

Fusión nuclear

C.N.E.A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
Nº 1	AÑO 1983

Tokamak: la promesa para el III Milenio

El doctor Adolfo B. Rodrigo es jefe de la División Fusión Nuclear de la C.N.E.A. Se recibió originalmente de ingeniero aeronáutico en la Universidad de La Plata y posteriormente cursó estudios de posgrado en la Universidad de Toronto, Canadá, en donde recibió su doctorado en física de plasmas, en 1972.

A su regreso a la Argentina, estuvo a cargo del grupo de láseres líquidos en el laboratorio Laser de CITEFA, hasta su ingreso a la C.N.E.A., para iniciar las actividades de fusión nuclear de la institución. Ha publicado numerosos trabajos de su especialidad y desarrollado tareas docentes en el país y en Canadá.

Hace pocos días, la noticia del éxito logrado por científicos de la Universidad de Princeton con un reactor de fusión produjo vivo interés en medios técnicos relacionados a los temas de la energía atómica. Para evaluar su real significación, "Energía 2001" requirió la reflexión del doctor Adolfo B. Rodrigo, especialista en el campo de la fusión, que desarrolló bajo el título de "La operación inicial del Tokamak TFTR en Princeton y su relevancia para el desarrollo de la fusión nuclear controlada" y que ofrecemos aquí. Tokamak es la sigla extraída del idioma ruso que alude a las cámaras toroidales magnéticas, con las que se espera utilizar la fusión como fuente de energía a principios del próximo siglo.

ABSTRACT

During the first days of the current year, the success achieved by scientists from Princeton University concerning a fusion reactor attracted the attention of technical sectors concerned with subjects on atomic energy. In order to evaluate its true significance "Energía 2001" asked Dr. Adolfo B. Rodrigo's opinion on this topic. Dr. Rodrigo who specializes in the fusion field and is head of a Division of the C.N.E.A. developed a paper title "The Initial Operation of the Tokamak TFTR in Princeton and its importance for the "Development of Controlled Nuclear Fusion". Its contents are as follows:

El 28 de diciembre de 1982 el director del Laboratorio de Física de Plasmas de la Universidad de Princeton, Dr. Harold Furth, anunció la operación inicial, en vísperas de Navidad, del Tokamak TFTR (Toroidal Fusion Test Reactor), de dicho laboratorio. Esta es la primera de una nueva generación de grandes máquinas de confinamiento magnético que operarán durante la actual década y cuyo objetivo es demostrar la factibilidad científica de la fusión nuclear controlada. Es precisamente por este hecho que el anuncio efectuado, más allá de los resultados científicos que puedan haberse obtenido en esta primera experiencia, marca un hito de importancia en la historia del desarrollo de los reactores de fusión nuclear.

El proceso de fusión, consistente en la combinación de dos núcleos atómicos livianos que da como productos un núcleo más pesado y nucleones, libera

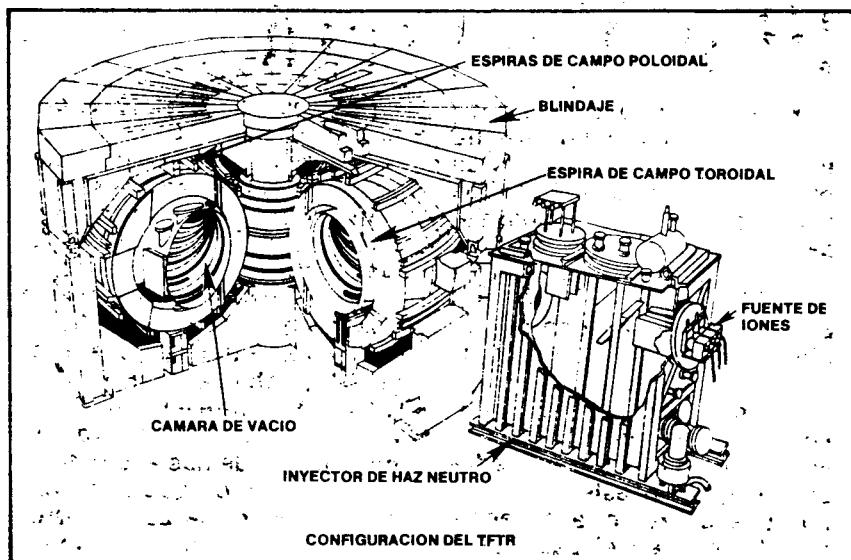
energía y representa una alternativa de interés al proceso de fisión para generación de energía nuclear. Uno de los principales atractivos de la fusión nuclear como recurso energético, en comparación con la fisión, es su menor impacto ambiental para los ciclos combustibles a utilizarse en las primeras generaciones de reactores y la posibilidad, en el caso de generaciones más avanzadas, de utilización de ciclos de combustible libres de contaminación por radioactividad, lo que representa un argumento de importancia al considerar el uso masivo del recurso en el largo plazo. En adición, es esencialmente no proliferante y las reservas de combustible para los ciclos de interés son prácticamente ilimitadas y accesibles a la mayoría de los países.

