

Diseño de alimentadores optimizados para la cámara anecoica de la Universidad de Limoges

Jorge Teniente Vallinas⁽¹⁾, Eric Arnaud⁽²⁾, Ramón Gonzalo García⁽¹⁾, Carlos del Río Bocio⁽¹⁾

E-mail jorge.teniente@unavarra.es, eric.arnaud@unilim.fr, ramon@unavarra.es, carlos@unavarra.es

⁽¹⁾ Dpto. de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Universidad de Pública de Navarra.

Campus de Arrosadía. 31006 Pamplona (Navarra)

⁽²⁾ XLIM-OSA – UMR CNRS n°. 6172

123, avenue Albert Thomas. 87060 Limoges Cedex, Francia

Abstract- In this paper, high technology optimized feed horn designs are presented. These feed horns have been designed to improve the quiet zone size and behaviour of the CATR of the CREAPE research team at Limoges University. Very nice results are obtained maintaining the quiet zone at its maximum size over the whole frequency range with low crosspolar levels and high phase center stability. The designs are very simple and small, resulting in a very low manufacturing cost.

I. INTRODUCCIÓN

Las cámaras de medida de interior “indoor” más simples y baratas son los campos lejanos “far field ranges”. De hecho, estas cámaras suelen ser las más comunes en centros donde se debe reducir el costo de fabricación. Pero en ellas hay dos elementos limitantes en las antenas a medir.

Por un lado conforme disminuye la frecuencia y aumenta el tamaño de las antenas se suelen tener problemas de espacio y sobre todo problemas de reflectividad del material absorbente, ya que este se comporta a mayores longitudes de onda bastante peor siendo necesario normalmente aumentar el tamaño de las pirámides de dicho material absorbente y por lo tanto el precio de la cámara de medida. Esta desventaja se suele solucionar haciendo las medidas en el exterior, (entre dos edificios, entre las colinas que rodean un valle...).

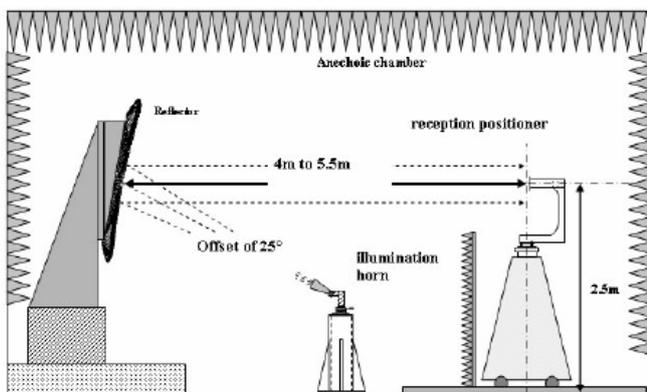


Fig. 1. Esquema del rango compacto de medida (CATR) de la Universidad de Limoges

Por otro lado, según aumenta la frecuencia, si la ganancia de las antenas a medir es elevada, es difícil cumplir con la condición de campo lejano:

$$R = 2D^2/\lambda \quad (1)$$

donde D es el máximo diámetro de la antena a medir, λ es la longitud de onda y R la distancia entre la antena a medir y el alimentador de referencia.

Un cálculo simple indica que por ejemplo una antena de unos 30 dB de ganancia a más de 20 GHz necesitaría una distancia de campo lejano superior a 4 metros para cumplir con (1).

Para superar todos estos inconvenientes y tener la posibilidad de medir antenas de alta ganancia y alta frecuencia en un entorno reducido se suele optar por construir un rango compacto, CATR (Compact Antenna Test Range).

II. CARACTERIZACIÓN DE UN RANGO COMPACTO

Un rango compacto es una cámara de medida diseñada para crear la condición de campo lejano a una distancia relativamente corta del alimentador, [1,2]. Para ello se usa de uno a tres reflectores para transformar la onda esférica que sale del alimentador en una onda plana en la región donde se desea medir la antena.

Para que un rango compacto funcione correctamente, esta región donde se produzca la onda plana debe de satisfacer unas condiciones muy estrictas: un rizado máximo en dicha región de 0.5 dB y un cambio de fase inferior a 5° en los planos paralelos a los frentes de onda. El volumen donde estas condiciones son satisfechas se llama Zona Quieta (QZ).

