

C.N.E.A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
Nº 1	AÑO 1985

DISEÑO Y ESPECIFICACIÓN BÁSICOS DE LOS COMBUSTIBLES PARA EL REACTOR RP-10

H.E. Nassini, J.J. Tiebas, S.I. Núñez Pettinari, J.A. Casario

Comisión Nacional de Energía Atómica

1. INTRODUCCIÓN

Se realizó el diseño básico de los combustibles tipo placa que deberán ser utilizados en el reactor RP-10 de 10 MW térmicos de potencia máxima, ubicado en Ihuarangal, Perú. Este reactor es del tipo MTR de piscina y está destinado a la producción de radioisótopos, investigación y entrenamiento.

Debido a las dificultades conocidas, CNEA no pudo contar con el suministro de uranio enriquecido al 20% para la fabricación del primer núcleo de este reactor. Luego su fabricación fue adjudicada por el IPEN a una empresa del exterior. El diseño detallado y especificaciones de este fabricante se ajustó a la especificación básica elaborada por CNEA.

El diseño básico del combustible debió satisfacer las condiciones, limitaciones y parámetros de operación impuestas por el diseño nuclear, termohidráulico y mecánico del reactor, asimismo debió verificar una adecuada interacción con el refrigerante y con el sistema de manipulación de combustible y debió ser compatible con el diseño de la grilla portante. Este diseño básico por su naturaleza fue desarrollado en estrecha colaboración con las áreas de diseño neutrónico, termohidráulico y electromecánico de Ingeniería de Reactores. Se realizaron amplias consultas con el Proyecto ECBE de desarrollo de combustibles de bajo enriquecimiento así como con el área de materiales estructurales, ambas pertenecientes a la Gerencia Combustibles Nucleares.

La ingeniería básica alcanzó a los dos tipos de ensambles que serán utilizados en el reactor RP-10: a) elemento combustible normal; b) elemento combustible de control.

El número de placas por elemento combustible y su espesor fue establecido en la interacción de los cálculos neutrónicos, termohidráulicos y por las densidades de material fisible obtenibles en ese momento.

2. ELEMENTO COMBUSTIBLE NORMAL (Figura 1)

Debió ser diseñado de modo de satisfacer los siguientes objetivos:

- 1) soportar estructuralmente las placas combustibles y mantener la integridad estructural del ensamble;
- 2) proveer adecuada refrigeración para todas y cada una de las placas combustibles;

- 3) la caída de presión en el pasaje del refrigerante no debe superar el máximo establecido;
- 4) mínimo contenido de materiales con absorción parásita de neutrones;
- 5) mínima corrosión en todas sus partes integrantes.

Está compuesto por 14 placas combustibles internas y 2 placas externas, 2 paredes laterales, una boquilla y el dispositivo de enganche.

2.1 Paredes laterales

Están constituidas por placas planas, ranuradas en su cara interior para fijar y espaciar correctamente los bordes laterales de las placas combustibles en el ensamble. Dicho espaciado constituye el espesor del canal de refrigeración determinado por el área de diseño termohidráulico del Dpto. Ingeniería de Reactores de la CNEA. En el extremo inferior se vinculan con la boquilla. En el extremo superior se fija el dispositivo de enganche para la manipulación del elemento combustible normal.

2.2 Boquilla

La boquilla es una pieza hueca que se inserta en el correspondiente orificio de la grilla. En ésta hay un perno de posicionado que evita la rotación del elemento combustible. En dos lados de la base rectangular, se fijan las paredes laterales. Por el conducto interior se produce la salida del refrigerante, luego de pasar entre las placas combustibles.

El diseño externo de la boquilla deberá asegurar:

- a) correcto ajuste boquilla/grilla durante la inserción del elemento combustible, permanencia en esa posición y fácil extracción;
- b) soportar estructuralmente al elemento combustible.

2.3 Placa combustible (Figura 2)

La placa combustible consiste de 2 elementos funcionales: el núcleo que contiene el material fisible y está constituido por una dispersión fina y homogénea de partículas de U_3O_8 en una matriz continua de aluminio puro y el revestimiento (marco y tapas de aluminio aleado). Para lograr la compatibilidad con el diseño nuclear y termohidráulico del reactor, la placa combustible debe ser diseñada para obtener:

- 1) contenido apropiado de material fisible;
- 2) mínimo contenido de materiales con absorción parásita de neutrones;
- 3) total retención de material fisible y productos de fisión;
- 4) homogeneidad en la distribución del material fisible, cuyos valores fueron determinados por el área de diseño neutrónico del Dpto. Ingeniería de Reactores de CNEA;
- 5) mínima resistencia a la transferencia de calor;
- 6) mínima corrosión.

