

## **Diseño y resultados de arreglo lineal de antenas con parches rectangulares para la banda de 2.4 GHz.**

**Eduardo Trutié Carrero<sup>1</sup>, Francisco R. Marante Rizo<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Instituto Superior Politécnico José Antonio Echevarría (CUJAE).*

*eduardo.tc@electronica.cujae.edu.cu*

<sup>2</sup>*Instituto Superior Politécnico José Antonio Echevarría (CUJAE), Doctor en Ciencias Técnicas. Profesor Titular  
marante@electronica.cujae.edu.cu*

### **RESUMEN**

En el presente trabajo se realizó el diseño de un arreglo faseado 2X1 con alimentación serie que opera en la banda de 2.4 GHz. Se obtuvo un tamaño reducido de la antena con una longitud de 93 mm, ancho 55 mm, altura 1.5mm y ancho de banda de 6.326%. El método utilizado fue por línea de transmisión debido a que este método es simple y brinda una buena interpretación física de lo que ocurre. En el trabajo se presentan las mediciones obtenidas del patrón de radiación, la directividad y la ganancia.

Palabras claves: arreglos lineales, antenas parches, microcinta.

### **ABSTRACT**

In this paper present was carried the design of an phased array 2X1 with series feeding that it operates in the band 2.4 GHz. It was obtained a reduced size of the antenna with longitude of 93 mm, broad 55 mm, height 1.5 mm and broadband of 6.326%. The used method was for lines of transmission because this method is simple and it offers a physical interpretation of what happens. In the paper they show up the radiation pattern's obtained mensuration's, the directividad, the gain.

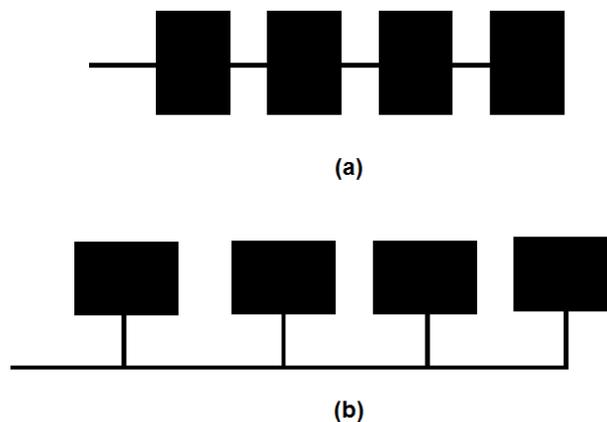
*Key words: Microstrip, lines array, patches antennas.*

## INTRODUCCIÓN

En un entorno donde la transmisión y recepción de señales en tiempo real es de vital importancia para la toma de decisiones, los sistemas de comunicaciones inalámbricas tienen un papel muy importante y de estos, las antenas son definitorias. El trabajo de una antena es radiar o recibir la potencia que se le suministra manteniendo las características de direccionalidad correspondientes a la aplicación deseada. Diversos tipos de antenas han sido creadas con el propósito de lograr diseños que se adapten cada vez más a las múltiples necesidades y aplicaciones que han ido surgiendo.

Desde el comienzo de las antenas tipo parche se han logrado sistemas inalámbricos eficientes con dimensiones muy reducidas, que brindan una buena facilidad a la hora de ser implementadas sobre cualquier superficie. Este tipo de antena se encuentra limitada para muchas aplicaciones donde las características de radiación requeridas no se pueden obtener con un solo elemento. Esta dificultad es mejorada agrupando un total de  $n$  elementos radiantes, formando un arreglo geométrico y eléctrico que da como resultado un aumento de las características de radiación, dicho arreglo puede estar formado de manera que dé un máximo de radiación en una dirección o direcciones específicas, y mínimo en otras.

Los arreglos de antenas faseados son muy utilizados en diversas aplicaciones de microondas tales como, GPS (Sistema de Posicionamiento Global) [3], radares [1,2], sistemas de comunicaciones móviles [4,5] y telemetría. Un arreglo de antenas faseado convencional utiliza una red distribuidora de energía, en el presente caso la forma de la alimentación se hace en serie debido a que esta configuración es sencilla de implementar, ya que solo requiere un tipo de línea de microcinta. Esta variante de arreglo presenta dos configuraciones diferentes: alimentación en línea o alimentación fuera de línea como se muestra en la figura 1. La red alimentadora para la configuración fuera de línea se encuentra en paralelo a los parches, mientras que la configuración en línea utiliza parches de dos puertos, cuyas líneas de transmisión y parches se encuentran alineadas. Las líneas entre parches tienen que tener las mismas dimensiones para evitar radiaciones espurias. La impedancia mutua de la antena está dada por la contribución de las impedancias de cada parche, donde cada uno se comporta como un circuito resonante [7,8].



