

Diseño y construcción de prototipo de antena parabólica para recepción de Televisión Satelital (servicio DTH de CANTV).

Design and construction of a prototype satellite dish for Satellite Television reception (CANTV TDH service).

Yuriana C., Investigador, CENDIT, Orlando V., Investigador, CENDIT, Héctor N., Investigador, CENDIT, Dino D., Investigador, CENDIT, Gloria C., Investigador, CENDIT.

Resumen—El reflector parabólico offset forma parte de un sistema compuesto por diferentes dispositivos encargados de captar y procesar las señales emitidas, en este caso, por el Satélite Simón Bolívar. Este dispositivo en particular, cumple la función de reflejar las líneas de ondas o las señales provenientes del espacio al punto focal donde se ubica un Bloque de Bajo Ruido (LNB), quien es la antena del sistema. Este tipo de sistema tiene lugar en la recepción de las señales para TDH (Televisión Directa al Hogar), servicio que actualmente ofrece Cantv en el país, quien mediante importaciones ha adquirido los reflectores parabólicos para cumplir con la demanda de la población venezolana. Motivado a esto, el Ministerio para el Poder Popular para Educación Universitaria Ciencia y Tecnología, por medio de la Fundación CENDIT, planteó el diseño de un reflector parabólico offset de 60cm que cumpliera con los requisitos necesarios para la recepción de señales de bajada en la banda Ku (10,7GHz-11,7GHz), donde se pudo observar buenas respuestas de ganancia (32,6 dB), relación de onda estacionaria (1,77), ancho angular a 3dB (3,0°) y lóbulos laterales (>-29 dB) durante las simulaciones realizadas al diseño, el cual también cumple con las dimensiones requeridas, lo que permitió verificar su correcto funcionamiento. **Palabras claves**— Bloque de bajo ruido, líneas de ondas, punto focal, reflector parabólico offset, relación de onda estacionarias, televisión directa al hogar.

Palabras claves— Bloque de bajo ruido, líneas de ondas, punto focal, reflector parabólico offset, relación de onda estacionarias, televisión directa al hogar.

Abstract—The offset parabolic reflector it's part of a system composed of different devices responsible of capturing and processing the signals emitted, in this case, by the satellite Simón Bolívar. This particular device, fulfills the function of reflecting the wave lines or the signals coming from the free space to the focal point where a Low Noise Block (LNB) is located. This type of system take place in the reception of the signals of TDH (Television Direct to Home), a service that currently offers Cantv in the country, who through importations has to purchased the parabolic reflectors to satisfy the demand of the Venezuelan population. Motivated to this, the Ministry for the Popular Power for University Education Science and Technology, through the CENDIT Foundation, has proposed the design of a 60cm offset parabolic reflector that meet the requirements for the reception of the downlinks signals in the Ku band (10,7GHz-11,7GHz), where it was possible to observe good: Gain (32.6 dB), VSWR (1.77), Angular width at 3dB (3.0 °) and Side lobes (> -29 dB) during

simulations performed on the design, which also complies with the Dimensions, which allowed to verify its correct functioning.

Index Terms— Focal point, low noise block, offset parabolic reflector, television direct to home, VSWR, wave lines,

I. INTRODUCCIÓN

Las antenas parabólicas offset, también llamadas antenas de foco desplazado, son aquellas que no son simétricas respecto al eje de revolución, debido a que se descarta una porción de la superficie reflectora situada a un lado del eje. Dado a que el alimentador se encuentra localizado sobre el eje o muy cerca de él, en la antena offset se desplaza al alimentador de la región de máxima abertura, es decir, que no presenta obstrucción al haz reflejado en el paraboloide.

Su funcionamiento se debe a la geometría óptica que posee, donde se asume que la densidad de poder sigue patrones de líneas rectas en el espacio libre, y estas ondas se reflejan en el plato en dirección al alimentador de manera uniforme. Al mover el foco fuera de la apertura del reflector se eliminan algunos problemas que presenta el reflector de foco centrado, tales como: las pérdidas por bloqueo, lóbulos laterales de difracción y polarización cruzada, lo cual implica un aumento de la eficiencia en la recepción de la señal, respecto a las antenas con foco centrado.

