

Software de conversión de Antenas Parabólicas de grandes dimensiones en Conjuntos Cassegrain

Rafael Pérez
Alfonso

Francisco
Lee Tenorio

Roberto Jiménez

INTRODUCCIÓN

Tanto en las comunicaciones terrestres como satelitales han sido instaladas un sin número de antenas parabólicas de grandes dimensiones eléctricas. A estas antenas, alimentadas frontalmente, se les puede introducir un valor agregado si se convierten en antenas Cassegrain, empleando el mismo reflector parabólico original. De esta forma con solo reformar el alimentador y agregar un pequeño subreflector, se puede, muy económicamente mejorar la eficiencia y la ganancia de la antena; y lograr un mejor comportamiento radioeléctrico del sistema en cuanto a pérdidas, ruido, cross-polarización y coeficiente de radiación trasera.

En el presente trabajo se muestra un software, que partiendo de la superficie parabólica de un reflector existente, permite diseñar todos los demás elementos de un sistema Cassegrain; logrando un diseño geométrico óptimo considerando la condición de mínimo bloqueo y la interrelación bocina cónica excitadora – subreflector. También, utilizando el método de la Óptica Geométrica, se obtienen varios parámetros de realización del Sistema Cassegrain, tales como: factor de calidad, ancho del haz principal entre puntos de mitad de potencia, nivel de lóbulos secundarios, razón delante / detrás, eficiencias esperadas, ganancia, razón de onda estacionaria del sistema alimentador según un excitador dado; y todos ellos en el ancho de banda de trabajo.

CONSIDERACIONES SOBRE EL DISEÑO GEOMÉTRICO

La determinación de la geometría de una Antena Cassegrain (Ver Figura 1) ha sido reducida a un conjunto simple de cálculos aritméticos [1], que se pueden resumir a:

Dados; $D, F/D, \alpha$ y λ :

$$d = \sqrt{k \cdot \lambda \cdot F} \text{ , Para mínimo bloqueo. (1)}$$

$$k = \frac{2 \cdot d_b}{\lambda} \sin \alpha \text{ , [2] (2)}$$

$$\phi_o = 2 \tan^{-1} \left(\frac{D}{4 \cdot F} \right) \text{ (3)}$$

$$f = \frac{d}{2} (\cot \alpha + \cot \phi_o) \text{ (4)}$$

$$M = \frac{D}{4 \cdot F} \cot \left(\frac{\alpha}{2} \right) \text{ (5)}$$

$$e = \frac{M + 1}{M - 1} \text{ (6)}$$

$$p = \frac{f}{2} \left(\frac{e - 1}{e} \right) \text{ (7)}$$

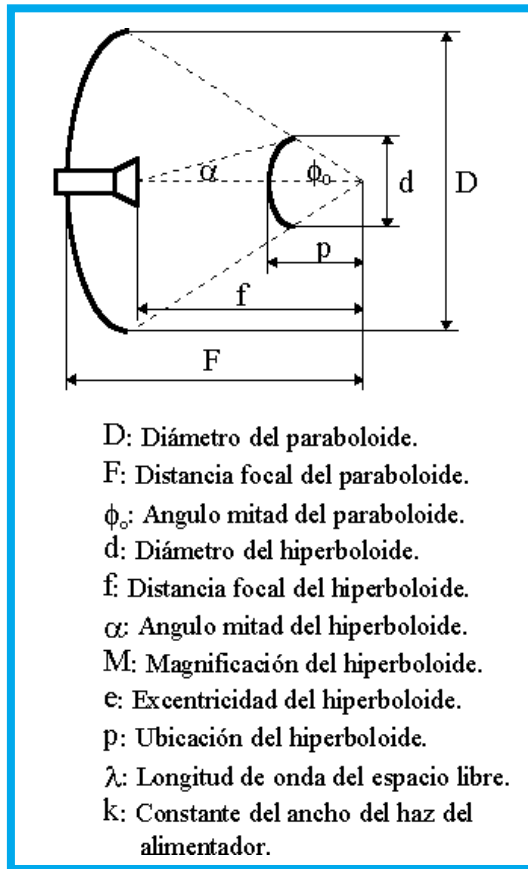


Figura 1. Geometría del Sistema Cassegrain.

Por supuesto que esto será un diseño inicial, pues en ocasiones, este procedimiento puede llevar a dificultades en el diseño del alimentador, o costos de fabricación excesivos en él, en sus soportes o en el subreflector.

