

# ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL EQUIPO Z-PINCH "NOVA" FUNCIONANDO COMO VACUUM-GAP

H.Acuña, L.Bernal, D.Cortázar\*\*, G.Iglesias, J.Pouzo\*.

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

El equipo Z-pinch "NOVA" (2KJoules, 10KV, 250 KA) es operado como "vacuum-gap". El plasma es generado en alto vacío ( $10^{-5}$  mb) por el material desprendido de los electrodos de cobre. En la columna de "pinch" se producen varias compresiones fuertes (micropinches) durante el primer cuarto de período de la corriente, lo que se detecta por los pulsos observables en la señal de  $dI/dt$ . Usando un sistema centellador - fotomultiplicador se registran pulsos de rayos X duros generados en coincidencia con los micropinches.

En este trabajo se estudia la evolución del plasma tomando fotografías del pinch con tiempos de obturación de unos 15 ns, correlacionados temporalmente con la señal de  $dI/dt$ . Se observan inestabilidades del tipo  $m=0$  y  $m=1$ .

## I- INTRODUCCION

Los equipos Z-Pinch densos conocidos como "vacuum-gap" se comenzaron a estudiar desde el inicio de las investigaciones experimentales sobre el efecto de pinch lineal [1,2]. Esencialmente, su principio de funcionamiento consiste en la descarga de alta tensión y corriente entre un par de electrodos en atmósfera de muy alto vacío ( $10^{-5}$  -  $10^{-6}$  mb), producida por el disparo de una chispa preionizante generada entre un tercer electrodo y uno de los electrodos principales. En tales condiciones, cuando la descarga de avalancha (breakdown) se produce, se forma una columna de plasma de iones metálicos compuesto por el material desprendido desde los dos electrodos principales. En esa columna de plasma se desarrollan las inestabilidades típicas de un plasma autoconfinado por el efecto Z-Pinch. Probablemente debido a las inestabilidades de tipo  $m=0$ , se producen en la columna regiones submilimétricas de alta concentración de densidad y temperatura conocidas con el nombre de " $\mu$ -Pinch". En los  $\mu$ -Pinch se alcanzan densidades y temperaturas electrónicas del orden de  $10^{22}$   $\text{cm}^{-3}$  y 100 Kev respectivamente [2,3]. En estos valores - que son de lejos los más elevados obtenidos en plasmas de laboratorio - radica el principal interés sobre estos equipos.

En este trabajo se presentan los primeros resultados experimentales sistemáticos obtenidos en el equipo "NOVA", el único de su tipo operante en la Argentina. En este estudio se ha utilizado una variedad de

técnicas diagnósticas combinadas, cuyo propio desarrollo puede resultar de interés.

## II.- DISPOSITIVO EXPERIMENTAL

El equipo "NOVA" es un vacuum-gap en el cual se descarga un banco de capacitores de 40  $\mu\text{F}$ , que se operó con una tensión de carga variable entre 4 y 8,5 KV. La forma de los electrodos planos puede verse en la fig. 1, donde también se representa el circuito de descarga.

Mediante una bobina del tipo Rogowski, se registra el oscilograma de la derivada de la corriente de descarga ( $dI/dt$ ). En la fig.2 se muestra uno de los oscilogramas típicos obtenidos, donde pueden observarse los picos negativos en  $dI/dt$  correspondientes a la producción de micropinches en la columna de plasma.

El período de la corriente resulta  $T \cong 10 \mu\text{s}$ , por lo que la inductancia parásita del conexionado puede calcularse como de unos 60 nH.

## III.- FOTOGRAFIAS DEL PLASMA USANDO UNA CELDA DE KERR COMO OBTURADOR

Con el objeto de obtener fotografías en luz visible del plasma con tiempos de exposición adecuados (del orden de 10 ns) se desarrolló un sistema de obturación basado en el efecto de rotación del plano de polarización, conocido como efecto Kerr. En la fig. 3 se da un esquema de la celda de Kerr desarrollada. Si cuando la luz polarizada atraviesa la celda, se aplica una diferencia de potencial a los electrodos, el retardo de la fase estará dado por la ecuación:

