

## Consideraciones de diseño de antenas de microcinta multibandas

*Danelys Rodríguez Ávila<sup>1</sup>, Elyú González Gutiérrez<sup>2</sup>, Michel Coto Mederos<sup>3</sup> Francisco Marante Rizo<sup>4</sup>*

<sup>1</sup>ISPJAE. Ing. mail: danelys@electronica.cujae.edu.cu

<sup>2</sup> ISPJAE. Ing. mail: estherm@infomed.sld.cu

<sup>3</sup> ISPJAE. Ing. mail: egonzalezg@fecrd.cujae.edu.cu

<sup>4</sup>ISPJAE DrC. mail: marante@electronica.cujae.edu.cu

### RESUMEN / ABSTRACT

En los últimos años, la cantidad de dispositivos móviles (teléfonos inteligentes, tabletas, etc.) se ha incrementado notablemente y con ellos, la cantidad de aplicaciones y servicios inalámbricos con los que estos trabajan. Esto ha traído como consecuencia la necesidad de utilizar antenas que resuenen en varias frecuencias (antenas multibandas).

En este trabajo se proponen algunas consideraciones de diseño que permiten obtener operación en varias bandas en antenas de microcinta analizando las distribuciones de campo del parche radiante. Usualmente se logra que la banda creada sea ajustable en un determinado rango.

**Palabras claves:** ajustable, distribuciones de campo, microcinta, multibanda.

*In last years, the amount of mobile devices (smart phones, tablets, etc.) has been remarkably increased, and with them, the amount of wireless applications and services which they work with. This has brought as consequence the need of utilize antennas which resonate in several frequencies (multiband antennas).*

*In this work some design considerations that allows obtaining various bands operation in microstrip antennas by analyzing the field distributions of the radiant patch are proposed. Usually it is achieved that the created band can be adjustable in a range.*

**Key words:** adjustable, field distributions, microstrip, multiband.

## INTRODUCCIÓN

Debido a la necesidad emergente de los sistemas de comunicaciones móviles actuales de soportar múltiples servicios inalámbricos como la conmutación hacia otros canales, mejoras de las velocidades de transmisión, calidad de voz y video, menos llamadas perdidas, transmisión de mayores volúmenes de información, etc., se ha incrementado el desarrollo de antenas que trabajen con un mayor ancho de banda y que resuenen en varias frecuencias.

Por otra parte, desde la invención de la antena de microcinta y debido a sus características de perfil plano, fácil fabricación e integración en dispositivos de microondas, bajo costo, así como su éxito en aplicaciones militares, comunicaciones móviles satelitales, comunicaciones celulares terrestres, GPS (Sistema de Posicionamiento Global), etc., esta tecnología ha ganado gran popularidad en el campo de las comunicaciones inalámbricas. Sin embargo, una de sus limitaciones es su operación en una sola banda de frecuencia, por lo que surge la necesidad de buscar técnicas y métodos encaminados a superar esta deficiencia.

En este trabajo se propone un método que permite diseñar antenas de microcinta con operación en varias bandas. Para ilustrarlo se diseñan dos antenas, la primera opera en tres frecuencias y está alimentada por línea de microcinta, mientras la segunda lo hace en dos bandas, acoplada por proximidad.

### ANTENA ALIMENTADA POR LINEA DE MICROCINTA

El primer diseño está formado por un parche rectangular alimentado por línea de microcinta. Se pretende que la antena resuene en las bandas de 2.4 (Wifi); 3.5 y 5.2 GHz (Wimax). (1)

El primer paso es diseñar un modelo para la frecuencia 2.4 GHz. Posteriormente se realizan transformaciones en la estructura de esta antena para lograr que resuene en las dos bandas restantes. Se ha realizado un parche rectangular según el Modelo de Línea de Transmisión y utilizando Duroid (tm) 5880 (constante dieléctrica 2.2, altura 1.6 mm y tangente de pérdidas de 0.0009) como sustrato Figura 1a). (2)

El parámetro  $S_{11}$  obtenido se muestra a continuación, en el cual se alcanza un mínimo de aproximadamente 16 dB en 2.44 GHz.