Interesa que el volumen de la zona quieta sea lo mayor posible ya que permitirá medir antenas más grandes. Dicho volumen de la zona quieta está limitado por el tamaño y la configuración de los espejos, pero la limitación más importante suele venir de los alimentadores usados para iluminarlos, ya que normalmente su diagrama de radiación cambia mucho con la frecuencia y los espejos no resultan correctamente iluminados produciéndose desbordamientos del campo a las frecuencias inferiores y bajas eficiencias de iluminación a las superiores.

III. RANGO COMPACTO DE CREAPE

El CATR de CREAPE está compuesto simplemente de un reflector parabólico con un “offset” vertical, 3 metros de distancia focal y 1.7 x 1.7 metros de tamaño, (Fig. 1 y 2).

Dicho reflector tiene los bordes redondeados para reducir la difracción, [3].

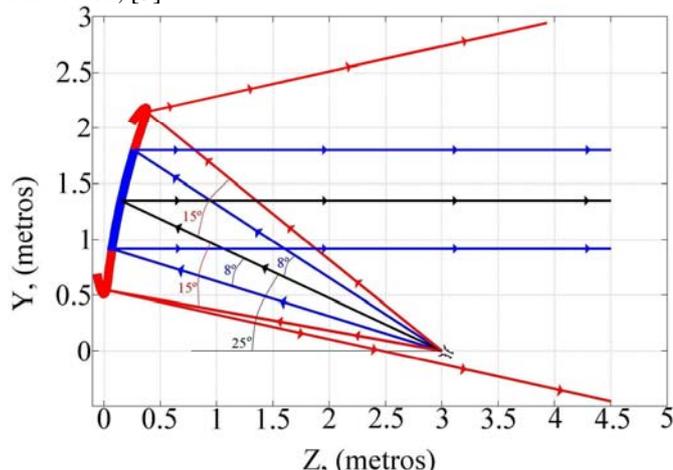


Fig. 2. Esquema óptico del rango compacto de la Universidad de Limoges

El tamaño de la zona quieta es el parámetro más importante para caracterizar la eficiencia de un rango compacto. El valor teórico del tamaño de esta zona quieta para un alimentador tradicional se da en la tabla 1 para un rizado máximo de 0.5 dB y un cambio de fase inferior a 5°. Dicho alimentador tradicional presenta un patrón de radiación que cambia con la frecuencia, por ello el tamaño de la zona quieta es muy variable.

Frecuencia (GHz)	Rizado < 0.5 dB, Desfase < 5°
8 - 12	40 cm < QZ < 107 cm
12 - 18	32 cm < QZ < 109 cm
18 - 26	36 cm < QZ < 104 cm
26 - 40	32 cm < QZ < 108 cm
33 - 50	36 cm < QZ < 100 cm

Tabla 1. Valores teóricos del tamaño de la zona quieta del CATR de la Universidad de Limoges para un set de alimentadores tradicionales

IV. DISEÑO DE ALIMENTADORES OPTIMIZADOS

Como alimentadores tradicionales de cámaras anecoicas de medida de antenas se suelen elegir antenas de bocina con corrugaciones horizontales, (choques) porque interesa que además de que el diagrama de radiación ilumine lo mejor posible los reflectores para maximizar el tamaño y la calidad de la zona quieta; además la polarización cruzada de estos alimentadores debe de ser lo más baja posible.

El diseño de estos alimentadores se ha venido realizando habitualmente tratando de obtener un diagrama de radiación de los alimentadores lo más parecido posible al diagrama de radiación que el diseñador de los reflectores estima óptimo y discretizando la banda total de frecuencia de uso destinada a la cámara de medida en el menor número de alimentadores posible.

El problema que siempre ha surgido históricamente en dicho diseño de los alimentadores es la excursión en el diagrama de radiación que se obtiene en los extremos de la banda de operación de cada alimentador. Esto provoca una iluminación no muy controlada de los reflectores y el tamaño de la zona quieta se ve radicalmente afectado por dichos cambios como se puede comprobar en los datos de la tabla 1.

Este problema se puede solucionar con un diseño adecuado de un set de alimentadores con ancho de banda

suficiente y estabilidad del diagrama de radiación dentro de dicha banda de funcionamiento. Para dicho diseño hemos hecho uso de una patente internacional de diseño de bocinas corrugadas en explotación y que es propiedad de la Universidad Pública de Navarra [4,5] y de un código comercial de análisis de problemas de guías de ondas llamado Mician μ Wave Wizard (<http://www.mician.com>).