\* Investigador CONICET

\*\* Becario CONICET

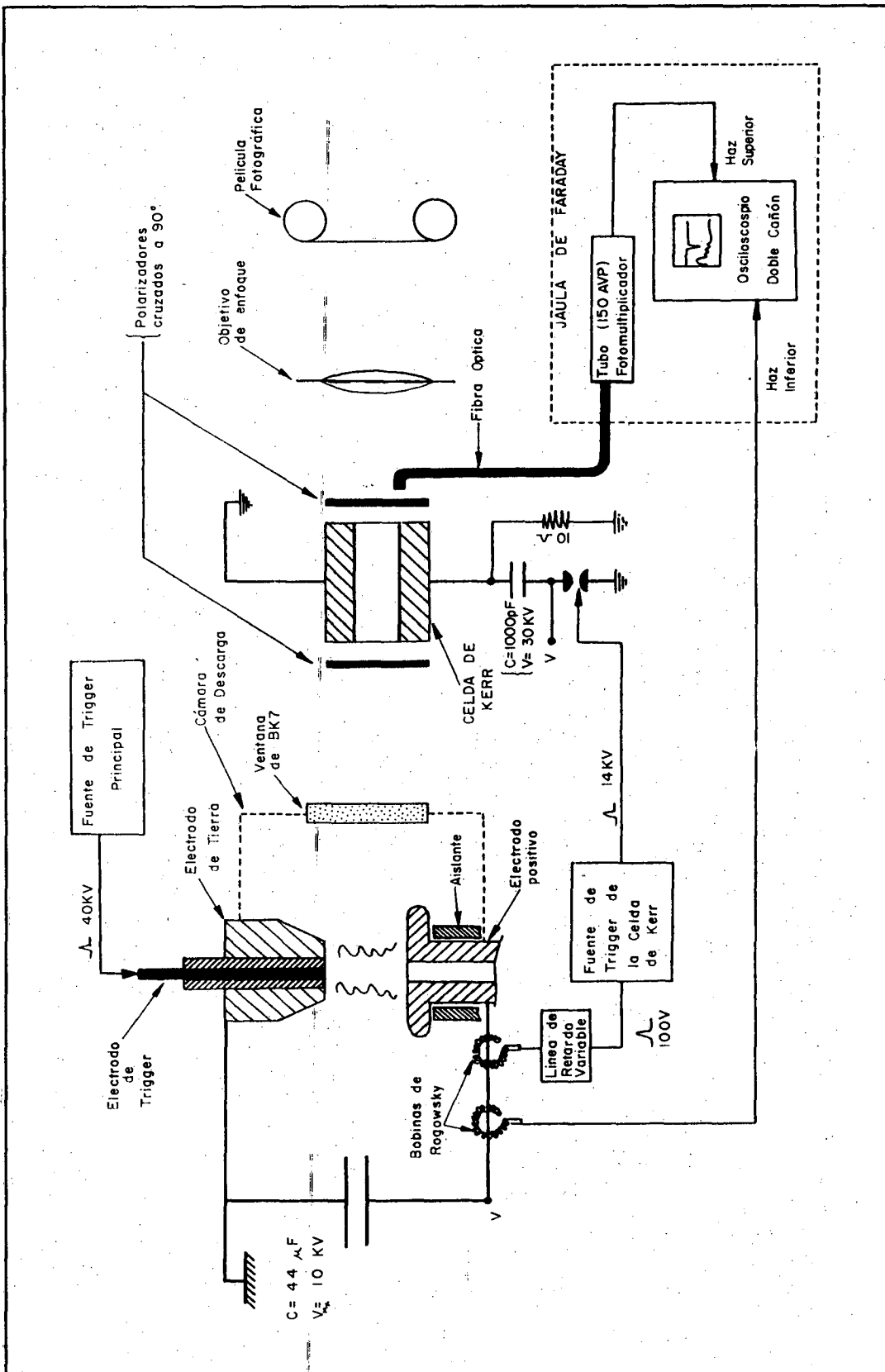


Figura 1: Esquema del experimento y montaje experimental para la obtención de las fotografías de plasma.

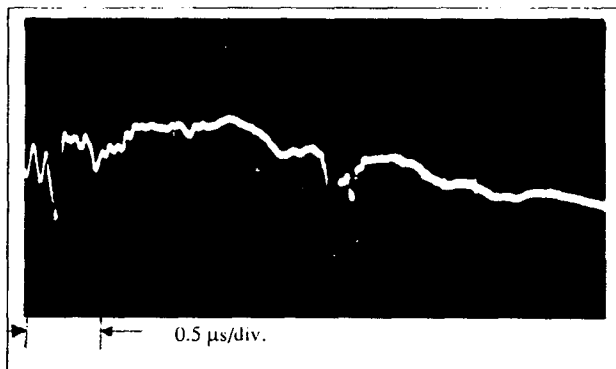


Figura 2: Oscilograma típico de  $dI / dt$  obtenido con bobina Rogowski.

