

MODELO DE CALCULO NEUTRONICO PARA EL REACTOR RA-6 DEL CAB^{1/}

M.J. Abbate, F. Casali[#] y F. Leszczynski
Centro Atómico Bariloche* - Instituto Balseiro⁺

1. GENERALIDADES

Se ha desarrollado un modelo de cálculos neutrónicos del reactor de investigación RA-6, del Centro Atómico Bariloche, actualmente en construcción.

Sus principales aplicaciones son: evaluar los efectos de eventuales modificaciones que puedan efectuarse, proyectar experimentos, y realizar prácticas en proyectación neutrónica y elaboración de datos experimentales por parte de los estudiantes de Ingeniería Nuclear.

El RA-6 es del tipo MTR (Material Testing Reactor). La potencia máxima para la cual está diseñado es de 500 Kw. Esto implica poder obtener flujos del orden de los 10^{13} ns./cm²sec).

Aunque los elementos combustibles aún no tengan un diseño definitivo, se toman como referencia algunos de reactores MTR típicos. (ver Figs. (1) y (2))

2. MODELO DE CALCULOS

El modelo de cálculos desarrollado tiene en cuenta la limitación de la computadora del CAB (IBM 360/44) pero es bastante flexible para ser utilizado en una computadora más grande.

Los principales pasos seguidos son:

a) Cálculo de constantes microscópicas a 10 grupos energéticos.

Se obtuvo una biblioteca de secciones eficaces a diez grupos energéticos (4 rápidos y 6 térmicos, energía de corte: 0.683 ev) utilizando el código GGTC actualmente en uso en el Centro Atómico Constituyentes.

Los cálculos fueron hechos considerando un núcleo típico con enriquecimiento del 20 %.

b) Cálculo de constantes de celda a 10 grupos energéticos.

Los límites de los grupos térmicos fueron elegidos de tal manera que los ritmos de absorción ("absorption rates") sean aproximadamente iguales en cada grupo térmico.

Los elementos combustibles MTR tienen geometría (x,y) con dos grados de heterogeneidad (placas y marco), por lo tanto es necesario hacer un tratamiento especial ya que en el CAB se cuenta, para este tipo de cálculos, solamente con el código uni-dimensional ANISN. El procedimiento seguido se muestra en las figuras (3) y (4). La aproximación utilizada fue la S8.

c) Obtención de las constantes macroscópicas del reactor a dos grupos energéticos.

Estas constantes fueron obtenidas de dos maneras diferentes:

-condensando las constantes de celdas homogeneizadas de 10 a 2 grupos, en el paso b).

-haciendo un cálculo del reactor en geometría cilíndrica (con ANISN, 10 grupos energéticos y aproximación S4) y condensando las constantes a dos grupos en el espectro del reactor (tres zonas en el núcleo, reflector de grafito y reflector de agua liviana).

^{1/} Auspiciado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.

[#] Centro di Calcolo - CNEN - Bologna. Experto del OIEA.

* Comisión Nacional de Energía Atómica

+ Comisión Nacional de Energía Atómica y Universidad Nacional de Cuyo.

d) Obtención del K_{eff}

El cálculo del K_{eff} se realizó con el código EQUIPOISE (difusión, 2 dimensiones, 2 grupos energéticos) en geometría (x,y) donde la tercera dimensión es tenida en consideración con un "buckling" axial.

Se realizaron dos tipos de cálculos:

- con " B_z " constante para todos los grupos energéticos y regiones espaciales, obtenido con cálculos EQUIPOISE en (r,z) con y sin reflector axial. En el caso sin reflector axial se encontró la altura del reactor con la cual se consiguió el mismo valor del K_{eff} que el encontrado con el reflector axial.
- haciendo un "fiteo" con la función $A \cdot \cos(B_z) \cdot z$ del flujo neutrónico para cada zona y grupo energético, relativo al cálculo de reactor reflejado axialmente (se utilizó el programa FITEO). Los valores de los B_z^2 obtenidos se muestran en la Tabla 1.