Las especificaciones que debían de cumplir los alimentadores se pueden encontrar en la tabla 2:

	Ant 1	Ant 2	Ant 3	Ant 4	Ant 5
Ancho de banda (GHz)	8-12	12-18	18-26	26-40	33-50
Anchura de haz a -0.5 dB	$\pm 8^\circ$				
Anchura de haz a -3 dB	$\pm 15^\circ$				
VSWR	< 1.2	< 1.2	< 1.2	< 1.2	< 1.2
Polarización cruzada (dB)	< -25	< -25	< -25	< -25	< -25

Tabla 2. Especificaciones óptimas para los alimentadores del CATR de la Universidad de Limoges

En las especificaciones se observa que el ancho de banda de las antenas oscila desde el 36.3% del alimentador 3 al 42.4% del alimentador 4, este último fijara el ancho de banda del diseño.

Con las especificaciones de la tabla 2 se programó un complejo diseño de alimentador que combina corrugaciones horizontales y verticales [5] para el código del software μ Wave Wizard de Mician. Dicho diseño se optimizó obteniendo unos resultados sorprendentes.

V. RESULTADOS

Como resultado se obtuvieron unos alimentadores optimizados que presentan un tamaño de tan solo $1.5 \cdot \lambda$ de longitud por $3.1 \cdot \lambda$ de diámetro máximo, ver figura 3.

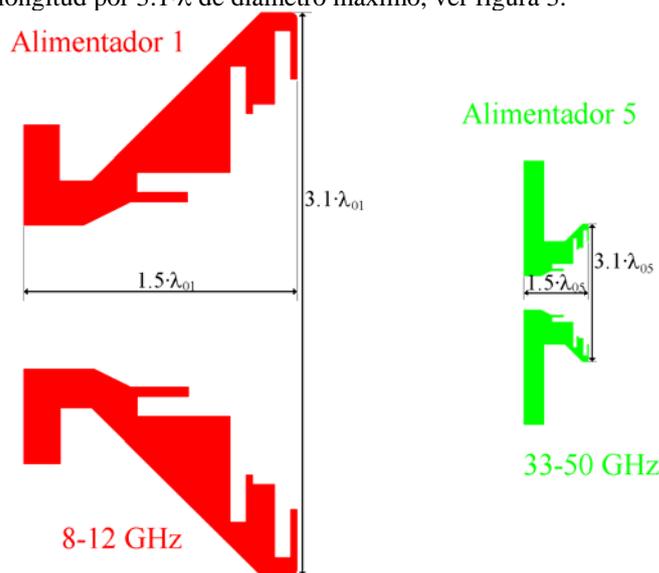


Fig. 3. Dibujo a escala de los alimentadores 1 y 5

Todos los alimentadores son iguales ya que al tener las mismas especificaciones son versiones escaladas en frecuencia para cubrir las distintas bandas. En la figura 3 se

puede comparar el tamaño del mayor de ellos frente al más pequeño, los otros 3 son de un tamaño intermedio entre estos.

Es importante destacar que a partir de nuestra experiencia y a partir de escritos de autores experimentados como S. G. Hay [6], una antena corrugada diseñada para una aplicación específica la cual haya sido perfectamente construida, cuando sea medida en una cámara anecoica de altas prestaciones presentará una similitud con los patrones de radiación simulados hasta -50 dB. Por ello, a pesar de que los resultados que se dan en las siguientes líneas son de simulación, no por ello dejan de tener una gran validez.

