

# DETECCION DE HACES DE IONES ENERGETICOS EN UN PLASMA FOCUS

M.Milanese\*, R.Moroso, J.Pouzo\*

*Instituto de Física Arroyo Seco, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Pinto 399, (7000) Tandil,*

*y Laboratorio de Fluidodinámica y Plasma, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Mar del Plata, Funes 3350, (7600) Mar del Plata.*

F.Castillo Mejía

*Investigador invitado del Instituto de Ciencias Nucleares, Universidad Autónoma de México, A.P. 70-543, (04510) MEXICO D.F.*

En mediciones con una copa de Faraday se registran picos positivos muy cortos, de menos de 10ns de ancho, que pueden ser atribuidos a haces energéticos de iones. Usando  $H_2$  como gas de llenado se registraron las trazas de protones energéticos en plástico CR 39. Se da aquí el espectro de energía, que tiene su máximo en 2,4 MeV. La producción de neutrones D-D no parece relacionada con la aparición de los haces.

## INTRODUCCION

En otro trabajo [1] se informa sobre la medición de un *jet* axial de plasma detectado con copa de Faraday y el posible efecto sobre la anisotropía observada en la emisión de neutrones de fusión D-D. En las mismas mediciones se detectaron picos positivos que evidencian la posible existencia de pulsos breves de haces energéticos. Aquí se presenta el estudio realizado sobre esos haces.

## DETECCION DE LOS HACES CON COPA DE FARADAY

Los detalles constructivos de la copa de Faraday y sus características pueden verse en la referencia [1], pero aquí aclaremos que la respuesta en frecuencia de la copa es mejor que 100MHz y no presenta problemas de distorsión de señal por efectos de emisión secundaria. Usando un colimador de 6 mm de diámetro y 35 mm de largo frente a la copa, se observó la radiación de partículas cargadas en dirección del eje del *pinch* (o foco de plasma). Como se explica en la ref. [1], la copa en tales condiciones y a una distancia de 15 cm del foco, detecta la emisión de un *jet* de plasma caracterizado por un pico negativo seguido de otro positivo, de tal modo que la integral total del pulso resulta nula.

En algunas ocasiones la señal de la copa presenta un pico positivo muy agudo, al inicio de la señal. En la fig. 1 pueden verse tres oscilogramas típicos de la copa de Faraday mostrando el pico positivo que presenta una duración media de unos 10 ns y una altura que corresponde aproximadamente a unos 10 A de corriente. Calculando la carga total positiva por integración de ese pulso, resulta que el número de unidades elementales correspondientes es del orden de  $6 \times 10^{11}$ . Como el gas utilizado es  $D_2$ , lo más razonable es pensar que ese sería el número de deuterones colectados por la copa.

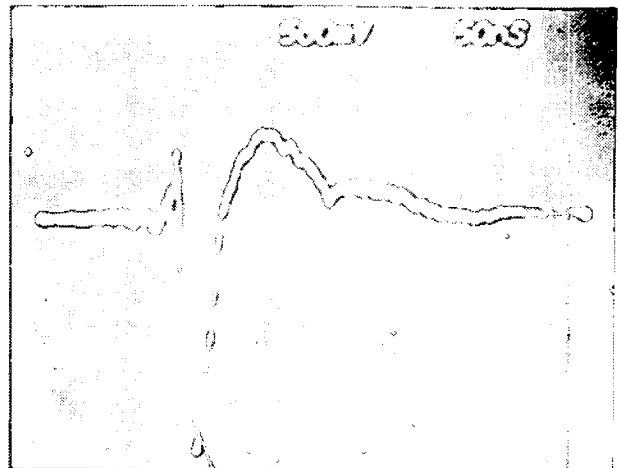


Figura 1a):