3. ELEMENTO COMBUSTIBLE DE CONTROL (Figura 3)

Cumple dos funciones:

- a) soporte estructural del ensamble de placas combustibles;
- b) soporte estructural del sistema de deslizamiento y accionamiento y acople de dos placas de control de reactividad.

Se encuentra formado por:

- 1 boquilla;
- 2 paredes laterales;
- 12 placas combustibles internas;
- 4 placas guías;
- 2 placas de control de reactividad;
- 1 dispositivo de acople que vincula con la varilla de comando.

3.1 Placa de control de reactividad

Consiste en dos elementos funcionales: el material de control que es una aleación de plata, indio y cadmio y su revestimiento (vaina) que es de acero inoxidable.

3.2 Operación de las placas de control de reactividad

Las dos placas de control deslizan simultáneamente entre las placas guías del elemento combustible de control. Son operadas automáticamente con electro mecanismos que permiten el ajuste suave del desplazamiento de las placas de control durante:

- a) arranque normal del reactor, luego de su parada;
- b) ajuste de potencia del reactor;
- c) paradas programadas del reactor.

En el caso de parada rápida del reactor, por situación de accidente, las placas de control descienden rápidamente por la acción de la gravedad. En el último tramo de su carrera el desplazamiento es amortiguado neumáticamente en forma automática, para evitar el impacto en el extremo final de la carrera. Este dispositivo neumático pertenece al sistema de control del reactor.

El tiempo máximo de introducción total de las placas de control en caída libre fue determinado mediante ensayos por el área de diseño electromecánico del Dpto. Ingeniería de Reactores de CNEA.

4. QUEMADO PROMEDIO DE EXTRACCION DEL ELEMENTO COMBUSTIBLE

El combustible será diseñado y especificado para soportar un quemado promedio mínimo de extracción del elemento combustible de 40% de átomos de U-235 consumidos en relación al número inicial, con una correcta performance.

5. REQUERIMIENTOS PARA EL DISEÑO ASÍSMICO DE LOS ELEMENTOS COMBUSTIBLES Y SUS COMPONENTES

La zona de emplazamiento del reactor RP-10 exige la calificación sísmica de los elementos combustibles normales y de control, en correspondencia con la calificación de estructuras, sistemas, equipos y componentes del reactor relacionados con la seguridad nuclear.

En relación a los elementos combustibles, el diseño sísmico del reactor exige los siguientes requerimientos básicos:

- a) parada segura del reactor al comienzo y durante un sismo;
- b) no liberar materiales radiactivos.

5.1 Requerimientos frente a temblores y a terremotos de disponibilidad

Los elementos combustibles normales y de control y sus componentes deben ser operables y cumplir su función durante y después de haber soportado hasta un terremoto de disponibilidad que es el terremoto normal de diseño.

5.1.1 Requerimientos comunes para los elementos combustibles normales y de control

Durante el sismo, bajo la combinación de las cargas sísmicas y de las cargas estáticas y dinámicas corrientes, el elemento combustible debe:

- 1) Mantener el soporte estructural de las placas combustibles.
- 2) No debe modificarse el espaciado entre placas combustibles y entre placa combustible y placas guías.
- 3) El elemento combustible no debe ser proyectado fuera de su alojamiento ni aflojarse durante el sismo.
- 4) Los elementos combustibles no deben golpear ni apoyarse en los elementos combustibles contiguos en sus deflexiones durante el sismo.
- 5) Los elementos combustibles no deben rotar sobre sus asientos como consecuencia de las aceleraciones horizontales.
- 6) Mantener la orientación en la grilla y el espaciado entre elementos combustibles luego del sismo.
- 7) Luego del sismo, la boquilla no debe enclavarse en la grilla de manera de requerir una fuerza de extracción mayor que la máxima especificada.

5.1.2 Requerimientos particulares para el elemento combustible de control y el conjunto de placas de control de reactividad

Los elementos combustibles de control deben cumplimentar además los siguientes requerimientos durante y después del terremoto de disponibilidad o normal de diseño:

- a) Mantener la integridad estructural y la correcta y segura operación del sistema de deslizamiento de las placas de control y de su dispositivo de acople;

- b) las placas guías no deben deformarse ni variar su espaciado en forma permanente;
- c) las placas de control no deben alabearse ni deformarse en forma permanente, ni fisurarse;
- d) el dispositivo de acople no debe deteriorarse. La conexión con la varilla de comando no debe desprenderse, desajustarse o debilitarse.

