

# EL PROYECTO NORA OFRECE EXCEPCIONALES OPORTUNIDADES PARA EL ESTUDIO DE LOS REACTORES Y PARA LA FORMACION PROFESIONAL AVANZADA

Como se indica en el número del Boletín publicado en abril, se ha organizado un programa internacional de investigación sobre reactores y de formación profesional avanzada, de tres años de duración, para el que se utilizará el conjunto crítico NORA, de Noruega.

## Objetivos

El proyecto tiene por objeto determinar, mediante experimentos globales, los datos físicos fundamentales de los reticulados moderados con agua ordinaria, con agua pesada o con una mezcla de ambas; los experimentos se ejecutarán con elementos combustibles de distintas dimensiones y separaciones y de tres composiciones y grados de enriquecimiento diferentes. Estos objetivos pueden resumirse como sigue:

Contribuir a una comprensión más cabal de la física fundamental de los reticulados heterogéneos moderados con agua.

Acopiar datos sobre reticulados de tipo no investigado hasta ahora, especialmente sobre los moderados con mezclas de  $H_2O$  y  $D_2O$  (sistema de desplazamiento espectral).

Perfeccionar las técnicas experimentales.

Determinar con más precisión los datos existentes sobre ciertos tipos de reticulados.

Investigar los efectos que se manifiestan en los reactores de potencia en la medida en que los mismos puedan reproducirse en un conjunto crítico.

## El equipo internacional de investigadores

Se procurará que la labor realizada en ejecución del proyecto conjunto sea de gran calidad técnica, lo que se espera lograr reuniendo un equipo internacional de investigadores cuidadosamente seleccionados. El Instituto de Energía Atómica de Noruega proporcionará el personal permanente del conjunto NORA; el Organismo, por su parte, se encarga de contratar a los investigadores del equipo internacional. La selección definitiva de los candidatos estará a cargo de un comité conjunto compuesto por el científico indio R. Ramanna, Presidente, designado de común acuerdo por el Organismo y Noruega, y por dos científicos representantes de Noruega y otros dos del Organismo.

Quienes deseen participar en el equipo internacional deberán poseer un título académico y dos o tres años de experiencia en física teórica o experimental de los reactores, de preferencia en cuestiones relacionadas con el programa experimental y tendrán que dedicarse a este trabajo durante un año, como mínimo. Deberán hablar y escribir correctamente uno de los idiomas de trabajo del Instituto, es decir, el inglés o el noruego. Los puestos que habrá que cubrir en la primera etapa del programa son los siguientes:

- uno o dos de especialista en física experimental de los reactores, familiarizado con las técnicas y la interpretación de los experimentos con conjuntos críticos;
- uno de físico experimental que se dedique especialmente a estudiar los efectos de la temperatura y de la cavitación;
- otro de físico experimental práctico en la teoría y técnicas experimentales de espectrometría de flujos neutrónicos;
- uno de físico o ingeniero especializado en problemas de cinética de reactores;
- uno o dos de especialista en física teórica de los reactores que domine a fondo la teoría de los reactores.

El proyecto NORA ofrece oportunidades particularmente interesantes para la investigación y la formación profesional avanzada; se espera que científicos competentes presenten sus candidaturas para participar en el equipo internacional de investigación.

Las solicitudes deberán enviarse al Organismo por conducto oficial de los gobiernos. Se supone que, en general, los Estados Miembros interesados costearán todos los gastos de sus respectivos candidatos elegidos para participar en el programa. Sin embargo, en los casos en que sea difícil a los Estados Miembros sufragar dichos gastos, es posible que el Organismo corra con una parte de ellos.

## El Programa

Entre las pruebas que se proyecta realizar con el conjunto NORA cabe citar experimentos sobre criticidad, sobre cinética y sobre efectos simulados de generación de energía. A continuación se detalla el programa, que comenzó a ejecutarse el mes de mayo pasado:

1. Ensayos de precriticidad de la instalación con  $H_2O$ 
  - 1.1 Ensayo del equipo mecánico (bombas, válvulas, etc.)
  - 1.2 Sistema de control (pruebas de los canales confluentes de neutrones, pruebas de las barras de control, etc.)
  - 1.3 Ensayos de introducción y extracción con combustible y equipo experimental.
2. Ensayos de funcionamiento en frío de la instalación con  $D_2O$ 