La Fundación Cendit, tiene como objetivo generar el diseño de un prototipo industrializable del reflector parabólico, utilizando recursos nacionales, debido a que estos reflectores son importados, por lo que se tendría la posibilidad de soluciones a nivel de la plataforma de telecomunicaciones, y en vista de que dispositivos como el LNB son importados, se plantea la posibilidad de desarrollarlo con la finalidad de que sea utilizado en las estaciones terrenas existentes en Venezuela.

II METODOLOGÍA

El Cendit cuenta con un reflector parabólico de CANTV, del cual se tomaron las mediciones iniciales, a fin de contar con las dimensiones aproximadas que deberá tener el reflector parabólico, las cuales se observan en la Tabla I:

TABLA I
DIMENSIONES DEL REFLECTOR PARABÓLICO DE CANTV.

Símbolo	Dimensión	Valor
a	Altura	66cm
w	Ancho	60,4cm
p	Profundidad	5,96cm
h	Espesor	0,16cm

Para estimar matemáticamente las dimensiones que deberá tener el reflector para cumplir con el objetivo deseado, se presentarán las ecuaciones ha utilizar. Inicialmente, se calculan las longitudes de borde tanto inferior D_1 , como superior D_2 , pero antes, a fin de facilitar los cálculos, se crea una variable que llamaremos AUX, que se define de la siguiente forma:

$$AUX = 2D_f \sqrt{\left(\frac{h}{a}\right)^2 - 1} \quad (1)$$

La distancia focal se puede determinar mediante la siguiente ecuación, la cual relaciona el diámetro de la antena h , el ancho a y la profundidad p con la distancia focal D_f del reflector:

$$D_f = \frac{a^3}{16ph} \quad (2)$$

A continuación, se determina la distancia del borde superior:

$$D_1 = \left(\frac{(AUX - \frac{a}{2})^2}{4D_f} \right) + D_f \quad (3)$$

Ya definidos los valores de D_1 y D_2 , se puede calcular el valor del ángulo de intersección formado entre las distancias de bordes denominado Θ :

$$\theta = \cos^{-1} \left(\frac{(D_1)^2 + (D_2)^2 - (h)^2}{2D_1D_2} \right) \quad (4)$$

El ángulo offset se define como la diferencia entre el ángulo aparente de apuntamiento y el ángulo real al cual está orientado el reflector offset. El ángulo de corrección (offset) se determina mediante la ecuación:

$$\phi_{offset} = 90 - \sin^{-1} \left(\frac{a}{h} \right) \quad (5)$$

En la Figura1 se puede observar las dimensiones y ángulos que conforman el reflector parabólico:

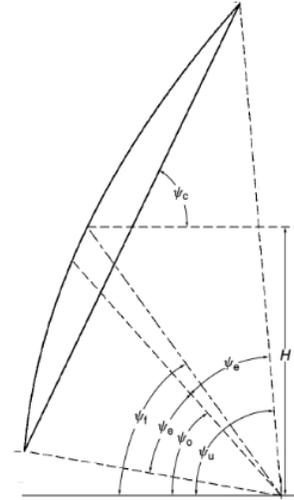


Fig 1. Parámetros de un reflector

Para calcular la altura H , que se define como la altura desde el centro del offset hasta el foco, se aplica la siguiente ecuación:

$$H = 2D_f \sqrt{\frac{h^2}{a^2} - 1} \quad (6)$$

ψ_0 es el ángulo desde el eje de la parábola hasta el centro del cono del reflector.

