$  y apreciar cual es el rango de la variable  $N$  para el cual el desvío respecto de una constante es pequeño (típicamente menor que 0.001 en el caso de  $B_z$ ).

El ahorro por reflector,  $\Delta H$ , se define como la diferencia entre  $Z$  de corte y la semialtura del reactor  $H/2$ .

Primero se determinaron los ahorros por reflector que se obtienen aplicando el método descrito a las distribuciones de flujo axiales correspondientes a diversos radios del reactor. Se obtienen los siguientes resultados para el flujo térmico: (fig. 2)

| RADIO(cm) | N  | Bz      | Z CORTE(cm) | $\Delta H$ (cm) | OBSERVACIONES              |
|-----------|----|---------|-------------|-----------------|----------------------------|
| 0         | 15 | 0.04014 | 39.133      | 8.38            | Núcleo                     |
| 5.828     | 12 | 0.04019 | 39.084      | 8.33            | "                          |
| 10.198    | 12 | 0.04014 | 39.133      | 8.38            | "                          |
| 15.026    | 12 | 0.04003 | 39.241      | 8.49            | "                          |
| 23.310    | 9  | 0.03808 | 41.250      | 10.50           | Interfase núcleo/reflector |
| 28.135    | 9  | 0.03733 | 42.079      | 11.33           | Centro reflector grafito   |

Se observa que dentro del núcleo los valores de Bz son poco dependientes del radio. Los valores en el reflector muestran un importante incremento.

Se agregan distintos porcentajes de aluminio al agua contigua al núcleo, estudiándose su influencia sobre el ahorro por reflector. Llamando  $\Delta \rho$  a la diferencia de reactividad entre el sistema con reflector de agua pura y uno con diferentes porcentajes de aluminio se obtiene los siguientes resultados:

| GRUPO 3 |    |         |                 |             |                 |                 |                     |  |
|---------|----|---------|-----------------|-------------|-----------------|-----------------|---------------------|--|
| % Al    | N  | Bz      | <sup>2</sup> Bz | Z CORTE(cm) | $\Delta H$ (cm) | $\Delta K_{ef}$ | $\Delta \rho$ (pcm) |  |
| 0       | 12 | 0.04034 | 1.6273E-03      | 38.939      | 8.19            | 1.11394         |                     |  |
| 12.5    | 12 | 0.04035 | 1.6281E-03      | 38.929      | 8.18            | 1.11389         | 4                   |  |
| 25      | 12 | 0.04037 | 1.6297E-03      | 38.910      | 8.16            | 1.11380         | 12                  |  |
| 37.5    | 12 | 0.04042 | 1.6338E-03      | 38.862      | 8.11            | 1.11360         | 28                  |  |
| 50      | 12 | 0.04052 | 1.6419E-03      | 38.766      | 8.01            | 1.11326         | 55                  |  |
| 62.5    | 12 | 0.04068 | 1.6549E-03      | 38.614      | 7.86            | 1.11266         | 104                 |  |
| 75      | 12 | 0.04095 | 1.6769E-03      | 38.359      | 7.61            | 1.11162         | 188                 |  |
| 87.5    | 12 | 0.04144 | 1.7173E-03      | 37.905      | 7.16            | 1.10972         | 342                 |  |
| 100     | 9  | 0.04256 | 1.8113E-03      | 36.908      | 6.16            | 1.10516         | 714                 |  |

| GRUPO 2 |   |         |                 |             |                 |  |
|---------|---|---------|-----------------|-------------|-----------------|--|
| % Al    | N | Bz      | <sup>2</sup> Bz | Z CORTE(cm) | $\Delta H$ (cm) |  |
| 0       | 9 | 0.04035 | 1.6281E-03      | 38.929      | 8.18            |  |
| 12.5    | 9 | 0.04034 | 1.6273E-03      | 38.939      | 8.19            |  |
| 25      | 9 | 0.04038 | 1.6305E-03      | 38.900      | 8.15            |  |
| 37.5    | 9 | 0.04043 | 1.6346E-03      | 38.852      | 8.10            |  |
| 50      | 9 | 0.04052 | 1.6419E-03      | 38.766      | 8.02            |  |
| 62.5    | 9 | 0.04068 | 1.6549E-03      | 38.614      | 7.86            |  |
| 75      | 9 | 0.04093 | 1.6753E-03      | 38.378      | 7.63            |  |
| 87.5    | 9 | 0.04143 | 1.7164E-03      | 37.915      | 7.16            |  |
| 100     | 9 | 0.04255 | 1.8105E-03      | 36.917      | 6.17            |  |

