

# POLARIZACIÓN CIRCULAR ULTRA-ANCHA BANDA PARA APLICACIONES SATÉLITE

Abdelwahed Tribak<sup>(1)</sup>, Karen Cepero<sup>(1)</sup>, Angel Mediavilla<sup>(1)</sup>, Mohamed Boussouis<sup>(2)</sup>, Oscar Gonzalez<sup>(1)</sup>, M. Chaibi<sup>(1)</sup>

tribak@dicom.unican.es, [media@dicom.unican.es](mailto:media@dicom.unican.es), m.boussouis@uae.ma

<sup>(1)</sup> Dpt. De Ingeniería de Comunicaciones. Universidad de Cantabria Av. los Castros s/n, 39005, Santander, España

<sup>(2)</sup> Dpt. de físicas Universidad Abdel Malek Essaadi, Tetouan, Marruecos

**Abstract-** The design and fabrication of an Ultra broadband OMT-polarizer is discussed here. The principal advantages of this topology rely on both the instantaneous bandwidth and the axial ratio improvement. Experimental measurements exhibit very good agreement with the predicted results given by Mician  $\mu$ wave wizard. The structure provides an extremely flat axial ratio (AR < 0.4dB) and good return losses >25dB at all ports over the extended Ku band (60%). Moreover, yield analysis and scaling properties demonstrate the robustness of this design against fabrication tolerances.

## I. INTRODUCCIÓN

Varios sistemas de comunicaciones por satélite en fase de desarrollo, entre los cuales se encuentran los que utilizan satélites geoestacionarios en la banda Ku, tienen como objetivo las aplicaciones multimedia interactivas destinadas al gran público. El éxito comercial de estos sistemas está en la realización a bajo coste de los sistemas de alimentación de las antenas que utilizan enlaces a polarización dual que permiten aumentar la cantidad de información a transmitir o a recibir. Debido a las limitaciones del peso y de la forma de instalación sobre los satélites, es deseable emplear el mismo sistema de antena para transmitir la señal del enlace descendente (Tx) y recibir la señal del enlace ascendente (Rx) [1].

Los sistemas satélites utilizan como fuentes de antenas las bocinas corrugadas de banda de frecuencias ancha que se asocian con transductores orto-modos, polarizados y filtros permitiendo la separación de las vías de emisión y de recepción así como de polarizaciones ortogonales. Estas soluciones, en tecnología de guía de onda, permiten alcanzar buenos resultados [1].

El polarizador basado en slopping-septum plano-H ha sido estudiado experimentalmente hace varios años [2], [3] y el concepto de septum en tecnología de guías ondas cuadradas es bien conocido tanto por su aplicación como transductor orto-modo [4] como material de medida de polarización [5]. Un aspecto crítico para este diseño es el cumplimiento tanto de los valores bajos de los coeficientes de reflexión de entrada del modo TE<sub>10</sub> y del modo TE<sub>01</sub> como de una diferencia de fase de 90° entre ambas componentes ortogonales del campo eléctrico. El primer diseño, publicado en [4], respondió a los criterios de reflexión de entrada pero exigió a un desfase adicional formado por una capa dieléctrica para ajustar la diferencia de fase. En consecuencia, posteriores diseños se han sido basados en la graduación de

las dimensiones [4] pero la falta de la componente de ajuste de fase, produce una respuesta de fase inaceptable [6]. La mayoría de los trabajos efectuados sobre polarizadores y OMTs se han optimizado para una banda de frecuencia estrecha o para bandas de frecuencia dual más estrechas [1]-[6], lo que las devuelven incongruentes para las señales de polarización a unas bandas de frecuencias más anchas o para dos bandas de frecuencia suficientemente separadas. Lo que es necesario es un sistema de antena y su red asociada de alimentación capaz de transmitir una señal de enlace descendente satélite y de recibir una señal satélite de enlace ascendente, y los que pueden proporcionar efectivamente la conversión de la polarización en dos bandas de frecuencia suficientemente separadas. Esto es, por lo tanto, el objetivo del trabajo actual para proporcionar un sistema de antena donde permite transmitir y recibir ambas vías Tx y Rx en dos bandas de frecuencias muy anchas o en dos bandas suficientemente separadas para aumentar la capacidad de los enlaces.