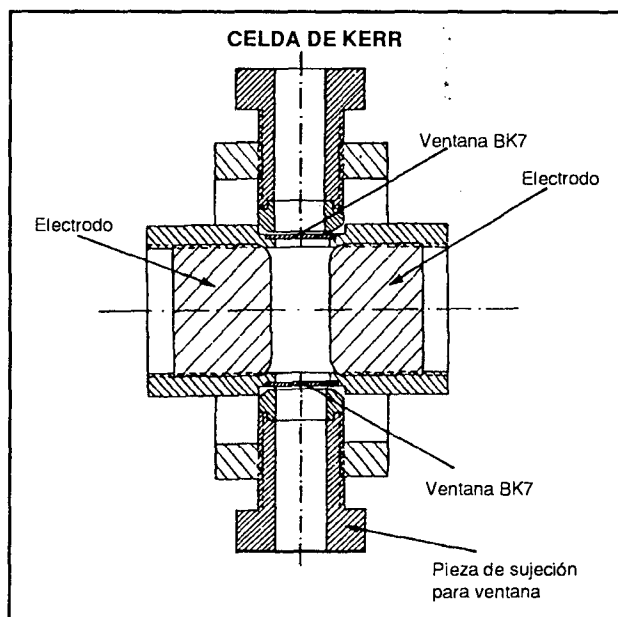


Figura 3: Esquema de la celda de Kerr.

$$\Delta\phi = 2 \pi K i \frac{V^2}{d^2}$$

donde:

K: constante de Kerr del medio ópticamente activo.

i: longitud de los electrodos.

d: distancia entre electrodos.

V: tensión aplicada en bornes de la celda.

Entonces si se coloca la celda entre dos polarizadores cruzados a  $90^\circ$  (en extinción total) y se aplica un pulso de tensión breve a los electrodos de la celda, una fracción de la luz visible incidente en uno de los polarizadores, emergerá por el otro durante un tiempo igual al ancho de pulso eléctrico. En la fig.1 se muestra el esquema experimental utilizado para obtener fotografías rápidas de plasma con el sistema de obturación antes descrito. El pulso eléctrico en la

celda se produce por el disparo de un circuito RC con una llave "spark-gap", la cual es gatillada por una señal correspondiente al inicio de la descarga principal del "NOVA" a través de una línea de retardo variable. Para registrar el instante en que la fotografía es tomada, respecto de la señal de  $dI/dt$ , mediante un sistema de fibra óptica y fotomultiplicador se detecta el pulso de luz emergente del sistema de obturación; las señales de fotomultiplicador y de la bobina Rogowski son registradas simultáneamente en un osciloscopio de doble cañón TEKTRONIX 556.