Comprenderán, en general, las mismas pruebas que el párrafo 1, pero con calibración exacta de bombas, válvulas, calentadores y sistema de circulación.
3. Experimentos con la carga de uranio natural y con  $D_2O$ 
  - 3.1 Aproximación a la criticidad
  - 3.2 Calibración (barras de control, instrumental nuclear, niveles absolutos de potencia, etc.)
  - 3.3 Experimentos de criticidad con mediciones macroscópicas y microscópicas del flujo, razón de fisión  $^{238}U/^{235}U$ , coeficientes de reactividad según el nivel de agua
  - 3.4 Mediciones cinéticas funciones de transmisión.
4. Experimentos con las cargas enriquecidas al 1,5 por ciento y al 1,7 por ciento y con  $D_2O$ 
  - 4.1 Aproximación a la criticidad
  - 4.2 Calibración de las barras de control
  - 4.3 Experimentos de criticidad con diferentes razones volumétricas combustible/moderador, que comprenderán:
    - distribución macroscópica y microscópica del flujo
    - coeficientes de reactividad según el nivel del agua
    - espectros neutrónicos
    - razones de fisión  $^{238}U/^{235}U$
    - efectos de la temperatura
    - razones de absorción  $^{238}U$  epicádrico/ $^{238}U$  subcádrico
    - efectos del reflector
  - 4.4 Mediciones cinéticas
    - funciones de transmisión
    - fracción de neutrones retardados (beta)
    - multiplicación subcrítica
  - 4.5 Efectos simulados de generación de energía experimentos de cavitación.
5. Experimentos con la carga enriquecida al 3,07 por ciento y con  $D_2O$ 
  - 5.1 Aproximación a la criticidad
  - 5.2 Calibración de las barras de control
  - 5.3 Experimentos de criticidad con diferentes razones volumétricas moderador/combustible, especialmente con reticulados submoderados, que comprenderán:

distribución macroscópica y microscópica del flujo  
coeficientes de reactividad según el nivel del agua  
espectros neutrónicos  
efectos de la temperatura  
razones de fisión  $^{238}U/^{235}U$   
razones de absorción  $^{238}U$  epicádrico/ $^{238}U$  subcádrico  
efectos del reflector  
eficacia de las barras de control

- 5.4 Experimentos cinéticos
  - funciones de transmisión
  - fracción de neutrones retardados (beta)
  - multiplicación subcrítica
- 5.5 Efectos simulados de generación de energía efectos cavitarios
- 5.6 Experimentos varios
  - mediciones de la absorción por resonancia con el oscilador del reactor en distintos espectros neutrónicos.

Una vez terminadas las mediciones con la carga enriquecida al 3,07 por ciento y moderada con  $D_2O$ , la instalación NORA se modificará para realizar experimentos con reticulados de poca separación usando mezclas de  $D_2O$  y  $H_2O$ . Será entonces necesario reajustar el sistema no crítico (caudales, distribuciones de temperatura, etc.).

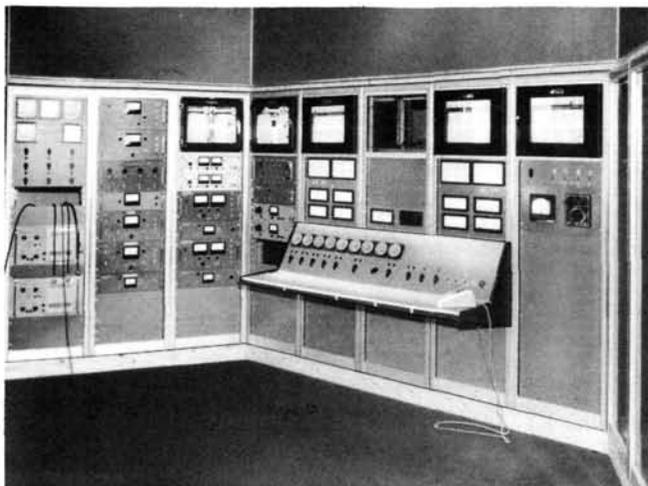
El programa de experimentos con la carga de combustible enriquecido al 3,07 por ciento moderada con mezclas de  $H_2O$  y  $D_2O$  será análogo al programa con el mismo combustible y  $D_2O$  antes detallado, salvo que posiblemente la gama de razones volumétricas moderador/combustible será más amplia. Este programa se preparará oportunamente.

