

Diseño de un arreglo de antenas Microstrip de parche elíptico de doble banda para aplicaciones Wi-Fi y WiMAX

Design of a Dual Band Elliptical Patch Microstrip Antenna Array for Wi-Fi and WiMAX Applications

Guambo Vallejo Enrique Joel	joel.guambo@esPOCH.edu.ec
Torres Clavijo Diego Andrés	diegoa.torres@esPOCH.edu.ec
Guáytara Flores Terry Joel	terry.guaytara@esPOCH.edu.ec
Cusme Quintanilla Medelin Lisset	medelin.cusme@esPOCH.edu.ec
Villamar Bonilla Karla Vanessa	karla.villamar@esPOCH.edu.ec

Facultad de Informática y Electrónica
 Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
 Riobamba, Ecuador.

RESUMEN

Los arreglos de antenas microstrip son eficaces en aplicaciones inalámbricas, ya que proporcionan mejoras considerables en los parámetros básicos, como un mayor ancho de banda, ganancia, directividad y eficiencia de la antena en comparación con un elemento radiante simple. Como resultado del estudio, se realizó un arreglo de antenas microstrip con parches elípticos de doble banda y slots en la parte superior de cada parche, el cual se implementó en FR4 que posee una permitividad dieléctrica de $\epsilon = 4,4$ y un espesor de 1,6mm proporcionando resultados favorables tanto en la frecuencia de 2,4 GHz como en la de 3,7 GHz correspondientes a las aplicaciones Wi-Fi y WiMAX, en referencia a la comparación entre la simulación y los resultados experimentales se aprecia que existe una pequeña variación, obteniendo para la frecuencia de 2.4 GHz una ganancia de -21,78 dB en los resultados experimentales y -41,65 dB en los resultados simulados, y para la frecuencia de 3,7 GHz una ganancia de -40,51 dB en los resultados experimentales y -44,65 dB en los resultados simulados, estos decibelios de diferencia se atribuyen a la técnica utilizada para la implementación de la antena, sin embargo, a pesar de las limitaciones para su implementación la antena proporciona valores adecuados para las aplicaciones que utilizan la banda de frecuencia ISM para Wi-Fi y WiMAX..

Palabras Clave: Microstrip, Elíptica, Parche, Slot, Wifi, WiMAX.

ABSTRACT

The object of study of this research is a sash called cawiña, used by the indigenous inhabitants of the Cacha community located in the city of Riobamba, Chimborazo. This is done through the prior analysis of the emergence of fabrics in the national territory through the historical study of the traces left in ceramic objects by different cultures. Simultaneously, the Andean worldview is determined, specifically the thought of the Cacha nationality. Then, there is a formal analysis based on the composite categories of the sash, with a case study sample C5 collected approximately thirty two years ago in said community. The result is a graphic narrative characterized by the systematization and order under the principles of symmetry, rhythm, and in a relevant way the Andean proportion.

Palabras Clave: cawiña, belt, sash, andean proportion, Andean, iconography

► I. Introducción

Es innegable que los sistemas de comunicaciones en la historia del desarrollo universal siempre han merecido elogios y han acortado distancias en el avance de los oficios que el hombre realiza [1]. la antena es uno de los componentes más importantes de cualquier sistema inalámbrico. una antena es un dispositivo electrónico que transmite y (o) recibe ondas electromagnéticas. en la mayoría de los casos, funciona como un

dispositivo resonante que opera eficientemente en una banda de frecuencia relativamente estrecha [2]. un sistema de comunicaciones requiere de antenas de bajo perfil, peso ligero, alta ganancia y estructura simple para garantizar las características de fiabilidad, movilidad y alta eficiencia. las antenas microstrip son muy versátiles para sintetizar un patrón requerido [3]. además, se utilizan para escanear el haz de un sistema de antenas, aumentar la directividad y realizar varias otras funciones que serían difíciles con un solo elemento. las características principales de una antena de microbanda son su relativa facilidad de construcción, su ligereza, su bajo coste y su adaptabilidad a la superficie de montaje o a una protuberancia superficial extremadamente fina [3]. las limitaciones de la microbanda son la estrechez de la banda de frecuencias y la incapacidad de operar en altos niveles de potencia de la guía de ondas, la línea coaxial o incluso la línea de banda [4].

la antena propuesta satisface dichos requisitos siendo muy común su uso en aplicaciones tales como sistemas de comunicación, comunicación por satélite, radar, aplicaciones médicas, etc. recientemente, las técnicas de optimización evolutiva han sido ampliamente utilizadas en la síntesis de conjuntos de antenas de diferentes formas con requerimientos específicos.

los arreglos de antenas microstrip consisten en formar un conjunto de elementos radiantes en una configuración eléctrica y geométrica [5]. el rendimiento de dichos conjuntos depende de varios parámetros, como la amplitud y la fase de excitación de los elementos individuales, el espacio entre los elementos, la polarización, etc [6]. la distribución de tensiones entre los elementos de un arreglo depende de la red de alimentación. una red de alimentación adecuada acumula todas las tensiones inducidas para alimentarlas en un punto [7]. en un arreglo, el lóbulo principal puede dirigirse electrónicamente para transmitir (o recibir) señales desde direcciones específicas sin necesidad de mover mecánicamente el conjunto [8]. también se sabe que una antena microstrip simple, es decir, un parche elíptico en una placa de circuito impreso de microondas, puede hacerse para radiar ondas polarizadas circularmente [9].