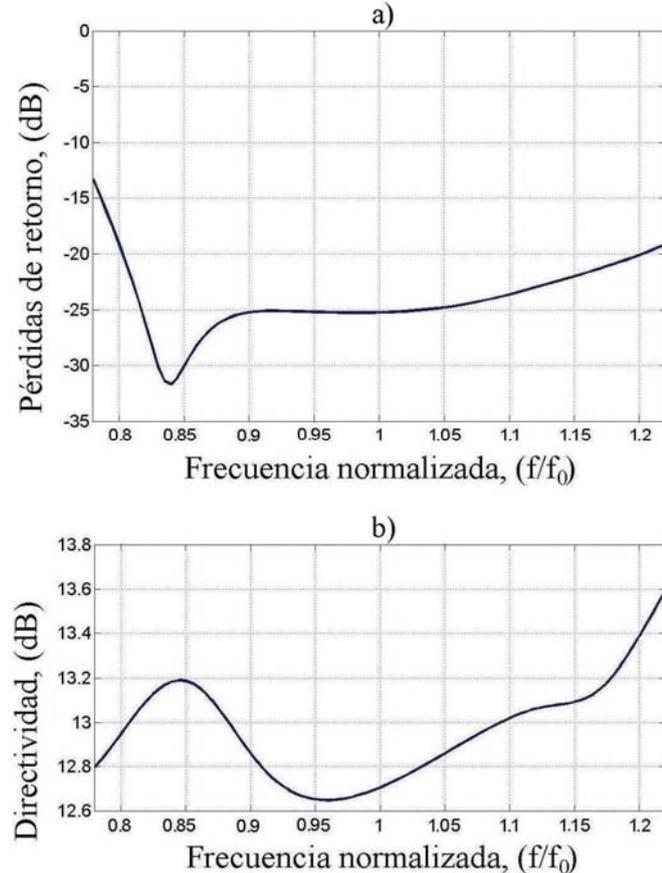


Fig. 4. a) Pérdidas de retorno simuladas
b) Directividad simulada

En la figura 4a se presentan los resultados de pérdidas de retorno, el caso peor se da para las frecuencias inferiores con -18 dB que equivale a un VSWR de 1.3, luego se cumple bastante bien con las especificaciones.

En la figura 4b se puede observar que la variación de la directividad en la banda es pequeña, (solo varía de 12.6 a 13.4 dB en mas de 40% de ancho de banda). Este aspecto supondrá una gran estabilidad en el diagrama de radiación para maximizar la zona quieta como veremos en las siguientes líneas.

En la figura 5a se puede observar que se cumple ampliamente con los requerimientos de polarización cruzada en toda la banda, siendo el caso peor de -27 dB y siendo a su vez -34 dB el caso peor de polarización cruzada que intercepta el reflector estando no obstante casi toda la banda por debajo de -40 dB.

Por otro lado, es importante destacar la estabilidad de la posición del centro de fases en el diseño, ver figura 5b. Este parámetro es de gran importancia en la iluminación de reflectores ya que el alimentador se ha de colocar en un foco

y este ha de ser lo más estable posible en toda la banda. Para esta antena la máxima variación del centro de fases es de tan solo $\pm\lambda_0/8$, o sea de ± 3.75 mm para el alimentador 1 y de ± 0.9 mm para el alimentador 5. Además, se observa en la figura 5b que en más de un 35% del ancho de banda, la variación de la posición del centro de fases es mucho menor, del orden de $\pm\lambda_0/24$.

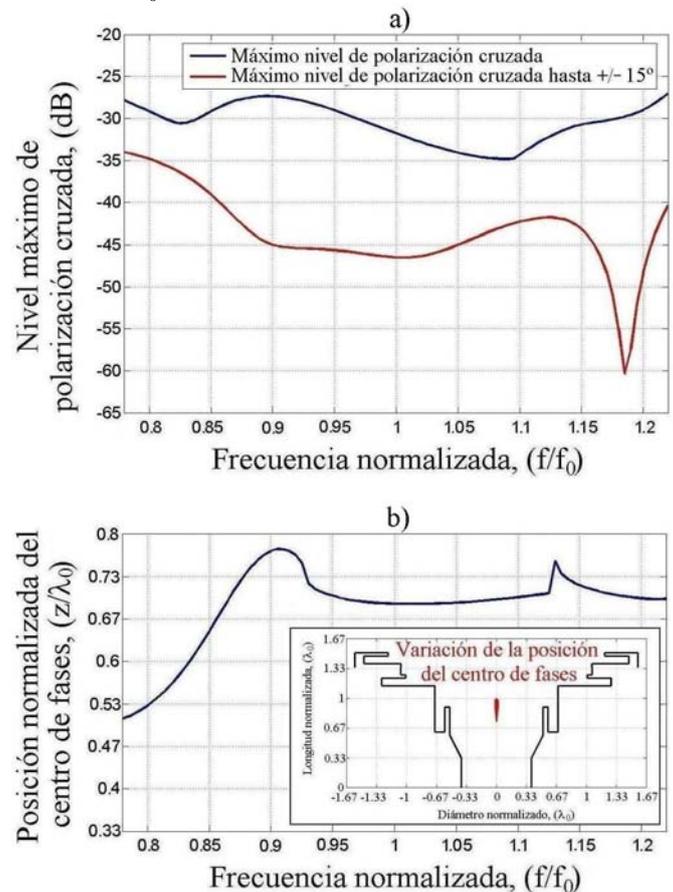


Fig. 5. a) Nivel máximo de polarización cruzada simulado
b) Posición relativa del centro de fases simulada y su posición dentro de la antena (los valores de posición del centro de fases están referidos a la apertura del alimentador)