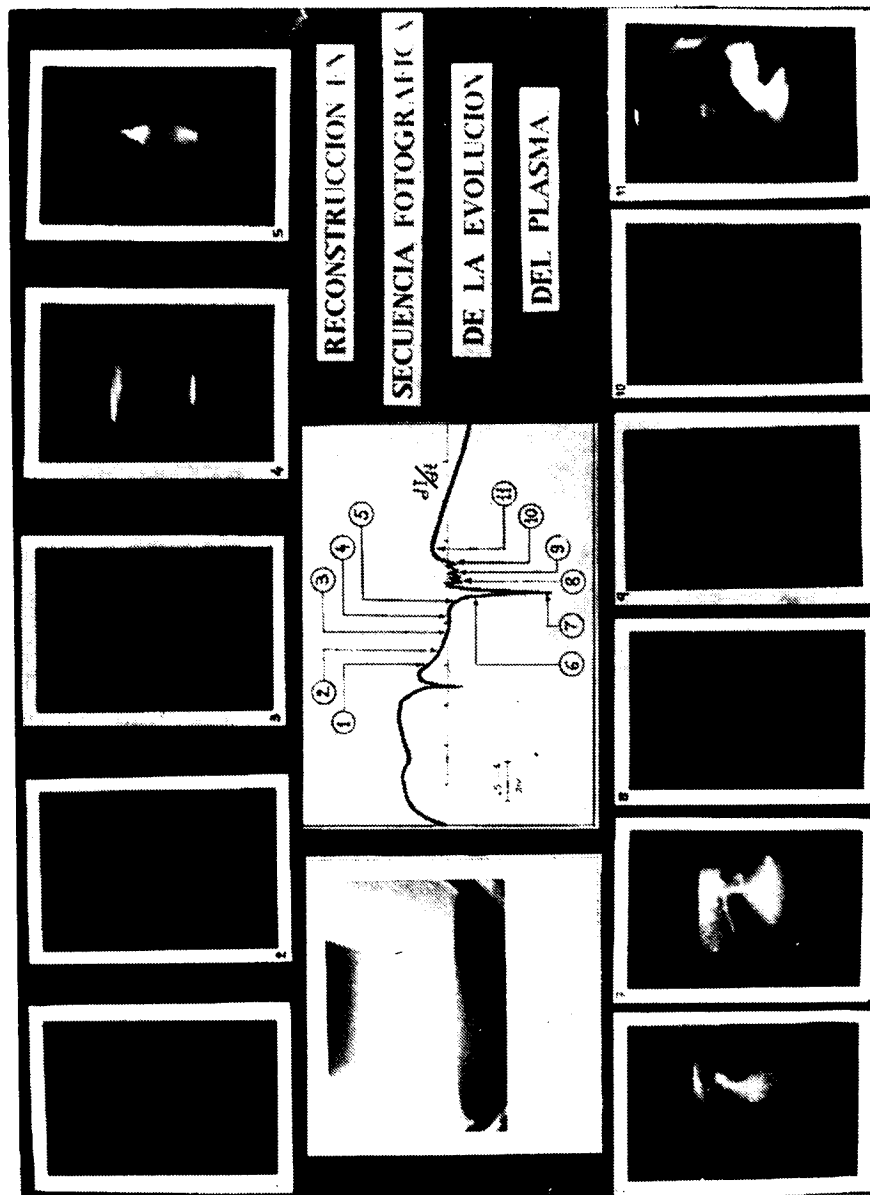
Con este sistema fueron obtenidas fotografías (una por descarga) con 15 ns de tiempo de exposición, registrando la forma de la columna de plasma en distintos instantes alrededor de un pico principal en  $dI/dt$ . Dado que el fenómeno es poco reproducible de una descarga a otra, resulta difícil obtener una secuencia de fotografías que muestre, de manera confiable, la evolución del plasma en la región de interés. La mejor composición obtenida hasta el momento se muestra en la fig.4, donde puede verse una secuencia fotográfica referida temporalmente (en forma aproximada) a lo que podríamos llamar una señal típica de  $dI/dt$ .

#### IV.- OBSERVACION DE LA RADIACION IONIZANTE EMITIDA POR EL PLASMA

Con la finalidad de observar la radiación emitida por el plasma - rayos X duros de acuerdo a lo reportado por otros autores [2] - se utilizó un detector centellador plástico-fotomultiplicador, el NE 102. El fotomultiplicador es el Philips 56 AVP que, polarizado a 2500 V, tiene una ganancia de  $\approx 10^7$ . En la fig.5 se muestra una serie de oscilogramas de  $dI/dt$  y de la señal del fotomultiplicador (simultáneas), para diferentes tensiones de carga del banco de capacitores. En la fig.6 se presentan los histogramas de altura de pulso (en Volts) registrados a las tensiones de carga de 7.0, 7.5, 8.0 y 8.5 KV, obtenidos observando los picos de radiación de unas 100 descargas para cada tensión.

#### V.- COMENTARIOS FINALES

Siempre considerando el ya mencionado problema de la escasa reproducibilidad del fenómeno, lo que puede concluirse de la secuencia fotográfica de la fig.4, es lo siguiente: Se observan inestabilidades del tipo  $m = 1$  (fotos 3 y 9) y  $m = 0$  (foto 7). Las  $m = 1$