\* Investigador CONICET

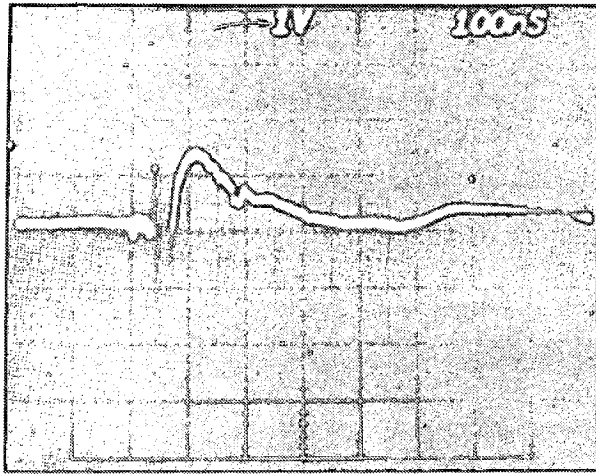


Figura 1b):

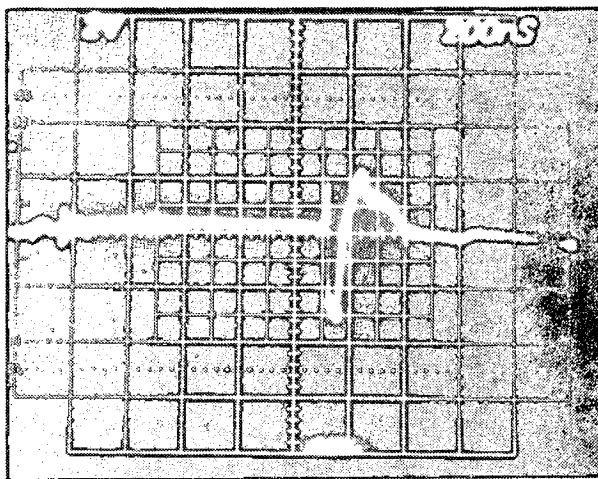


Figura 1c): Señales típicas de la copa de Faraday cuando se registra un pico positivo inicial.

Se intentó trabajar con diámetros de colimador más pequeños (de hasta 0.2 mm) a fin de eliminar la señal del plasma, pero entonces se hacía muy poco frecuente la aparición del pico positivo. Esto indicaría que el haz resulta muy colimado, es decir de un diámetro inferior o del orden de 1 mm. Cabe destacar el hecho que los picos no aparecen en todos los disparos y no se observó una correlación con la producción de reacciones de fusión.

#### DETERMINACION DEL ESPECTRO DE ENERGIA DEL HAZ DE IONES POR MEDIO DE PLACAS NUCLEARES

A fin de verificar la existencia de estos haces y determinar su energía, se intentó detectar la

impresión de los iones sobre placas de plástico tipo CR 39 [1]. Como estos plásticos responden también a los neutrones, se debió utilizar  $H_2$  como gas de llenado para evitar la confusión entre las trazas de ambas partículas. El CR 39 presenta un umbral mínimo de energía para protones de unos 70 keV [2,3] y, dado que los protones térmicos del plasma tienen una energía media muy inferior ( $\sim 1$  keV), la aparición de trazas claras en el plástico debería corresponder sólo a partículas de un haz de alta energía. Sin embargo, como se ve en el trabajo de ref. [1] el número de deuterones con energías superiores a 70 keV, provenientes de la cola de alta energía del jet de plasma, podría ser del orden de  $10^{10}$  o más. Para evitar la incidencia de una cantidad importante de iones supratérmicos del jet de plasma, se efectuó una fuerte colimación de las partículas incidentes sobre la placa de CR 39, tal como se muestra en la fig.2.

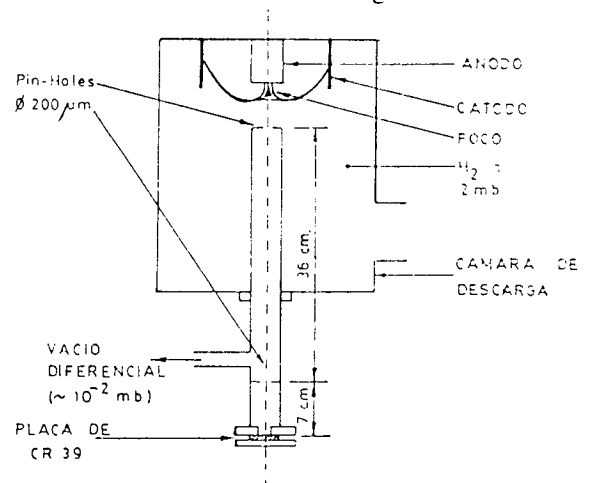


Figura 2): Esquema del colimador para la detección del haz con CR 39.