| GRUPO 1 |    |         | 2          | Z CORTE (cm) | $\Delta H$ (cm) |
|---------|----|---------|------------|--------------|-----------------|
| % AL    | N  | Bz      | Bz         |              |                 |
| 0       | 15 | 0.04031 | 1.6249E-03 | 38.968       | 8.22            |
| 12.5    | 15 | 0.04037 | 1.6297E-03 | 38.910       | 8.16            |
| 25      | 15 | 0.04036 | 1.6289E-03 | 38.920       | 8.17            |
| 37.5    | 15 | 0.04040 | 1.6322E-03 | 38.881       | 8.13            |
| 50      | 15 | 0.04051 | 1.6411E-03 | 38.776       | 8.03            |
| 62.5    | 15 | 0.04066 | 1.6532E-03 | 38.663       | 7.88            |
| 75      | 12 | 0.04091 | 1.6736E-03 | 38.397       | 7.65            |
| 87.5    | 12 | 0.04138 | 1.7123E-03 | 37.960       | 7.21            |
| 100     | 9  | 0.04235 | 1.8088E-03 | 36.934       | 6.18            |

En la figura 3 se ven las distribuciones axiales del flujo térmico para distintas proporciones de aluminio en los reflectores axiales.

Se observa en la figura 4 que la reactividad aumenta con el porcentaje de aluminio agregado. Hasta un agregado del 50% de aluminio en agua la influencia es menor que 55 pcm, y el valor de reactividad de la sustitución de las capas de agua por aluminio (10 cm de espesor) de alrededor de 700 pcm. Si se compara la variación del buckling con un dado incremento del porcentaje de aluminio en los distintos grupos de energía, no se observan diferencias significativas en la variación correspondiente del ahorro por reflector.