## Instalaciones

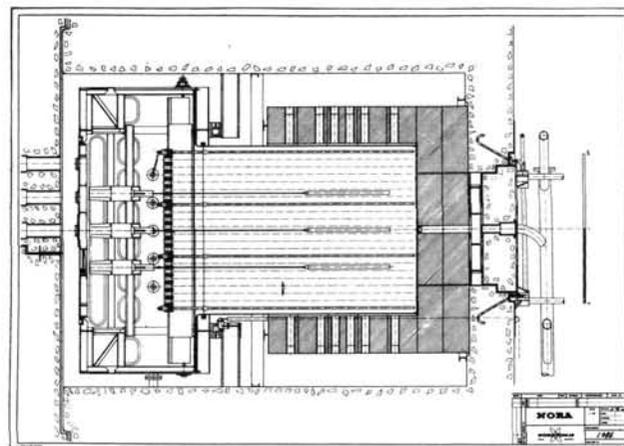
El reactor NORA está instalado en la sede central del Instituto de Energía Atómica (Kjeller), a 20 km de Oslo. El Instituto de Energía Atómica es un centro oficial de investigación científica que realiza estudios en todas las ramas de la energía nuclear. Su plantilla está formada por unas 450 personas, una parte considerable de las cuales posee formación académica. El Instituto se fundó en 1948 y recibió su primer instrumento importante de investigación científica, el reactor de investigación JEEP, de 450 kW, en 1951. Su segundo reactor, el reactor Halden de agua pesada hirviendo, de 20 MW, está instalado a 120 km al sur de la sede central del Instituto, y alcanzó la criticidad en el verano de 1959. Por tanto, el reactor NORA será el tercero construido y puesto en servicio por el Instituto. Se está construyendo un cuarto reactor (fuente de neutrones).

El Instituto se divide en varias secciones o departamentos: Física, Química, Metalurgia, Estudio de Reactores y Producción de Isótopos. El proyecto NORA se ejecutará en estrecha colaboración con la sección de Física.

El reactor NORA se ha construido con el fin exclusivo de realizar investigaciones sobre física de



Sala de control del conjunto crítico NORA



Corte vertical del conjunto crítico

los reactores. Por ello, en su diseño se ha seguido el criterio de obtener un alto grado de adaptabilidad, teniendo debidamente en cuenta las exigencias impuestas por los principios de la seguridad nuclear y radiológica.

Como se ve en la figura 3, el reactor consta de un tanque de aluminio, de 2,25 metros de diámetro y 3 m de altura, y de un colector que contiene las barras de compensación y de seguridad y el sistema suspensor de los elementos combustibles. El recipiente del reactor está rodeado por un reflector de grafito de 50 cm de espesor y por un blindaje de hormigón de 120 cm de espesor, con varias partes desmontables.

Una parte de forma cilíndrica del reflector y del blindaje del fondo es desmontable. De este modo, se puede variar la composición del reflector en esa zona, lo que permite estudiar la eficacia de distintos reflectores.

En la primera fase de funcionamiento se utilizará agua pesada como moderador. Por consiguiente, se ha construido un sistema graduable de suspensión de los elementos combustibles, que permite aumentar

la separación del reticulado de 0,5 cm en 0,5 cm, partiendo de una separación de 10 cm. Más tarde, cuando se utilice como moderador una mezcla de  $H_2O-D_2O$  y  $H_2O$ , se instalará un sistema de ajuste de la posición del combustible a base de rejillas.

En el circuito del moderador se ha instalado un intercambiador de calor y calentadores eléctricos que permiten efectuar mediciones con el moderador a temperaturas comprendidas entre 80 y 90°C.

El sistema de control comprende seis canales nucleares permanentes y un regulador automático de potencia, de parada y marcha, capaz de mantener constante la potencia desarrollada por el reactor con variaciones inferiores a  $\pm 0,5$  por ciento durante períodos de una hora o más.

Se cuenta también con un dispositivo de precisión para medir el nivel del agua, que permite determinar el nivel relativo del moderador con un error de  $\pm 0,1$  mm.

En la sala de control, además del instrumental corriente de un reactor, se encuentran diversos tableros para el equipo de experimentación.