



Universidad de Concepción

Comisión Chilena de Energía Nuclear



Z-pinch a Energías Extremas  
Nanofoco de Menos de 1J  
Plasma Foco de 400J  
Z-pinch en Fondo de Gas Neutro Operando a MA



*Cristian A. Pavez Morales*

Tesis presentada a la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Concepción como uno de los requisitos para optar al grado académico de Doctor en Física.

Director de tesis: Dr. Leopoldo Soto  
Comisión Informante: Dr. Renato Saavedra  
Dr. Claudio Tenreiro  
Dr. Felix Borotto

Concepción-Chile

## Resumen

El trabajo presentado en esta tesis corresponde a un estudio experimental desarrollado en tres diferentes generadores pulsados de plasma, dos de los cuales ya estaban operativos en el laboratorio de plasma de la Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN) al inicio de esta tesis y que corresponden a los dispositivos: a) plasma foco PF-400J (880nF, 30kV, 120kA, 400J, 300ns al máximo de corriente,  $dI/dt \sim 4 \times 10^{11}$  A/s) uno de los primeros dispositivos plasma foco de muy baja energía que produce pulsos de neutrones de fusión y b) el generador de potencia pulsada SPEED-2 (4.1μF capacidad equivalente, 300 kV, 4 MA en corto circuito, 187 kJ, 400 ns al máximo de corriente,  $dI/dt \sim 10^{13}$  A/s) diseñado para operar en una configuración de descarga plasma foco. El tercer experimento corresponde a un dispositivo tipo plasma foco de energía de menos de 1J (Nanofoco), el que fue diseñado, construido y caracterizado durante el desarrollo de esta tesis. El trabajo realizado se puede resumir en dos aspectos generales: el estudio experimental del escalamiento en plasmas foco de baja energía y el desarrollo de una configuración Z-pinch lineal utilizando el generador SPEED-2. En este último caso se desarrolló un mecanismo de preionización para formar una descarga Z-pinch en fondo de gas neutro (Deuterio en nuestro experimento) que se acopló convenientemente a las características eléctricas del generador. En cada experimento se estudiaron propiedades del plasma (densidad, dinámica, tamaño, emisiones de radiación) que dan cuenta del estado de éste.

En el dispositivo plasma foco PF-400J se caracterizó la densidad electrónica para descargas en  $H_2$  utilizando técnicas ópticas refractivas, midiéndose valores de densidad en el pinch  $\sim 10^{25} m^{-3}$ , similares a los que se han reportados en equipos plasma foco de mayor energía. Se midió la anisotropía en la distribución de intensidad de la emisión de neutrones para descargas en  $D_2$  utilizando técnicas de detección de trazas nucleares en plásticos CR-39, con esta técnica se obtiene una distribución para el flujo de neutrones caracterizada por una contribución isotrópica del 57.5% y otra anisotrópica del 42.5% de la producción total de neutrones. Finalmente se midió la energía promedio y la distribución espectral de los neutrones a  $90^\circ$  del eje del pinch por medio de la técnica de tiempo de vuelo utilizando un arreglo de 5 fotomultiplicadores, con lo que se observa un máximo en la distribución entorno a 2.5MeV y un segundo pico más difuso entorno 2.8MeV.

El dispositivo Nanofoco se caracterizó eléctricamente, se estudio la dinámica del plasma por medio de fotografía ultrarrápida en el espectro visible, dando cuenta de la formación de una descarga dinámica coaxial tipo plasma foco que se caracteriza por la formación y posterior ruptura de una columna de plasma sobre el ánodo. Se estudió la emisión de radiación por medio de técnicas de detección de rayos X con y sin resolución temporal. De las señales del fotomultiplicador se encuentra que la emisión de rayos X parte en el

momento de la ruptura eléctrica y el máximo de emisión es anterior al momento de máxima corriente. De la técnica de detección con película fotográfica y filtros escalonados se obtiene una energía efectiva para la radiación de  $4.2keV$ .

En el experimento Z-pinch en fondo de gas neutro se utilizó un par de electrodos cónicos para determinar una región preferencial de ruptura eléctrica en el gas y así formar el canal de la descarga. La información de la estructura del canal al igual que su densidad electrónica se obtuvo utilizando técnicas ópticas refractivas. Se observó una singularidad cerca del cátodo con densidad del orden de  $4 \times 10^{24} m^{-3}$  inmersa en una columna de plasma de densidad del orden de  $1 \times 10^{24} m^{-3}$ . Para las descargas donde la formación del canal de plasma era bien definida se observa compresión de la columna y los detectores de  ${}^3He$  entregan lecturas de hasta  $5 \times 10^5$  neutrones por pulso, además no se observan inestabilidades macroscópicas en los tiempos en que se estudia la descarga por medio de los diagnósticos ópticos, con lo que se obtienen tiempos de estabilidad de la descarga mayores a los reportados en este tipo de descarga pinch.