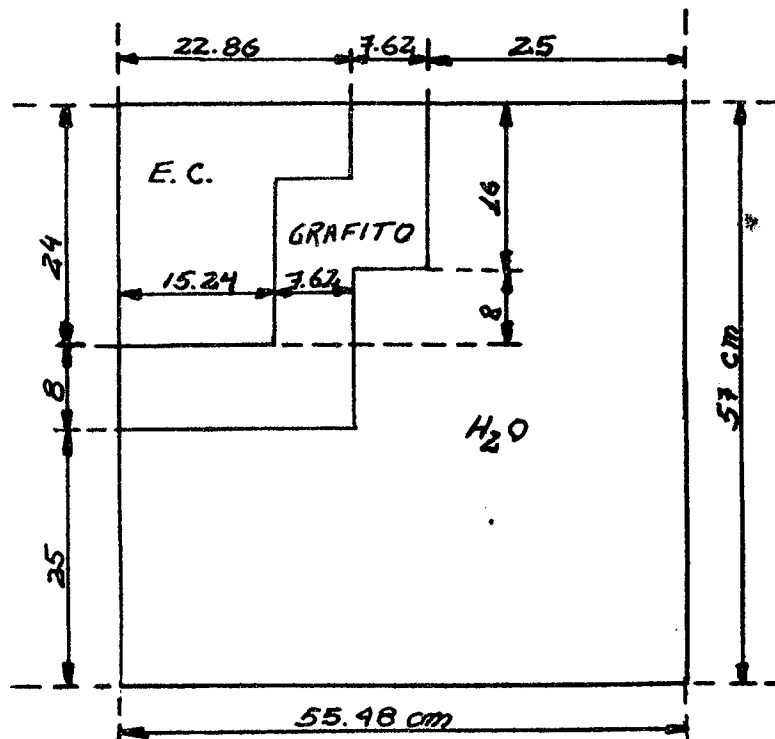


FIGURA 1: Esquema de la configuración del reactor RA-3

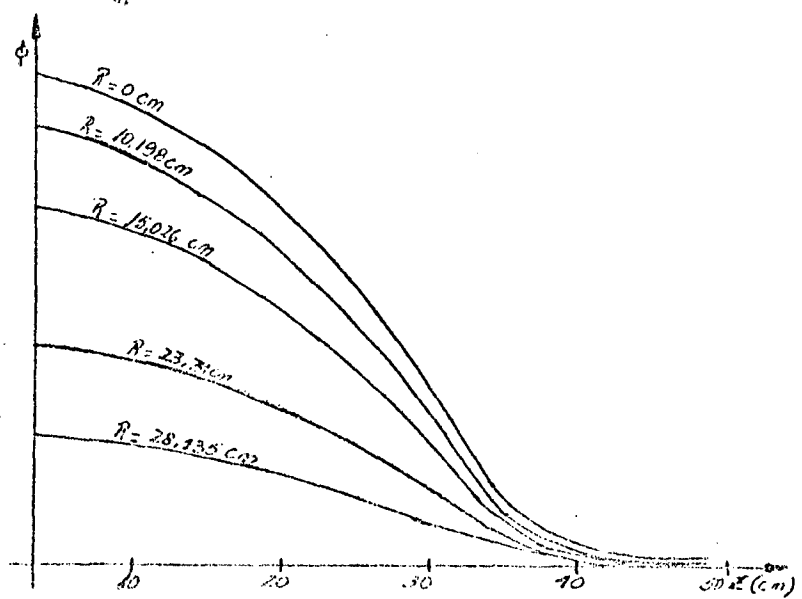
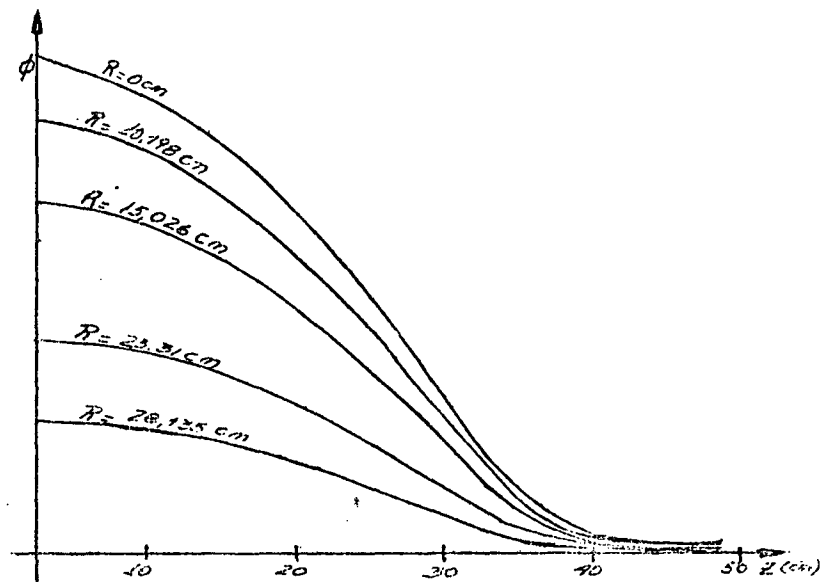
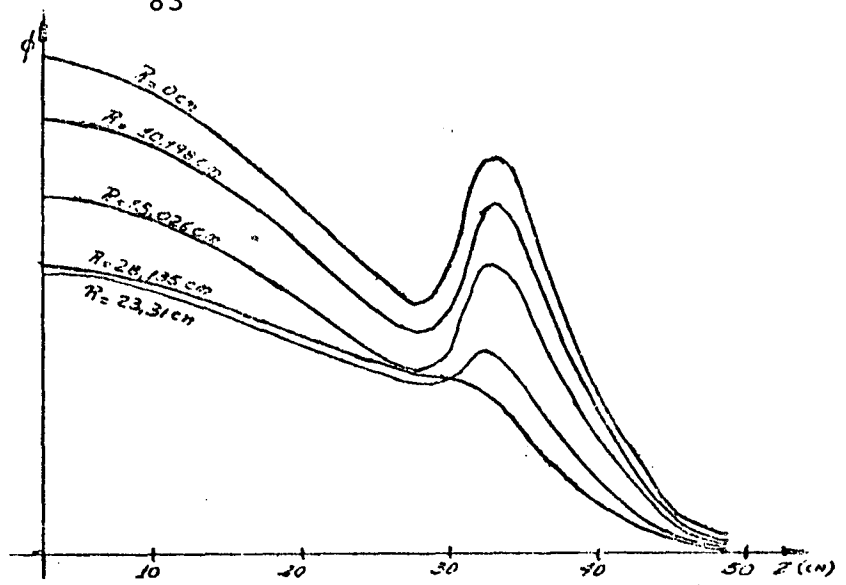