**FIGURA 4:** Secuencia fotográfica aproximada del plasma referida a una señal típica de  $dI / dt$ .

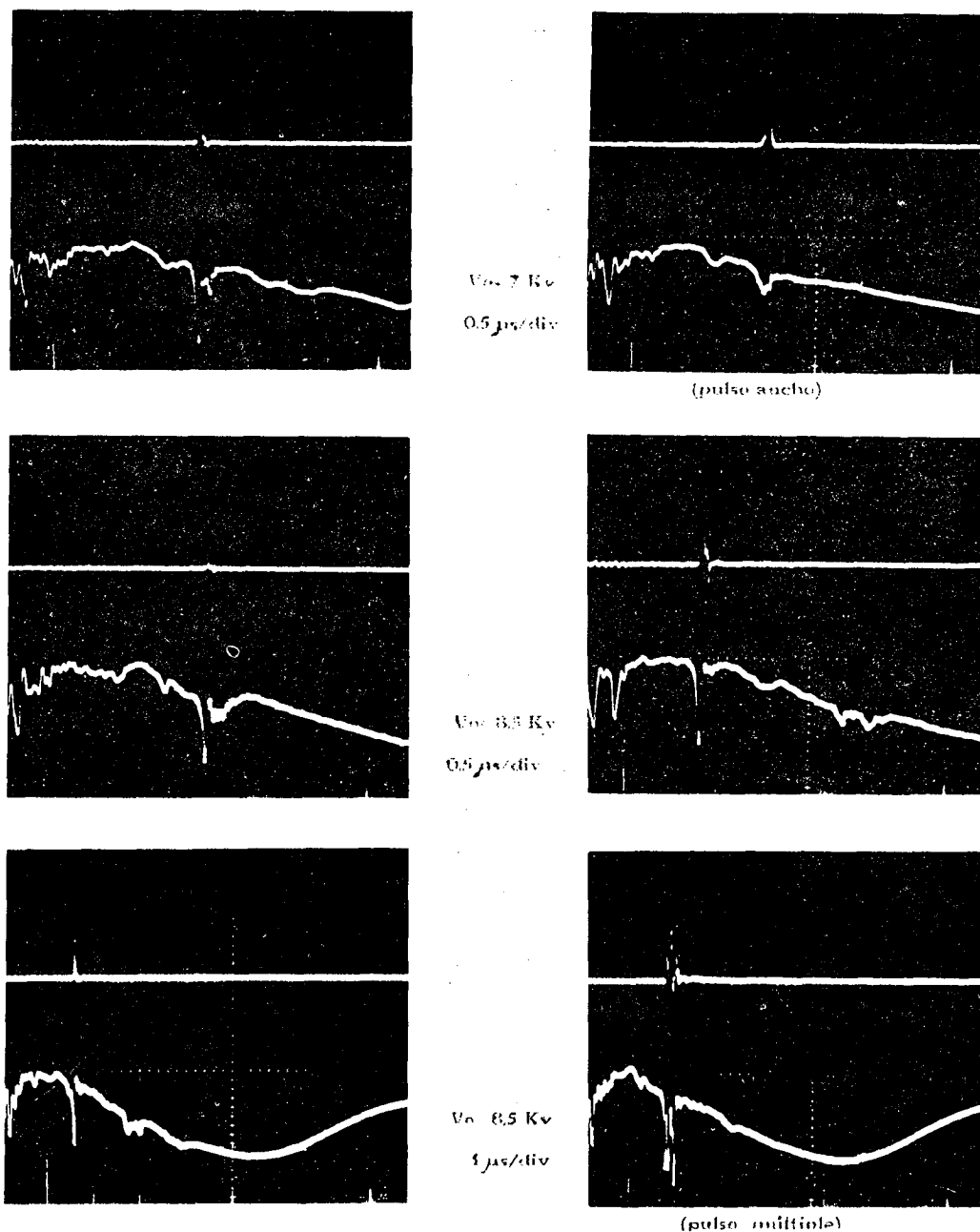


Figura 5: Oscilogramas del pico de rayos X (haz superior) y de la señal correspondiente de  $dI/dt$  (haz inferior).

pueden conducir rápidamente a una etapa de disgregación del plasma sin que se concrete una efectiva compresión del mismo. Las  $m = 0$ , que parecen estar conectadas con los picos en  $dI/dt$ , se ven como las responsables de los micropinches.

La emisión de los rayos X duros se produce en

exacta coincidencia con el mínimo de algunos de los más pronunciados picos de  $dI/dt$ , pero no en todos ellos.

La distribución estadística de la producción de rayos X tiene importancia para la posible utilización de este equipo como fuente de esa radiación.

