

Caracterización de una fuente de microondas

Anonimo1, Anonimo2 y Gareis Martin
{martingareis585}@outlook.es

Profesor: Anónimo

Resumen—En este trabajo se buscó caracterizar la onda de un emisor desconocido y cuya longitud de onda se conoce pertenece a las microondas. Para esto se realizó un mapeo discreto de la intensidad de la onda en variaciones tanto radiales como angulares entre emisor y receptor. Posteriormente se incluyó una rendija doble para encontrar los patrones de interferencia y poder determinar la longitud de onda de la fuente. Los resultados muestran que la intensidad de la onda presenta una dependencia inversamente proporcional al cuadrado de la distancia, con un coeficiente de correlación de $R_1^2 = 0,991$. A su vez, se observó que dicha onda posee una forma similar a la de una campana de Gauss con un coeficiente de correlación de $R_2^2 = 0,994$. Por último, se halló la longitud de onda de la fuente $\lambda = (2,5 \pm 0,1) \text{ cm}$ con un apartamiento relativo respecto al valor esperado de 11 %. Los datos experimentales se ajustaron al modelo con un $R_3^2 = 0,639$.

I. INTRODUCCIÓN

Las microondas son aquellas ondas electromagnéticas cuyas longitud de onda están en el orden de los centímetros. Esta propiedad permiten una alta capacidad para propagarse a largas distancias y atravesar obstáculos moderados; resultados relevantes para la transmisión de señales, comunicaciones inalámbricas y desarrollos en la industria de la medicina. Por otro lado, el procedimiento de caracterización de ondas realizado es de amplia aplicación en la actualidad a la hora de optimizar la transmisión y recepción de señales, además de posibilitar la determinación del tipo de onda emitido por una fuente desconocida.

En este trabajo se utilizó una fuente particular de microondas y un receptor para estudiar el comportamiento espacial de la señal producida y así caracterizarla. A su vez, se empleó una rendija doble para estudiar los patrones de interferencia constructiva y destructiva, como en el experimento de Liam Young [1] (ver Fig. 1).

La forma y características de las ondas electromagnéticas dependen del emisor; se pueden tener ondas planas, circulares, esféricas, u ondas con formas arbitrarias. Moviendo el receptor relativo a la fuente, se estudiaron los cambios en la intensidad medida y se lograron determinar algunas de las características propias de la onda. El receptor se movió tanto radial como angularmente. Esto permitió obtener un mapa espacial de la intensidad de la onda.

Al introducir una rendija doble entre el emisor y el receptor, se estudió nuevamente la dependencia espacial de la onda, esperando obtener patrones de intensidad máxima y mínima,

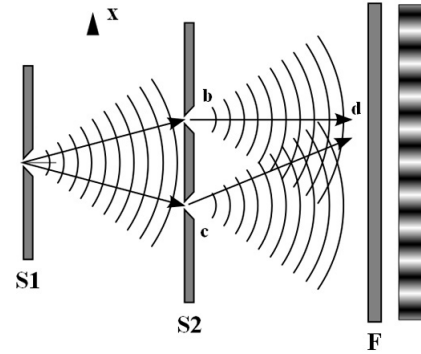


Figura 1. Representación visual del experimento de L. Young conocido como doble rendija, donde un frente de ondas atraviesa dos rendijas de tamaño del orden de la longitud de onda. El patrón observable en la franja negra se genera debido a la interferencia constructiva (máximos lumínicos) y destructiva (mínimos lumínicos) [1].

correspondientes a interferencias constructivas y destructivas respectivamente. Al tratar con microondas, la apertura de las rendijas debió ser del orden de los centímetros.

II. MODELO FÍSICO

II-A. Ley inversa al cuadrado de la distancia para ondas

Para caracterizar la intensidad de la onda generada, se utiliza como posible modelo uno de los mayormente presente en el comportamiento de las ondas electromagnéticas.

