

# Homogeneización del bombeo en láseres de CO<sub>2</sub> de flujo rápido transversal

M. G. González<sup>1</sup>, I. Ríos<sup>1</sup>, V. D'Accurso<sup>2</sup>, G. Santiago<sup>1</sup>, C. Rosito<sup>2</sup>

1. Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires, Paseo Colón 850 (1063), Capital Federal.

2. Centro de Investigaciones en Láseres y Aplicaciones (CEILAP), Juan Bautista de Lasalle 4397 (1603), Villa Martelli, Bs. As.

e-mail: gsantia@fi.uba.ar

En una reunión previa reportamos el funcionamiento de un láser de CO<sub>2</sub> continuo de flujo rápido transversal y alta potencia. Con este láser se obtuvieron hasta 1200 W de potencia continua. A fin de mejorar el desempeño estudiamos el comportamiento de un nuevo sistema de electrodos basado en un cátodo de sección elíptica a diferencia del de sección circular utilizado anteriormente. Con este arreglo de electrodos conseguimos una distribución espacial del bombeo más uniforme, lo cual condujo a un incremento de la potencia de salida hasta 1600 W y a un haz con una distribución de intensidad más homogéneo.

In a previous meeting we reported the operation of a high-power, fast-transversal-flow, continuous wave CO<sub>2</sub> laser. With this device we obtained up to 1200 W of laser power. In order to improve the performance we studied a new electrode system based on an elliptically shaped cathode instead of the previous circular one. With this new electrode arrangement we achieved a more homogenous spatial distribution of the pumping that led to an increase of the output power up to 1600 W and an more uniform output beam.

## I Desarrollo previo.

En una reunión previa<sup>1</sup> reportamos el funcionamiento de un láser de CO<sub>2</sub> continuo del tipo de enfriamiento convectivo por flujo rápido transversal. En esa ocasión la máxima potencia obtenida fue de alrededor de 700 W. El arreglo de electrodos utilizados consistió de un cátodo de cobre de sección circular, enfriado internamente por agua, y 60 ánodos de bronce, cada uno de ellos conectado por medio de una resistencia limitante de corriente a una fuente de alta tensión. La figura 1 muestra un esquema de dicho arreglo de electrodos, así como la posición de los espejos del resonador plegado en forma de Z. El largo de los ánodos es de 80 mm, el diámetro del cátodo 20 mm y el de los espejos 38 mm.

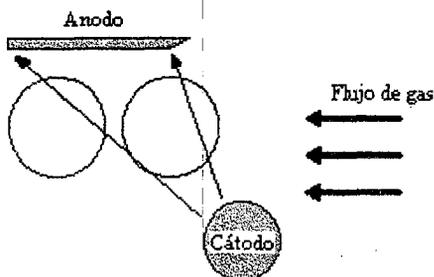


Figura 1. Esquema de los electrodos

En esta disposición la densidad de corriente decrece rápidamente en la dirección del flujo del gas. La descarga

es muy estable, pero la densidad de corriente decrece rápidamente en la dirección del flujo. Los efectos de este fenómeno sobre la ganancia de pequeña señal pueden verse en la figura 2.

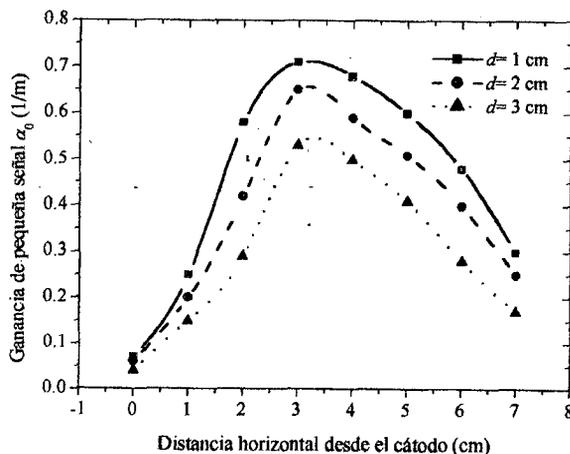


Figura 2. Medidas de la ganancia de pequeña señal. Las distancias  $d$  están medidas verticalmente desde el ánodo.

