

MEJORAS EN LA DETERMINACIÓN DEL QUEMADO DE LOS ELEMENTOS COMBUSTIBLES DEL REACTOR RP-10 (NÚCLEOS 14 AL 24)

Cuya T. ⁽¹⁾ rcuya@ipen.gob.pe

(1) Departamento de Cálculo, Análisis y Seguridad – IPEN / Lima, Perú

RESUMEN

La determinación del quemado en un reactor nuclear es sumamente importante desde el punto de vista de la seguridad y la economía neutrónica, es por esta razón que en base a valores mejor determinados de la potencia térmica se decide, en el Departamento de Cálculo, Análisis y Seguridad del IPEN, reevaluar los cálculos de quemado de los elementos combustibles del reactor RP-10.

Para dicho fin se mejoran los datos de entrada así como los modelos de cálculo usados.

El presente trabajo muestra los valores de quemado obtenidos debido al mejor conocimiento de la potencia térmica, así como a las mejoras implementadas en la metodología de cálculo y se muestran las diferencias obtenidas con la anterior metodología para los EC con mayor grado de quemado (% U-235).

1. CONTENIDO

Con el fin de mejorar los cálculos de quemado la metodología usada para tal fin se reformulo en los siguientes puntos:

- (1) Usar una librería de datos nucleares base distintas a la gestión anterior para nuestros cálculos de celda con el código WIMS. Dejamos de usar una librería proporcionada por CNEA y usamos la del Nuclear Data Centre (NDC) del OIEA que se encuentra disponible en el site del WLUP (Wims-D Library Update Project, www-rcp.ijs.si/~wlp).
- (2) Reformular los modelos usados en los codigos de celda.
- (3) Reformular los modelos usados en los codigos de difusión.
- (4) Se desarrollo un nuevo programa para pre-procesamiento y pos-procesamiento de los datos de los codigos de cálculo y usado para la determinación de quemado, flujos, potencia, factores de

pico, etc. El cual fue validado en cada rutina componente, el nuevo programa desarrollado para este fin se llama WIMCIT [1,2] y se encuentra instalado en las PCs del CASE.

(5) Con valores actualizados de potencia térmica y de operación se siguió la evolución de todos los núcleos del RP-10 hasta al presente [3].

CÁLCULO DE CELDA

Se procedió a reformular los modelos del código de celda WIMS para los siguientes componentes del núcleo del RP-10[4].

- (1) Elemento de Grafito.
- (2) Elemento de Berilio.
- (3) Elemento de caja de agua.
- (4) Elemento de caja de irradiación.
- (5) Elemento combustible normal (sin marco de aluminio).
- (6) Elemento combustible de control (sin marco de aluminio, insertado y extraído).
- (7) Elemento de Barra fina de control.

Las principales implementaciones realizadas en los modelos fueron las siguientes:

- (1) Al término buckling se le adiciono el ahorro por reflector, el cual no estaba incorporado en los modelos iniciales. Esto es importante cuando se realizan cálculos en 2D, para los casos 3D el código no requiere del valor de buckling.
- (2) Se tomo en cuenta el enriquecimiento promedio de los ECs, el cual es de 19.681 para los ECN y para los ECC. Anteriormente se usaba el valor nominal de 19.75
- (3) Se realizo el modelo para un cálculo a 4 grupos en vez de 2 grupos en el calculo del reactor con el código CITATION, se usaron los siguientes cortes de energía [4]:
Grupo 1: 1.353 \leftrightarrow 10 MeV segundo grupo rápido.
Grupo 2: 0.01503 \leftrightarrow 1.353 MeV primer grupo rápido

Grupo 3: 0.625 eV \leftrightarrow 0.01503 MeV
 grupo Epitérmico
 Grupo 4: 0.0 \leftrightarrow 0.625 eV grupo térmico

Se usó el programa SECCION [5] para la condensación de las XS y la generación de las librerías WIMCIT2G.LIB [6] y WIMCIT4G.LIB [4], las cuales se ubicaron en el directorio C:\WIMCIT de la PC CASE5 del Departamento de Cálculo, Análisis y Seguridad del IPEN.