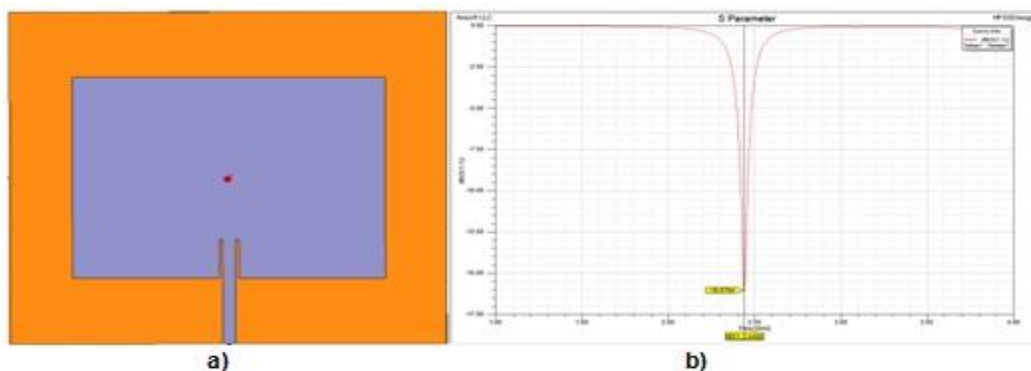


Figura 1. a) Modelo inicial alimentado por línea

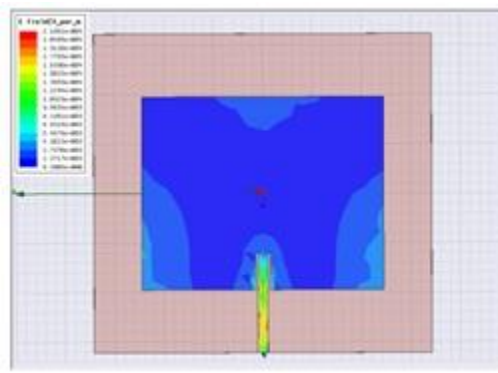
b) Parámetro  $S_{11}$  del modelo inicial.

La directividad alcanza un máximo de 6.8 dB y la eficiencia resulta ser de 93.5 % para 2.4 Ghz.

### **Generación de la banda de 3.5 Ghz**

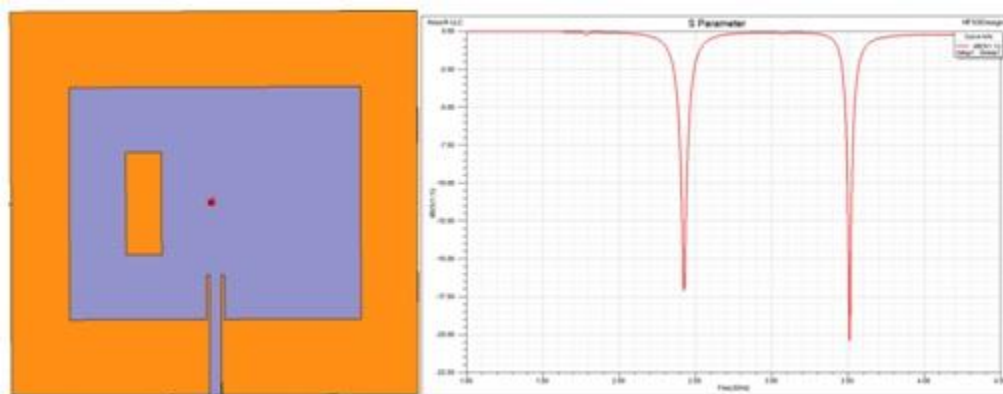
El siguiente paso es hacer que la antena resuene en las frecuencias 3.5 y 5.2 GHz. Para lograrlo, se debe averiguar en qué lugar del parche radiante es mayor la intensidad de campo para la frecuencia en la que se desea crear la nueva banda y posteriormente, realizar transformaciones alrededor de esta zona que permitan excitar un nuevo modo de propagación para así generar la nueva banda.(3) Se pueden realizar disímiles modificaciones. En la presente investigación se han logrado buenos resultados realizando ranuras (en forma de U o rectangulares) o adicionando fragmentos de parche (en forma de L).