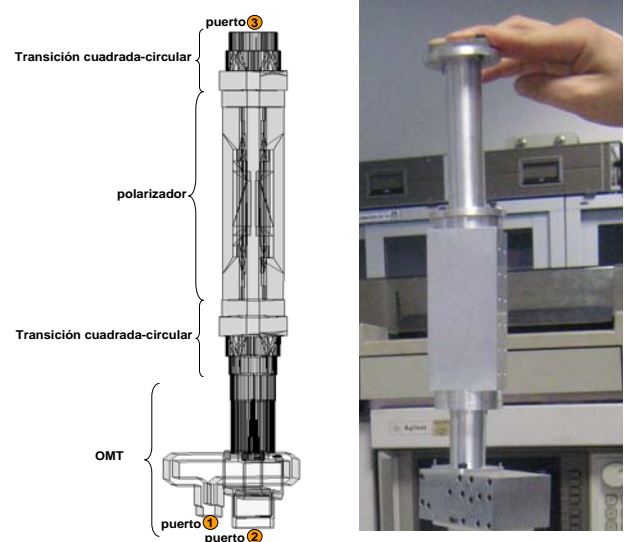


Fig. 1. Aspecto 3D de OMT-polarizador y su prototipo

El objetivo de nuestro estudio es realizar componentes que permitan responder a las exigencias de coste de los usuarios, asegurando un resultado técnico satisfactorio.

En este trabajo presentamos un OMT-polarizador, fig.1, que funciona en la banda de frecuencia 8.75-16.5 GHz. Está constituido por un OMT basado en la unión turnstile [7] con una salida circular de un radio de 10.7mm y dos entradas en guías de ondas rectangulares 18.58x9.29mm que cubre casi una anchura de banda de una octava, y de un polarizador quad-ridge [8] de sección cuadrada 21.8x21.8mm que permite una diferencia de fase de 90 entre ambos modos TE10 y TE01. Ya que el puerto común del OMT es una sección circular, una transición guía circular-cuadrada será necesaria para conectar el puerto común de OMT al polarizador de sección cuadrada. Esta transición se diseña con una rotación de 45° que se usa para dividir, cada uno de los dos modos TE11 degenerados dos veces en la guía circular de la entrada, en dos modos de la guía cuadrada TE10 Y TE01 con una división normal de 3dB y 180° de diferencia de fase. Así cada uno de los dos modos circulares TE11 dará lugar a dos modos TE10 y TE01 ortogonales y con una división de 3dB y 90° de fase a la salida de polarizador, y por consiguiente, si tenemos dos polarización lineales en la entrada circular, obtendremos dos polarizaciones circulares a la salida cuadrada del polarizador. Ya que la alimentación de la antena bocina corrugada se efectúa a través de una guía circular, utilizaremos una transición guía de onda cuadrada-circular que responde a las exigencias citadas antes. Todos los elementos que forman parte del OMT-polarizador se han optimizado de forma independiente en sus bandas de frecuencia antes de ponerlos juntos.

## II. DISEÑO DEL DISPOSITIVO

La principal idea es recibir y transmitir ambas señales, Rx y Tx, con una polarización circular, una a derechas RHCP y la otra a izquierdas LHCP, en una banda de frecuencia ultra-ancha. El OMT-polarizador está constituido por un OMT basado en la unión turnstile y por un polarizador basado en una guía de onda surcada en las cuatro paredes (quad-ridge).