La ley inversa al cuadrado de la distancia [5] establece que la intensidad de una onda electromagnética I disminuye cuadráticamente a medida que aumenta la distancia r a la fuente. Esta ley se deriva de la ecuación de onda y se expresa matemáticamente como sigue, donde P es la potencia de la fuente

$$I = \frac{P}{4\pi r^2} \quad (1)$$

II-B. Doble rendija

Al trabajar con ondas con longitud de onda λ constante, cuyo tamaño es comparable con la separación d entre las rendijas, se puede determinar la intensidad de la onda [1] para los ángulos θ de la Fig. 2 según :

$$I_\theta = 4I_0(\cos^2\beta) \left(\frac{\sin\alpha}{\alpha} \right)^2 \quad (2)$$

con

$$\beta = \frac{\pi d}{\lambda} \sin \theta \quad , \quad \alpha = \frac{\pi a}{\lambda} \sin \theta$$

La cantidad d se corresponde con la distancia entre los centros de las rendijas, a con la apertura de las rendijas e I_0 con la intensidad máxima de la onda.

Por último, para relacionar el valor angular de un máximo de intensidad (ver Fig. 1) con la longitud de onda de la fuente, se tiene [1]

$$\lambda = \frac{\sin(\theta)d}{m} \quad (3)$$

donde d es la separación entre rendijas previamente mencionada, θ el ángulo y m un número natural.

III. METODOLOGÍA

Para realizar la experiencia se utilizó del *Complete Microwave Optics System WA-9316A* de PASCO [3], que cuenta con una fuente y un receptor de señales. Este dispositivo permite que el emisor y el receptor se muevan independientemente tanto radial como angularmente, sin embargo, en este trabajo se dejó fija la fuente y se movió el receptor. La señal adquirida por el receptor se transfirió a un computador utilizando una punta de prueba Vernier [2]¹.

En busca de caracterizar el emisor, se alineó este con el receptor a una distancia R_1 (fuente y receptor enfrentados) y se realizaron desplazamientos radiales continuos hacia $r > R_1$. Posteriormente se realizaron desplazamientos angulares entre de 0° a 90° para radios fijos R_n , donde en 0° se encuentra la posición de alineamiento. Para cada R_n se invirtió la polarización de la fuente y se realizó el mismo desplazamiento angular. Juntando ambas adquisiciones con diferente polarización de la fuente para cada R_n , se obtuvo un mapa angular de 0° a 180° . Esto se hizo ya que la sensibilidad del equipo era significativa respecto a las irregularidades de la superficie donde se trabajó, por lo que reducir el área de trabajo supuso una mejora en la adquisición. Al incluir la rendija doble, se realizaron barridos angulares análogos a los descritos anteriormente y se ajustaron con la Ec. 2. La separación entre los centros de las rendijas tiene un valor de $d = 11 \text{ cm}$ y la apertura de cada rendija de 2 cm .

Por otro lado, para conocer el desplazamiento angular o radial en cada caso, se utilizó un sensor de movimiento angular Vernier [4] y una tanza enrollada a este, con el extremo libre atada al receptor. En el caso del movimiento radial es sencillo ya que, fijando el sensor al receptor, el desplazamiento angular ϕ del sensor multiplicado por el radio R resulta en el desplazamiento radial del receptor $r = R\phi$. Para obtener el desplazamiento angular se realizó un análisis geométrico de la situación, ver Fig. 2. Con estas relaciones podemos describir $\theta(r)$ según

¹Fue imposible encontrar el manual del medidor de voltaje de marca Vernier utilizado en le trabajo. Dado que la utilidad que se le dio es la estándar para este tipo de equipo, incluimos el manual de una versión posterior.