La Figura 2 muestra la distribución de campo para 3.5 Ghz.



**Figura 2. Distribución de campo para 3.5 Ghz.**

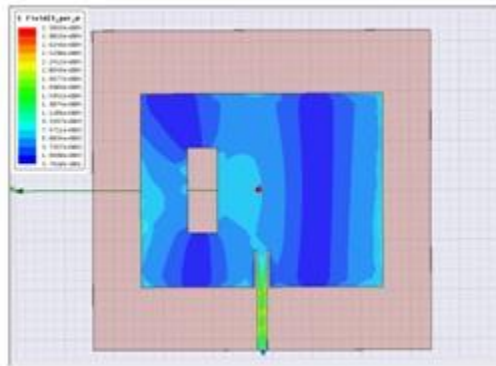
El diseño que permite que la antena resuene en 3.5 GHz (además de 2.4 GHz) se puede apreciar en la Figura 3a).



**Figura 3. A) Modelo multibanda para 2.4 y 3.5 GHz b) Parámetro  $S_{11}$  de la nueva antena.**

Como se puede observar, se ha realizado una ranura rectangular en el lado izquierdo del parche. El parámetro S11 resultante se muestra en Figura 3b) y se puede ver la nueva banda en 3.5 GHz.

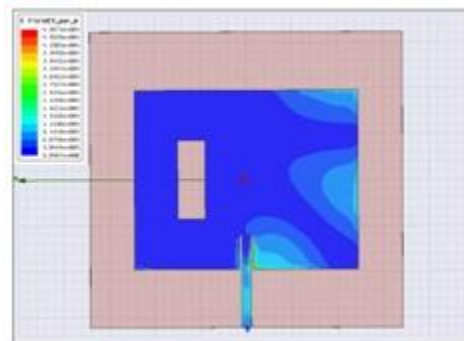
La distribución de campo de la nueva antenna para esta frecuencia se muestra en Figura 4. Se aprecia cómo influye la ranura creada en la generación de la nueva banda. La directividad es de 7,3 dB y la eficiencia, de 87,5 %, en esta frecuencia.



**Figura 4. Distribución de campo para 3.5 Ghz**

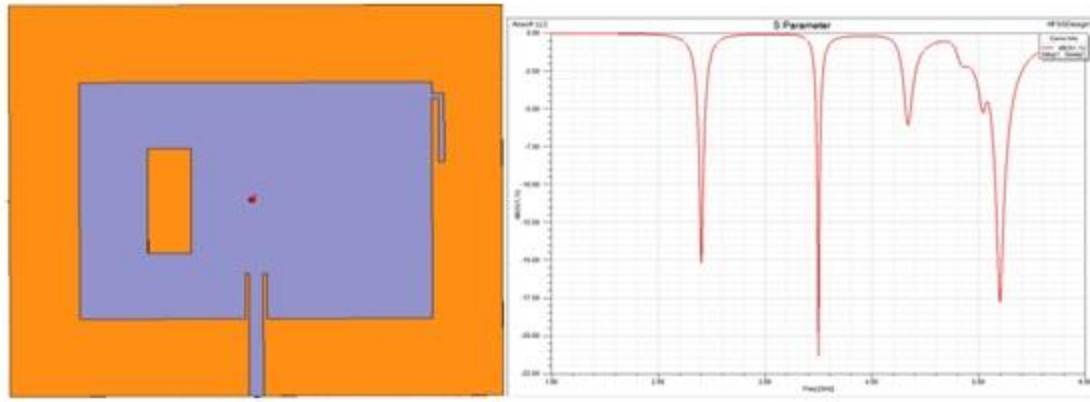
#### **Generación de la banda de 5.2 Ghz**

Seguidamente, se debe lograr que la antenna resuene en 5.25 GHz. Para ello, como en el caso anterior, se estudia la distribución de campo para la frecuencia de la banda que se quiere crear (Figura 5). Las nuevas transformaciones deben concentrarse, lógicamente, en las zonas de mayor intensidad de campo.