$$\psi_0 = \tan^{-1} \frac{16D_f H}{16D_f^2 + h^2 - 4H^2} \quad (7)$$

Anteriormente se definió el ángulo de intersección formado entre las distancias de bordes denominado Θ , ahora bien, en la figura 1 se presentan el ángulo medio del cono que define los bordes, denominado ψ_e . El reflector comprende un ángulo de $2\psi_e$, esto permite establecer que $\Theta=2\psi_e$, sin embargo, ψ_e se puede calcular de la siguiente forma:

$$\psi_e = \tan^{-1} \left(\sqrt{\frac{h^2}{a^2} - 1} + \frac{a}{4D_f} \right) - \tan^{-1} \left(\sqrt{\frac{h^2}{a^2} - 1} - \frac{a}{4D_f} \right) \quad (8)$$

Se direcciona la bocina en un ángulo ψ_f desde el eje Z al centro del diámetro proyectado, diferente del ángulo anteriormente definido ψ_0 del borde del eje del cono. ψ_f . Se determina según la siguiente ecuación:

$$\psi_f = 2 \tan^{-1} \frac{H}{2D_f} \quad (9)$$

El borde se encuentra en un ángulo ψ_c con respecto al eje Z, el cual se define por las siguientes expresiones:

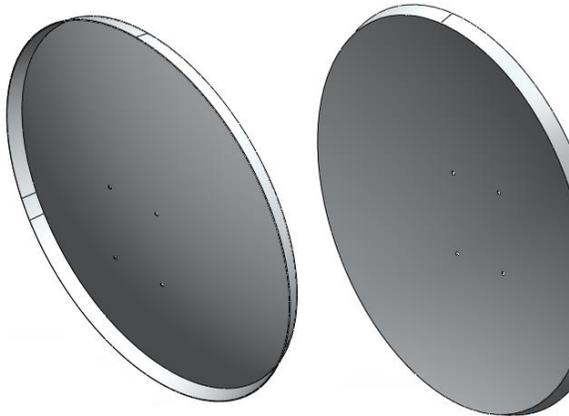
$$\psi_c = \tan^{-1} \frac{2D_f}{H} = \sin^{-1} \left(\frac{a}{h} \right) \quad (10)$$

Es importante agregar que la disposición ambiental final será para exteriores, con un conector tipo F para el alimentador, y el equipo en cuestión será un equipo separado y conectado, mediante cable coaxial, al decodificador.

La posición geométrica del alimentador con respecto al diámetro del reflector es de suma importancia, esta relación se conoce como f/D y está directamente relacionada con el ángulo de visualización del borde del reflector. El rango recomendado para la relación f/D es de $0,25 < f/D < 1$, y la relación queda definida por:

$$f/D = \frac{\cos\psi_e + \cos\psi_o}{4\sin\psi_e} \quad (11)$$

Una vez obtenidos los resultados de los cálculos anteriores, se realizó el estudio del material para la construcción del reflector parabólico, donde se eligió el aluminio 3003-H14 por su comportamiento electromagnético, el cual es ideal para reflejar las ondas. Finalmente el prototipo que se llevó a simulación tomando los cálculos y selección del material se observa en la Figura 2:



III. RESULTADOS

La simulación del diseño reflector parabólico offset se realizó con el programa de simulación CST Microwave Studio, donde se elaboró el reflector con las consideraciones anteriores, y que se muestran en la Tabla II. Por otra parte, la bocina fue diseñada con anterioridad en el programa 3D CAD Design Software SOLIDWORKS con base a la bocina original de CANTV y la selección del material de para ella fue el PEC (*Perfect Electric Conductor*), y posteriormente se importó al CST para su análisis junto con el reflector.

TABLA II
PARÁMETROS DE DISEÑO DEL REFLECTOR PARABÓLICO.