Los slots ofrecen características únicas que son de interés para muchos diseñadores de

antenas. Su alta eficiencia, polarización lineal, incorporación de sistemas de alimentación y radiación, manejo de alta potencia y rigidez mecánica son algunas de sus ventajas [10]. Las antenas de ranura permiten simplificar el diseño y ampliar la funcionalidad [11]. La creación de ranuras conduce a la obtención de una nueva frecuencia de resonancia [12]. Los slots en el diseño de las antenas se utilizan entre frecuencias de 300 MHz a 24 GHz. Estos slots aumentan el perímetro de la superficie, aumentando así la longitud eléctrica. Por lo tanto, ayuda en la reducción de tamaño con muy poca alteración en el rendimiento con respecto a su contraparte original [13]. El rendimiento de la antena se ve afectado principalmente por los parámetros geométricos y eléctricos, como el tamaño y la posición de las ranuras [14].

WiFi, significa "Wireless Fidelity" (fidelidad inalámbrica), es una de las tecnologías de redes inalámbricas más utilizadas hoy en día, con millones de ellas desplegadas en nuestros hogares y lugares de trabajo. El WiFi también está cada vez más disponible en muchos lugares públicos interiores y exteriores, como aeropuertos, centros comerciales, parques y campus universitarios [15]. Las redes WiFi son uno de los servicios más utilizados para navegar por Internet junto con los datos celulares de los proveedores de redes móviles. A medida que el crecimiento de Internet crece continuamente a un ritmo significativo, más personas tienen acceso a ella [16].

WiMAX (World Wide Interpretability for Microwave Access) es la opción más destacada para el acceso inalámbrico de banda ancha (BWA) en el área metropolitana debido a sus cualidades únicas como la utilización eficaz de los recursos. En teoría, una estación base WiMAX puede proporcionar acceso inalámbrico de banda ancha en un rango de hasta 30 millas (50kms) para estaciones fijas y de 3 a 10 millas (5 a 15 kms) para estaciones móviles con una velocidad máxima de datos de hasta 70 mbps [17]. La tecnología WiMAX depende en realidad de la calidad que reúne la oportunidad de distribuir el acceso de banda ancha de última milla como un reemplazo de las líneas regulares de cable y DSL [18].

Este documento se compone de tres segmentos principales. En la primera sección se describe el diseño del arreglo de antenas con parches en

forma de elipse, para el cual se aborda el diseño del elemento radiante simple, el divisor de potencia y el diseño final del arreglo de antenas. La segunda sección analiza la simulación y los resultados experimentales de la antena donde se consigue un arreglo de 4 elementos lineales con parches en forma de elipse a los que se añade un slot en la parte superior para controlar la segunda frecuencia, el arreglo final se imprime en la parte superior del sustrato dieléctrico FR4 cuya permitida dieléctrica es de $\epsilon_r = 4,4$, y cuyo grosor es $h = 1,6$ [mm], mientras tanto en la parte inferior se imprime un plano completo de tierra, obteniendo una antena dual band que trabaja en las frecuencias de 2.4 GHz y 3.7 GHz correspondientes a las aplicaciones de Wi-Fi y WiMAX respectivamente, optimizando parámetros como el ancho de banda y la directividad con respecto al elemento simple. Finalmente, la tercera sección se enfoca en la comparación entre los resultados de la simulación con los valores experimentales obtenidos.

II. Geometría del diseño de la antena

A. Geometría del elemento simple

La antena consiste en un arreglo lineal de 4 elementos con parches en forma de elipse, por lo tanto, para generar una elipse se requiere un ángulo paramétrico, dos círculos concéntricos de radios A y B, donde el círculo de radio B define el eje menor y el radio del círculo A el eje mayor [19]. Se traza una línea radial desde el centro con un ángulo que corta estas circunferencias en los puntos A y B. A continuación, se dibuja una línea horizontal desde el punto B y una línea vertical desde el punto A, donde su intersección define el punto P de la elipse como se muestra en la Figura 1 [20].

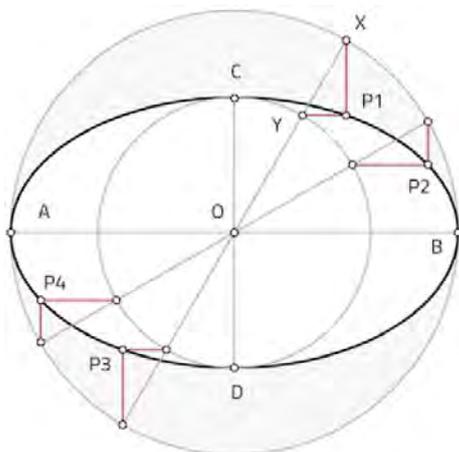


Ilustración 1. Geometría de una elipse.