**Figura 5. Distribución de campo para 5.2 Ghz.**

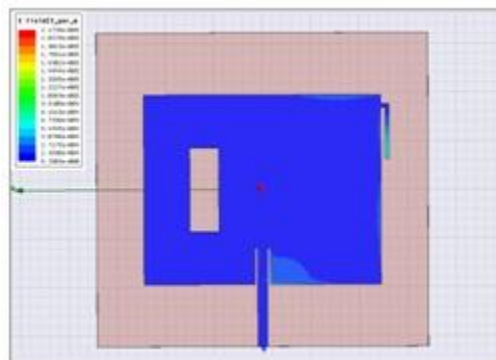
El diseño final triple banda es el de la Figura 6a).



**Figura 6. a) Antena triple banda para 2.4, 3.5 y 5.2 GHz. b) Parámetro  $S_{11}$  del diseño final.**

Como se puede apreciar, se le ha añadido al parche un fragmento de cobre en forma de L para crear la nueva banda de 5.2 GHz. Finalmente, y con las transformaciones anteriormente planteadas, el parámetro  $S_{11}$  final es el de Figura 6b). Se observa la existencia de la nueva banda en 5.2 GHz.

La distribución de campo de la nueva antena para 5.25 GHz se muestra en Figura 7. En ésta se aprecia cómo influye la L en la generación de la nueva banda. Se obtiene una directividad máxima de 6,9 dB y eficiencia es de 95,3 % para 5.2 GHz.



**Figura 7. Distribución de campo para 5.2 GHz del diseño final.**

### **Rango de ajustabilidad**

Alterando la geometría de las transformaciones realizadas al parche es decir, las dimensiones del rectángulo o del fragmento de cobre en forma de L, es posible lograr que la banda correspondiente se desplace en frecuencia. Por ejemplo, la Figura 8 muestra cómo aumentando la longitud de la ranura rectangular, la banda de 3.5 GHz se puede mover hacia la izquierda, y lo más importante, las otras dos bandas permanecen prácticamente invariables. (4)

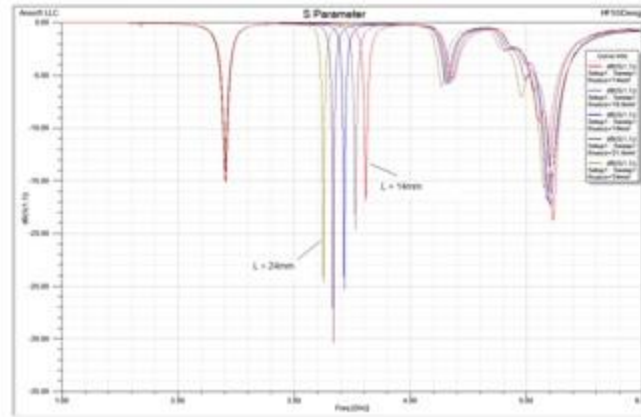


Figura 8. Ajuste de la banda de 3.5 GHz variando la longitud de la ranura.

Se comprobó mediante simulaciones que esta banda se puede desplazar desde 3 hasta 3,66 GHz, alcanzando relaciones de frecuencia  $f_2/f_1$  desde 1,25 hasta 1,53.

Asimismo, en 5.2 GHz se logra correr la banda hacia la derecha disminuyendo la longitud (altura) de la L (Figura 9).

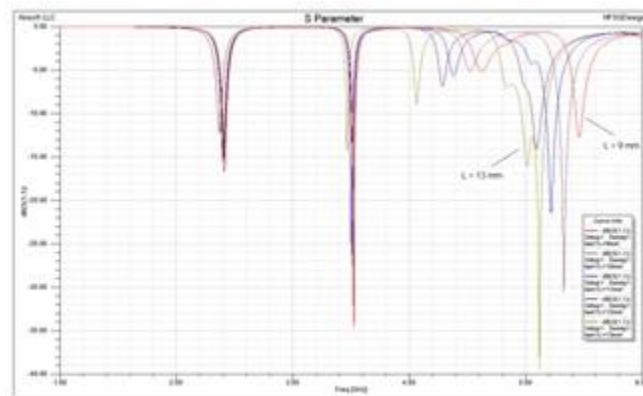


Figura 9. Ajuste de la banda de 5.2 GHz variando la altura de la L.