TABLA 1

TIPO ELEMENTO	GRUPO ENERGIA	$B_z^2(G,R) (x10^3 \text{ cm}^{-2})$			$B_z^2 (10^3 \text{ cm}^{-2})$ Global
		CB	CN	C	
1	Rápido	1.53	1.49	1.54	1.47
	Térmico	1.51	1.41	1.18	
2	Rápido	1.59	1.58	1.64	1.56
	Térmico	1.55	1.50	1.24	

Los valores del K_{eff} obtenidos para el elemento del tipo 1 (i) son:

- a) K_{eff} con constantes a 2 grupos con efecto reactor y $B_z^2(G,R) = 1,0470$
 b) K_{eff} " " " " " " " " B_z^2 global = 1.0456
 c) K_{eff} " " " " " celda y " " = 1.0645

donde:

En los casos las constantes para el grafito y el agua son las mismas.

De estos cálculos se puede ver que entre los cálculos a) y b) no hay una diferencia importante, por lo cual no es necesario recurrir al "fiteo" del flujo para hallar el "buckling" dependiente de la energía y de las zonas.

En cambio, entre los cálculos obtenidos con las constantes de la condensación de 10 a 2 grupos con el flujo de la celda (c)) y con el del reactor (b)), hay una diferencia notable (para el tipo 1 es más de 1.500 pcm).

3. APLICACIONES

Se ha determinado la influencia de la variación de las características del reflector de grafito sobre la reactividad. (∇)

Para ello, se hicieron dos tipos de cálculos:

- con grafito y agua en distintas proporciones (curvas A.Figs.(5) y (6)).
- con grafito revestido de aluminio (3 mm de espesor) y agua en distintas proporciones (curvas B - Figs. (5) y (6)).

De estos cálculos se puede notar que el aluminio del revestimiento ab

(i) Los valores del K_{eff} para el elemento del tipo 2 se están procesando.

sorve una reactividad máxima de 1750 pcm en el elemento tipo 1 y 1250 pcm en el elemento tipo 2.

Además se puede ver que un material plástico, que no sufra daño excesivo por radiación y que tenga una razón C/H suficientemente alta, puede llegar a sustituir el reflector de grafito envainado en aluminio.

También, podría estudiarse la utilización de agua pesada en lugar de grafito como reflector.

La optimización de los distintos parámetros variables en los códigos utilizados en los cálculos (número de grupos energéticos, número de intervalos espaciales, orden de S_N , orden de P_N , etc.) es parte del Trabajo Especial del alumno de Ingeniería Nuclear G. Coscia).

Se debe notar que los cálculos de K_{eff} se hicieron sin considerar los terminales de aluminio y grilla, que se encuentran en la zona del reflector del reactor.

CONCLUSIONES

El modelo de cálculos, por lo expuesto en este trabajo, resulta de utilidad para los fines propuestos.

Queda demostrado que la mejor forma de obtener las constantes a dos grupos energéticos, es condensando con el espectro del reactor y no con el de celdas.

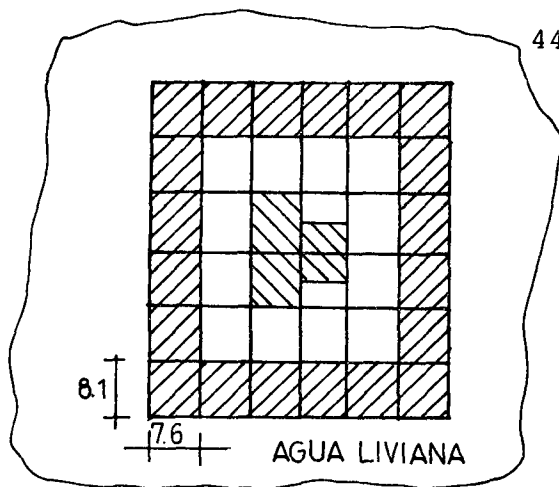
Una aplicación interesante del modelo es el estudio de la posibilidad del reemplazo de las cajas de reflector de grafito por un material plástico con alto contenido de carbono, lo cual resulta factible, sin tener en cuenta los problemas del daños por radiación.

Se demuestra también que el aluminio produce una apreciable disminución del valor de la reactividad, por lo cual sería conveniente estudiar la posibilidad de disminuir el espesor de las paredes de este material en las cajas de reflector de grafito.

