

REVISIONES	
Nº	AÑO
1	1980

REEMPLAZO DE LA BARRA ESTRUCTURAL DEL ELEMENTO COMBUSTIBLE DE LA CENTRAL NUCLEAR ATUCHA POR UNA BARRA DE UO_2 . EFECTO SOBRE LA REACTIVIDAD Y EL QUEMADO MEDIO DE SALIDA.

S.A. MAKLER y J.E. VOLKIS

DEPARTAMENTO DE REACTORES

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA.

1.- INTRODUCCION.

Como parte del proyecto de mejoras al diseño del elemento combustible de la C.N.A., encarado por el Departamento de Combustibles, se encuentra en estudio el reemplazo de la barra estructural del elemento combustible por una barra de UO_2 idéntica a las restantes. En relación con este proyecto, se analizó el efecto de la modificación mencionada en el exceso de reactividad del reactor y en el quemado medio de salida del combustible.

2.- CALCULOS PRELIMINARES.

Se realizaron cálculos con los programas de celda HEROIC, COCAP y WIMS.

HEROIC permite un tratamiento detallado de la geometría del elemento combustible, pues resuelve la ecuación de transporte en geometría bidimensional con el método de probabilidades de colisión. Este programa requiere largos tiempos de procesamiento para elementos combustibles de muchas barras y baja simetría, como es el caso del combustible tipo Atucha con sus 37 barras y la asimetría dada por la barra estructural.

No es factible entonces realizar con el un estudio de la variación de reactividad con el quemado, lo cual es necesario para determinar la diferencia de quemado medio de salida del combustible que origina la modificación propuesta. Por esta razón se utilizó HEROIC en algunos cálculos de referencia para verificar los que luego se realizaron con COCAP y WIMS. Con respecto a este último se utilizó la opción WDSN, pues la opción PIJ, de teoría similar a la de HEROIC, no se encuentra en funcionamiento. COCAP y la opción de WIMS mencionada realizan un tratamiento geométrico más sencillo y son por lo tanto más rápidos.

En un primer análisis fueron utilizados tanto COCAP como WIMS, ya que estando basados en teorías distintas y teniendo diferente biblioteca datos nucleares, resultados coincidentes avalan el análisis.

Los cálculos con HEROIC se realizaron solo para el núcleo fresco. Con este código se hicieron dos cálculos preliminares: a) con el elemento combustible actual y b) reemplazando la barra estructural por una barra de UO_2 . SE obtuvo como resultado que este reemplazo origina una disminución de 18 pcm en el exceso de reactividad del reactor.

Esta diferencia se obtiene como resultado de dos hechos simultaneos: a) se quita la barra estructural y b) se introduce una barra adicional de UO_2 . Para analizar estos dos efectos separadamente se realizó un cálculo con 36 barras de UO_2 , sin incluir la estructural. Los resultados muestran que la barra estructural introduce una reactividad de -82pcm, mientras que la que introduce la barra de UO_2 es de -100pcm, dando la suma de ambos efectos los 18 pcm mencionados.

Para analizar los cálculos con COCAP y WIMS (opción WDSN) es necesario introducir aproximaciones, dado que estos programas no permiten considerar una barra de distinta naturaleza a las restantes de la misma corona, y distribuyen equiespaciadamente las barras en los anillos de combustible.

El caso sin barra estructural se aproximó equiespaciando las 17 barras de UO_2 de la corona externa. En el caso con barra estructural, ésta se simuló incorporando el zircaloy de la misma a las vainas de las barras de la corona externa. Estas aproximaciones se utilizaron en cálculos con el programa HEROIC y se compararon con los resultados del modelo real.

Comparando el caso de barras equiespaciadas con el real se ve que la reactividad no se modifica. Por otra parte, el valor de la barra estructural con la aproximación mencionada es de 73 pcm en lugar de 82 pcm como se obtuvo con el modelo más preciso. La diferencia se explica por el hecho de que el flujo térmico en la zona que rodea al combustible es menor que en la zona donde está realmente ubicada la barra y por lo tanto es menor la importancia del absorbente. Siendo la diferencia pequeña se considera que el modelo aproximado es adecuado.

Los valores consignados en la Tabla 1 muestran que las diferencias de reactividad calculadas por COCAP y WIMS son del mismo signo que las obtenidas con HEROIC. Por otro lado, teniendo en cuenta que se están estudiando pequeñas diferencias de reactividad y que los programas utilizados emplean distintas teorías y datos nucleares, se considera que el acuerdo de los resultados es bueno.

3.- CALCULO DEL QUEMADO DE SALIDA

Los cálculos descriptos anteriormente se realizaron para núcleo fresco y con el objeto de elegir una herramienta útil para el análisis.