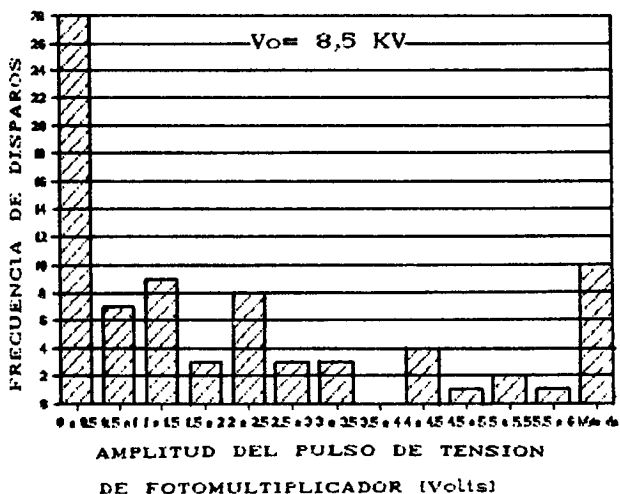
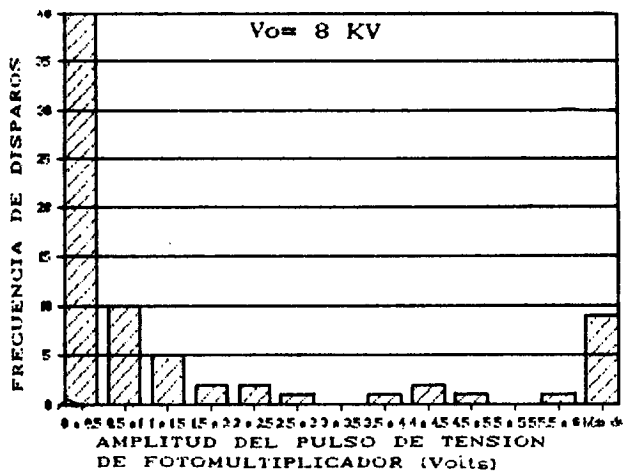
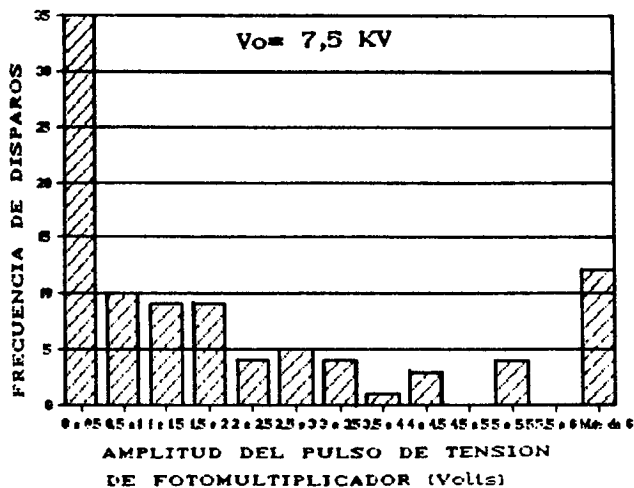
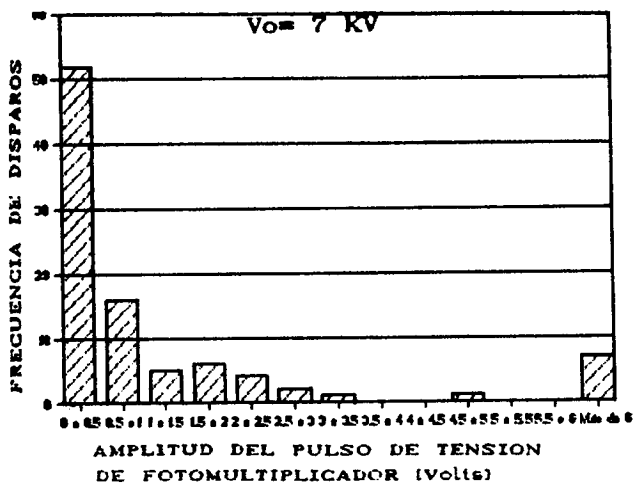


Figura 6: Histogramas de la altura de pulsos de rayos X (en V) para distintas tensiones de operación del NOVA (Vo).

REFERENCIAS

1. L.Cohen, V.Feldman, M.Swartz, J.H.Underword, J.Opt. Soc. Am. 58 (1968) 843.
2. V.A.Veretennikov, V.A.Gribkov, É.Ya.Kononov,

- O.G.Semenov, and Yu.V.Sidel'nikov, Sov. J.Plasma Phys., 7 (1981) 249.
3. Yu.A.Bykovski and V.B.Lagoda, Sov.Phys.JETP 56 (1982) 61.