**Figura 1. Configuración serie.**

**(a) Alimentación en línea, (b) Alimentación fuera de línea.**

Estas configuraciones permiten diseñar antenas de dimensiones pequeñas y reducir las pérdidas por inserción, por lo que resulta fácil integrarlas a cualquier sistema. Sin embargo, dicha estructura dos desventajas que dificultan su integración en muchas aplicaciones: el bajo control sobre la polarización y el ancho de banda (AB) estrecho que presentan generalmente de 2.5 % de su frecuencia de trabajo [3,5].

### Procedimiento de diseño

El primer paso para implementar un arreglo de antena faseado 2X1 es el diseño de una antena tipo parche. La microcinta resonadora puede tener la forma que el diseñador estime conveniente para su aplicación aunque generalmente, se toman formas geométricas solas para simplificar el análisis y poder realizar una predicción aceptada del funcionamiento. En este diseño se escogió un parche con forma rectangular. Los cálculos se basan en el modelo por línea de transmisión, con el cual se realizaron los cálculos del ancho (w) y la longitud efectiva (L) de la microcinta mediante la ecuación (1) y (2), aunque en la práctica (L) es menor que  $\frac{\lambda_g}{2}$ .

$$1) W = \frac{v_0}{2f_r} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}}$$

donde:  $f_r$  es la frecuencia de resonancia,

$v_0$  es la velocidad de la luz en el espacio libre y  
 $\epsilon_r$  es la constante dieléctrica del sustrato.

$$2) L = \frac{v_0}{2f_r \sqrt{\epsilon_e}} = \frac{\lambda_g}{2}$$

donde:  $\epsilon_e$  es la constante dieléctrica efectiva, la cual se determina mediante la ecuación 3).

$$3) \epsilon_e = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[ 1 + 12 \frac{h}{w} \right]^{-\frac{1}{2}}$$

donde:  $h$  es la altura del sustrato.

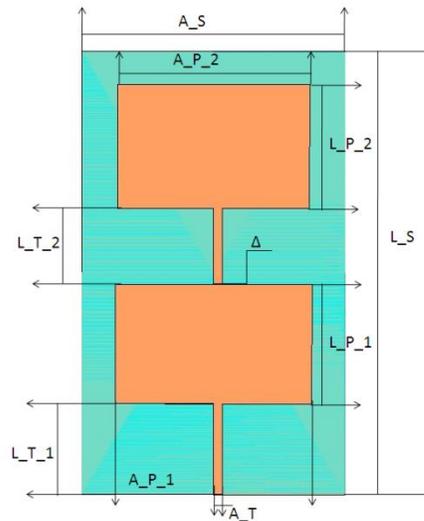
**Tabla 1: Propiedades del sustrato utilizado.**

Substrato	Constante dieléctrica ( $\epsilon_r$ )	h(cm)	Tang $\delta$
FR-4	5.4	0.15	0.022

Para determinar la separación en el plano E se utilizó el concepto de arreglo End-Fire [7] en el que las corrientes que circulan por la antena tienen fase  $\theta=0^\circ$  y la distancia máxima de separación entre los parches es  $\frac{\lambda_g}{2}$ . En la práctica se obtienen muy buenos resultados con separaciones entre parches como se muestra en la ecuación 4)<sup>2</sup>.

$$4) dE \leq \frac{\lambda_g}{2}$$

En la figura 2 se muestra el diseño del arreglo con alimentación serie y en la tabla 2 sus dimensiones.