Símbolo	Parámetro	Valor/selección
a	Altura	66cm
w	Ancho	60,4cm
p	Profundidad	5,96cm
h	Espesor	0,16cm
ϕ_{offset}	Ángulo Offset	23,772°
D_f	Distancia Focal	30,010 - 38,5522cm
	Rango de Elevación	10° - 90°
	Material del plato	Aluminio3003 H-14, estructura lisa
	Material de la base	Hierro o Aluminio

Los resultados de la primera simulación dieron como respuesta un ROE tope de 1,777646, el cual es ideal ya que el ROE apropiado no debería pasar de 2. A continuación, en la figura 3 se observa la gráfica del ROE del conjunto reflector-bocina:

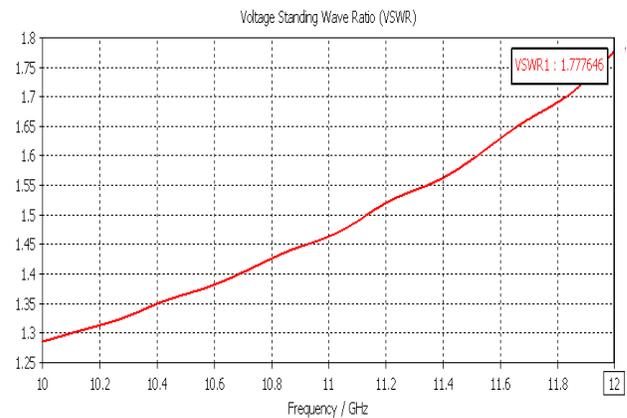


Fig 3. VSWR del conjunto bocina y reflector.

Ahora, en la figura 4 se observa el VSWR de la bocina únicamente, la cual presenta su tope es de 1,9706522:

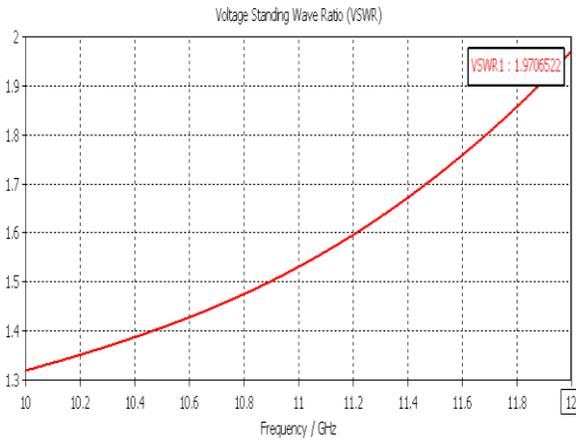


Fig 4. VSWR de la bocina.

Por otra parte, se presenta el patrón de radiación de la bocina en 3D que se observa en la figura 5, tomando en cuenta que el material de la bocina es PEC:

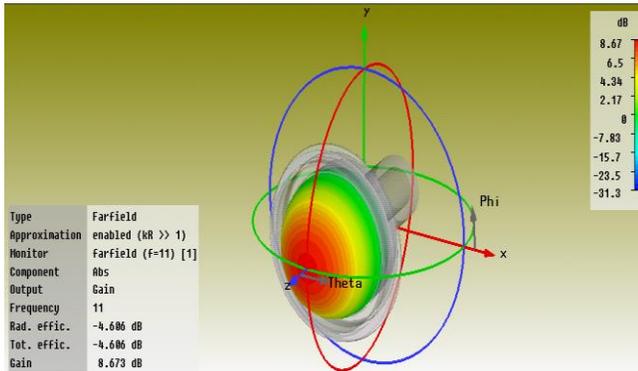


Fig 5. Patrón de radiación de la bocina cónica corrugada.

El patrón de radiación del conjunto de la bocina y el reflector en 3D se presentan las figura 6:

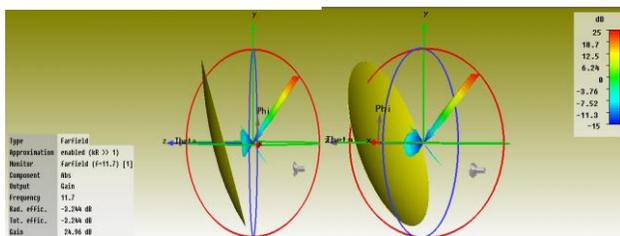


Fig 6. Patrón de radiación del conjunto bocina y reflector (11,7 GHz).