Para determinar el radio A y B de los círculos concéntricos se requiere calcular la longitud de onda, la misma que se obtiene mediante la ecuación 1.

Para determinar el radio A y B de los círculos concéntricos se requiere calcular la longitud de onda, la misma que se obtiene mediante la ecuación 1.

$$\lambda = \frac{Vp}{f} = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r * \mu_r} f} [m] \tag{1}$$

Sustituyendo, la velocidad de la luz $c = 3 \times 10^8$, la permitividad y permeabilidad relativa del material FR4 $\epsilon_r = 4,4$, $\mu_r = 4,4$, considerando que la frecuencia del parche base $f_1 = 2,4$, GHz. Se obtiene que la longitud de onda es $\lambda = 59,591$ [mm] lo que equivale al eje mayor de la elipse, mientras tanto el diámetro del eje menor es igual a $\lambda/2 = 29,795$ [mm].

Para determinar las medidas del slot que se coloca en la parte superior de la elipse, se sigue el mismo proceso teniendo en cuenta que la frecuencia para este caso es $f_2 = 3,7$ GHz, de esta forma se obtiene que la longitud de onda es $\lambda/2 = 38,653$ [mm], por lo cual un diámetro del eje mayor de $\lambda/2 = 19,326$ [mm].

Una vez determinadas las medidas iniciales del elemento simple se utiliza un software de desarrollo y simulación de antenas utilizado para la simulación donde se realiza una optimización y los valores finales del parche se documentan en la tabla 1.

FRECUENCIA 2,4 GHZ	
DIÁMETRO DEL EJE MAYOR	46.58 MM
DIÁMETRO DEL EJE MENOR	35.18 MM
FRECUENCIA 3.7GHZ	
DIÁMETRO DEL EJE MAYOR	19.4 MM
DIÁMETRO DEL EJE MENOR	12 MM
ANCHO DE INSERT FEED	6 MM
LONGITUD INSERT FEED	11.18 MM
ANCHO DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN	3.051 MM
LONGITUD DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN	29.79 MM

Tabla 1. Dimensiones finales del parche en forma de elipse

Para alimentar el parche se realiza mediante una línea de transmisión de 50 Ω utilizando la técnica de insert feed para reducir aún más el tamaño de la antena como se muestra en la figura 2, el diseño se imprime en la parte superior del sustrato FR4 cuya permitividad relativa es $E_R = 4,4$ y una altura de $h = 1,6$ [mm], mientras que en la parte inferior del sustrato se imprime un plano completo de tierra.

Para revelar completamente el mecanismo de trabajo de las dos bandas establecidas, el parche base está diseñado para una frecuencia de 2,4 GHz,

al cual se implementa un slot elipsoidal en la parte superior para controlar la segunda frecuencia que opera a 3,7 GHz.

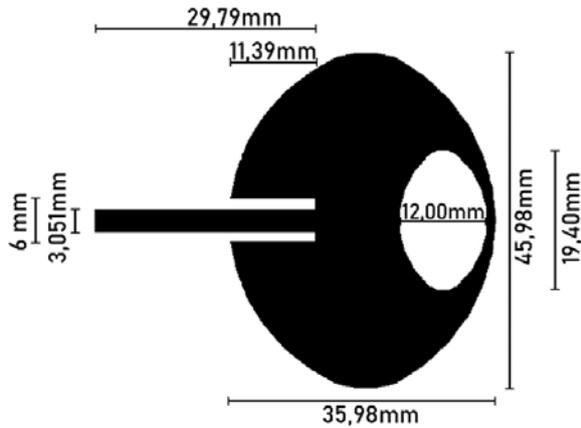


Ilustración 2. Geometría del elemento radiante simple.

B. Divisor de Potencia

Verificado el correcto funcionamiento del elemento radiante simple, se procede con el diseño del divisor de potencia cuya geometría se puede observar en la figura 2, teniendo en cuenta que la impedancia característica de las líneas de transmisión es de 50Ω se obtiene un ancho de $w = 3,051$ [mm] y un largo equivalente a $\lambda/2 = 29,795$ [mm]. Además, considerando que la propagación del campo electromagnético es generalmente en el espacio libre se estima una separación entre elementos de $0,6 * \lambda$. Obteniendo un valor de $s = 75$ [mm], dicha longitud puede variar para obtener una diferencia de -13dB entre el lóbulo principal de radiación y los secundarios.

Finalmente, se propone un divisor de potencia de 1 a 4 donde las líneas de transmisión se encuentran en paralelo por lo que se requiere implementar 3 acopladores $\lambda/4$ de 25Ω a 50Ω .