DIÁMETRO ÓPTIMO DEL SUBREFLECTOR

La geometría de la Figura 2 puede usarse para determinar el tamaño y localización del subreflector óptimo con el cual existe 'mínimo bloqueo'. El mínimo bloqueo ocurre cuando el diámetro del subreflector (d) que bloquea la radiación desde (o hacia) el paraboloide es igual al diámetro de sombra (d'_b) que se proyecta en el paraboloide por el alimentador primario.

Para el ángulo de sombra del hiperboloide se

$$\text{cumple: } \tan \theta_s = \frac{d}{2.F} \quad (8)$$

Y para el ángulo de sombra de la bocina:

$$\tan \theta_b = \frac{d_b}{2.f} \quad (9)$$

Igualando, para la condición óptima antes descrita, (8) y (9), y sustituyendo (2) y (4), se obtendrá:

$$d = \sqrt{\frac{k.F.\lambda.\sin \phi_0}{\sin(\phi_0 + \alpha)}} \quad (10)$$

Expresión que concuerda con la aproximación dada previamente por (1).

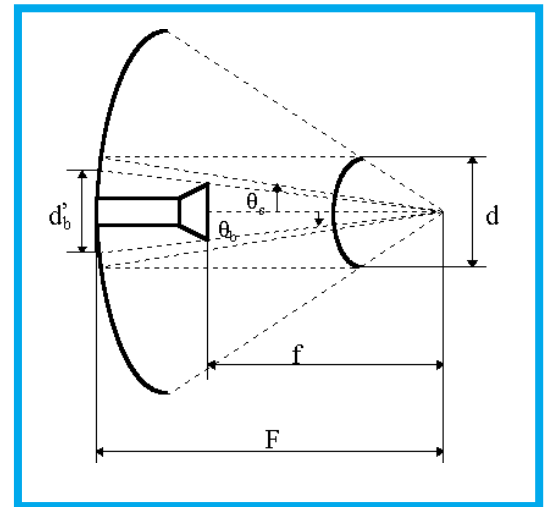


Figura 2. geometría para condición de mínimo bloqueo.

Como se puede observar la condición de mínimo bloqueo no está limitada a un conjunto particular de dimensiones, sino que incluye una serie de rangos, desde el caso de un alimentador ubicado cerca del vértice del espejo principal y de diámetro aproximadamente igual al diámetro del subreflector, hasta el caso de un alimentador ubicado lejos al frente del espejo principal (muy cerca del subreflector) con un diámetro mucho más pequeño que el diámetro del hiperboloide.

PARÁBOLA EQUIVALENTE

El concepto de una parábola equivalente es usualmente exitoso en el análisis de Antenas Cassegrain [3]. Como se muestra en la Figura

3, el subreflector y el espejo principal son reemplazados por un nuevo paraboloide de simple foco con el mismo diámetro que el paraboloide original, pero con una distancia focal $M \times F$, lo cual resulta en el mismo ángulo subtendido del alimentador (α). Esto dará una superficie la cual enfocará un frente de ondas planas incidentes hacia el mismo alimentador del sistema Cassegrain original.

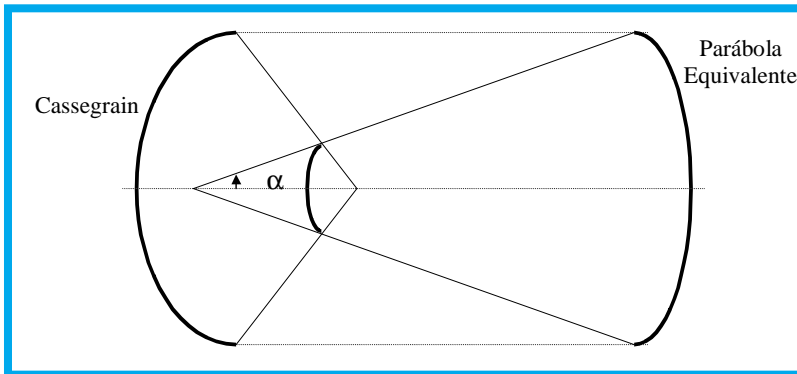


Figura 3. Concepto de parábola equivalente

Este concepto simplifica muchos aspectos del análisis, como por ejemplo, la aproximación del ahusamiento en el borde del paraboloide, y con ello el diseño del alimentador, las características de radiación de la antena para pequeños ángulos alrededor del haz principal, etc. Todas estas características válidas dentro de la aproximación de la Óptica Geométrica. Bajo estas condiciones y para determinar el patrón de radiación en el haz principal y primeros lóbulos secundarios, se puede aplicar el método de 'Integración del Campo en la Abertura' [4]. Para este caso y según la GO esto se aplicaría al Paraboloide Equivalente del Sistema Cassegrain, dando aceptables resultados como ha demostrado Hannan [3].