CÁLCULO DEL NÚCLEO

Las principales modificaciones implementadas en el modelo de difusión usado para el código CITATION son el espacio entre mallas, potencia térmica, modelos 3D y los reportes de operación.

(1) Potencia térmica: La cual ha sido calibrada y reevaluada.

Las potencias térmicas usadas son las siguientes:

Núcleos: 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20 y 21 se usó una potencia térmica menor en un 14.5 % de las reportada por operación [Manuel Nieto, comunicación privada]. Los núcleos anteriores al 14 fueron subcríticos (no se acumuló quemado).

Núcleos 22, 23 y 24 se asoció una incertidumbre de 2% en la potencia térmica[3].

(2) En el modelo de difusión se hizo la malla mas fina para la zona combustible y de reflector, de tal forma de tomar de ver la variación del Keff en función al espaciado de la malla.

(3) Reportes de operación: Nos proporciona la potencia y el tiempo de operación del reactor durante cada núcleo de trabajo [7].

(4) Se implemento el modelo para el cálculo en 3D para 3 o más grupos de energía.

2. RESULTADOS

A continuación mostramos los resultados para el final de la evolución en estudio del núcleo del RP-10, se muestra el quemado acumulado para el núcleo 24 del RP-10 y se comparan con los de la metodología anteriormente usada en el IPEN.

Tabla 1. Valores de quemado para los elementos más exigidos del núcleo 24 del reactor RP-10.

Elemento	*U-235	**U-235
NN-001	53.13	47.39
NN-002	59.02	52.56
NN-003	58.83	52.66
NN-004	62.69	55.65
NN-009	55.51	47.10
NN-010	53.23	45.35
NC-002	51.07	43.93
NC-003	50.96	44.96
NC-004	58.20	50.86
NC-005	57.71	50.50

*Metodología anterior sin valores de potencia corregida ni modelos neutrónicos mejorados.

**Metodología con valores de potencia corregida y modelos neutrónicos mejorados

3. CONCLUSIONES

- (1) Con los valores corregidos de la potencia térmica y las mejoras en la metodología del cálculo neutrónico se determino un quemado de 55.65% para el elemento combustible mas critico en comparación al 62.69% que se estimaba.
- (2) Los resultados muestran que los EC mas exigidos del RP-10 ya ameritan un retiro definitivo, este retiro deberá efectuarse en el cambio al núcleo 25.

4. RECOMENDACIONES

- (1) Realizar la medición de quemado de un EC usando el sistema gamma-scanning.
- (2) Realizar la medición de quemado de los EC del RP-10 usando el método de reactividades.

5. REFERENCIAS

[1] T. Cuya, R. Medina, "Desarrollo de Software para cálculo neutrónico de del RP-10 a 2 grupos de energía", R.T: 004-2002-DGI/DR/CASE/NT., Huarangal, Julio del 2002.

[2] T. Cuya, R. Medina, "Mejoras en el software WIMCIT", Reporte en progreso.

[3] Comunicación Privada con el Ing. Manuel Nieto, Departamento de Cálculo, Análisis y Seguridad del IPEN., Huarangal diciembre del 2002.

[4] T. Cuya, "Generación de Librería a 4 grupos de energía para gestión de Combustible en el reactor RP-10 con núcleo mixto", RT: 001-2001-INST/DR/CASE/NT, Huarangal junio del 2002.

[5] T. Cuya, "SECCION: programa generador de librerías de constantes nucleares para el código CITATION", R.T: 008-2002-INST/DR/CASE/NT., Huarangal Septiembre del 2002.

[6] T. Cuya, "Generación de Librería a 2 grupos de energía para gestión de Combustible en el reactor RP-10 con núcleo mixto", R.T: 002-2001-INST/DR/CASE/NT., Huarangal, Junio del 2002.

[7] Comunicación privada con el Lic. Mariano Vela M., Huarangal, Diciembre del 2002.