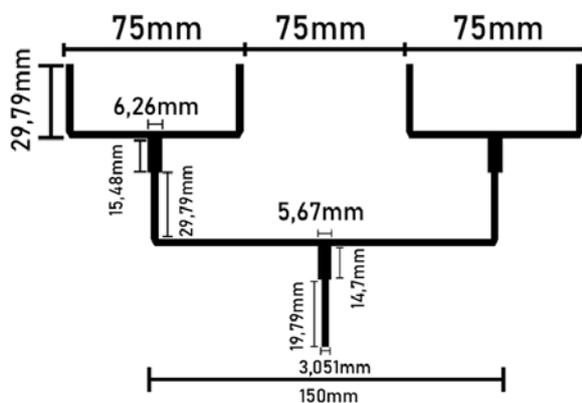


Ilustración 3. Geometría del divisor de potencia 1 a 4 cuya impedancia característica de entrada de 50 Ohm

C. Geometría del arreglo de antenas

Con el elemento radiante simple y el divisor de potencia funcionando correctamente, se unen ambos elementos resultando en la figura 4, donde obtenemos un arreglo lineal de 4 elementos con parches en forma de elipse alimentados mediante líneas de transmisión donde la impedancia característica de entrada es 50Ω , los resultados se discuten en la siguiente sección.

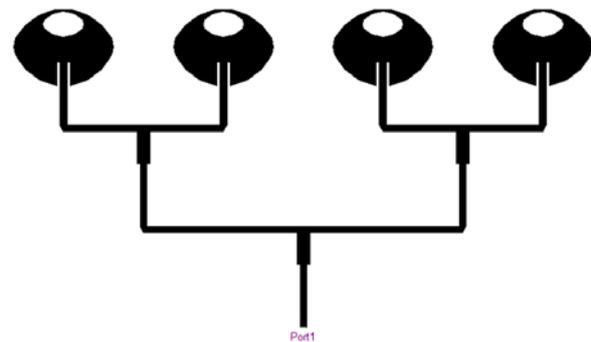


Ilustración 4. Diseño del arreglo de antenas microstrip con parches en forma de elipse dual band para aplicaciones de Wi-Fi y WiMAX

II. Discusión

A. Simulación

Los resultados de la simulación para el elemento simple se pueden observar en la figura 5, donde el coeficiente de reflexión es de -28,624 dB para la frecuencia de 2.4 GHz y con un ancho de banda de 50 Mhz, con respecto a la frecuencia de 3.7 GHz el coeficiente de reflexión es de -32,791 dB y un ancho de banda de 100 MHz.

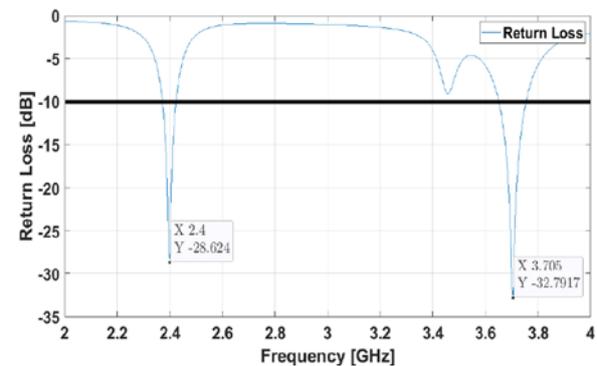


Ilustración 5. Pérdidas por retorno del elemento radiante simple

Referente a los patrones de radiación obtenemos una antena omnidireccional para ambas frecuencias, con un valor de -44.048 dB para la frecuencia de 2.4 GHz y -46.021 dB para la frecuencia de 3.7 GHz tal como se puede observar en la figura 6 y figura 7 respectivamente.