En la figuras 6 se presentan los resultados de simulación de iluminación a 8° y a 15° . En la tabla 2 los requerimientos eran una iluminación de -0.5 dB a 8° y una iluminación de -3 dB a 15° . La iluminación de 8° se cumple a la perfección, es de hecho el parámetro más importante en el diseño. La iluminación a 8° es la que determina el tamaño de la zona quieta. Sin embargo, la iluminación a 15° es mayor que la requerida de -3 dB y se encuentra en torno a -1.6 dB, este parámetro es difícil de rebajar con el diseño propuesto sin afectar al ancho de banda. No obstante, los bordes redondeados del espejo desviarán esta radiación fuera de la zona quieta como se puede apreciar en el esquema de la figura 2.

Frecuencia normalizada (f/f_0)	0.8 – 1.2
Rizado < 0.5 dB Desfase < 5°	86 cm < QZ < 90 cm
Rizado < 1 dB Desfase < 10°	107 cm < QZ < 109 cm

Tabla 3. Valores simulados del tamaño de la zona quieta del CATR de la Universidad de Limoges para el set de alimentadores diseñados

De hecho en la tabla 3 se observa claramente que la zona quieta es ahora muchísimo más estable en toda la banda de frecuencia de los alimentadores, si la comparamos con la tabla 1.

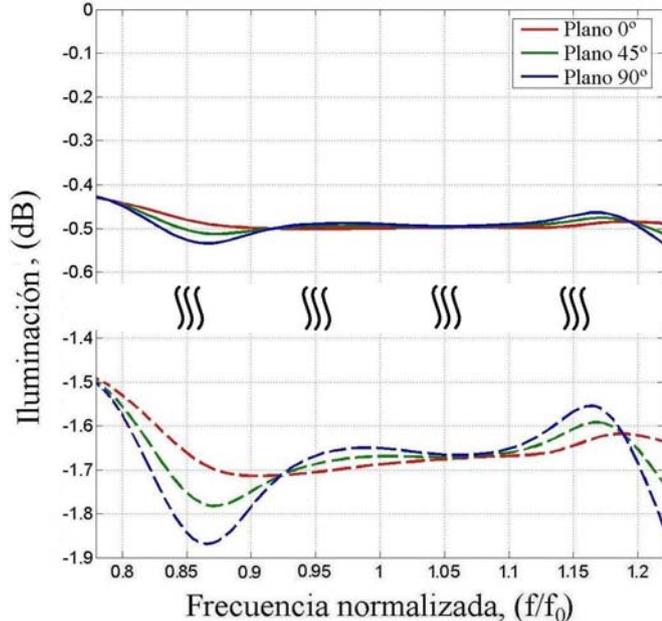


Fig. 6. Iluminaciones simuladas a 8° (líneas continuas) y a 15° (líneas discontinuas)

Además el tamaño de la zona quieta es bastante grande para el sistema óptico del rango de medida y permitirá que con 86 cm de tamaño mínimo de zona quieta se puedan medir con precisión en el caso peor, reflectores parabólicos a 8 GHz de algo más de 35 dB de ganancia; pudiendo llegar a medir antenas de más de 50 dB de ganancia para 50 GHz.

