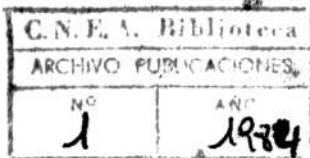


POSIBLES ELEMENTOS COMBUSTIBLES DE BAJO ENRIQUECIMIENTO
PARA EL REACTOR RA3



M. Maderiaga y J. Testoni
Departamento Ingeniería de Reactores
Gerencia de Ingeniería
Comisión Nacional de Energía Atómica

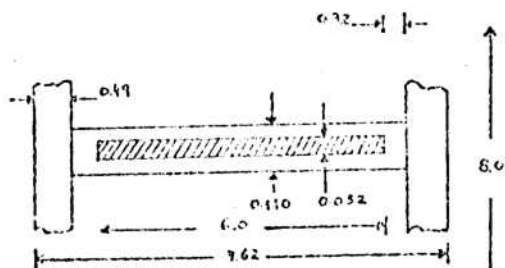
Ultimamente existe a nivel mundial un movimiento que propicia la conversión de reactores que funcionan con combustible altamente enriquecido en U235, como es el caso del reactor RA3, para que puedan operar con combustible de bajo enriquecimiento (aproximadamente 20% en U235).

En el estudio del rediseño del reactor RA3 se adoptó el criterio de conversión que impone la conservación de la duración del ciclo de recambio de combustible. La duración del ciclo actual es de 20 días. Al finalizar cada ciclo se extrae el elemento combustible más quemado y se introduce un elemento combustible fresco.

La metodología de cálculo utilizada fué expuesta en un trabajo anterior (1).

La configuración del reactor que se consideró en el cálculo es la Conf. N° 91 en uso durante el mes de octubre de 1979. Esta configuración consta de 22 elementos combustibles normales y 5 de control, 6 cajas de irradiación y un reflector de 23 bloques de grafito.

En la figura 1 se esquematiza el elemento combustible del reactor RA3.



19 placas - altura = 61.5

Figura 1 : EC nominal del RA3, medidas en cm.

Un cm^3 del material combustible actual incluye 0.535 gr de U235, 0.059 gr de U238, y 2.48 gr de Al agregados en forma de aleación. Al pasar de un enriquecimiento del 90% al 20%, si pretendemos al menos conservar la masa de U235, que es la fuente principal de fisiones, nos veremos obligados a incrementar la

masa de U238 en un factor próximo a 40. Este hecho introduce inconvenientes en cuanto a la economía neutrónica, debido al poder absorbente del U238 y a la factibilidad tecnológica de lograr un material en el que el componente uranio esté presente con densidades en el rango de 2.5 a 3.5 gr/cm^3 . La aleación Al-U debe ser abandonada y sustituida por compuestos del tipo $\text{Al}_x\text{-U}$, $\text{O}_3\text{U}_8\text{-Al}$, UO_2 y U_3Si .

RA3 - 3.5 MW x 20 DIAS

ENR. U235	REFL.	Nº PLACAS x ESPEJOR (cm)	DENSIDAD DE URANIO EN EL COMBUSTIBLE (gr/cc)	m ²³⁵ /EC (fresco) (gr)	m ²³⁵ REMANENTE (gr)	QUEMADO DE EXTRACCION (%)	m ²³⁵ /EC _{oper.} (gr)	g ²³⁵ /g ²³⁸ (caja irradiada)	POTENCIA MAXIMA (MW)
908	GRAF.	19x.052	0.594	195.0	124.6	36.1	0.30	-	5.50
202	G R A F I T O	19x.052	3.09	225.4	157.0	30.5	4.82	0.93	5.50
		19x.072	2.43	245.6	177.0	27.9	5.22	0.93	6.12
		19x.100	2.00	280.4	211.7	24.5	5.92	0.93	6.75
		18x.080	2.28	242.6	174.2	28.3	5.16	0.93	5.80
		18x.100	2.00	265.7	197.0	25.8	5.59	0.93	6.25
		18x.126	1.86	311.0	242.1	22.2	6.37	0.92	6.64
		19x.052	2.73	196.8	129.8	34.7	4.51	1.10	5.50
		19x.072	2.08	209.9	140.8	32.9	4.92	1.11	6.12
		19x.100	1.66	232.5	163.1	29.8	5.52	1.12	6.75
			S E R I L I O						

Table I

En la tabla I se dan características del elemento combustible de referencia (90%) y de posibles opciones para elementos combustibles de bajo enriquecimiento (20%).

Con el objeto de introducir sólo cambios menores, que eviten inconvenientes prácticos, como los que acarrearían cambios en las dimensiones exteriores de los elementos combustibles o del reactor, se estudiaron casos en los que sólo se varían el número de placas y el espesor de la lámina combustible ("meat"), conservando el espesor de vaina. Asimismo, se consideró la influencia de la sustitución del reflector de grafito por un reflector de berilio.

Los parámetros analizados son: la densidad de uranio en el combustible, que puede implicar un límite tecnológico y dificultades de provisión, la masa inicial de U235 en el elemento combustible, que determina el inventario de uranio del que es necesario disponer, el quemado de extracción, que da una medida de la eficiencia del combustible, la masa de U235 remanente que es un dato importante si no se reprocesa el combustible, la producción de Pu239 y la pérdida de flujo térmico en las cajas de irradiación, valor de gran importancia por tratarse de un reactor de producción de radioisótopos. La potencia máxima del reactor muestra que la geometrías estudiadas no implican una disminución de potencia.

De la consideración de la tabla I puede concluirse que:

las densidades de uranio en el combustible necesarias para la conversión se encuentran en el rango de 1.7 a 3.1 gr/cm³.

la transformación sin cambios geométricos exige una densidad de uranio de 3.1 gr/cm³ y una masa inicial de U235 en el elemento combustible incrementada en un 15%. El quemado de extracción disminuye del 36% al 30%, lo cual implica una cantidad de U235 remanente incrementada en un 25%. La utilización de un reflector de berilio conduce, en este caso, a una densidad de uranio algo menor, 2.7 gr/cm³ y, además, conserva virtualmente las cargas de U235 inicial y remanente del caso de referencia. Las densidades de uranio exigidas en estos casos corresponden a materiales que aún no son provistos corrientemente por los fabricantes.

los casos 19x.072 y 18x.080 constituyen una alternativa interesante desde el punto de vista de la disponibilidad ya que en este momento pueden obtenerse con cierta facilidad materiales con densidades de uranio del orden de 2.4 gr/cm³. En estos casos debe disponerse de un inventario de U235 un 30% mayor y el U235 remanente se incrementa en un 40%.

los casos 19x.100, 18x.100 y 18x.126 corresponden a densidades de uranio moderadas pero implicarían cargas iniciales de U235 elevadas y quemados de extracción muy bajos. Nótese que el U235 remanente en estos casos supera al inicial del caso de referencia.

el deterioro del flujo térmico en los casos con reflector de grafito no es muy importante. En los casos con reflector de berilio se tiene una mejora del 10%.

si bien el reactor RA3 actualmente opera a alrededor de 3.0 o 3.5 MW, en la última columna de la tabla se muestran las potencias a las que podría llegarse en cada caso.

al convertir el reactor a bajo enriquecimiento la producción de Pu239 aumenta en un factor del orden de 15 a 20.

Referencia:

(1) M. Madariaga y J. Testoni, "Cálculo de problemas "benchmark" relacionados con la conversión del reactor RA3 a bajo enriquecimiento", IX Reunión Científica de la AATN, San Carlos de Bariloche, 1980.