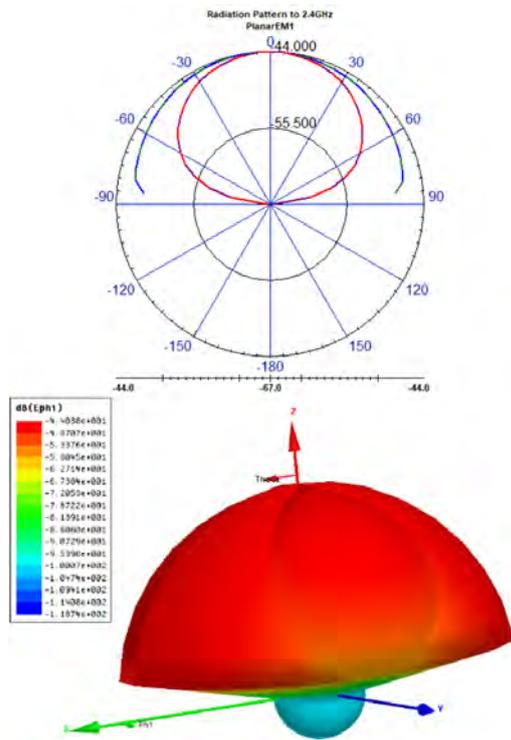


Ilustración 6. Patrón de radiación para 2.4 GHz del elemento simple

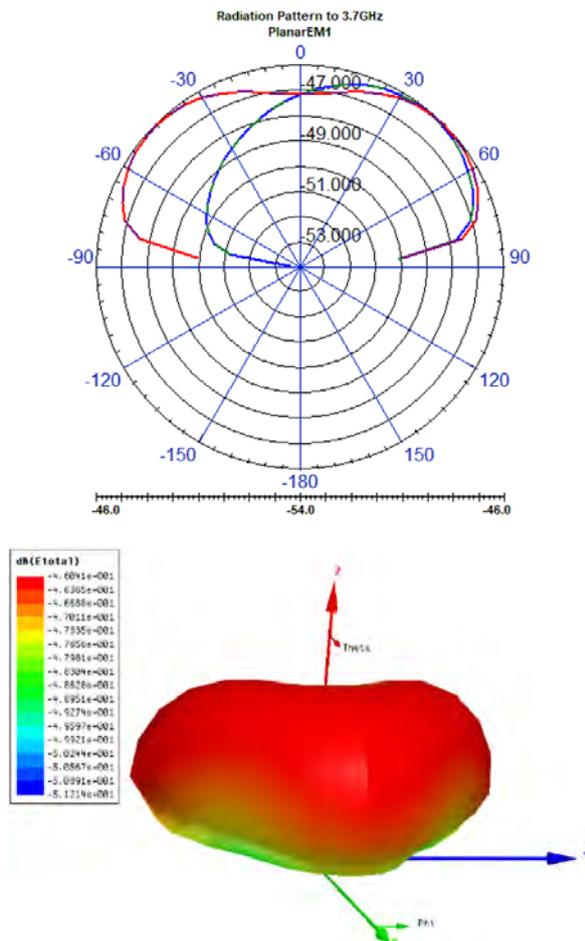


Ilustración 7. Patrón de radiación para 3.7 GHz del elemento simple

En cuanto al arreglo final de antenas microstrip con parches en forma de elipse dual band para aplicaciones de Wi-Fi y WiMAX, los resultados para el coeficiente de reflexión se muestra en la figura 8, en la misma se aprecia un valor de -41.51 dB para 2.4 GHz y un ancho de banda de 90 MHz aumentando 40 MHz con respecto al elemento simple, mientras tanto para la frecuencia de 3.7 GHz se obtiene un valor de -44.65 dB y un ancho de banda de 200 MHz siendo el doble con respecto al elemento simple.

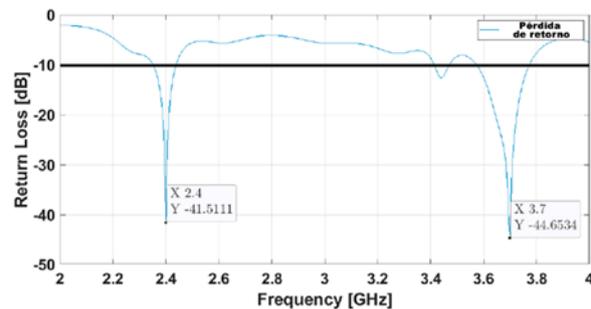


Ilustración 8. Perdidas por retorno del arreglo de antenas microstrip con parches en forma de elipse dual band para aplicaciones de Wi-Fi y WiMAX

El diagrama de impedancias generado por el arreglo de antenas se muestra en la figura 9, en la misma, se obtiene valores de 50.89 dB y 50.62 dB para las frecuencias de 2.4 GHz y 3.7 GHz respectivamente, correspondientes al coeficiente de transmisión. Con respecto al coeficiente de reflexión se obtiene un valor real de 0.03 dB para la frecuencia de 2.4 GHz y un valor imaginario de 0.86 dB para de 3.7 GHz, siendo valores de acoplamiento apropiados, considerando que la impedancia de entrada es de 50Ω , lo que se ve representado en los resultados obtenidos en las perdidas por retorno.

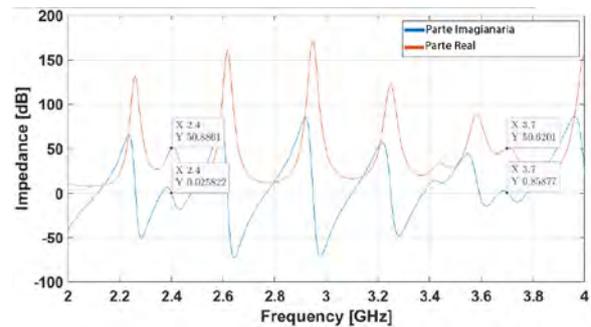


Ilustración 9. PDiagrama de impedancias del arreglo de antenas microstrip con parches en forma de elipse dual band para aplicaciones de Wi-Fi y WiMAX

El patrón de radiación para la frecuencia de 2.4 GHz se puede observar en la figura 10, donde la gráfica 10.a corresponde al patrón de radiación en coordenadas polares el mismo indica que el punto

máximo de radiación del lóbulo principal que se encuentra en $\theta = 0^\circ$ con un valor de campo de -40.43 dB, con respecto al FNBW se obtiene un valor de -63.74 dB en $\theta = 25^\circ$, referente a la relación entre el lóbulo principal y los secundarios el máximo punto de radiación del lóbulo secundario se encuentra en $\theta = 35^\circ$ con un valor de -53.57 dB, obteniendo una diferencia de -13.04 dB con lo cual se determina que el lóbulo secundario no influye en el lóbulo principal de radiación como se muestra en la figura 10. Finalmente, se logra un HPBW de aproximadamente 22° .