$$\theta(r) = 2 \arcsin \left(\frac{r}{2R} \right) \quad (4)$$

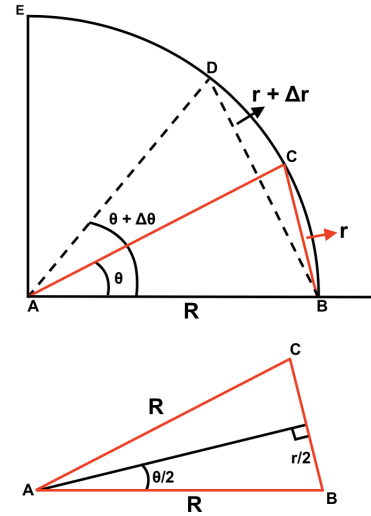


Figura 2. Esquema del movimiento de la campana receptora respecto a la emisora. En el instante inicial el sistema presenta a la campana emisora en A ya la campana receptora en B, separadas por una distancia fija R . Al ser desplazada una distancia r la campana receptora desde B hasta C, esto implica un desplazamiento angular θ .

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Fig 3 se puede observar la intensidad relativa de la onda en función de la posición del receptor sobre el eje de emisión. Se ajustaron los datos con una curva inversamente proporcional al cuadrado de la posición y se obtuvo un coeficiente de correlación $R_1^2 = 0,991$. Se puede afirmar entonces que la onda se comporta de acuerdo con lo esperado para una onda electromagnética, según lo mencionado en la Sec. II-A.

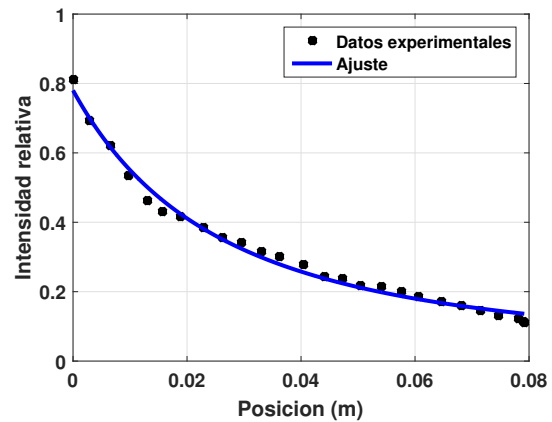


Figura 3. Gráfica de intensidad relativa de la onda en función al desplazamiento en el eje de transmisión. En puntos negros se representan los datos experimentales. En línea azul el ajuste realizado con una función inversamente proporcional al cuadrado de la posición, presentando un coeficiente de correlación $R_1^2 = 0,991$.

Por otro lado, en la Fig. 4 se presenta un mapeo espacial de la onda emitida por la fuente de señales. Se puede ver cómo la onda presenta máximos de intensidad en un entorno angular pequeño respecto a la posición de alineamiento ($x(m) = 0$). A su vez, estos máximos son cada vez menores a medida que el receptor se aleja de la fuente a valores de mayores del eje $y(m)$.

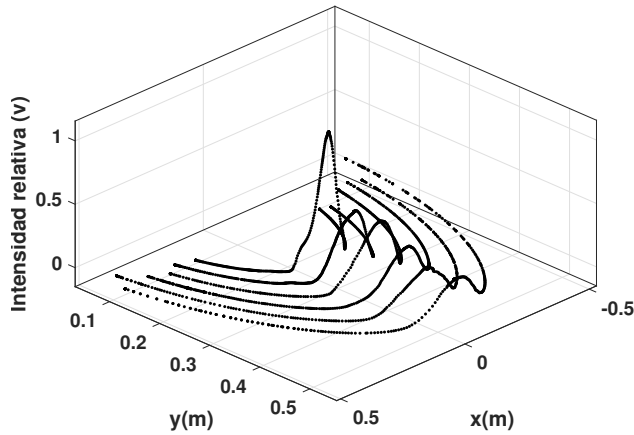


Figura 4. Mapeo espacial de la onda. Cada curva representa la intensidad relativa en el receptor para distintos radios. Cada curva de voltaje es ajustable a una campana de gauss con un coeficiente de correlación promedio $R_2^2 = 0,994$.