SOFTWARE DESARROLLADO, CSSGRN

Esta herramienta de diseño está soportada sobre **Matlab**, Versión 4 para Windows. **Matlab** es un ambiente técnico computarizado para visualización y cálculos numéricos de gran complejidad. En el se integran, análisis numérico,

trabajo con matrices, procesamiento de señales y gráficos; en un ambiente muy fácil de usar, donde los problemas y soluciones son expresados igual que como se escriben matemáticamente, con muy poca programación tradicional [5]. **Matlab** brindó grandes facilidades que permitieron ganar en eficiencia en la solución de complejas expresiones, tales como; funciones de Bessel; integración numérica; enormes posibilidades gráficas y de impresión; sencillo tratamiento de funciones externas, vectores y matrices; etc.

El programa consta de varias partes las cuales calculan:

- Parámetros geométricos.
- Diseño y patrón de radiación de la bocina excitadora.
- Diseño y patrón de radiación del subreflector.
- Patrón de radiación del reflector principal en el haz principal (GO).
- Determinación de los restantes parámetros radioeléctricos.

En el Software están programadas gran cantidad de expresiones con el menor costo computacional posible; muchas de ellas omitidas en este trabajo, por ser conocidas y validas, también, para parábolas alimentadas en su foco [6]. Los datos necesarios son: el ancho de banda de trabajo, la razón Foco/Diámetro de la configuración, el ángulo subtendido por el subreflector, tipo de subreflector, el ancho de las estructuras de soporte, la tolerancia superficial, temperatura de ruido del LNA utilizado y la atenuación del campo deseada en el borde.

El programa brinda todas las dimensiones geométricas óptimas del sistema, incluyendo los perfiles de los reflectores, las características de radiación del subreflector (Ver Figura 4) y del paraboloide en el haz principal (GO) (Ver Figura 5).

Se brindan, además, todos los parámetros radioeléctricos, como son: distribución del campo en la apertura del reflector principal, las eficiencias esperadas, la ganancia directiva, la ra-

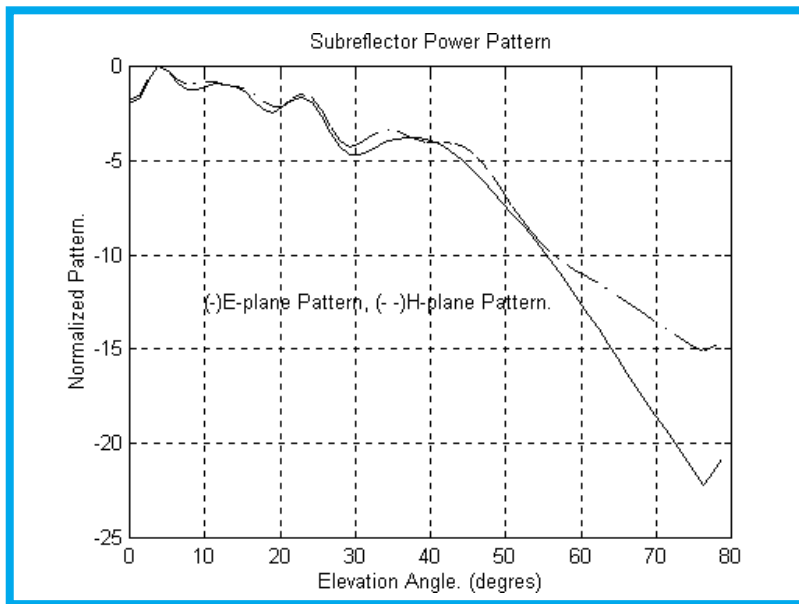


Fig. 4. Patrón de radiación del subreflector para: $d=0.819$, $f=1.556$, $e=1.476$ y $\alpha=16^\circ$

zón de onda estacionaria, el coeficiente de radiación trasera, el ancho del haz principal entre puntos de mitad de potencia, el nivel de lóbulo secundario y un estimado del factor de calidad (G/T) del sistema receptor, considerando las pérdidas de inserción de los elementos de acople, la temperatura del suelo, las atenuaciones en polarizadores, combinadores y tramos de guía de onda, así como la temperatura del LNA utilizado.

