

ESTUDIO DE VIABILIDAD DE ESTRUCTURAS PARA LA FOCALIZACIÓN DEL NUEVO RADIOTELESCOPIO DE 40m DEL CENTRO ASTRONÓMICO DE YEBES

E.García, L. de Haro, B.Galocha, J.L. Besada

J.A. López, F.Tercero

Dpto. de Señales, Sistemas y
Radiocomunicaciones.
Universidad de Politécnica de Madrid
quique@gr.ssr.upm.es

Centro Astronómico de Yebes

ABSTRACT

This paper presents a first study of the focalisation of the new 40m radiotelescope of Centro Astronómico de Yebes (Spain) which may operate at S, X, K and millimetre bands with a multiband feed system with minor mechanical changes on a classical Cassegrain type radiotelescope. The geometry of this Cassegrain antenna radiotelescope consists of a 40m paraboloidal main reflector with $f/D=7.909$.

1. TEORÍA DE LA QUASI-ÓPTICA.

La teoría de la *Óptica Geométrica* es capaz de realizar un análisis en profundidad de un problema electromagnético cuando la longitud de onda se hace pequeña en comparación con los objetos con los que interactúa [1, 2].

Sin embargo, cuando la longitud de onda comienza a tener los mismos órdenes de magnitud que los objetos que encuentra, se deben tener en cuenta los efectos producidos por la *difracción* [2].

El campo de aplicación de la *Teoría de la Quasi-Óptica* (QO) aparece justo entre los dos casos límite anteriores en términos de longitud de onda. Se estudia la propagación de un haz de radiación que está razonablemente bien colimado pero que tiene unas dimensiones pequeñas en comparación con la longitud de onda respecto a la transversal a la dirección de propagación. Esto que en principio pudiera parecer una contradicción, tiene su base física en aplicar dos aproximaciones relativamente sencillas sobre la Ecuación de onda de Helmholtz, que son [1]:

- la variación de amplitud del campo a lo largo de la dirección de propagación, es pequeña en relación a λ .
- la variación de campo axial es pequeña en comparación con la variación en planos perpendiculares a ella.

La Ecuación de onda de Helmholtz queda así:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} - 2jk \frac{\partial u}{\partial z} = 0 \quad (1)$$

con $E(x,y,z)=u(x,y,z)e^{-jkz}$. La solución a esta ecuación, conocida como *Ecuación de Onda Paraxial* (EOP), son polinomios de Gauss-Hermite en coordenadas rectangulares o de Gauss-

Laguerre en coordenadas cilíndricas [3, 4]. Este hecho nos conduce directamente a pensar que tenemos un conjunto de *modos* de propagación de la radiación con una variación transversal de campo de tipo gaussiano en todos ellos, lo que se conoce con el nombre de *Gaussian Beams Modes* [1]. La solución "más simple" de la EOP tiene la forma de la ecuación 2, y se la conoce como *Modo Gaussiano Fundamental*:

$$u(r,z) = \frac{w_0}{w} \exp\left(\frac{-r^2}{w^2} - jkz - \frac{j\pi r^2}{\lambda R} + j\phi_0\right) \quad (2)$$

w_0 es el *radio del haz* y es el valor de la distancia radial en el plano transversal a la dirección de propagación a la que el valor del campo cae a $1/e$ de su valor sobre el eje. R es el *radio de curvatura del haz*, y representa físicamente una curvatura del frente de fase de la onda. ϕ_0 es un desfase inherente a cada modo.

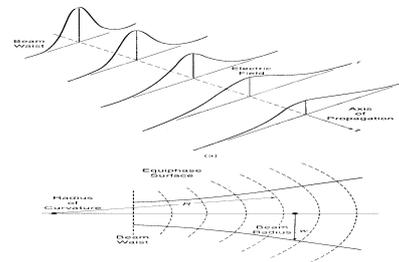


Figura 1. Propagación del haz gaussiano.

En la figura 1 se puede ver cómo se propagaría el modo fundamental. Ahora, aplicando los mismos resultados de transformación de rayos de la *Óptica Geométrica*, se puede abordar el problema de insertar elementos ópticos en el camino de propagación de la onda desde el punto de vista quasi-óptico (lentes, espejos planos, superficies cónicas,...) y caracterizar de un modo relativamente más cómodo y sencillo la propagación de una onda con una elevada precisión en los resultados [3].

2. GEOMETRÍA DEL NUEVO RADIOTELESCOPIO

Algunos de los parámetros ópticos fundamentales del nuevo radiotelescopio de 40m del CAY, son una $F/D=7.909$, y un diámetro del subreflector de 3.28m. Se pretende trabajar en las

subbandas de 2.3, 6, 8, 15, 22, 30, 45 y 100 GHz. La geometría de la cabina de receptores es la que se representa en la figura 2:

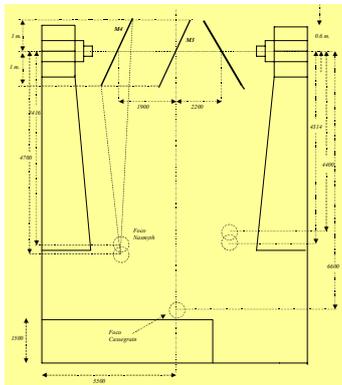


Figura 2. Cabina de receptores

3. ANÁLISIS DE LA FOCALIZACIÓN EN CADA SUBBANDA.

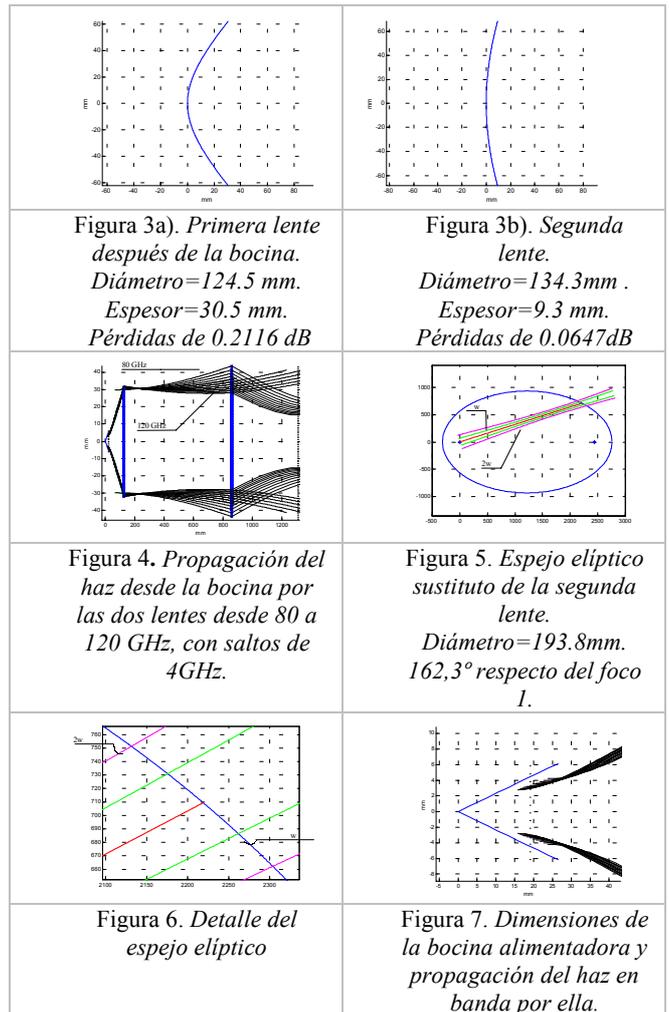
Se ha desarrollado una herramienta de análisis utilizando el modo gaussiano fundamental para estudiar las estructuras de enfoque óptimas para cada subbanda. Esta herramienta es de uso general en cualquier problema óptico, y su utilización no está restringida al problema de la focalización del nuevo radiotelescopio del CAY.

Se puede realizar un estudio con cualquier elemento óptico, a cualquier frecuencia, siempre y cuando se sigan cumpliendo las aproximaciones de la EOP. Ofrece resultados de tamaños reales de los elementos de enfoque, materiales de las lentes, pérdidas de los elementos de enfoque, temperaturas de ruido, eficiencias y una primera estimación de la componente contrapolar y de la distorsión del haz introducida por espejos cónicos.

Como ejemplo de utilización de la herramienta desarrollada y de un primer estudio de estructuras de enfoque del radiotelescopio, se presentan en este artículo algunos resultados iniciales en la banda de 100 GHz. Se ha hecho una optimización tomando como frecuencia central 100 GHz tratando de conseguir un enfoque "perfecto" y una iluminación de 12 dB en el borde del subreflector a esa frecuencia, y analizando la extensión del resultado a la banda de 80 a 120 GHz. Se analizan como estructuras las configuraciones de bocina y dos lentes, y la de bocina y una lente seguida de un espejo elíptico. Se obtienen las lentes que se muestran en la figura 3 con material teflon. La temperatura de ruido de esta configuración de dos lentes tiene la forma de la ecuación 3 desde el subreflector hacia el receptor, donde T_r es la temperatura de ruido del receptor:

$$T_{total} = 5.6 + 1.1 \cdot T_r \text{ K} \quad (3)$$

En la Fig.4 se observa la propagación del haz en la toda la banda de frecuencias así como el aumento de tamaño de la segunda lente. Por ello se sustituye por un espejo elíptico, cuyas especificaciones se dan en las Figs. 5 y 6. En la Fig.7 se presenta un detalle de la bocina cónica corrugada alimentadora.



4. CONCLUSIONES.

Se está realizando un estudio de viabilidad de futuras estructuras de enfoque del nuevo radiotelescopio del CAY de 2 a 100 GHz. Se han presentado como ejemplo los primeros resultados obtenidos en la banda de 100 GHz analizando varias estructuras de enfoque y presentando las dos más óptimas. Estos estudios se profundizarán para obtener las estructuras más adecuadas en cada subbanda .

5. BIBLIOGRAFÍA.

- [1]: "Laser Beams and Resonators", H. Kogelnik, T. Li, Proc. IEEE, Oct. 1966.
- [2]: "Óptica". Eugene Hecht. Addison Wesley. 3º ed. 1998.
- [3]: "Quasioptical Systems". Paul. F. Goldsmith. IEEE Press Editorial, 1997.
- [4]: "Handbook of Mathematical Functions". M.Abramowitz, I.A Stegun. New York: Dover, 1965.