

Caracterización de un haz gaussiano y obtención de uno nuevo con parámetros ajustados mediante un lente

Gómez Arias, Andrés

Nellen Mondragón, Stefan Daniel

21 de octubre de 2018

Resumen

1. Introducción

1.1. Objetivos

1.2. Desarrollo Experimental

2. Resultados

Al tomar 30 imágenes como la de la figura se hizo un programa que generara una matriz en escala de grises (intensidad de la luz) de la imagen. Se recorrió la matriz para encontrar el máximo de intensidad y ese se tomó como el centro del spot. Luego se encontró el radio máximo con respecto al centro a partir del cual todo pixel fuera de ese radio no fuera mayor a la mitad de la intensidad máxima (convención FWHM). Así también, se encontró el radio mínimo con respecto al centro a partir del cual todo pixel dentro de ese radio no fuera menor a la mitad de la intensidad máxima. El radio tomado fue el promedio de los radios mínimo y máximo y el error fue la mitad de su separación. Después, al obtener el diámetro, se usó la convención de tomar el ancho del haz como $W = \sqrt{\frac{2}{\ln(2)}} FWHM$.

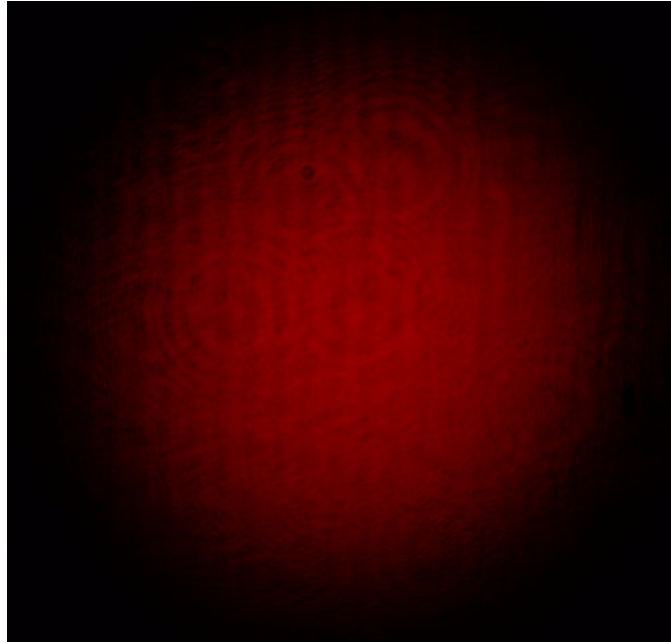


Figura 1: Imágen del rayo a 86.8cm del láser

Al hacer ésto para las 29 imágenes (una imagen apareció oscura), se obtuvo un conjunto de datos suficiente para ajustar a la función $W(z) = W_0 \sqrt{1 + \left(\frac{z-z_0}{z_R}\right)^2}$. Ésto se muestra en la siguiente figura:

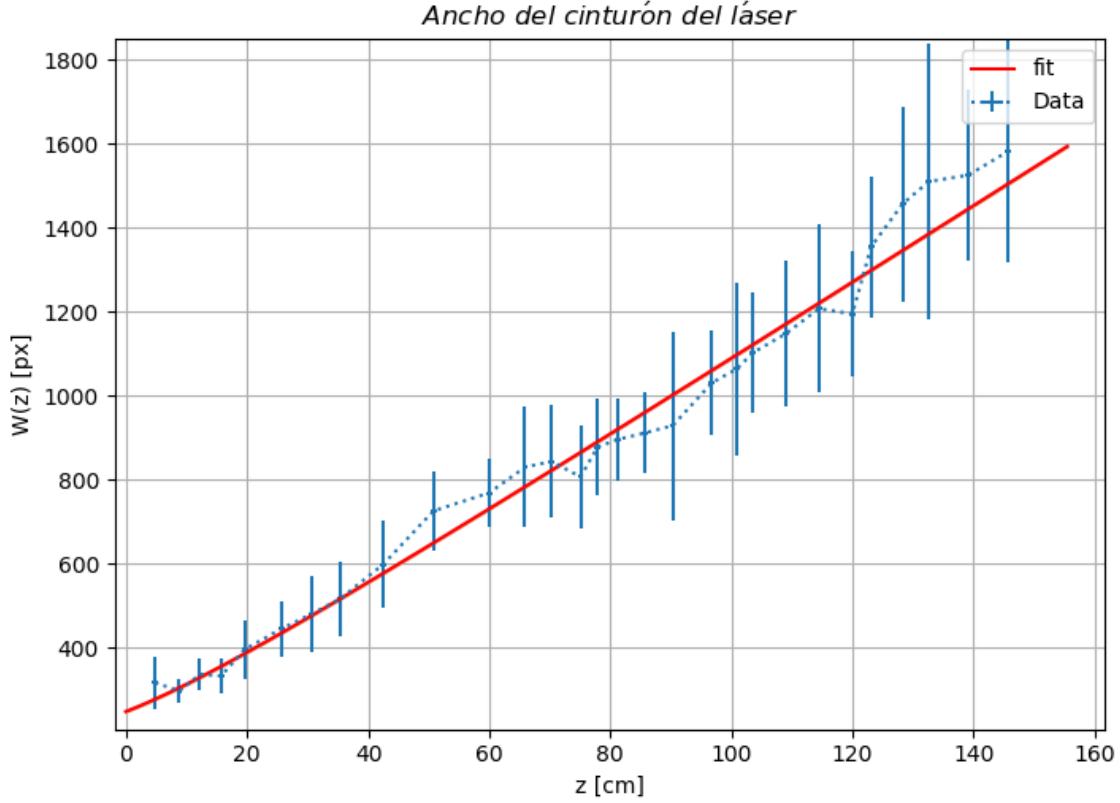


Figura 2: Caracterización del primer haz gaussiano (rayo láser)

El pixel tenía un tamaño de $2,68\mu m$ de ancho por $3,24\mu m$ de alto. Como el programa tomó a la matriz como equidistante entre la altura y la anchura, se tomó un error al tomar el tamaño del pixel como un cuadrado cuyos lados eran el promedio y su error la mitad de la distancia entre la anchura y la altura: $2,96\mu m \pm 0,28\mu m$. Teniendo en cuenta eso, el ajuste arrojó que $z_0 = -9,07 \times 10^{-8} cm$ (Prácticamente en la salida del láser), $z_R = 21,22 cm \pm 0,05 cm$ y $W_0 = 194,97 px = 577,11\mu m \pm 54,49\mu m$.

Con ésto, si queremos un haz gaussiano creado a partir del láser que atraviesa una lente con $W'_0 = MW_0 = 30\mu m$, entonces $M = 0,052$. Si elegimos un lente con foco de $6 cm$, éste debe de ser colocado a un $z = \sqrt{\frac{f}{M}} - z_R + f = 15,7 cm$ de la salida del láser. Así, debería ser que $z'_0 = f = 6 cm \pm 1 cm$, $z'_R = M^2 z_R = 0,057 cm \pm 1,4 \times 10^{-4} cm$.

Habiendo puesto un lente en la posición requerida, se tomaron 31 imágenes y se realizó el mismo análisis con la misma convención para encontrar W . A continuación se muestran los datos encontrados (azul), el ajuste al modelo (rojo) y el modelo con los parámetros esperados (verde). Tanto en los datos como en el modelo se tomó en origen en el lente. Las barras representan el error que surge al propagar incertidumbres.

