

ANTENA DE MICROCINTA CON POLARIZACIÓN CIRCULAR PARA APLICACIONES RFID EN 2.4 GHZ

Nelson Paz García¹, Francisco Marante Rizo², Steven Jesús Paz Barrera³

¹⁻³Universidad Tecnológica de la Habana “José Antonio Echeverría” CUJAE, Cuba

¹e-mail: nelsonpg1026@gmail.com

²e-mail: marante@tele.cujae.edu.cu

³e-mail: svenjpaz@gmail.com

RESUMEN

El presente trabajo propone el diseño y simulación de una antena con polarización circular para la banda de 2.4 GHz para su empleo en aplicaciones de tecnología de identificación por radiofrecuencias o RFID (Radio Frequency Identification) por sus siglas en inglés, empleando una línea de alimentación de microcinta y el plano tierra ranurado. La polarización circular es lograda a través de una ranura en forma de rayo y optimizada ajustando adecuadamente las proporciones de dicha ranura. El modelo diseñado y simulado posee un buen acoplamiento, una ganancia de 3.48 dB, un ancho de banda de 705.6 MHz para la frecuencia deseada, y una eficiencia de aproximadamente 89.10%. El diseño propuesto presenta también un ancho de banda de relación axial de 220.9 MHz, rango suficiente para cumplir su objetivo en aplicaciones RFID.

PALABRAS CLAVES: Antena, polarización circular, microcinta, aplicaciones RFID

MICROSTRIP ANTENNA WITH CIRCULAR POLARIZATION FOR RFID APPLICATIONS AT 2.4GHZ

ABSTRACT

This paper proposes the design and simulation of an antenna with circular polarization for the 2.4 GHz band that can be used in radiofrequency identification or RFID (radiofrequency identification), using a microstrip feeding line and the grooved ground plane. Circular polarization is achieved through a lightning-shaped groove and optimized by automatically adjusting the proportions of that groove. The designed and simulated model has a good coupling, a gain of 3.48 dB, and a bandwidth of 705.6 MHz for the desired frequency, reaching an efficiency of approximately 89.10%. The proposed solution also has an axial bandwidth of 220.9 MHz, a sufficient range to meet its objective in RFID applications.

INDEX TERMS: Antenna, circular polarization, microstrip, RFID applications

1. INTRODUCCIÓN

La tecnología de identificación por radiofrecuencias o RFID (Radio Frequency Identification), presenta una amplia gama de aplicaciones gracias a las ventajas que ofrece sobre otros sistemas de identificación [1]–[6]. Debido a su rápida evolución y el amplio uso de estos sistemas se hace necesario evitar errores en la identificación de las etiquetas por fluctuaciones de la señal reflejada en la misma, para lo cual se requieren antenas de microcinta con la capacidad de proporcionar la generación de campos con polarización circular. Dicha polarización permite un mejor rendimiento contra la reflexión, absorción y penetración en comparación con antenas linealmente polarizadas y posibilitan la detección y establecimiento de una correcta comunicación con las etiquetas independientemente del ángulo de visibilidad [7]–[11].

Este artículo abarca el diseño de una antena para aplicaciones RFID con plano tierra ranurado y alimentada por una línea de microcinta, que trabaja en la banda de 2.4 GHz con polarización circular. Se obtiene primeramente la resonancia en la frecuencia deseada con los valores satisfactorios de Coeficiente de Reflexión (menores o igual

ANTENA DE MICROCINTA CON POLARIZACIÓN CIRCULAR PARA APLICACIONES RFID EN 2.4 GHZ

a -10dB) para posteriormente incorporar la polarización circular. Para el proceso de diseño y optimización se utiliza el software CST Suite 2016 [12].

2. ESTRUCTURA Y DISEÑO

Para lograr el diseño primero se escoge como sustrato el Isola FR-4 a pesar de la elevada tangente de pérdida y alta permitividad que presenta. Las características y dimensiones de dicho sustrato son mostradas en la Tabla 1.