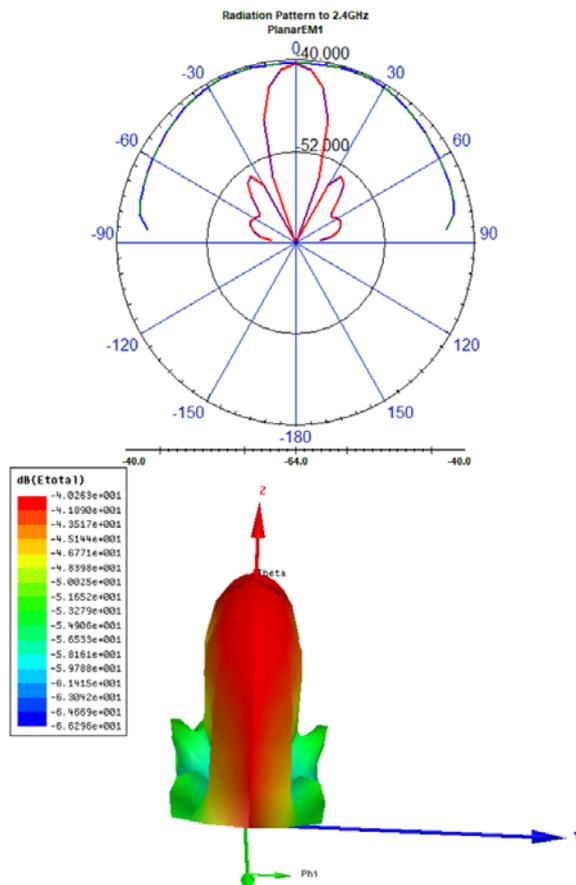


Ilustración 10. Patrón de radiación para 2.4 GHz del arreglo de antenas microstrip con parches en forma de elipse dual band para aplicaciones de Wi-Fi y WiMAX

Referente al patrón de radiación para la frecuencia de 3.7 GHz los resultados de la simulación se muestra en la figura 11, al igual que el caso anterior la gráfica 11 corresponde al patrón de radiación en coordenadas polares donde se puede observar que el punto máximo de radiación del lóbulo principal se encuentra en $\theta = 0^\circ$ con un valor de campo -44.03 dB, con respecto al FNBW se obtiene un valor de -61.24dB en $\theta = 20^\circ$, y un valor de $\theta = 14^\circ$ para el HPBW.

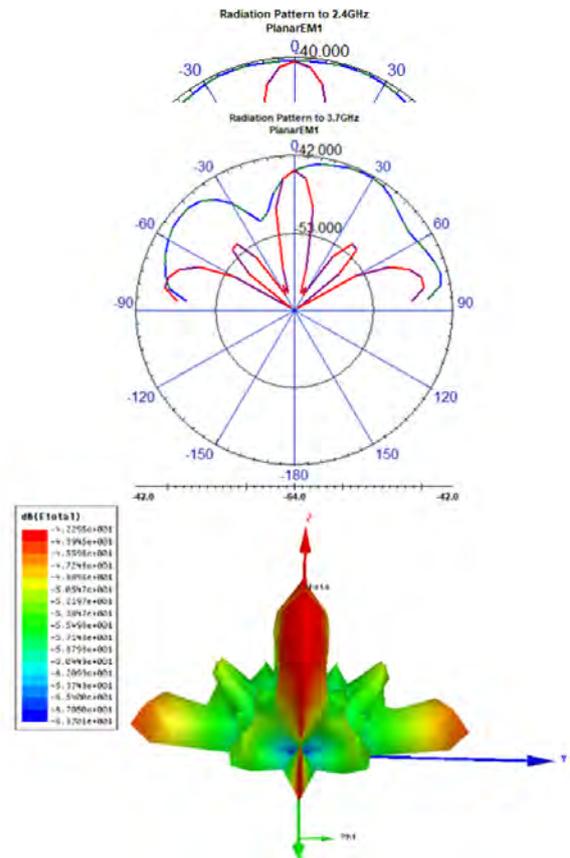


Ilustración 11. Patrón de radiación para 3.7 GHz del arreglo de antenas microstrip con parches en forma de elipse dual band para aplicaciones de Wi-Fi y WiMAX

B. Implementación

Con los resultados de la simulación el arreglo de antenas con parche en forma de elipse se fabrica sobre el sustrato dieléctrico FR4 ya que su baja permitividad y grosor pueden mejorar las características, cabe mencionar que la implementación se realizó mediante técnicas manuales la cual dio un resultado final mostrado en la Figura 12.