Se logra mover esta banda desde 5,01 hasta 5,46 GHz, obteniendo relaciones de frecuencia  $f_3/f_1$  desde 2,09 hasta 2,28. Nuevamente, es muy importante el hecho que las demás bandas no sean afectadas por estos cambios.

Los resultados anteriores muestran que con las transformaciones realizadas, se ha logrado que este prototipo, además de resonar en 2.4 GHz en el modo fundamental, resuene en 3.5 y en 5.2 GHz, lo que ha permitido obtener una antena de microcinta con operación en triple banda.

### **Ventajas y desventajas de la antena diseñada**

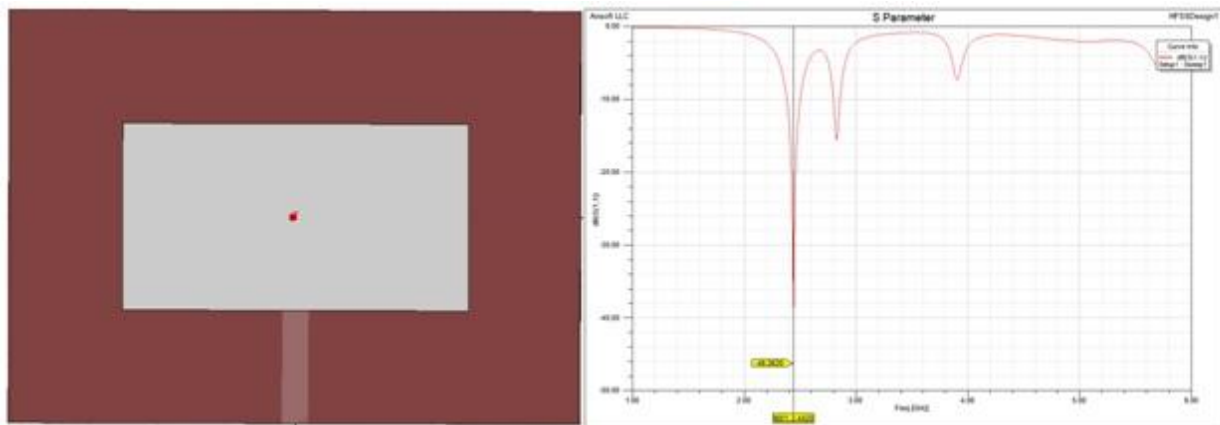
La antena obtenida hasta el momento logra alcanzar resonancias, además de la fundamental en la banda de 2.4 GHz (Wifi), en 3.5 GHz y 5.2GHz (Wimax); sin embargo, los anchos de banda obtenidos para cada una de las frecuencias son de 32, 20 y 119 MHz respectivamente, los cuales no cumplen con el mínimo necesario para cubrir los anchos de banda requeridos, por lo cual se precisa mejorar esta característica para que la antena se pueda utilizar en aplicaciones mencionadas anteriormente.

No obstante, resulta oportuno su análisis debido a que ilustra muy claramente la metodología seguida para la obtención de multisintonía. Los pobres anchos de banda resultantes no son una sorpresa, pues son típicos de las antenas de parche alimentadas por línea de microcinta.

### **ANTENA ALIMENTADA POR PROXIMIDAD**

En el segundo ejemplo, se ha diseñado una antena para 2.4 GHz con el Modelo de Línea de Transmisión, alimentada por proximidad y utilizando FR4 para ambos sustratos (superior e inferior) ( Figura 10a). (5)

En la Figura 10b) se puede ver el parámetro  $S_{11}$  de esta antena. Existe un pulso en 2,8 GHz que no se pudo eliminar sin afectar el ancho de banda en 2.45 GHz, pero éste no altera para nada los propósitos del diseño.