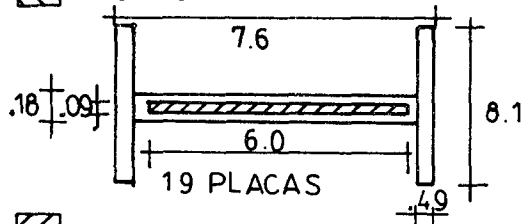
Para tener una probada confiabilidad en este modelo de cálculo, sería necesario hacer una comparación con resultados experimentales.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la colaboración del Dr. Testoni, y de los licenciados Babino y Madariaga de la Div. Cálculo y Análisis del Depto. de Reactores (CAC) en el envío de datos relativos a los elementos combustibles y obtención de la biblioteca a diez grupos energéticos con el programa GGTC.



- Reflector de grafito
 Combustible normal
 Cajas para barras de control



- "Meat"
 Vaina y marco

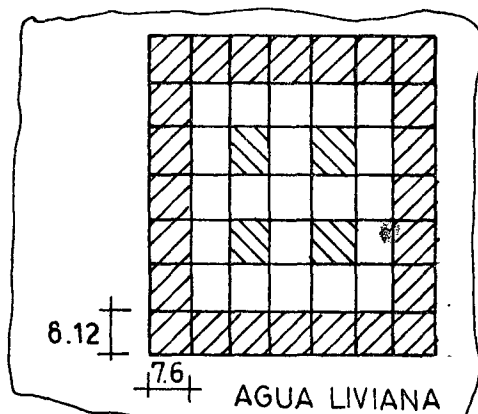
a)

	"MEAT"
U235	7.7150E-4
U238	3.0479E-3
Al	4.7497E-2
B10	4.7100E-7
O	1.0199E-2
Fe	1.1400E-4
	VAINA Y MARCO
Al	5.9988E-2
Fe	1.4568E-4
B10	3.2490E-7
	H ₂ O
H	6.6284E-2
O	3.3142E-2

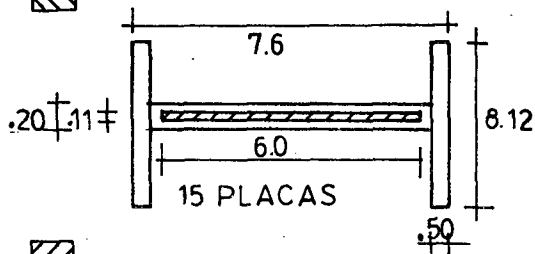
b)

Figura 1

- a) Configuración típica de los elementos combustibles tipo 1 y dimensiones.
 b) Densidades atómicas (ats/(cm.barn)) de los elementos combustibles tipo 1.



- Reflector de grafito
 Combustible normal
 Cajas para barras de control



- "Meat"
 Vaina y marco

a)

	"MEAT"
U235	8.203E-4
U238	3.240E-2
Al	4.9344E-2
B10	4.5850E-7
	VAINA Y MARCO
Al	6.060E-2
B10	3.249E-7
	H ₂ O
H	6.6289E-2
O	3.3144E-2

b)

Figura 2

- a) Configuración típica de los elementos combustibles tipo 2 y dimensiones.
 b) Densidades atómicas (ats/(cm.barn)) de los elementos combustibles tipo 2.