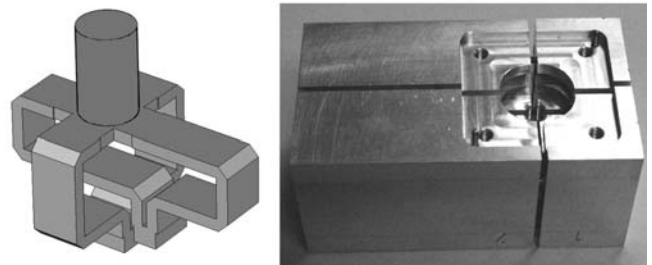
### A. OMT turnstile

El transductor orto-modo (OMT) está constituido por una guía de ondas circular a la entrada común y de dos guías de onda rectangulares a la salida. En el diseño del OMT hemos usado una unión turnstile a altura reducida ( $b/2$ ) en las guías de ondas rectangulares y dos combinadores / divisores de potencia 3dB/180° idénticos también con altura reducida. Hemos construido y examinado la estructura del OMT en la banda de frecuencia Ku como un cuerpo independiente. Las pérdidas de retorno tanto en la entrada como en la salida son superiores a 30dB, el aislamiento entre ambos puertos de las salidas rectangulares es superior a 60dB y las pérdidas de transmisión son del orden de 0.1dB en toda la banda de frecuencia 8.75-16.5GHz. La fig.2 muestra el aspecto 3D del OMT, prototipo fabricado y de su respuesta espectral respectivamente.

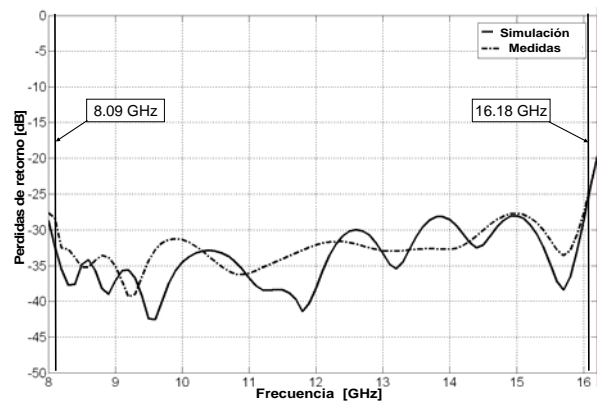
Las principales ventajas de esa estructura son la anchura de banda alcanzada (66.66%) y la simplicidad y compacidad de la estructura. El OMT turnstile proporciona un buen aislamiento entre puertos (60dB) y suprime los modos de orden superior indeseables, sobre todo a través de una banda de frecuencia muy amplia (2:1). Dicha anchura de banda alcanzada es principalmente debido al uso de la unión

turnstile de doble simetría con los brazos en guías de ondas rectangulares de altura reducido junto con el uso de los combinadores/divisores de potencia 3dB/180° plano-E de altura reducida junto con unos codos simples de 90°. Esto facilita fuertemente el diseño y la construcción de estos OMTs.

Basándose en la estructura del OMT de la fig.2. Las señales se dividen por la unión turnstile ente las guías de onda opuestas con una diferencia de fase de 180°. Estas señales se recombinan usando un combinador/divisor de potencia 3dB/180° que sea también, implementado usando un divisor plano-E muy sencillo asegurando la división de potencia 3dB/180° en una anchura de banda de frecuencia de más de una octava junto con unas pérdidas de retorno de 50dB en el puerto de la entrada. En el primer diseño hemos utilizado un divisor con una sola transición en la entrada que permite aumentar la altura de la guía de onda para obtener puertos en guías de ondas con altura reducida en las dos salidas del divisor. Para cada polarización, un par de codos de 90° plano-E idénticos, en altura reducida unen las salidas de unión turnstile a las entradas de la unión plano-E, que se pueden diseñar fácilmente con unas pérdidas de retorno mejor que 48dB en una anchura de banda de más de 68%. El aspecto principal en un diseño de un codo en guías de ondas es obtener unas pérdidas de retorno especificadas sobre una anchura de banda muy ancha. Puesto que en ciertos sistemas una gran cantidad de curvas (codos) son necesarias, es muy importante que las pérdidas de retorno de cada codo estén bien optimizadas (generalmente 35dB es el mínimo deseable). Puesto que los combinadores / divisores de potencia y los codos de 90° tienen una buena adaptación, el OMT sigue el mismo comportamiento de la unión turnstile.