En la figura 7, 8 y 9 se muestran los patrones de radiación en el plano polar del diseño a las frecuencias 10,7GHz, 11GHz y 11,7GHz respectivamente.

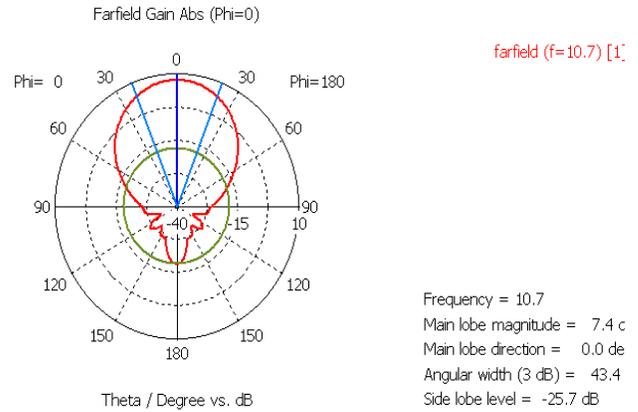


Fig 7. Patrón de radiación en plano polar (10,7GHz).

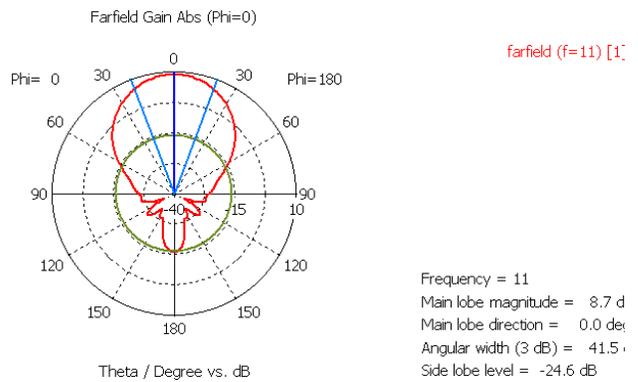


Fig 8. Patrón de radiación en plano polar (11GHz).

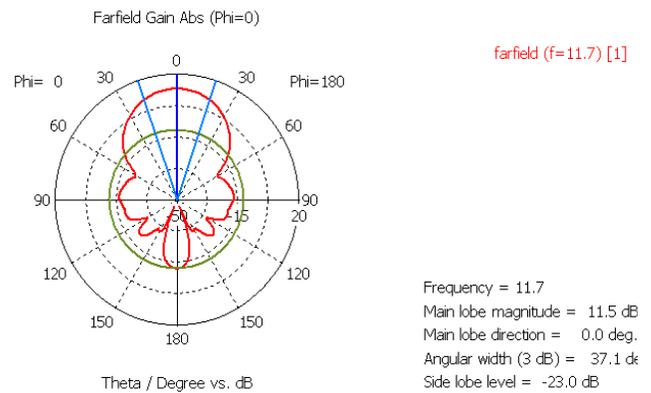


Fig 9. Patrón de radiación en plano polar (11,7GHz).

El plano cartesiano de la figura 10 muestra el patrón de radiación del conjunto bocina reflector a una frecuencia de 11,7GHz, donde se obtiene una ganancia de 30,2 dB; Ancho angular (3dB) de 2,9° y lóbulos laterales menores de 23dB.

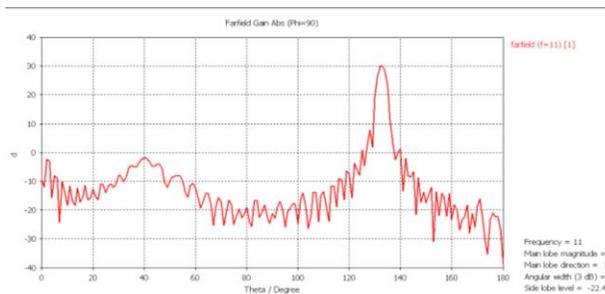


Fig 10. Patrón de radiación en plano cartesiano del conjunto reflector

En la banda de operación mencionada, la ganancia en promedio es de 9,26 dB, el ancho angular a 3 dB en promedio es de 40,8 grados y los lóbulos laterales menor a -24 dB.