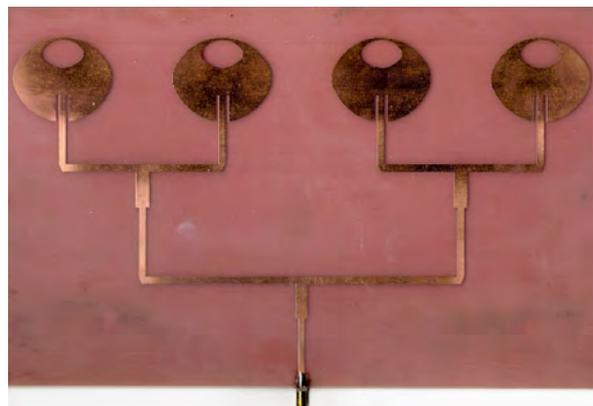


Ilustración 12. Antena Implementada

La implementación se realizó utilizando la técnica del adhesivo y Cloruro Férrico. Además, al final de la línea de transmisión se incorpora un conector SMA hembra el cual permite conectar la antena al analizador de redes vectoriales Keysight e5071c, de esa forma se obtuvo la curva del coeficiente de reflexión dando como resultado la figura 13, en la cual se compara los resultados experimentales con los simulados. Obteniendo una curva del coeficiente de reflexión similar a la simulada, con un valor de -21.78 dB para 2.4 GHz y un ancho de banda de 150 MHz aumentando en un 66.66% en relación con los valores de la simulación, finalmente para la frecuencia de 3.7 GHz se obtiene un valor de -40.51 dB y un ancho de banda de 190 Mhz.

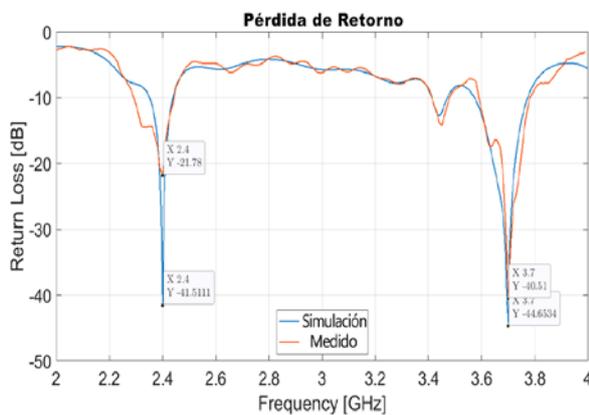


Ilustración 13. Comparación de las Pérdidas por retorno resultantes de la simulación y los valores experimentales

Para determinar el patrón de radiación en cada frecuencia se empleó el generador de microondas Anritsu y el analizador de espectros “Spectrum Master MS2724C” variando el ángulo en el Eje Z cada 5°, de esta manera en la figura 14 se muestra el patrón de radiación generado para la frecuencia de 2.4 GHz, donde el punto máximo de radiación está en 0° con un valor de campo de -40.54 dB. Encontrando su primer nulo en 25° con un valor de -67.22 dB. En cuanto a la relación entre el lóbulo principal y los secundarios, el primer lóbulo secundario tiene su punto máximo de radiación en 40° con un valor de campo de -57.88 dB resultando en una diferencia de -17.34 dB mientras el segundo lóbulo secundario tiene su punto máximo de radiación en 70° con -53.62 dB resultando en una diferencia de -13.08 dB con lo cual podemos corroborar que no existe influencia de los lóbulos secundarios en el lóbulo principal, además el valor del HPWB es de 20°.

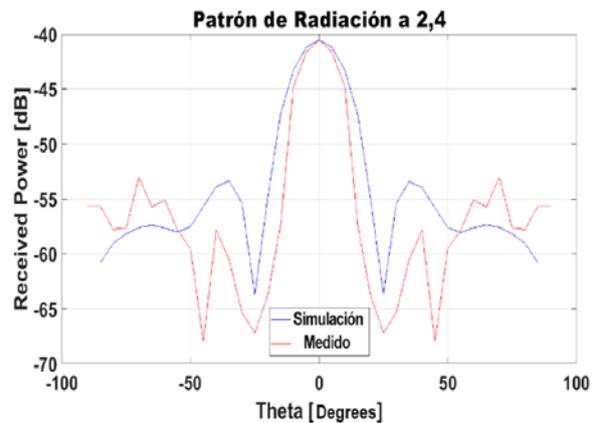


Ilustración 14. Comparación del patrón de radiación para 2.4 GHz resultante de la simulación t los valores experimentales

Finalmente, la figura 15 muestra el resultado del patrón de radiación para la frecuencia de 3.7 GHz con respecto a la simulación existe cierta similitud donde el punto máximo de radiación se encuentra en 0° con un valor de campo de -44.21dB y encuentra su primer nulo en 20°, con referencia a la relación entre el lóbulo principal y secundario se puede observar que existe influencia del segundo lóbulo secundario cuyo máximo punto de radiación se encuentra en 75°, por último ambos patrones de radiación tiene un valor de HPBW menor que el resultante en la simulación y en este caso es de aproximadamente 11°.