**Figura 2. Arreglo con alimentación serie.**

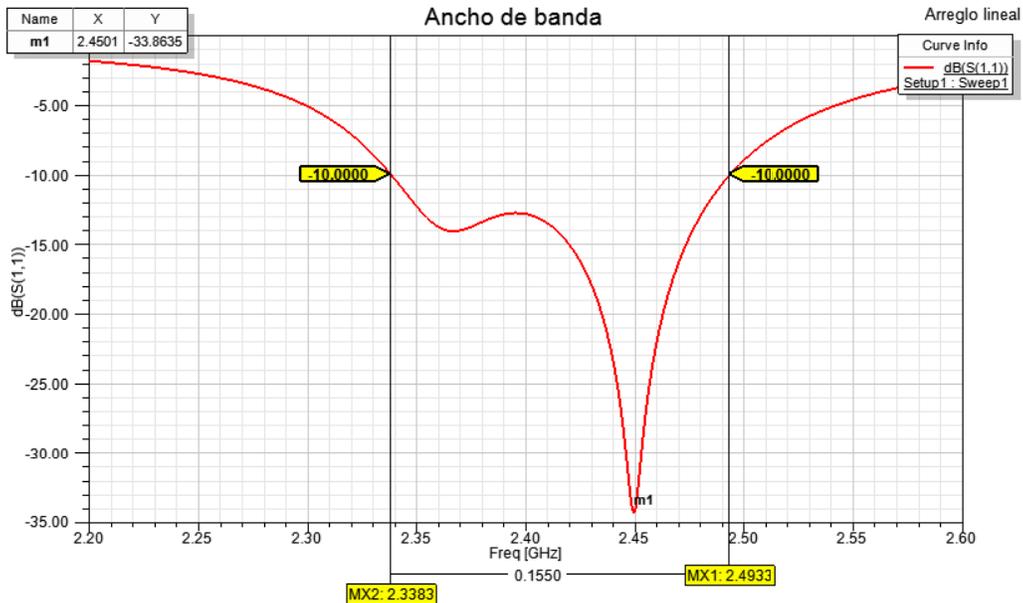
**Tabla 2: Dimensiones de la antena.**

Siglas	Medidas	Dimensión (mm)
L_S	Long_substrato	93
A_S	Ancho_substrato	55
L_P_1	Long_parche_1	25
A_P_1	Ancho_parche_1	41
A_T	Ancho_tiras	1.9
L_T_1	Long_tira_1	19
L_T_2	Long_tira_2	16
L_P_2	Long_parche_2	26
A_P_2	Ancho_parche_2	40
Δ	Separación_entre_antenas	0.1605

El software utilizado para el cálculo de los parámetros de la antena fue el HFSS, en las figuras 3, 4, 5 y 6 se muestran los datos mediante gráficas obtenidas por el software utilizado: ancho de banda, impedancia de entrada, relación axial y directividad.

### Resultado de la simulación.

La figura 3 muestra las pérdidas por retorno obtenidas mediante el proceso de simulación, este aspecto nos permite analizar en nuestro trabajo el ancho de banda logrado para el diseño propuesto. Siguiendo el criterio de resonancia en una antena con el parámetro S11 el cual tiene que estar por debajo de -10 dB; nótese como los extremos inferior y superior de la banda son 2.338 GHz y 2.493 GHz respectivamente con una frecuencia de resonancia máxima de 2.45 GHz alcanzando un ancho de banda de 155 MHz y logrando que la antena contenga la banda de la tecnología Wi-Fi.



**Figura 3. Ancho de banda.**

El valor de impedancia mostrado en la figura 4 se tomó a la frecuencia donde se encuentra la máxima resonancia obteniendo  $Z_{in}=51.5767-j1.2927 \Omega$ . Este comportamiento nos permite caracterizar el comportamiento del acoplamiento en la antena. Nótese como a pesar de que la impedancia de entrada en la antena es compleja, existe buen acoplamiento con el puerto de alimentación, el cual tiene una impedancia de  $50 \Omega$ . Esto ocurre debido a que la parte reactiva es muy pequeña con respecto a la resistencia de resonancia.

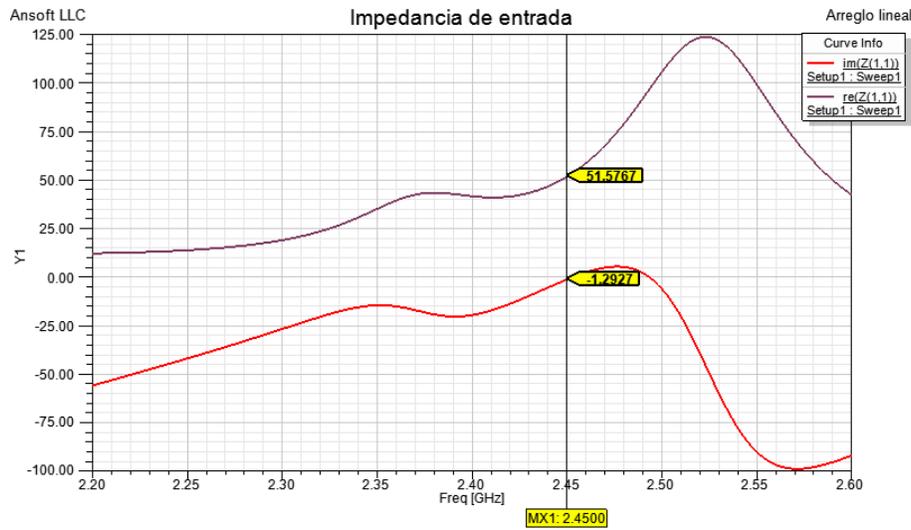


Figura 4: Comportamiento de la impedancia de entrada.