Por medio del uso de canalizadores, que incrementaron la velocidad de flujo, pudimos desplazar la distribución de corriente al mismo tiempo que depositamos más potencia de bombeo antes de que se desarrollaran las inestabilidades que dan origen a la formación de arcos. Así se consiguieron potencias de hasta 1200 W como muestra la figura 3

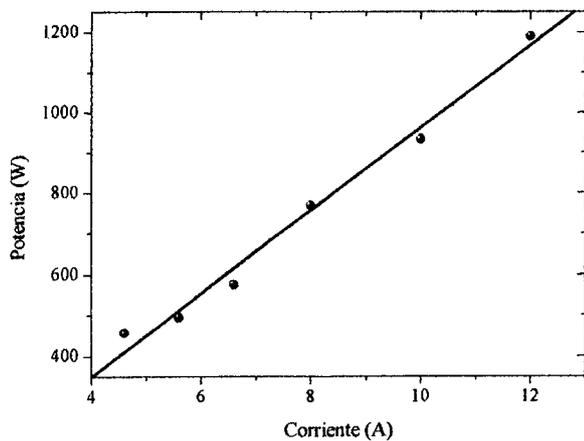


Figura 3. Potencia en función de la corriente de excitación para la configuración de electrodos de la figura 1.

El aumento de potencia obtenido es importante aunque aún se observa una marcada deformación del modo de salida en la dirección de flujo del gas como muestra la figura 4.

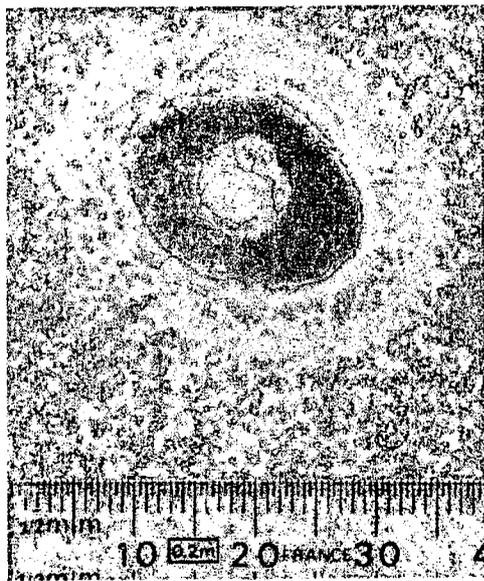


Figura 4. Perfil del modo de salida registrado sobre amianto.

Esta distorsión fue en parte corregida por la adopción de un resonador de acoplamiento difractivo<sup>2</sup>, sin embargo la falta de homogeneidad en la distribución de corriente hacía que el perfil del modo mantuviera una asimetría en la dirección de flujo del gas.

## II Nueva configuración de electrodo

Con el fin de mejorar este problema estudiamos otras configuraciones de electrodos. El principal desafío es regular la distancia entre cátodo y ánodo con el fin de mantener la relación  $E/N$  (campo eléctrico a densidad de moléculas) lo más uniforme posible. Esto es dificultoso ya

que conforme el gas avanza dentro de la zona de descarga se calienta y por lo tanto la densidad disminuye por lo que la transición al arco se vuelve más probable si no se reduce el campo eléctrico (3).

El mejor resultado obtenido fue con un cátodo elíptico ubicado en posición inclinada con respecto al flujo de gas como muestra la figura 5.

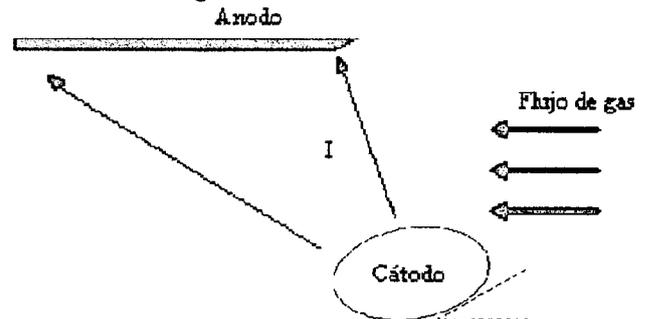


Figura 5. Esquema del nuevo arreglo de electrodos.

Las figuras 6 y 7 muestran sendas estimaciones numéricas de los valores de campo sobre la base de los modelos de las referencias 4, 5 para los dos tipos de cátodo. Puede apreciarse que sobre el cátodo elíptico la distribución de campo es más uniforme y la mancha catódica mucho más amplia que en el caso del cátodo cilíndrico.

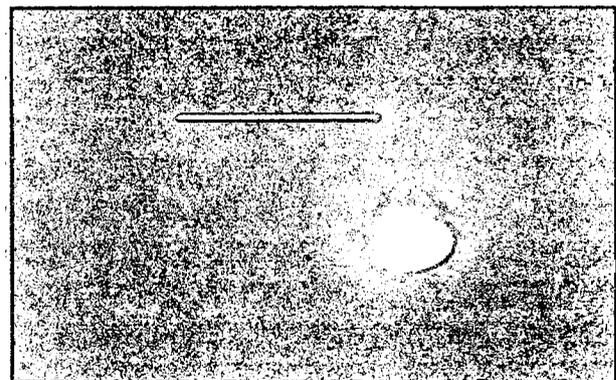


Figura 6. Esquema de la distribución de campo para el electrodo elíptico.