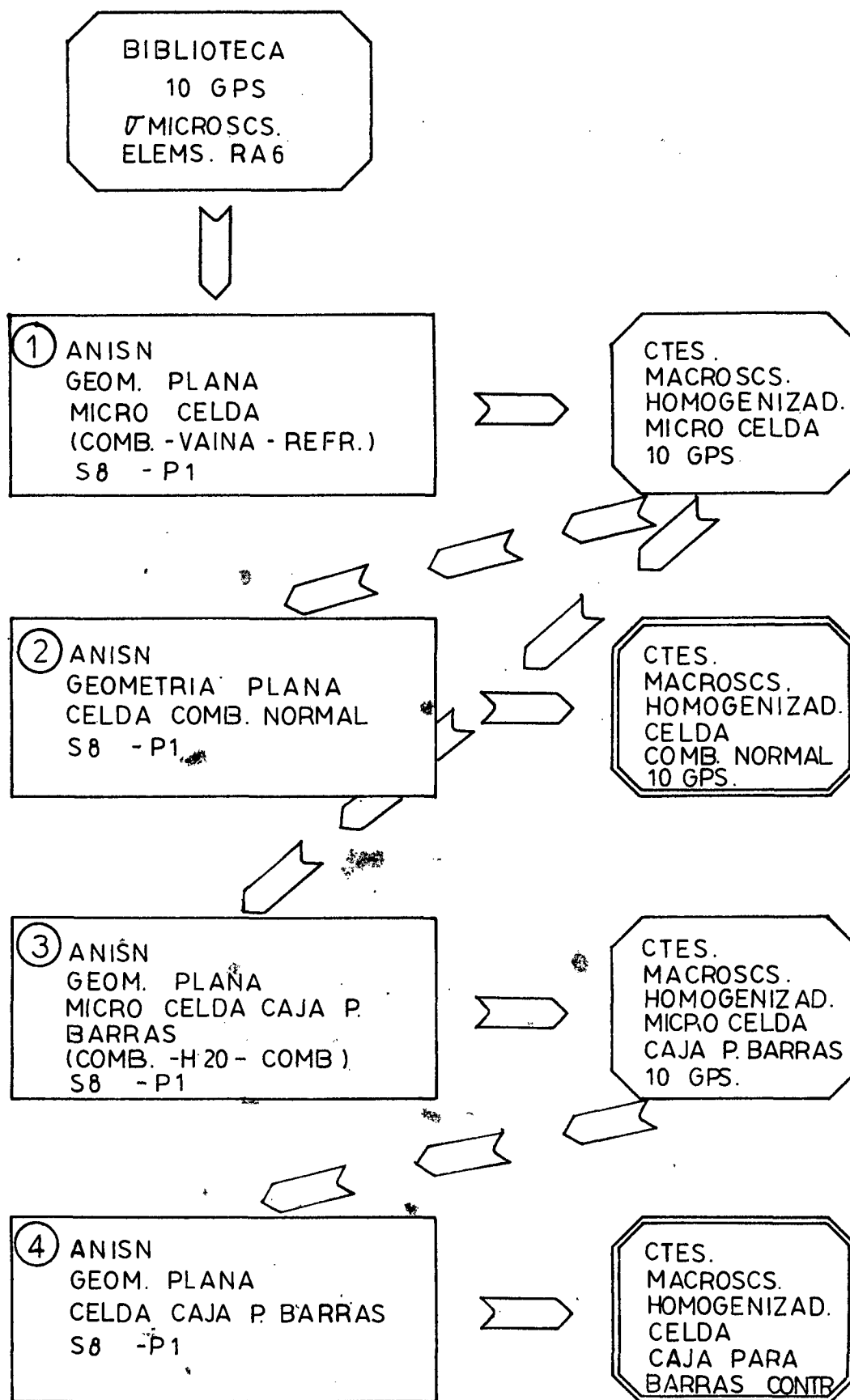
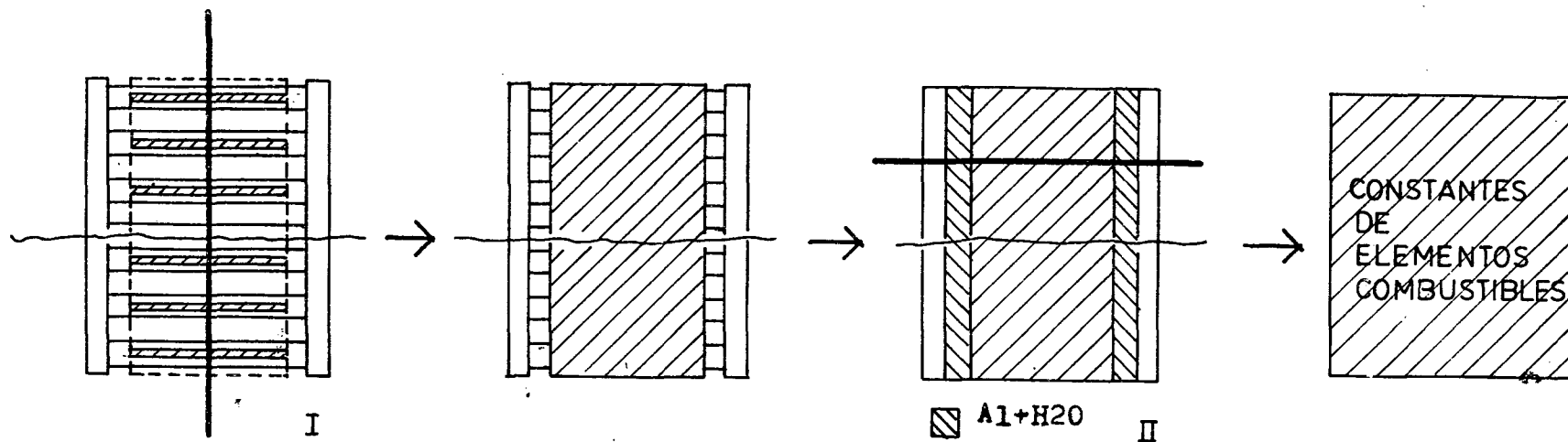