(a)



(b)

Fig.2. (a) OMT turnstile en 3D mas un prototipo. (b) adaptación del OMT Turnstile

## B. Polarizador

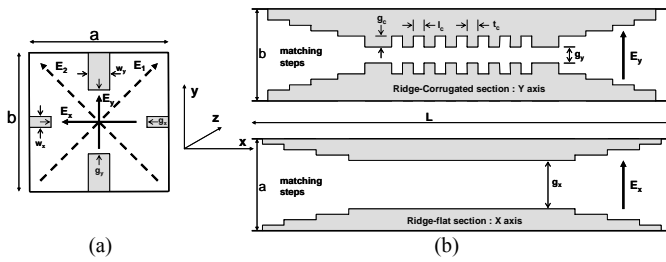


Fig. 3. (a) Sección representativa del polarizador cuadrado de la guía surcada. (b) Geometría del polarizador surcado corrugado a lo largo del eje Z.

Una vista de la sección transversal del polarizador cuadrado surcado se muestra en la fig.3. Cada puerto físico propaga dos polarizaciones ortogonales (TE<sub>10</sub> y TE<sub>01</sub>) de modo que desde un punto de vista eléctrico esta topología sea un dispositivo de cuatro puertos. Funciona separando las señales de entrada giradas 45° E<sub>1</sub> y E<sub>2</sub> en dos componentes ortogonales de la señal del campo eléctrico, E<sub>x</sub> y E<sub>y</sub> alineados con las secciones surcadas definidas por los parámetros w<sub>x</sub>, g<sub>x</sub> y w<sub>y</sub>, g<sub>y</sub>. Una componente de la señal esta avanzada en fase con respecto a la otra introduciendo una diferencia de fase de 90±4° lo que implica una relación axial de 0.4dB sobre la banda de frecuencia extendida 8.8-16.15GHz. El campo E<sub>1</sub> corresponde a la señal polarizada circularmente a izquierdas LHCP mientras que el campo E<sub>2</sub> corresponde a la polarizada circularmente a derechas. La diferencia de fase (sobre la longitud total L del polarizador de la guía de onda) entre estos dos modos ortogonales tiene la forma siguiente:

$$\Delta\theta = \theta_y - \theta_x = L(\beta_y - \beta_x).$$

Donde  $\beta_x$  y  $\beta_y$  son respectivamente los constantes de propagación para el modo polarizado según el eje X (TE<sub>01</sub>) y el modo polarizado según el eje Y (TE<sub>10</sub>) de la guía de onda cuadrada surcada en las cuatro paredes.

La fig.3 muestra el polarizador cuadrado corrugado completo que esta surcado en las cuatro paredes. Esta formado por cuatro arrugas axiales, una en cada pared de la guía de onda. Por otra parte, mientras que dos arrugas de la guía de onda son corrugadas (teniendo como parámetros g<sub>c</sub>, l<sub>c</sub> y t<sub>c</sub>), las otras dos siguen siendo planas. El uso de las arrugas proporciona una anchura de banda considerablemente mayor que ésas diseñadas con iris. Esto es porque, mientras que los iris transversales no cambian la frecuencia de corte del modo fundamental o de los modos de orden superior en absoluto, el uso de las arrugas (guías de ondas surcadas) reduce la frecuencia de corte del modo fundamental y aumenta proporcionalmente la frecuencia de corte de los modos de orden superior.