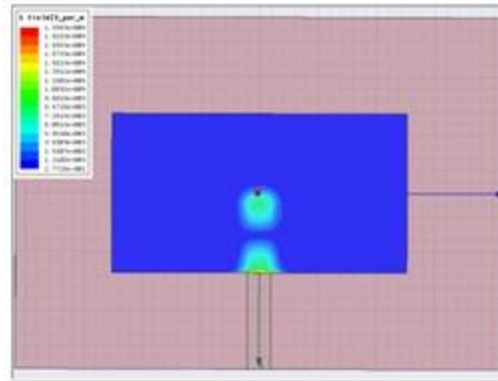


**Figura 10 a) Antena de microcinta acoplada por proximidad b) Parámetro  $S_{11}$  para el modelo inicial.**

El ancho de banda en 2.45 GHz es de 106 MHz, suficiente para cubrir la banda de 2.4 de Wifi (2.4-2.485 GHz). La directividad máxima es de 7,33 dB y la eficiencia, de 66,8 % para 2.45 GHz.

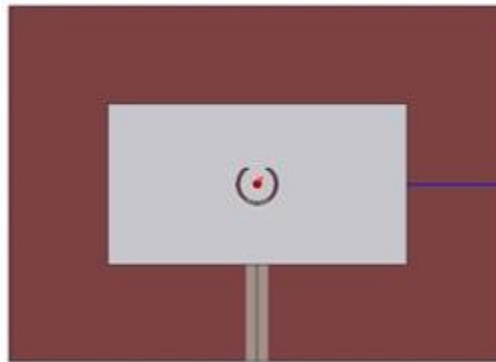
### **Generación de la banda de 5.2 GHz**

El siguiente paso es lograr que la antena resuene en 5.25 GHz. Para ello, y al igual que en el diseño anterior, se debe analizar la distribución de campo para esta frecuencia y posteriormente realizar transformaciones en las zonas de mayor intensidad que permitan obtener la operación en la nueva banda.



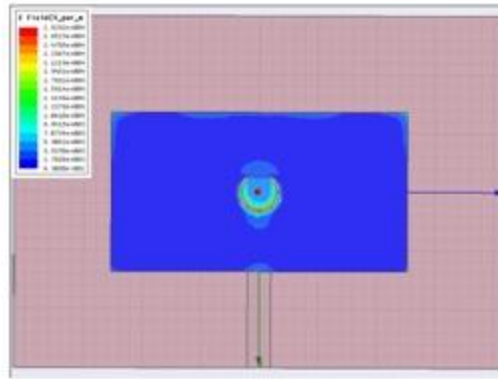
**Figura 11. Distribución de campo para 5.25 Ghz.**

Para el caso mostrado en la figura 11, después de una serie de parametrizaciones y un análisis profundo, se logró operación en la banda de 5.2 realizando una ranura en forma de herradura (6), como se presenta en la Figura 12.



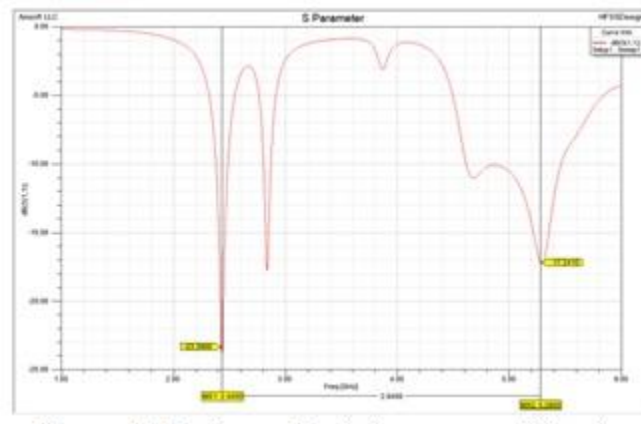
**Figura 12. Modelo final doble banda para 2.45 y 5.25 Ghz.**

Debajo se ofrece la nueva distribución de campo para 5.25 GHz, La influencia de la herradura creada en la generación de la nueva banda es apreciable.



**Figura 13. Distribución de campo para 5.25 GHz del diseño final.**

La existencia de la nueva banda en 5.25 GHz se evidencia en el parámetro  $S_{11}$  de este nuevo diseño (Figura 14).