Es importante destacar que los actuales reactores nucleares operan en base al proceso de fisión. Por el contrario, todavía no se ha demostrado la posibilidad de desarrollo de los reacto-

Las temperaturas necesarias para los procesos de fusión son del orden de los 100 millones de grados centígrados.

res de fusión nuclear. Esto se debe a las dificultades tecnológicas existentes para alcanzar y mantener la temperatura necesaria para el proceso de fusión. Dicha temperatura es del orden de los 100 millones de grados centígrados, en el caso más favorable, y corresponde al ciclo combustible deuterio-tritio (D-T), siendo considerablemente superior para otros ciclos de mayor interés, tales como el deuterio-deuterio (D-D) y ciclos avanzados no contaminantes. A una temperatura tan elevada, el combustible se encuentra en un estado completamente ionizado y consiste en una mezcla fluida de núcleos atómicos y electrones libres, denominada genéricamente con el nombre de plasma. A fin de evitar el enfriamiento del plasma caliente, el mismo debe permanecer confinado fuera de contacto con las paredes del reactor durante el ciclo de combustión, lo cual puede lograrse utilizando campos magnéticos—dado que las partículas del plasma poseen carga eléctrica— o bien en base a la propia inercia de dichas partículas, si se cumple que el tiempo del ciclo de calentamiento y combustión es inferior al tiempo característico de expansión del plasma. El calentamiento y el confinamiento del combustible son los dos problemas centrales a resolver para lograr el desarrollo de los reactores de fusión.

A pesar de las dificultades indicadas, el desarrollo de la fusión nuclear se ha perseguido activamente desde los comienzos de la década de 1950 y, entre los distintos conceptos estudiados, los sistemas denominados Tokamak (del nombre original ruso que indica Cámara Toroidal Magnética) son los que han alcanzado a la fecha el mayor grado de desarrollo tecnológico y aceptación internacional. El objetivo de la nueva generación de grandes Tokamaks es la demostración de la



factibilidad científica de la fusión nuclear. Esto requiere, esencialmente, alcanzar en forma simultánea en el medio reactante condiciones de temperatura, densidad de combustible y tiempo de confinamiento que sean características de un reactor capaz de generar potencia útil. De acuerdo con las leyes de escala obtenidas experimentalmente con Tokamaks de menor tamaño, dichas condiciones deberían alcanzarse con las máquinas de la generación que acaba de entrar en operación. Al Tokamak (TFTR se le sumará en 1983 el Tokamak JET (Joint European Torus), de la Comunidad Europea, y en 1984 el Tokamak JT-60 (Japanese Tokamak), del Japón. En el mismo período operará también el Tokamak T-15, de la URSS. Todas estas máquinas son comparables en cuanto a tamaño, potencial científico y costo, el que oscila alrededor de los 300 millones de dólares norteamericanos. En particular, en el caso del TFTR, está prevista su operación a plena potencia en 1984 y recién en 1988, luego de exhaustivos ensayos con hidrógeno y posteriormente deuterio, se operará el sistema utilizando D-T como combustible.

Es evidente, por tanto, que el

anuncio efectuado por Princeton sólo indica el comienzo de lo que será, presumiblemente, la etapa final hacia la demostración de la factibilidad científica de la fusión nuclear en base al concepto Tokamak. La década de 1980 será ciertamente rica en novedades en este campo y es previsible que con el esfuerzo combinado de las cuatro grandes máquinas indicadas pueda alcanzarse el objetivo buscado. En adición, operarán también durante la actual década otros conceptos alternativos al Tokamak, tales como el denominado espejo magnético MFTF-B del laboratorio Lawrence Livermore y sistemas basados en confinamiento inercial, en base a los cuales se tratará también de obtener una demostración de factibilidad científica. Una vez alcanzado el objetivo indicado, deberá demostrarse la factibilidad tecnológica del desarrollo del reactor, en base a los conceptos más apropiados, y su aceptabilidad comercial. Como resultado, de completarse satisfactoriamente cada una de estas etapas, la introducción de los reactores de fusión nuclear al mercado se produciría, presumiblemente, en las primeras décadas del próximo siglo. □