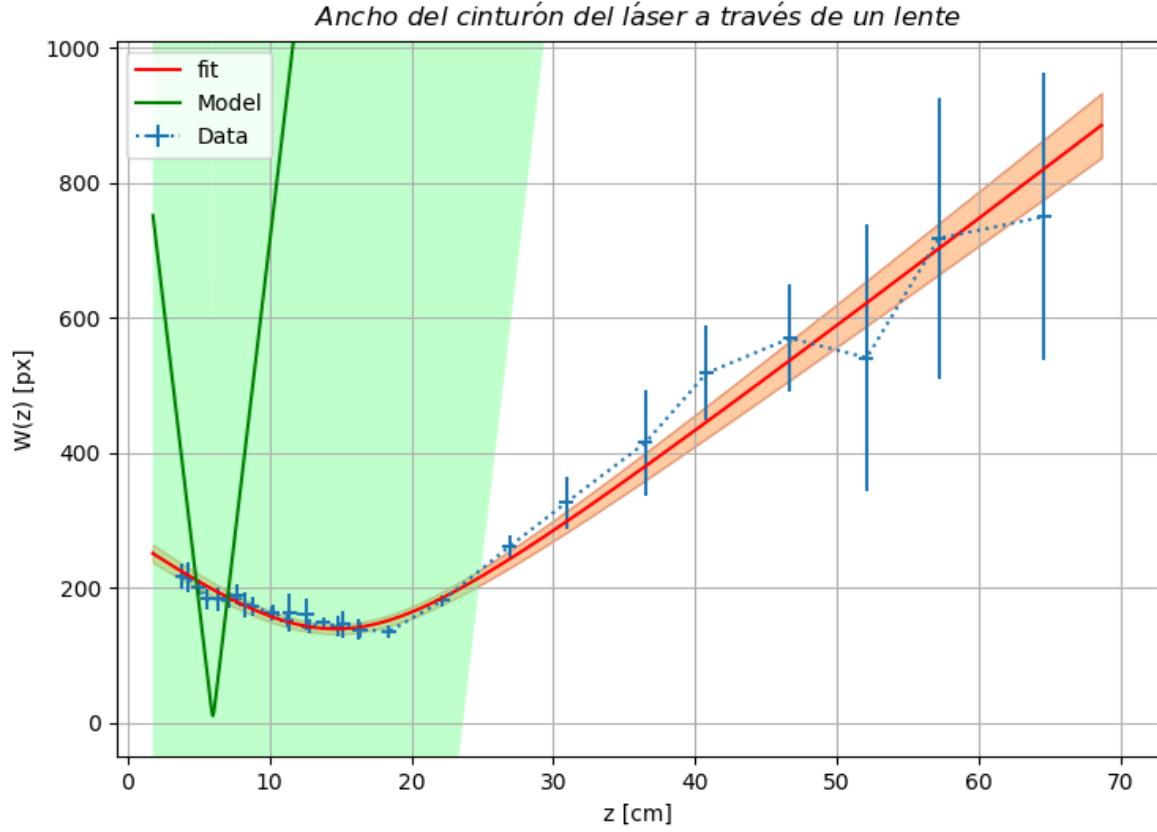


Figura 3: Caracterización del segundo haz gaussiano (rayo láser a través de un lente)

Teniendo las mismas consideraciones que en anterior, el ajuste arrojó que $z'_0 = 14,65\text{cm} \pm 5 \times 10^{-7}\text{cm}$, $z'_R = 9,58\text{cm} \pm 0,15\text{cm}$ y $W'_0 = 139\text{px} = 411,44\mu\text{m} \pm 38,92\mu\text{m}$.

3. Discusión

Por cómo se tomaron los diámetros. Las barras de error nos dan el diámetro máximo (la parte superior de la barra) y el mínimo (la parte inferior). Se puede observar que para ambos casos el error aumenta conforme nos alejamos de la fuente. Ésto probablemente se deba a que para distribuciones más grandes, la variación en el rango de la mitad de la amplitud es más lenta. Por lo que efectos como patrones de difracción en la cámara pueden tener un peso mayor, y así disminuir el radio menor (ver por ejemplo el extremo mínimo de la barra de error en $z = 52,1\text{cm}$ para el láser a través de un lente con su correspondiente figura).

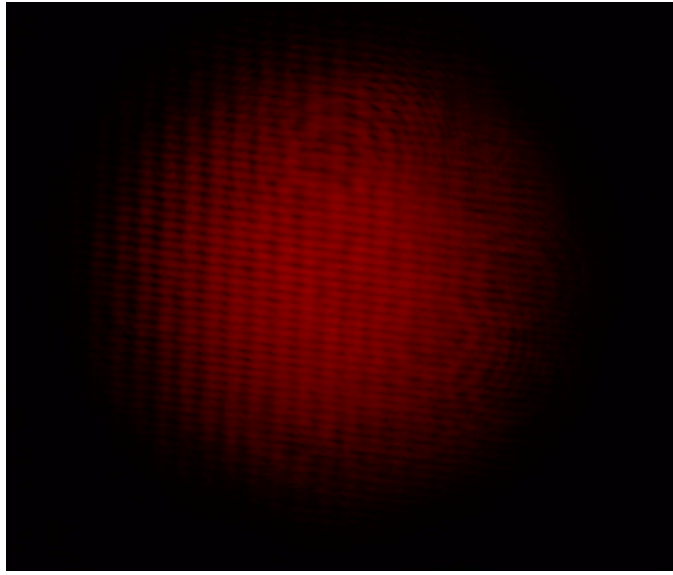


Figura 4: Imágen del rayo a través de un lente a 52.1cm del lente (no está a escala con respecto a la otra imágen)

Aún con ésto, el ajuste a los datos fue muy bueno en ambos casos. Se demostró que éstos si siguen el comportamiento de un haz gaussiano.

Por otro lado, el haz generado por el láser a través de un lente no resultó ser lo que nuestros cálculos predecían. El comportamiento sí es el de un haz gaussiano, pero no resultó tener los parámetros esperados (fácil de ver cuando comparas la gráfica del fit con el Model). Los datos no fueron inexactos, ni hubo un error metodológico, todos coinciden con el fit y discrepan con el modelo. Un claro indicador de cuál fue el problema es la ubicación del mínimo de los datos (que coincide con el valor de z'_0). Ésta se localiza en el foco, donde se concentra en el rayo. Claramente ésta no coincide con el foco que estaba indicado en el lente y difiere por más que el doble. Los datos son consistentes, por lo que estamos seguros de que el foco estaba mal indicado, en realidad éste era del orden de 14,5cm. Como todos los demás parámetros dependen directa o indirectamente del valor del foco, es de esperar que nada coincidiera con lo esperado.

4. Conclusiones

El proceso de caracterización de un haz gaussiano fue exitoso. Un láser simple o a través de un lente se pueden considerar efectivamente como tales. No se pudieron comprobar exitosamente las transformaciones de parámetros cuando el láser atraviesa un lente debido a que sospechamos fuertemente que su distancia focal estaba mal indicada. Ésto surge desde que el mínimo de los datos (todos consistentes entre sí) no coincide con el del foco, donde tanto intuitivamente como matemáticamente deberían estar ubicados. La obtención de un haz con $W_0 = 30\mu m$ claramente no fue exitosa, pero confiamos con que repetir el experimento con un lente bien medido arrojaría resultados exitosos.