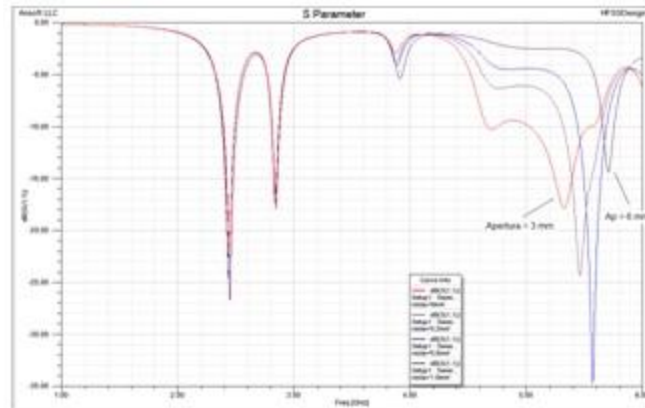
**Figura 14. Parámetro  $S_{11}$  de la antenna multibanda.**

El ancho de banda en esta frecuencia es de 586 MHz, suficiente para cubrir la banda de 5.2 de Wifi (5,15-5,35 GHz).

La directividad alcanza un máximo de 7 dB y la eficiencia en esta frecuencia es de 59,6 %.

### **Rango de ajustabilidad**

Al igual que en el ejemplo anterior, se ha logrado que la nueva banda sea ajustable en un amplio rango. En este caso, aumentando la separación entre los bordes de la ranura en forma de herradura, se logra desplazar la nueva banda hacia la derecha (Figura 15).



**Figura 15. Ajuste de la banda de 5.25 GHz variando la apertura de la herradura.**

Una vez más resulta conveniente que se logre este control con independencia total de la otra banda, ya que se facilitan reajustes eventuales. Se pudo comprobar que esta banda es ajustable desde 4,95 hasta 5,70 GHz, lo que permite obtener relaciones de frecuencia  $f_2/f_1$  desde 2,06 hasta 2,38.

## **CONCLUSIONES**

En este artículo se han mostrado algunas consideraciones de diseño que permiten obtener operación multibanda para antenas de microcinta. Analizando la distribución de campo para la banda de frecuencia en cuestión y realizando después las transformaciones pertinentes (ranuras rectangulares, ranuras en forma de U o adicionando fragmentos de parche en forma de L, entre otros) en las zonas de mayor intensidad del parche radiante, se pudo comprobar que se pueden lograr los resultados requeridos.

Además, se ha demostrado que la nueva banda usualmente se puede desplazar en un amplio rango, variando la geometría de la transformación realizada al parche (las dimensiones de la ranura rectangular, o la ranura en forma de U o el fragmento de parche en forma de L, etc) para obtener multisintonía. Esta característica de ajustabilidad resulta de gran interés ya que permite que la antena sea fácilmente rediseñada para otras aplicaciones en caso de ser necesario.

## REFERENCIAS

1. **Resolución del Pleno de La Comisión Federal de Telecomunicaciones** para clasificar ciertas bandas de frecuencias conforme a la Ley Federal de Telecomunicaciones. julio de 2005.
2. **High Frequency Circuit Materials.** RT/duroid<sup>®</sup> 5880Glass Microfiber Reinforced Polytetrafluoroethylene Composite Rogers Corporation Microwave Materials Division. ISO 9002 CERTIFIED. Disponible en Web: <http://www.rogers-corp.com/mwu/>.
3. **Garg, R.**, et al., "Microstrip Antenna Design Handbook". 2001, London: ArtechHouse, Inc. 2.
4. **Wong, K.-L.** (2002). "Compact and Broadband Microstrip Antennas", John Wiley & Sons, Inc.
5. **Leandro Acosta Alvarez, J. M. Z. I.** (2011). "Investigación de las características de radiación de la antena de microcinta alimentada por proximidad". Comunicaciones Inalámbricas: 78.
6. **K. F. Lee, K. M. L., K. M. Ma, and S. L. S. Yang** (2011). "On the Use of U-Slots in the Design of Dual- and Triple-Band Patch Antennas."