

C. N. E. A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
Nº 2	AÑO 1980

02.80.10

461

ACTIVIDADES DE FUSION NUCLEAR
EN LA COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA

Adolfo B. Rodrigo

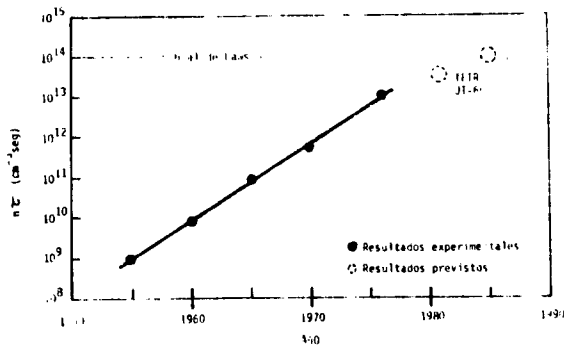
Departamento de Prospectiva y Estudios Especiales
Comisión Nacional de Energía Atómica

1. INTRODUCCION

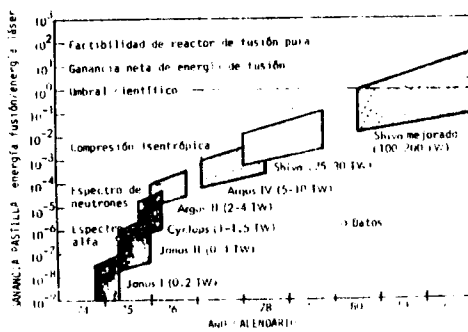
La Comisión Nacional de Energía Atómica inició un programa experimental de fusión nuclear en el año 1977, el que está a cargo de la División Fusión Nuclear del Departamento de Prospectiva y Estudios Especiales de la Dirección de Investigación y Desarrollo.

El comienzo de estas actividades es el producto de recomendaciones resultantes de un estudio evaluativo del estado de las investigaciones sobre fusión nuclear a nivel internacional realizado por la CNEA durante los años 1975-76, (1), (2) las cuales pueden resumirse brevemente como sigue:

- a) La fusión nuclear es uno de los recursos más atractivos de que dispone la humanidad para satisfacer sus necesidades energéticas a largo plazo, en virtud de la existencia de reservas de combustible virtualmente inexhaustibles de bajo costo y accesibilidad casi universal y en adición, por su menor impacto ambiental en comparación con la fisión nuclear.
- b) Al momento, los estudios tendientes al desarrollo de reactores de fusión nuclear están en la etapa denominada de "factibilidad científica", en la cual se requiere demostrar la posibilidad de generar energía neta en base a reacciones de fusión. Más específicamente, se trata de lograr en el plasma reactante condiciones de temperatura (T), densidad (n) y tiempo de confinamiento (τ) que sean características de un reactor capaz de alcanzar, y eventualmente sobrepasar, el umbral de potencia útil empleando una mezcla de deuterio y tritio como combustible. A continuación de la etapa de factibilidad científica deberá seguir una etapa de demostración de factibilidad tecnológica y finalmente deberá demostrarse la aceptabilidad comercial y operacional de los reactores desarrollados, por lo que se espera que este tipo de sistemas podrá comenzar a utilizarse comercialmente recién a partir de comienzos del próximo siglo.
- c) Los resultados obtenidos hasta el momento en la etapa en curso para los conceptos más atractivos en estudio son altamente promisorios, tal cual se ilustra en la Fig. 1 para los sistemas de tipo toroidal de confinamiento magnético y sistemas de confinamiento inercial con calentamiento por láser. En particular, el continuo progreso que se observa en los resultados obtenidos, el mayor conocimiento disponible sobre los problemas de calentamiento y confinamiento del plasma y las grandes experiencias previstas en las líneas de trabajo indicadas a partir de



EVOLUCION DE LOS SISTEMAS TOROIDALES



EVOLUCION DE LOS SISTEMAS INERCIAL-LASER

Fig. 1 . Resultados experimentales

principios de la década de 1980, hacen esperar que la meta para la primera etapa será alcanzada dentro de dicha década. Este optimismo está corroborado por el creciente apoyo que reciben las actividades de investigación y desarrollo sobre fusión nuclear a nivel internacional, tal cual se ilustra en la Fig. 2 para el caso particular de los EE.UU. de Norteamérica. Es de destacar que el presupuesto de fusión indicado en la Fig. 2 representa actualmente uno de los rubros más importantes en las asignaciones del Departamento de Energía (D.O.E.) de los EE.UU. para investigación y desarrollo sobre fuentes energéticas. En este sentido se indica que del presupuesto total de 2628 millones de dólares asignado por el D.O.E. a tal efecto para el año fiscal 1979, un 21% correspondió a carbón, 18% a fusión, 18% a reactores reproductores de fisión, 11% a solar, 5% a geotérmica, estando el resto dividido principalmente entre investigaciones nucleares y ciclo combustible nuclear y sobre ciencias básicas vinculadas al problema energético. (3) La U.R.S.S., la Comunidad Europea y el Japón tienen programas y presupuestos para fusión nuclear comparables al de los EE.UU. En adición, es cada vez mayor el número de países que comienzan programas de trabajo en fusión nuclear; en particular, en latinoamérica, existen actividades a nivel universitario en Brasil, Venezuela y Argentina, y en México a nivel del Instituto Nacional de Energía Nuclear.