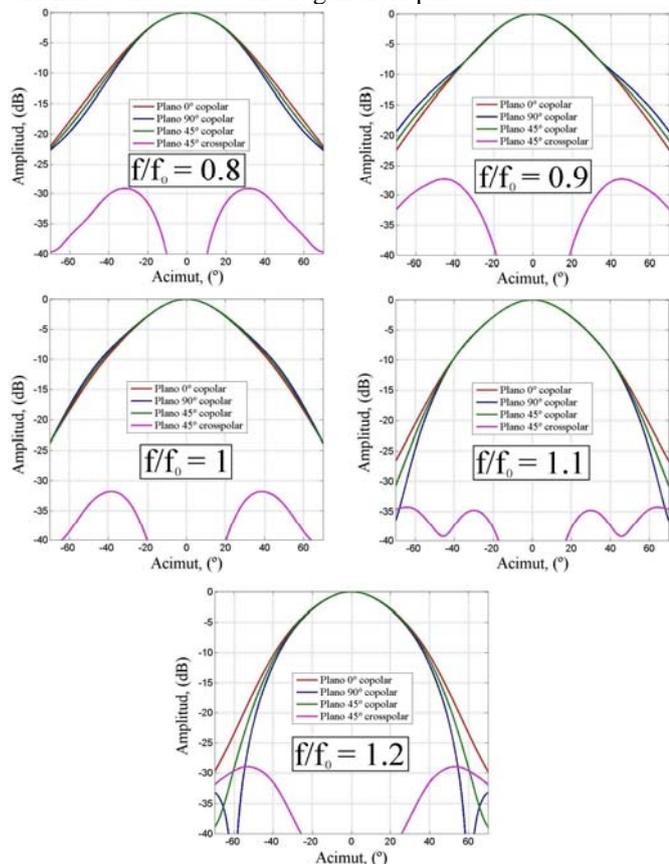


Fig. 6. Diagramas de radiación simulados de los alimentadores diseñados

En la figura 7 se pueden ver las simulaciones de algunos de los diagramas de radiación de los alimentadores y en la figura 8 se presenta el alimentador 5 que funciona de 33 a 50 GHz ya construido y preparado para ser utilizado en el rango compacto.

VI. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

Se ha diseñado un set de alimentadores optimizados para el rango compacto de medida de antenas de la Universidad de Limoges consiguiendo una alta estabilidad de la zona quieta con la frecuencia y manteniendo el tamaño de esta a sus valores máximos.

Además, los alimentadores diseñados son muy sencillos de construir, pequeños y tienen una gran estabilidad de su centro de fases.

Se procederá en breve a medir el comportamiento del rango de medida con los prototipos construidos y se mejoraran las simulaciones de la zona quieta haciendo uso de herramientas de simulación que incluyan PO y PTD en tres dimensiones.

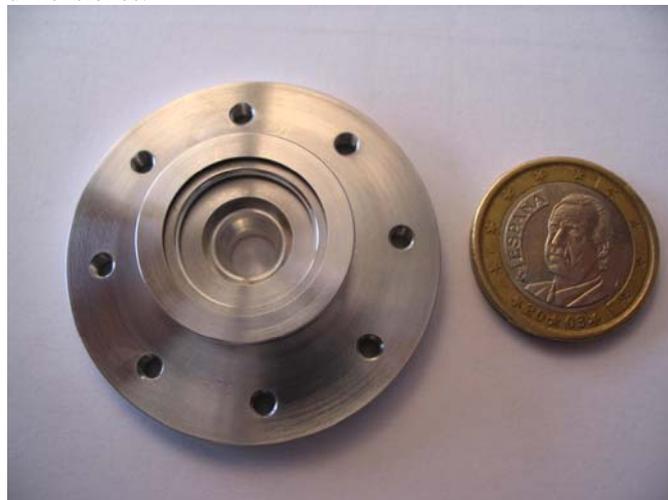


Fig. 8. Fotografía del alimentador número 5 ya construido (33-50 GHz)

REFERENCIAS

- [1] A.D. Olver, "Compact Antenna Test Ranges", Antennas and Propagation, 1991. ICAP91, Seventh International Conference, pages 99-108, vol. 1
- [2] J.D. Huff, C. B. Brechin, "A Millimeter Compact Range", IEE Colloquium on Antenna Measurements using the Compact Antenna Test Range. 1991. p. 9/1 – 9/8
- [3] E. Arnaud, D. Belot, B. Jecko, M. Thevenot, "Design, realisation and characterisation of a low cost compact antenna test range" 11th International Symposium on Antenna Technology and Applied Electromagnetics. ANTEM 2005. Saint Malo, France. June 2005
- [4] R. Gonzalo, C. del Río, D. Goñi, J. Teniente, 'Horn antenna combining horizontal and vertical ridges', Patente internacional de número: WO03/100907. País de prioridad: España. Fecha de prioridad: 24-05-2002. Propiedad de: Universidad Pública de Navarra. Aplicación de la extensión PCT: 17-05-2003. Fecha de publicación internacional: 4-12-2003.
- [5] J. Teniente, R. Gonzalo and C. del Río, "Choked Gaussian Antenna: Extremely low Sidelobe Compact Antenna Design", IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, Vol. 1, 2002
- [6] S. G. Hay, S. J. Barker, C. Granet, A. R. Forsyth, T. S. Bird, M. A. Sprey and K. J. Greene, "Earth station antenna for an European teleport application", IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium, No. 2, pp. 300-303, 2001.