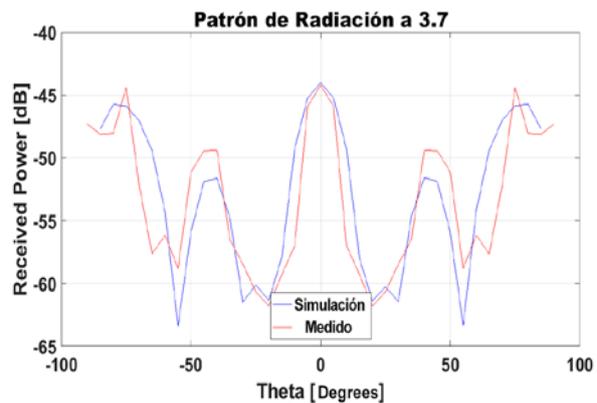


Ilustración 15. CComparación del patrón de radiación para 3.7 GHz resultante de la simulación de los valores experimentales

➤ III. Conclusion

Los arreglos de antenas microstrip resultan efectivos en aplicaciones inalámbricas proporcionando mejoras considerables en los parámetros básicos como un mayor ancho de banda, ganancia, directividad y eficiencia de la antena en comparación con un elemento radiante simple.

Como resultado del estudio realizado se obtiene un arreglo de antenas microstrip con parches en forma de elipse dual band que trabaja en las frecuencias de 2.4 GHz y 3.7 GHz correspondientes a las aplicaciones de Wi-Fi y WiMAX, en referencia a la comparación entre los resultados simulados y experimentales es apreciable que existe una pequeña variación que se le atribuye a la técnica que se utilizó para la implementación de la antena, sin embargo, a pesar de las limitaciones para su implementación la antena proporciona valores adecuados para las aplicaciones que utiliza la banda de frecuencia ISM para Wi-Fi y WiMAX.

» IV. Agradecimientos

Nuestro especial agradecimiento por el apoyo brindado tanto de nuestras familias, la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y de nuestro tutor Hugo Moreno Avilés, Ph. D, por su constante acompañamiento en dicha investigación.

» V. Referencias

- 1 L. Agudelo, "Importancia de las telecomunicaciones en el desarrollo universal," 2001
- 2 S. Supratha, C. Robinson, "Design and analysis of microstrip patch antenna for wlan application," 2018.
- 3 A. Pravin, G. Rastogi, "Design and analysis of single and dual fed patch antenna array," 2018.
- 4 U. N. A. D. M. Pradeep A. S, Maheshwar M Swamy, "Design and performance analysis of rectangular microstrip patch antenna using metamaterial structure for improved radiation," 2015.
- 5 D. Goswami, B. Mandal, "genetic algorithm for the level control of nulls and side lobes in linear antenna arrays," 2013.
- 6 M. A. . R. G. Bhatkorse, "Design and simulation of metamaterial based patch array antenna with lens," 2021.
- 7 S. I. A.-a. C. Md Tanvir Ishtaique-ul Huque, Md. Kamal Hosain, "Design and performance analysis of microstrip array antennas with optimum parameters for x-band applications," 2011.
- 8 A. A.-Z. A. Dib, N. Amaireh, "On the optimal synthesis of elliptical antenna arrays," 2018.
- 9 Q. D.-T. Augustin, G. Rao, "Low-profile antennas," 2016.
- 10 M. Moradian, "Employing the dumbbell-shaped longitudinal slot antennas in the planar slotted antenna arrays," 2021.
- 11 E. B. Yury Innokentyevich Buyanov, Sergey ShipilovSergey Shipilov, "Multifunctional slot antennas," 2020.
- 12 P. K. D. Sudarshan Bhat, "A survey: Slot antenna and antenna array." 2020.
- 13 K. S. . K. N. Nikam, M., "Design of elliptical antenna for uwb applications with high isolation," 2016.
- 14 T. A, Jassim. R, "Calculate the optimum slot area of elliptical microstrip antenna for mobile application," 2019.
- 15 M. Hassan, "Wireless and mobile networking," 2022
- 16 Y. S. A. S. P. P. B. Aditya Singh, Anupam Kumar, "Wifi deauthenticator," 2022.
- 17 V. S. R. Mahainder Kumar Rao, Sheetal Kumar Dixit, "Key issues design challenges in wimax," 2022.
- 18 R. S. Mandeep Singh, Dalveer Kaur, "A survey paper on wimax technology," 2019.
- 19 J. M. D. H, Guo. G, "Position-only synthesis of uniformly excited elliptical antenna arrays with minimum element spacing constraint," 2019
- 20 L. Shen, "The elliptical microstrip antenna with circular polarization," 1981.