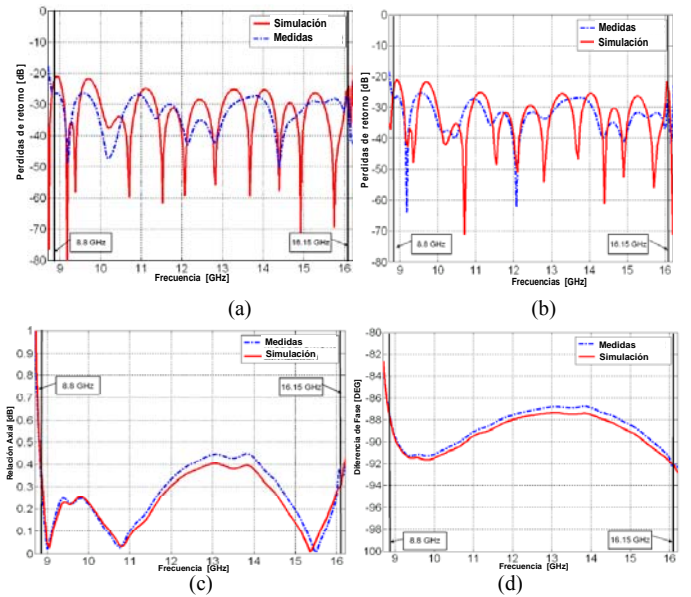


Fig. 4. (a) Adaptación del modo TE<sub>10</sub>, (b) Adaptación del modo TE<sub>01</sub>, (c) Relación axial, (d) Diferencia de fase.

El polarizador está formado por una guía de onda cuadrada insertando una secciones guías de ondas cuadradas surcadas (ridged) en las cuatro paredes con el fin de aumentar la anchura de la banda de frecuencia deseada. La Fig.4 muestra la respuesta espectral del polarizador.

Como muestra la fig.4 la adaptación de los diferentes modos es mejor que 22dB y el paso entre cada modo circular de la entrada circular y cada uno de los modos circular de la salida circular es exactamente a 3dB y 90±4° de diferencia de fase. Esto se explica por el hecho de que cada señal TE<sub>11</sub> de la entrada circular se divide por la transición circular guía de onda cuadrada, que se diseña con una rotación de 45°, en dos modos de la guía de onda cuadrada TE<sub>10</sub> y TE<sub>01</sub> con una división de 3dB / 180°. Estas dos señales ortogonales van a alcanzar la salida del desfazador (a guía de onda surcada quad-ridge) exactamente con una diferencia de fase de 90°, y por consiguiente, vamos a obtener dos polarizaciones circulares, una a derechas y la otra á izquierdas, lo que mantiene la relación axial inferior a 0.45dB en toda la banda de frecuencia de interés.

## III. LOS RESULTADOS EXPERIMENTALES DE OMT-POLARIZADOR

Hemos obtenido una gran concordancia entre los resultados de las simulaciones realizadas con el software Mwavewizard-Mician y los obtenidos por medidas experimentales. Los resultados conseguidos del OMT-polarizador en toda la banda de frecuencia de funcionamiento son muy satisfactorios. Las pérdidas de retorno de todos los puertos eléctricos son del orden de 25dB, el aislamiento está cerca de 45dB, las pérdidas de inserción son mejores que 0.18dB y la relación axial es inferior a 0.5dB en toda la banda espectral extendida 8.75-16.5GHz.

## REFERENCIAS

- [1] J. Uher, J. Bohrmann, and U. Rosenberg, Waveguide components for antenna feed systems: Theory and CAD, Chapter 3, Boston, Artech House, 1993.
- [2] D. Davis, O. J. Digiandomenico, and J. A. Kempic, "A new type of circularly polarized antenna element," in 1967 G-AP Symp. Dig., pp. 26-33.
- [3] G. N. Tsandoulas, G. H. Knittel, "the design and performance of dually polarized square-waveguide arrays," in 1972 G-AP symposium. Dig., pp. 157-160.
- [4] M. H. Chen and G. N. Tsandoulas, "A wide-band Square-waveguide array polarizer," IEEE Trans. Antennas Propag., vol. AP-21, pp. 389-391, May 1973.
- [5] H. E. Schrank, "Polarization measurements using the septum polarizer," in 1982 IEEE AP-S Int. Symp. Dig., pp. 227-230.
- [6] T. Ege and P. McAndrew, "Analysis of stepped septum polarizers," Electron. Lett., vol. 21, pp. 1166-1168, Nov. 1985.
- [7] Juan L. Cano, A. Tribak, R. Hoyland, A. Mediavilla, and E. Artal, "Full Band Waveguide Turnstile Junction Orthomode Transducer with Phase Matched Outputs," Int. J. RF and Microwave CAE vol.20, no. 3, pp. 333-341, May 2010.
- [8] Abdelwahed. Tribak, A. Mediavilla, Juan Luis Cano, M. Boussouis, K. Cepero, "Ultra-Broadband Low Axial Ratio Corrugated Quad-Ridge polarizer", Proceedings of the 39th European Microwave Conference EuMA, 29 September - 1 October 2009, Rome, Italy.