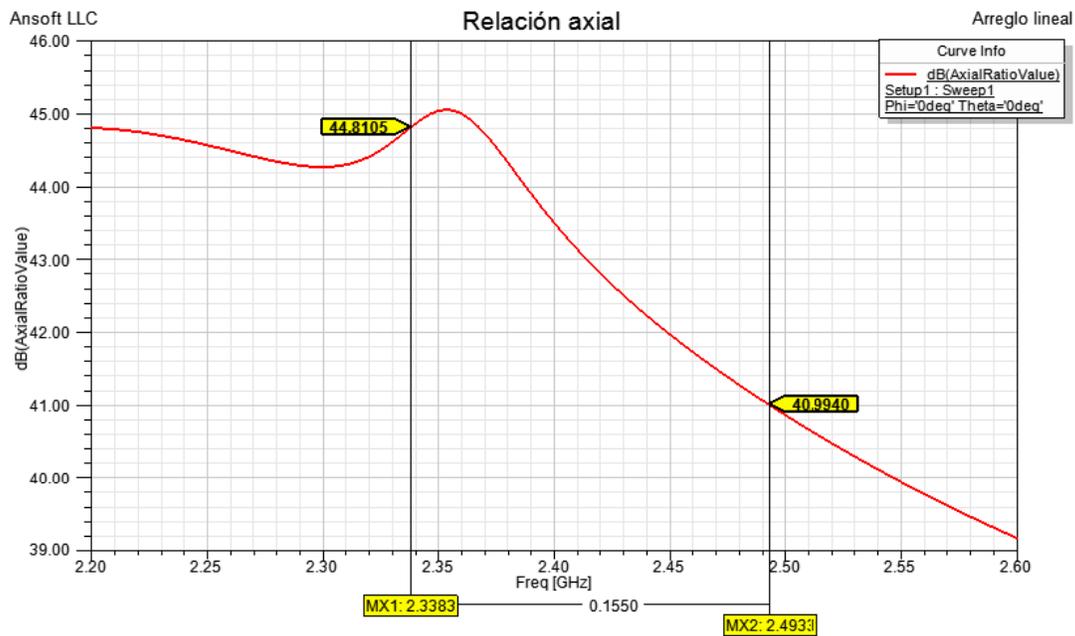


Figura 5: comportamiento de la relación axial.

La figura 5 muestra el comportamiento de la relación axial el que indica el tipo de polarización presente en la antena. Teóricamente, se considera que existe polarización elíptica para valores de relación axial acotados entre 0 dB (valor teórico a utilizar para indicar que existe polarización circular) e infinito. En la literatura consultada [9], los autores consideran que para valores prácticos inferiores a 3 dB se obtiene polarización circular, por lo que se concluye que como la relación axial medida se encuentra entre los valores prácticos de 3 dB e infinito, estamos en presencia de una antena con polarización elíptica. También, se muestra el control de la polarización.

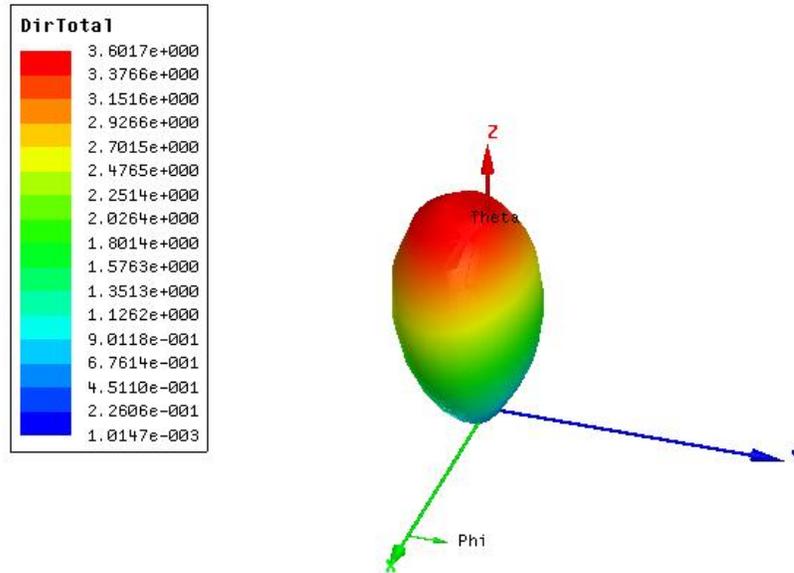


Figura 6. Comportamiento de la directividad.