FIGURA 2: Distribución axial del flujo térmico, epitérmico y rápido para diversos radios del reactor.

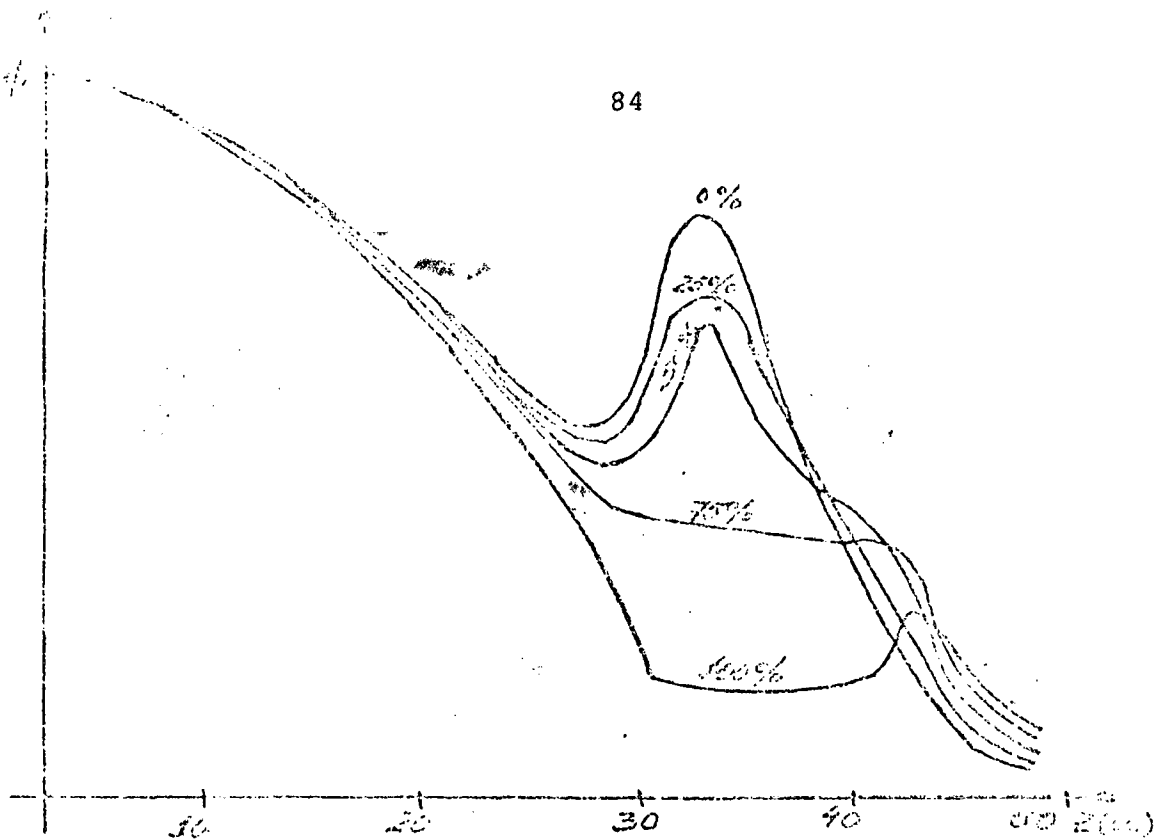


FIGURA 3

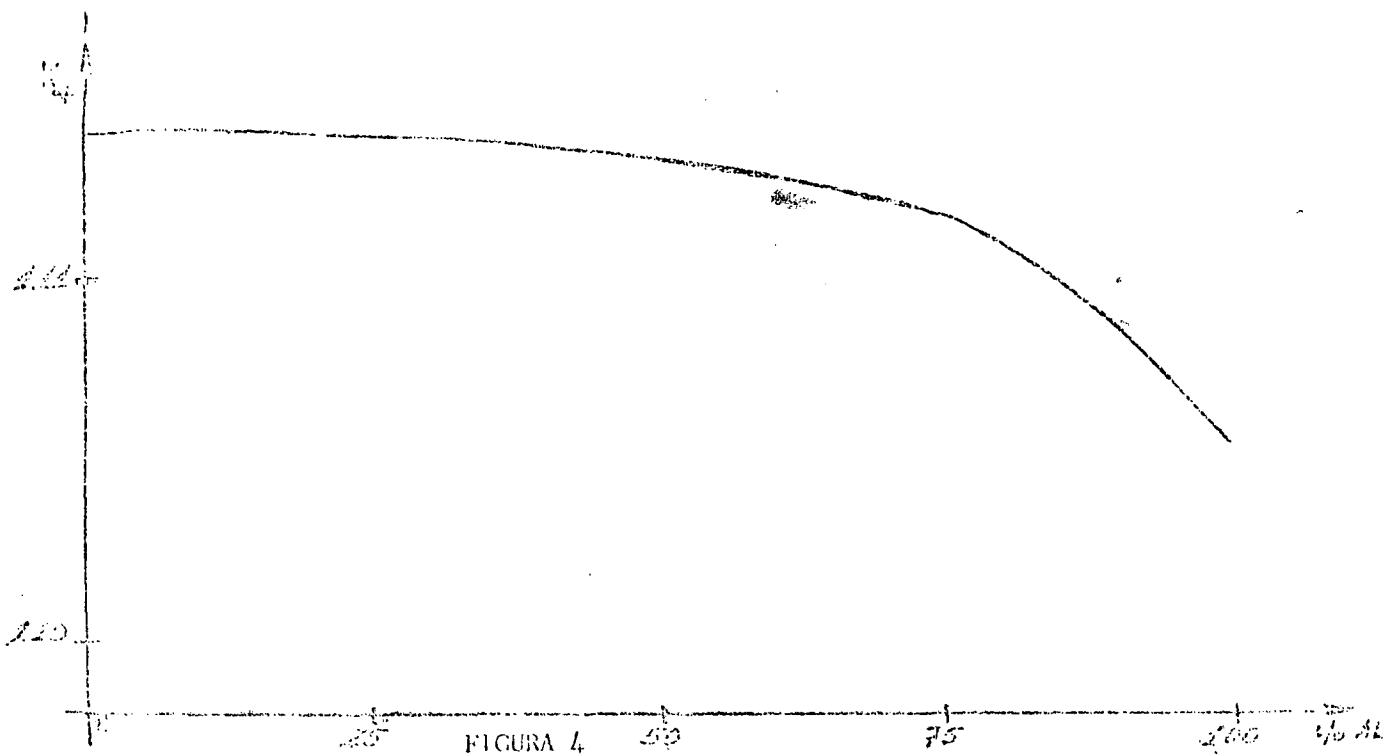


FIGURA 4

FIGURA 3: Distribuciones axiales del flujo térmico para distintas proporciones de aluminio en los reflectores axiales

FIGURA 4: Efecto de la presencia de aluminio sobre el K efectivo