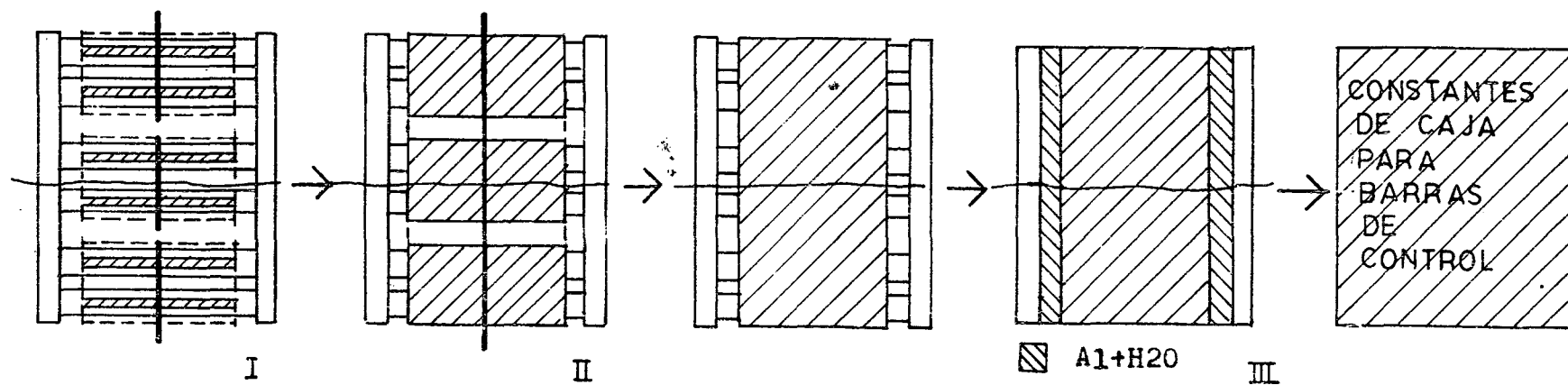