La figura 6 muestra cómo se comporta la directividad alcanzada por el arreglo diseñado, cuyo valor máximo de 5.56 dB, así como la capacidad con la que cuenta la antena para enviar la energía a la dirección deseada.

## CONCLUSIONES.

En el presente diseño se controló la relación axial de la antena, consiguiéndose una polarización elíptica y se aumentó el AB sobre su valor máximo hasta 6.326 %.

Los resultados anteriores se deben a que se realizó un acoplamiento por proximidad entre la microcinta que une a los dos parches y el parche inferior.

La antena resultante de 93mm de longitud, 55 mm de ancho y 1.5 mm de alto, tiene menor costo de fabricación y mucho mejor funcionamiento.

## REFERENCIAS.

1. **Carrillo Morales, M.:** "Agrupación de antenas microstrip para un receptor SAR (synthetic aperture radar) biestatico", Tesis de Ing. de Telecomunicaciones, Escuela de ingeniería, Universidad Autónoma de Barcelona (UAB), 2010. (Ejemplo de tesis).
2. **Granda Jaramillo, J.D; Rea Quishpe, G.L.:** "Estudio diseño y construcción de un prototipo de arreglo de antenas microstrip para recepción en la banda X comparable a la ganancia de una antena parabólica", Tesis de Ing. en Electrónica y Telecomunicaciones, Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2013. (Ejemplo de tesis).
3. **Mazurkiewicz, P.; Gkelias, A; Leung, K.K.:** "Linear antenna array, ranging and accelerometer for 3D GPS-less localization of wireless sensors". pp. 1-5, IEEE, 2010. (artículo).
4. **Olmedo Casas, S.:** "Diseño de un arreglo lineal de parches sobre guía rectangular para banda KU", Tesis de Ing. de Telecomunicación, Universidad Autónoma de Madrid, 2013. (Ejemplo de tesis).
5. **Yunes Almodovar, S.:** "Diseño de antenas direccionales de 2.4 y 5.8 GHz por medio de la técnica de microcinta", Tesis de Ing. en Sistemas Digitales y Comunicaciones, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, 2010. (Ejemplo de tesis).
6. **Rocha Buenrostro, S.:** "Metodología para el diseño y construcción de antenas de microcinta en la banda WiMAX a 3.5 GHz", Tesis de M.C. en Sistemas Digitales, Instituto Politécnico Nacional, Tijuana, B.C., México, 2007. (Ejemplo de tesis).
7. **BALANIS, CONSTANTINE A.:** Antenna Theory. Analysis and Design, John Wiley & Sons, Nueva Jersey, 2005.
8. **BALANIS, CONSTANTINE A.:** Modern Antenna Handbook. Analysis and Design 1ra Ed. John Wiley&Sons, Estados Unidos de América 2008.
9. **Baharuddin, M.:** Equilateral Triangular Microstrip Antenna for Circulary- Polarized Synthetic Aperture Radar. Progress in Electromagnetics Research C, 2009. VOL.8.

10. **Cevallos, M.:** Apuntes de Sistemas de Comunicación Radiantes, Sistemas de Transmisión, 2010.
  
11. **COLLIN, ROBERT E.:** Antennas and Radiowave Propagation, International Student Edition, Estados Unidos de América.
  
12. **HANSEN, ROBERT C.:** Phased Array Antennas, John Wiley&Sons, New York, Estados Unidos de América, 2008.
  
13. **MAILLOUX, ROBERT J.:** Phased Array Antenna Handbook 2da Ed. Artech House, Estados Unidos de América, 2005.
  
14. **MILLIGAN, THOMAS A.:** Modern Antenna Design 2da Ed. John Wiley&Sons, Estados Unidos de América, 2005.
  
15. **Romero, C.E.A:** TICSE Torres, Royer, Medición de radiaciones electromagnéticas no ionizantes en CTIC, 2009.