Fig. 5: Patrón de radiación (OG) del paraboloide para: $D=12\text{m}$, $\text{Frec}=4\text{GHz}$ y $F/D=0.34$.

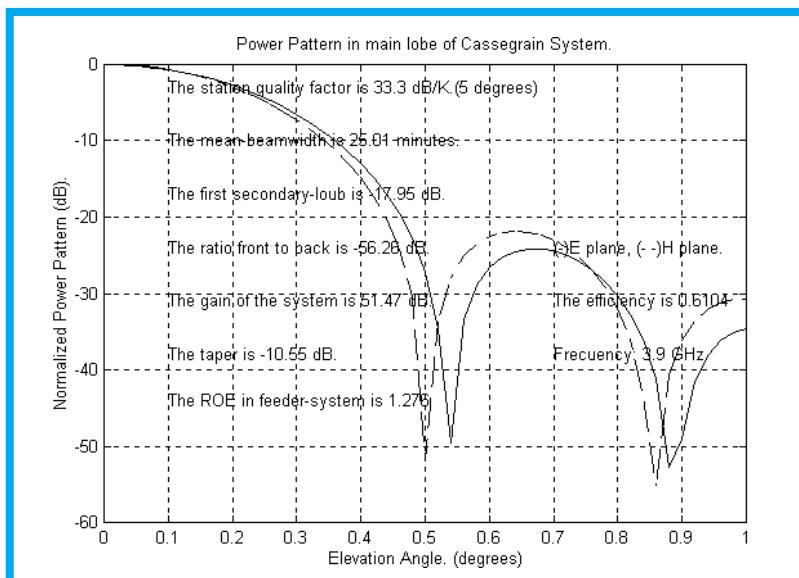


Fig. 5. Patrón de radiación (GO) del paraboloide para: $D=12\text{m}$, $\text{Frec}=4\text{GHz}$ y $F/D=0.34$.

CONCLUSIONES

Se ha logrado resumir el diseño geométrico de Antenas Cassegrain a un conjunto de expresiones ingenieriles, que consideran la interacción entre la bocina excitadora y la geometría de la antena y la condición óptima de mínimo bloqueo, pudiendo mediante este sencillo procedimiento transformar Parábolas Sencillas en Sistemas Cassegrain. Además, el uso de este software ahorra gran cantidad de tiempo y recursos en el diseño y modelación de antenas profesionales con configuración Cassegrain, al poder conocerse el comportamiento completo del sistema diseñado, de forma muy ágil (en dependencia del hardware sobre el que esté soportado el sistema), y también, poder variar los distintos parámetros hasta obtener el comportamiento deseado de la antena.

REFERENCIAS

- [1] Rudge, A. W. et al. "The Handbook of Antenna Design". Vol. 1 & 2. Published by Peter Peregrinus Ltd. London. U.K. 1986.
- [2] Zucker, H. and Crosswell, W. F. "Computer-aided Analysis of Cassegrain Antennas". Bell System Technical Journal. Vol.47. Jul.-Aug. 1968.
- [3] Hannan, P. W. "Microwave Antennas Derived from the Cassegrain Telescope". I.R.E. Transaction on Antennas and Propagation. Vol.9. March 1961. p.140-153.
- [4] Stutzman, W. L. and Thiele, G. A. "Antenna Theory and Design". Edited by John Wiley & Sons, Inc. New York. U.S.A. 1981.
- [5] Matlab. "Reference Guide". The MathWorks, Inc. U.S.A. 1993
- [6] Calvo, M. y Besada, J. L. "Diseño Avanzado de Antenas". Editado por E.T.S.I. Telecomunicación. Universidad Politécnica de Madrid. Noviembre. 1993.

Rafael Pérez Alfonso

Msc. Ing. Telecomunicaciones, Universidad Central de Las Villas

Francisco Lee Tenorio

Ing. en Telecomunicaciones, Universidad Central de Las Villas
 Doctor en Ciencias Técnicas, Universidad Central de Las Villas
 Vicerrector y Profesor titular Facultad de Ingeniería Eléctrica Universidad Central de Las Villas.

Roberto Jiménez.

Ing. en Telecomunicaciones, Universidad Central de Las Villas.
 Doctor en Ciencias Técnicas, Instituto Electrónico de Telecomunicaciones de Moscú. Profesor titular Facultad de Ingeniería Eléctrica Universidad Central de Las Villas.