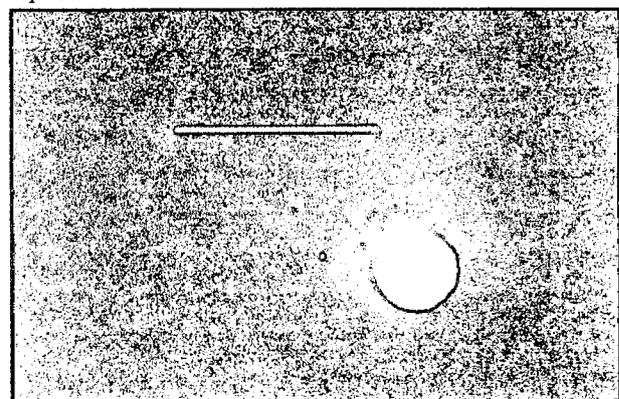


Figura 7. Esquema de la distribución de campo para el electrodo circular.

A partir de las estimaciones previas fue necesario llevar a cabo una gran cantidad de ensayos tendientes a determinar el posicionamiento de los electrodos y el ángulo de inclinación del cátodo respecto del flujo del gas que permitieran obtener una distribución de corriente estable y homogénea. Con la mejor disposición se obtuvo una corriente máxima de 13 A a diferencia de los 12 A obtenidos con el sistema anterior. Si bien el incremento en la corriente total no es muy grande, el progreso en potencia es mucho más marcado como muestra la figura 8.

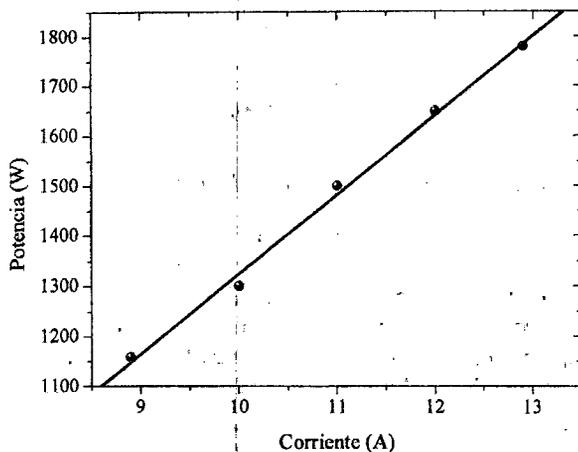


Figura 8. Potencia en función de la corriente para la nueva configuración de electrodos.

El aumento de la potencia de salida excede el 25% lo cual es muy superior al incremento de la corriente. Esto refrenda la mejora en la distribución espacial del bombeo.

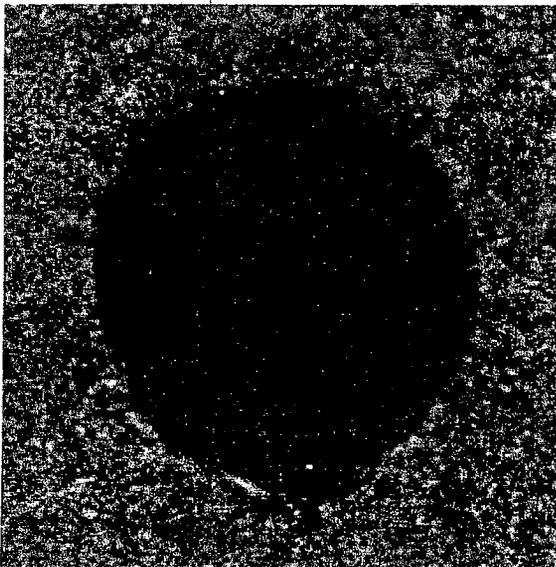


Figura 9. Muestra del haz registrada sobre cerámica.

Asimismo, como muestra la figura 9, se puede notar que el haz es ahora muy aproximadamente circular a diferencia del registrado en la figura 4. Este hecho también ilustra que la distribución de ganancia es más uniforme que en el desarrollo previo.

### III Conclusiones

La experiencia señala que la adopción del cátodo de sección elíptica permite expandir y homogeneizar la distribución de la corriente de bombeo lo que conlleva a un marcado incremento de la potencia de salida y a una mejora sustancial de la uniformidad del haz obtenido.

### Referencias

- [1]. V. D'Accurso, G. D. Santiago y C. A. Rosito, *Anales AFA*, **12**, 87, 2000
- [2]. A. L. Peuriot, G. D. Santiago and C. A. Rosito, *SPIE* vol 4419, 150, 2001.
- [3]. P. A. Sorichetti, *IEEE J. Quantum. Electron.*, **27**, 2340, 1991.
- [4]. J. D. Cobine, "Gaseous conductors", Dover, cap 8.
- [5]. Reitz and Milford, "Foundations of electromagnetic Theory", cap 14, 365.