Dos *pin-holes* de  $200\mu m$  separados en 36 cm constituyen el colimador previo a la placa de CR 39. Entre ambos *pin-holes* se efectuó un vacío diferencial del orden de  $10^{-2}$  mbar a fin de evitar el frenamiento de eventuales deuterones de relativamente baja energía. La presión en la cámara de descarga llena a unos 2 mbar, bajaba a razón de 0.2 mbar por minuto, por lo que fue fácil efectuar descargas a presiones de óptima formación del *pinch*. La frecuencia con que aparecieron trazas de protones en las placas fue baja por la estrechez del haz ya comentada en el parágrafo II. En la fig.3 se muestra una fotografía de microscopio de las trazas de protones en el CR 39 después de un tratamiento de revelado con una solución 6N de NaOH durante 17 horas a  $70^\circ C$ . Las improntas bien defi-

nidas corresponden a iones energéticos (con más de 500 keV) y la fina y suave granulosidad de fondo es debida a la incidencia de algo de plasma que, aún con la fuerte colimación, no puede evitarse.

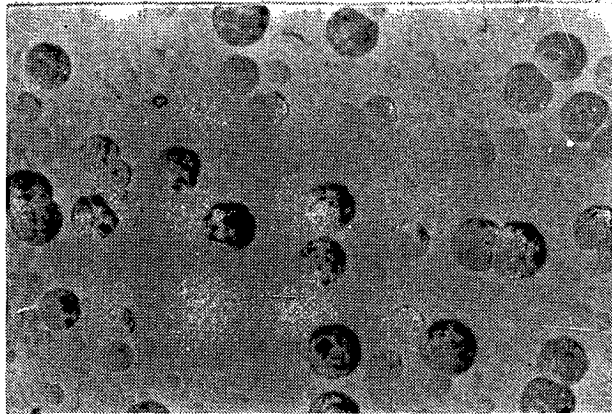


Figura 3: Fotografías de las improntas de protones en el Cr 39 (Escala: 20  $\mu\text{m}$  por cm.).

Por otra parte, la buena definición permite una medición de los diámetros de las improntas, debido a las cuales pudo obtenerse el espectro de energía que se muestra en la fig.4. Como puede verse, las energías más probables son de alrededor de 2 MeV.

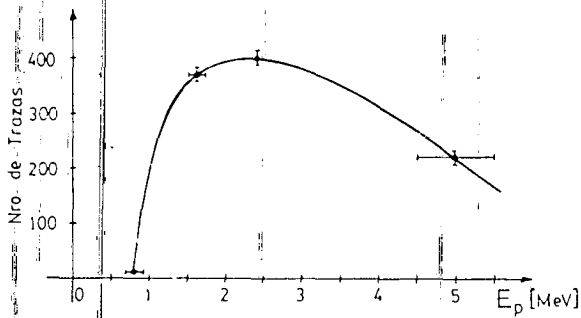


Figura 4: Espectro de energía de protones obtenido por medición de los diámetros de las improntas en el CR 39.

## COMENTARIOS FINALES

Si bien no pudo encontrarse una correlación entre la aparición de los haces y la producción de neutrones de fusión, es posible que exista un régimen de funcionamiento, que no ha sido encontrado aún, donde los procesos haz-blanco producidos por estos haces energéticos sean de relevancia. De cualquier forma, la producción de haces de varios MeV es siempre interesante, sea por sus posibles aplicaciones, como por el interés sobre los mecanismos por los que estos haces se producen.

## REFERENCIAS

1. "Efectos de Anisotropía en un Plasma Focus", M.Milanese, R.Moroso, J.Pouzo, F.Castillo Mejía. En esta misma revista.
2. Raq Y. V., et al. Nucl.Instr.Meth. **180** (1981) p. 153.
3. Mühling E., et al. Nucl. Tracks, **9**, (1984) p. 113.