Para determinar de forma aproximada la forma de la onda, se le implementó el ajuste de mínimos cuadrados con una campana de gauss. Al promediar el coeficiente de correlación del ajuste para cada una de las curvas de radios R_n constantes, se obtuvo $R_2^2 = 0,994$. Es importante destacar que la forma de la onda se relaciona ampliamente con la forma del emisor y receptor. Sería interesante para futuras prácticas, variar el instrumental con el fin de obtener diferentes formas para la onda.

En el caso de la doble rendija, obteniendo el valor angular de cada máximo y utilizando la Ec. 3 se obtuvo un valor para la longitud de onda promedio de $\lambda = (2,5 \pm 0,1)cm$ con un apartamiento relativo de 11 % con respecto al valor proporcionado por el fabricante [3].

Si bien se puede observar en la Fig. 5 una tendencia general de los datos al ajuste realizado con la Ec.2, el coeficiente de correlación en este caso es $R_3^2 = 0,639$. Esto se puede deber a la sensibilidad del equipo utilizado y las irregularidades de la superficie de trabajo, así como al hecho de haber realizado una inversión de polarización en la fuente. No obstante, el apartamiento relativo de la longitud de onda obtenida es una forma de cuantificar el error introducido en la medición.

V. CONCLUSIONES

El ajuste a la intensidad relativa de la onda con respecto al desplazamiento radial por una función que decrece cuadrática-

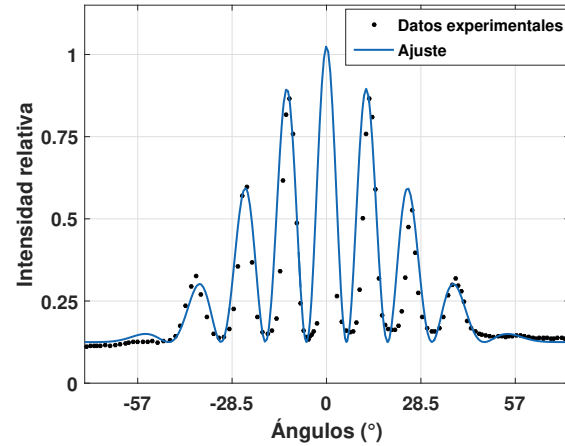


Figura 5. Gráfica de la intensidad relativa en el receptor para un barrido angular con radio de $0,370 m$. Los picos representan la interferencia constructiva y los valles la destructiva. El ajuste presenta un coeficiente de correlación $R_3^2 = 0,639$.

mente con la distancia resultó en un coeficiente de correlación un $R_1^2 = 0,991$. Respecto al objetivo de caracterizar la forma de la onda, se logró determinar una correspondencia con una forma similar a una campana de Gauss con un coeficiente de correlación de $R_2^2 = 0,994$. Por último, para el experimento de la doble rendija, se obtuvo una longitud de onda promedio con un apartamiento relativo respecto al valor provisto por el fabricante de un 11 %; los datos experimentales se ajustaron al modelo con un $R_3^2 = 0,639$.

REFERENCIAS

- [1] F.W. Sears and M.W. Zemansky, *Física Universitaria*, vol 2, cap. 36.4, 12va ed.
- [2] Go Direct Voltage Probe User Manual, Vernier, <https://www.vernier.com/manuals/gdx-volt/>
- [3] Complete Microwave Optics System WA-9316A, PASCO, <https://www.pasco.com/products/lab-apparatus/light-and-optics/advanced-optics/wa-9316>.
- [4] Rotary Motion Sensor, Vernier, <https://www.vernier.com/product/rotary-motion-sensor/>
- [5] Ley inversa al cuadrado de la distancia para ondas: https://es.wikipedia.org/wiki/Ley_de_la_inversa_del_cuadrado