5.2 Requerimientos frente al terremoto de seguridad o máximo de diseño

Durante y después del terremoto de seguridad o máximo de diseño se debe evitar la emisión de materiales radiactivos.

Luego del sismo, los elementos combustibles pueden quedar deteriorados de manera de quedar inoperables.

6. CONCLUSIONES

La ingeniería básica desarrollada asegura los requerimientos técnicos mínimos necesarios para una apropiada compatibilidad entre el diseño nuclear termohidráulico, mecánico y geométrico del núcleo del reactor RP-10 con sus elementos combustibles (normales y de control de reactividad). Esta especificación básica fue satisfecha por el diseño de detalle, fabricación y controles de calidad de la empresa que proveyó el primer núcleo del RP-10.

La ingeniería básica desarrollada para los combustibles del RP-10 será aplicada para el diseño detallado y especificación del núcleo que CNEA suministrará al IPEN para el RP-0.

La ingeniería básica para la conversión del combustible del reactor RA-3 a bajo enriquecimiento será similar a la desarrollada para el RP-10.

Actualmente este reactor utiliza uranio enriquecido al 90%, en el isótopo U235 y será reemplazado por uranio enriquecido al 20%, tal cual se utiliza en el RP-10.

La ingeniería de detalle del combustible para el reactor RA-3 será diferente: la cantidad de placas combustibles por elemento combustible y sus dimensiones así como los requerimientos sísmicos.

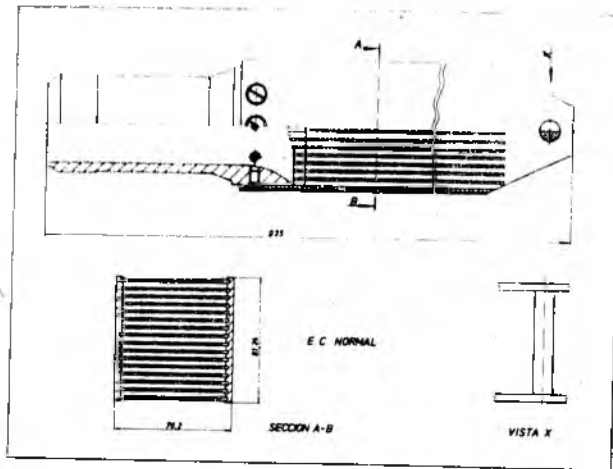


FIG. 1

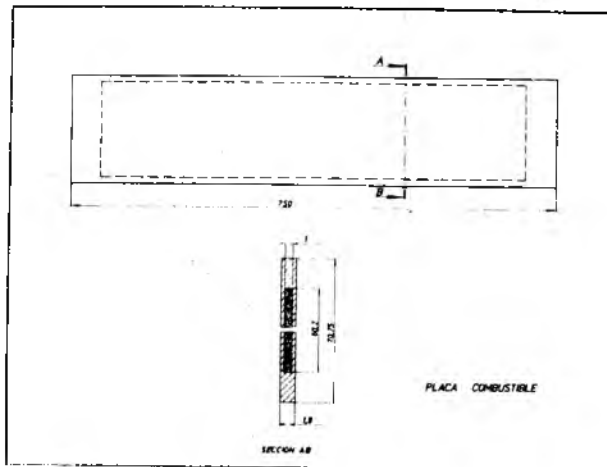


FIG. 2

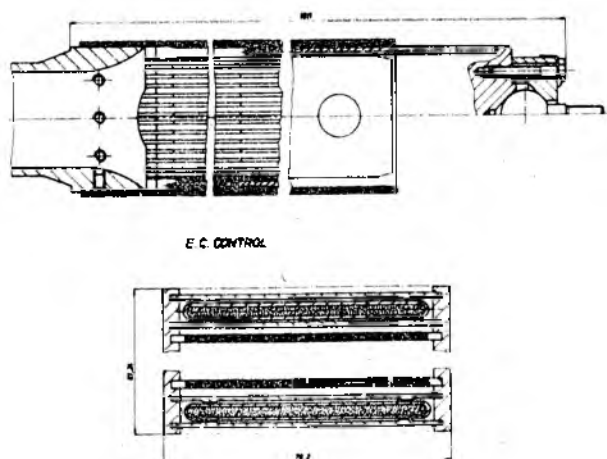


FIG. 3