Figura 3

Esquema de cálculos de celdas del RA-6.



a) Elemento combustible normal



b) Caja para barras de control

Figura 4

Esquemas de los pasos seguidos en los cálculos de celda de elementos combustibles y cajas para barras de control.

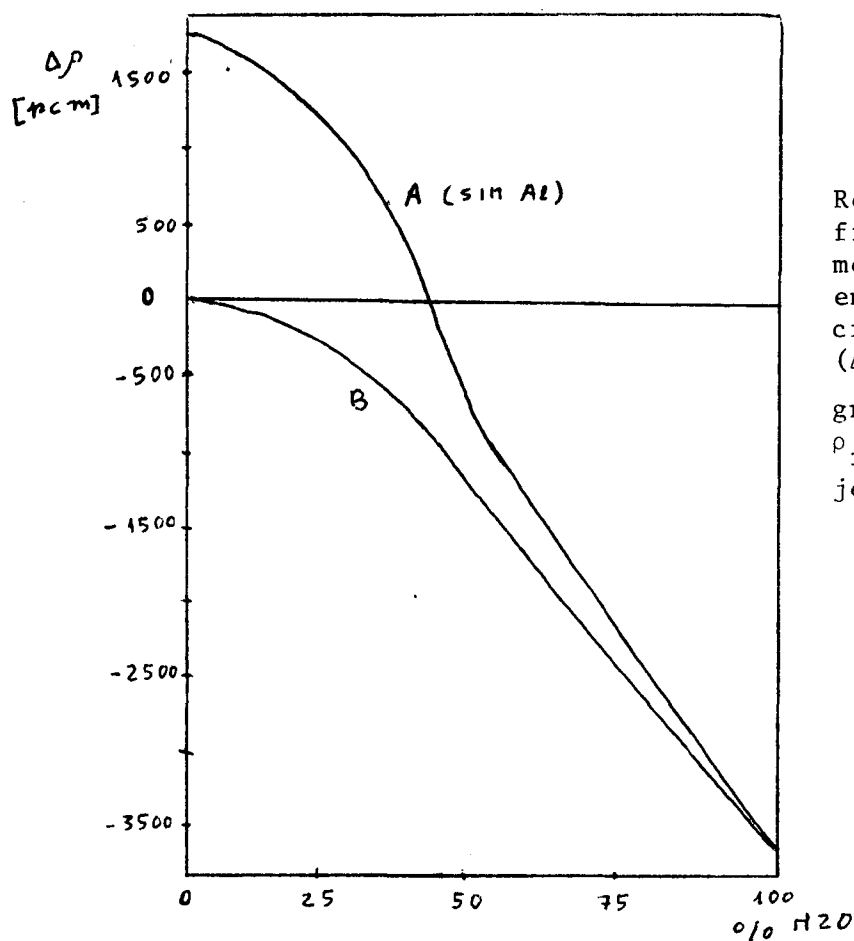


Figura 5

Reactividad relativa (con configuración típica para elementos combustibles tipo 1), en función de la concentración de H_2O en el reflector ($\Delta\rho = \rho_1 - \rho_i$; ρ_1 = Cajas de graf. con Al. normales; ρ_i = Con distintos porcentajes de H_2O).

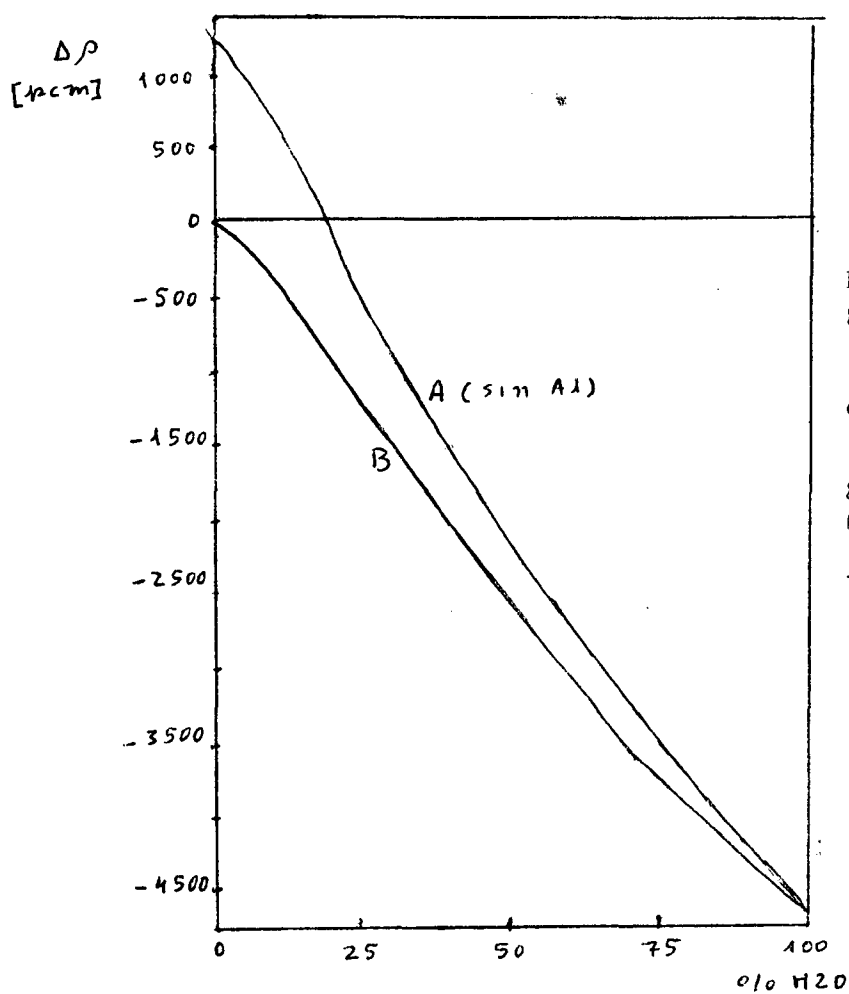


Figura 6

Reactividad relativa (configuración típica para elementos combustibles tipo 2), en función de la concentración de H_2O en el reflector ($\Delta\rho = \rho_1 - \rho_i$; ρ_1 = Cajas de graf. con Al. normales; ρ_i = Con distintos porcentajes de H_2O).