Finalmente, los parámetros de funcionamiento de la antena conforme a los resultados de la simulación obtenidos son los reflejados en la Tabla III:

TABLA III
PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO DE LA ANTENA DISEÑADA

Parámetro	Valor
Eficiencia	90,55%
Ganancia	30,2 dB
Lóbulos laterales	< -23 dB
VSWR	1,4686361

Los cuales son valores aceptables, por lo que los valores de las dimensiones calculadas son factibles para la construcción.

IV. CONCLUSIONES

Durante las simulaciones se realizaron diferentes modificaciones del reflector para corroborar que las dimensiones calculadas eran exactamente las correctas, dando resultados satisfactorios. Así mismo, se confirmó que el material seleccionado respondía bien, lo cual permite hacer uso de un material nacional y de fácil obtención.

REFERENCIAS

- [1] C. A. Balanis, "Reflector Antennas," en *Antenna Theory-Analysis*, 2da ed. USA, 2005. pp 785-835.
- [2] T.A. Milligan. "Reflector Antennas" en *Modern Antenna Design*, 2da ed. *IEEE Press*. 2005. pp 380-442.
- [3] W. L. Stutzman , G. A. Thiele. "Aperture Antennas" en *Antenna Theory and Design*. 2da ed. 1998. pp 322-354.



Yuriana Cruz Ingeniera Telecomunicaciones egresada de la Universidad Nacional Experimental Politécnica de la Fuerza Armada Personal de Apoyo de la Fundación Cendit.



Orlando Villaruel Ingeniero Mecánico egresado del Instituto Universitario de Tecnología "Dr. Federico Rivero Palacio", Profesional de Investigación de la Unidad de Diseño Mecánico de la Fundación Cendit y ejecutor de proyectos de: Carcaza para decodificador de televisión digital abierta, diseño mecánico y construcción de antenas para transmisión y antenas de recepción para televisión digital abierta.



Hector Núñez Ingeniero Electricista egresado de la Universidad Central de Venezuela, MSc en Ingeniería de las Telecomunicaciones de la Università degli Studi di Roma La Sapienza, Doctorado en Física de la Universidad Central de Venezuela. Profesional de Investigación de la Dirección de Fotónica de la Fundación Cendit. Líder y ejecutor de proyectos de: diseño y pruebas en dispositivos y redes de fibra óptica, caracterización y pruebas de dispositivos fotovoltaicos, diseño y pruebas de dispositivos en alta frecuencia para redes cableadas de televisión



Dino Di Rosa Ingeniero en Electrónica, mención Comunicaciones en el Instituto Universitario Politécnico de la Fuerza Armada Nacional. Maestría en Investigación de Telecomunicaciones en alta frecuencia en la Universidad de Marne-LaValle, Francia. Profesor de Líneas de transmisión y Antenas de la UNEFA Trabajos realizados: Proyectos de radio enlace para CANTV y PDVSA, Configuración de enlaces por Fibra óptica en CANTV, Asesor de proyectos TIC en PDVSA AIT, Director Ejecutivo del CENDIT.



Gloria Carvalho Ingeniera Electricista egresada de la Universidad Central de Venezuela, MSc en Ingeniería de las Telecomunicaciones del Politécnico de Torino, Doctorado en Dispositivos electrónicos de la Universidad Tecnológica de Dinamarca. Profesional de Investigación de la Dirección de Fotónica de la Fundación Cendit.

Líder y ejecutora de proyectos de: diseño y pruebas en redes de fibra óptica (terrestre, aérea y submarina), caracterización y pruebas de dispositivos para redes de fibra óptica, diseño y pruebas de dispositivos electrónicos en alta frecuencia, diseño y pruebas de sistemas radiantes.