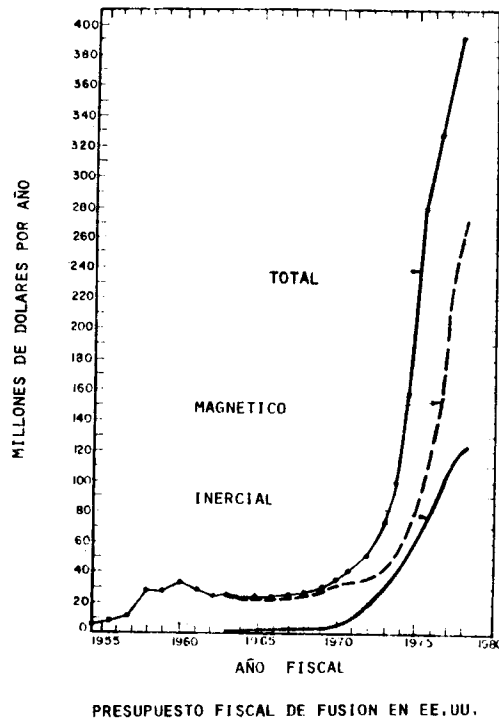


Fig. 2. Presupuesto fiscal de EE.UU. para fusión nuclear

- d) Un posible escenario energético a largo plazo para la Argentina es el de una sociedad estabilizada en 300 millones de habitantes, con un consumo per caput de 20 kW_t , correspondiente a una sociedad altamente industrializada.⁽⁴⁾ En estas condiciones, el consumo energético anual, incluyendo todas las fuentes, sería aproximadamente 100 veces mayor que el actual.⁽⁵⁾ Aún con hipótesis de crecimiento más modestas, es previsible que las necesidades energéticas del país serán varias decenas de veces superiores a las actuales. Al analizar la disponibilidad de recursos, se observa que los únicos que ofrecen un potencial adecuado para satisfacer una demanda masiva del tipo previsto por un período de tiempo prácticamente ilimitado son la energía solar y la energía nuclear de fisión y fusión. Es previsible que estos recursos sean explotados en forma complementaria, con un aporte minoritario de otras fuentes, las que podrían jugar un papel de relativa importancia en un ámbito regional. En particular, en atención al mayor impacto ambiental asociado a los reactores de fisión, es probable que la mayor parte de la energía nuclear utilizada en el país en el muy largo plazo provenga de reactores de fusión. Se concluye, por tanto, que de ser factible el desarrollo de este tipo de reactores los mismos podrán jugar un papel dominante en el panorama energético nacional a largo plazo.

- e) Por las razones indicadas, es recomendable que la Comisión Nacional de Energía Atómica, con una clara conciencia de la potencial importancia de este recurso para el país y como organismo rector de las actividades nucleares en el mismo, formule un plan de actividades en fusión nuclear tendiente al desarrollo de recursos humanos e infraestructura básica de equipamiento y laboratorios, de modo de adquirir una capacidad de decisión propia para dirigir las actividades de investigación y desarrollo tecnológico que se encaren en Argentina en relación con la fusión nuclear y también, para implementar en el futuro en forma satisfactoria la utilización de este recurso en el ámbito nacional, de ser factible su explotación comercial.

2. PROGRAMA DE ACTIVIDADES EN CURSO

Como resultado de las recomendaciones precedentes, se creó en la CNEA la División Fusión Nuclear, cuyas funciones principales son:

- seguimiento permanente de las actividades de fusión nuclear a nivel internacional
- formación de recursos humanos y realización de investigación básica y aplicada sobre temas de interés en fusión nuclear
- asesoramiento técnico a las autoridades de la CNEA en todos los aspectos relacionados con la generación de energía por fusión nuclear e investigaciones afines

En cumplimiento de las funciones indicadas, se ha iniciado un programa experimental de actividades basado en sistemas de confinamiento magnético, el cual se concentrará particularmente en máquinas de geometría toroidal. Este tipo de máquinas está entre los conceptos más atractivos al momento para desarrollo de reactores de fusión y por tanto su elección satisface una función formativa al mismo tiempo que mantiene una orientación de neto interés tecnológico para las actividades a cumplirse. En adición, esta elección complementa adecuadamente a las actividades a realizarse sobre fusión inercial láser en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires -único otro centro de investigaciones en Argentina activo en tareas vinculadas directamente con fusión nuclear fuera de la CNEA- permitiendo cubrir en el país las dos líneas de mayor interés al momento asociadas al desarrollo de reactores de fusión.