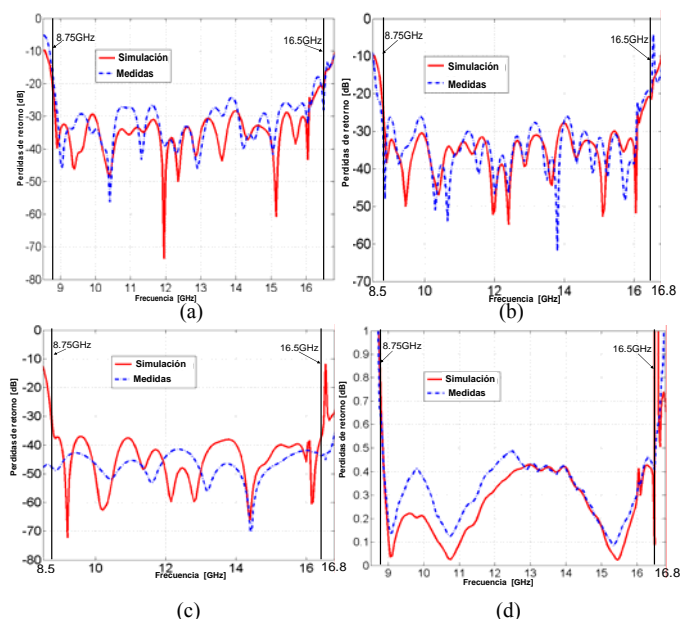


Fig.5. (a) Adaptación de puerto 1 del OMT-polarizador. (b) Adaptación de puerto 2 del OMT-polarizador. (c) Aislamiento entre los puertos rectangulares. (d) Relación axial

Así como muestra la figura 5, cada señal de los dos puertos rectangular del OMT se divide a la salida del polarizador en dos modos circulares  $TE_{11S}$  y  $TE_{11C}$  a  $3\text{dB} / 90^\circ$  de fase lo que muestra que a la salida de OMT-polarizador se va a obtener dos polarizaciones circulares, una a derechas y la otra a izquierdas (RHCP y LHCP), es decir, la recepción se hace con la polarización circular a derechas RHCP y la transmisión se efectúa con la polarización circular a izquierdas LHCP o vice-versa.

## IV. CONCLUSIONES

Hemos presentado la idea principal del diseño y de la realización de un OMT-polarizador formado por un OMT de tipo unión turnstile y de un polarizador en guía de onda surcada (quad-ridge). La estructura puede dividirse en una serie de elementos cuya concepción individual se puede llevar a cabo en la primera fase de manera aislada. Para que la respuesta global de OMT-polarizador cumpla las especificaciones fijadas anteriormente, las especificaciones de estos elementos deben ser más exigentes. Hemos obtenido una muy buena concordancia entre los resultados de las simulaciones y los de las medidas experimentales, las pérdidas de retorno de todos los puertos del OMT-polarizador son del orden de 25dB, el aislamiento entre los puertos de entrada es superior a 40dB y la relación axial esta mejor que 0.45dB en toda la banda de frecuencia de interés.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores querían expresar su gratitud hacia la agencia española para la cooperación al desarrollo Internacional (AECID) para su programa « Becas para Extranjeros No Iberoamericanos para Estudios de Postgrados, Doctorado y Postdoctorado en Universidades y Centros superiores en España», así como a la concesión BES-2005-6730 de FPI. Los autores querían también agradecer la ayuda financiera proporcionada por el ministerio español de la Ciencia y de la