Como hemos visto se produce una variación de reactividad al reemplazar la barra estructural y esto ocasiona una variación en el quemado de salida del combustible. Para estudiar este efecto se calculó con el programa COCAP el exceso de reactividad para un dado quemado para ambas situaciones. El exceso de reactividad para un dado quemado que calcula COCAP es el correspondiente a un reactor en el cual todos los elementos combustibles tienen ese quemado. En realidad ese quemado de los elementos combustibles varía entre cero y un valor máximo. Esta situación puede simularse a partir de los resultados de cálculos de celda promediando la variable de interés entre cero y el quemado máximo. Es decir:

$$X(Q_m) = \frac{1}{Q_m} \int_0^{Q_m} X(Q) dQ$$

Donde:

X = variable de interés (ρ en nuestro caso)

Q = quemado

Q_m = quemado máximo

En la Tabla 2 se muestran los valores promediados de exceso de reactividad en función del quemado para elementos combustibles de 36 y 37 barras y para elementos combustibles de 36 barras con barra estructural. Puede verse en esta tabla que hasta un quemado máximo de aproximadamente 5000 MWd/TU, el elemento combustible con 36 barras y barra estructural da como resultado una reactividad mayor que el de 37 barras.

La situación se invierte a partir de este valor.

El quemado de salida para ambos elementos combustibles puede determinarse interpolando en las columnas b y c de la tabla 2 para el valor de reactividad por debajo del cual el reactor deja de ser crítico.

Teniendo en cuenta las absorciones no consideradas en el cálculo de celda, el valor mínimo de exceso de reactividad es de alrededor de 1300 pcm. De la Tabla 2 se obtiene para este exceso de reactividad y para el elemento combustible de 36 barras con estructural, un quemado de salida de 6400 MWd/TU. Este valor está en excelente acuerdo con el 6230 ± 150 MWd/TU obtenido de cálculos del reactor de Atucha con un modelo tridimensional.

Haciendo la misma interpolación para el elemento combustible de 37 barras, se obtiene un quemado de salida superior en aproximadamente 20 MWd/TU. Se hace notar que esta ganancia proviene de una diferencia de reactividad a favor del elemento combustible de 37 barras de aproximadamente 15 pcm para un quemado máximo de 6400 MWd/TU, diferencia que esta dentro del error de los cálculos ya que es del orden de las diferencias de resultados entre programas.

Se concluye que la modificación propuesta no introduce una variación apreciable en el quemado medio de salida del combustible.

Se destaca que los resultados obtenidos y expuestos a este trabajo, corresponden estrictamente a la parte que se encargó estudiar y que los mismos no determinan por sí solos la factibilidad del proyecto encarado. El Departamento Combustibles Nucleares, a través de su

Proyecto IECA, será quien luego de evaluar este y otros trabajos relacionados determine en definitiva la factibilidad técnico-económica del reemplazo del elemento combustible de 36 barras por el de 37.

TABLA 1

Diferencias de reactividad calculadas con HEROIC, COCAP y WIMS (para núcleo fresco).

	$\Delta\rho_1$ (pcm)	$\Delta\rho_2$ (pcm)	$\Delta\rho_3$ (pcm)
HEROIC	100	18 27*	82 73*
COCAP	123	49	74
WIMS	89	23	66

$$\Delta\rho_1 = \rho_{ef} \text{ (36 barras)} - \rho_{ef} \text{ (37 barras)}$$

$$\Delta\rho_2 = \rho_{ef} \text{ (36 barras con barra estructural)} - \rho_{ef} \text{ (37 barras)}$$

$$\Delta\rho_3 = \rho_1 - \rho_2 = \text{valor de la barra estructural}$$

* Con vainas engrosadas (ver Sección 2).

TABLA 2

Valores Promediados de excesos de reactividad (en pcm) en función del quemado.-

ρ_m MW/TU	a 36 barras	b 36 barras con barra estruc.	c 37 barras	e Valor de la barra 37 (a-c)	f Valor de la barra estruc. (a-b)	g (b-c)
0	3061	2987	2938	123	74	49
50.1	2706	2632	2583	123	74	49
100.3	2471	2397	2350	121	74	47
200.6	2318	2244	2198	120	74	46
300.9	2327	2254	2210	117	73	44
501.5	2498	2425	2385	113	73	40
802.3	2799	2728	2694	105	71	34
1204	3109	3040	3011	98	69	29
1605	3306	3238	3213	93	68	25
2006	3411	3343	3322	89	68	21
2507	3414	3348	3330	84	66	18
3009	3316	3251	3236	80	65	15
4012	2919	2854	2847	72	65	7
5015	2345	2282	2283	62	63	-1
6017	1676	1613	1624	52	63	-11
8023	166	105	138	28	61	-33
10029	-1425	-1485	-1428	3	60	-57