El programa de actividades previsto para una primera etapa de trabajo, la que idealmente no debería exceder un plazo mayor de 10 años, tiene por objeto implementar un theta pinch lineal rápido de baja densidad y energía, el que permitirá estructurar el laboratorio y un grupo de profesionales capacitado en técnicas de diagnóstico y aspectos de física básica de plasmas y tecnología de sistemas asociados con una mínima inversión de capital y, posteriormente, adquirir un pequeño tokamak a los efectos de capacitación en aspectos de física y tecnología de sistemas toroidales, sentando las bases para futuros desarrollos en esa línea, los que se encararán en una segunda etapa de trabajo. El programa a cumplirse en dicha etapa se definirá oportunamente de acuerdo a los resultados obtenidos y según el progreso y estado de la cuestión a nivel internacional en el campo de la fusión nuclear.

2.1. Theta Pinch

La Fig. 3 ilustra esquemáticamente el sistema a construirse en la CNEA.

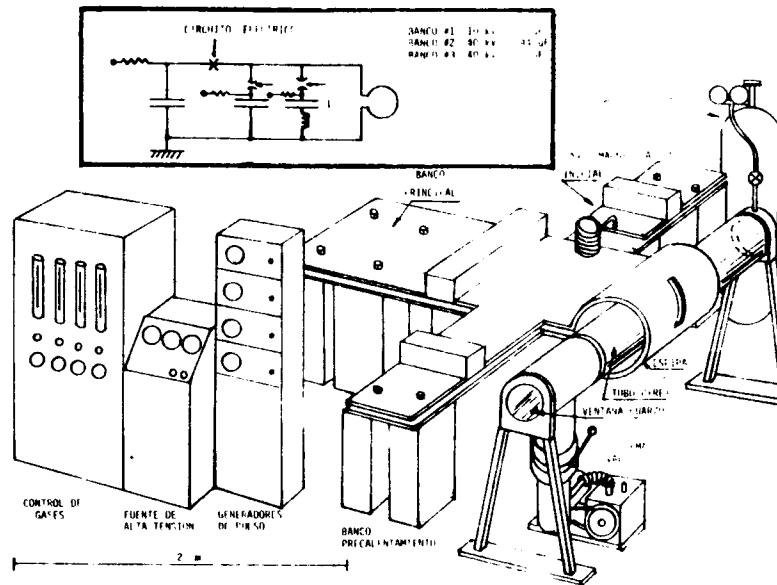


Fig. 3. Theta Pinch de la CNEA

Este sistema permitirá calentar un plasma de baja temperatura inicial hasta temperaturas termonucleares en base a un proceso de compresión magnética adiabática que se produce al circular una intensa corriente (300 kA) durante un tiempo breve ($2 \mu\text{s}$) por la espira conductora que rodea al gas de trabajo. Los bancos de capacitores de magnetización inicial y precalentamiento crean y condicionan el plasma inicial para que la descarga del banco principal (12 kJ) produzca una óptima compresión. Los distintos bancos de capacitores se descargan en una secuencia predeterminada por medio de un sistema generador de pulsos, el que acciona a los conectores rápidos presurizados del circuito. De acuerdo a diseño, el sistema a implementarse permitirá obtener una temperatura iónica de $\sim 1 \text{ keV}$ ($\sim 10.000.000 \text{ }^\circ\text{K}$) y densidades de plasma de 10^{13} - 10^{15} cm^{-3} , con una producción de 10^3 - 10^4 neutrones de fusión.

Las actividades experimentales a encararse estarán centradas fundamentalmente en el estudio del mecanismo de calentamiento y termalización del plasma. A tal efecto, se utilizarán distintas técnicas de diagnóstico, tales como sondas magnéticas, espectroscopía visible y U.V., detección de rayos X blandos, detección de neutrones y técnicas de difusión láser. El armado y comienzo de operación de esta facilidad están previstos para mediados de 1979.

2.2. Tokamak

Se prevé adquirir un sistema de 30 cm de radio del toroide y 10 cm de radio de sección, que permita obtener plasmas con una temperatura electrónica de 200-500 eV y densidad del orden de $5 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$, durante tiempos del orden de 10 ms. Las actividades experimentales previstas se centrarán en aspectos de calentamiento auxiliar (radiofrecuencia), estabilidad y diagnóstico. Se contempla la utilización de técnicas de diagnóstico tales como difusión láser, interferometría de microondas, análisis de partículas neutralizadas por intercambio de carga, análisis de rayos X blandos, espectroscopía y otras que eventualmente resulten de interés.

REFERENCIAS

- 1) A.B.Rodrigo, Informe CNEA 436 (1978)
- 2) A.N.Proto, D. Otero, Informe CNEA (a publicarse 1979)
- 3) Nuclear News, Vol. 21 No. 4, p.30 (1978)
- 4) A.M.Weinberg, R.P.Hammond, 4th.Intl.Conf.Peaceful Uses Atomic Energy (1971)
- 5) Plan Energético Nac. 1977-85, Secretaría Energía, Min. Economía (1977)