Tabla1: Características del sustrato Isola FR-4.

	Valor
Largo	60mm
Ancho	50mm
Permitividad dieléctrica	4.4
Tangente de pérdidas	0.02
Altura	0.8mm
Altura del Cobre	35μm

Se diseña una antena con el plano tierra ranurado y alimentada por una línea de microcinta con el objetivo de lograr satisfacer los requerimientos para una aplicación RFID en la banda de 2.4GHz. Es apreciable en la Fig. 1 la estructura del modelo, siendo $L = 11.55\text{mm}$, $PC = 3.10\text{mm}$, $apc = 1.00\text{mm}$, $aL = 2.50\text{mm}$, $radio1 = 17\text{mm}$, $radio2 = 12\text{mm}$, $w = 3.00\text{mm}$, $h = 24.00\text{mm}$, $wZ = 1.50\text{mm}$, $hZ = 3.50\text{mm}$.

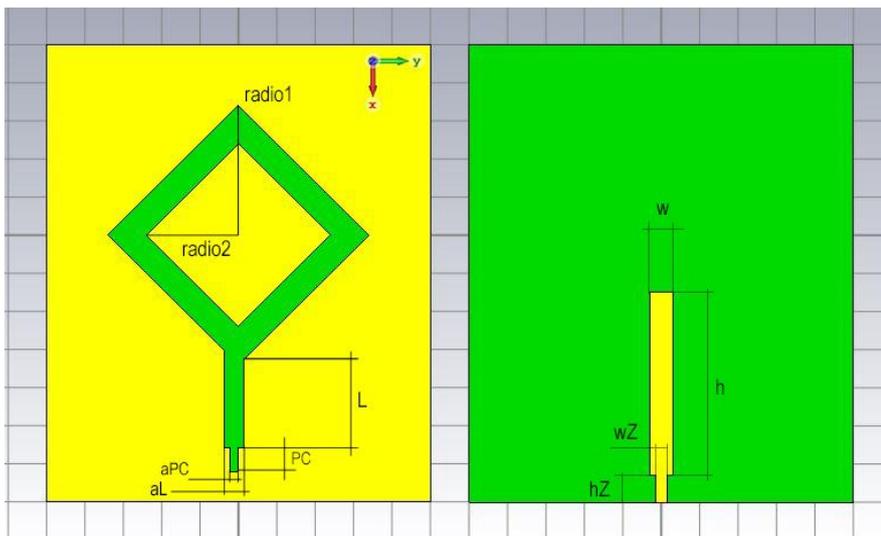


Figura 1: Vistas del Prototipo de antena 1 (la zona en verde es sustrato y la zona en amarillo es cobre).

La Fig. 2 muestra el valor obtenido de Coeficiente de Reflexión para esta primera antena, donde se comprueba la resonancia en la frecuencia deseada (2.4GHz). Se evidencia también la posibilidad de mejora en su acoplamiento a la entrada debido a su bajo valor de coeficiente [13].

En estudios realizados previamente en [10], [14], se evidencia cómo las variables $radio1$ y $radio2$ pueden influir en el acoplamiento a la entrada y resonancia de la antena. Por tanto, se procede a realizar la optimización independiente de los mismos en aras de obtener mejores resultados. Luego de la variación de $radio1$ se observa una mejora cuando $radio1 = 17.25\text{mm}$ (ver Fig. 3) por lo que se decide fijar este valor y proceder a la optimización de la otra variable.

Después de varias simulaciones se puede apreciar que los mejores resultados para la banda de 2.4 GHz están cerca de los -22 dB los cuales están por debajo del límite necesario para las aplicaciones RFID [8]. Se selecciona $radio2 = 12.024\text{mm}$ (ver Fig. 4). Con este resultado positivo se comienzan las modificaciones para obtener la polarización circular.

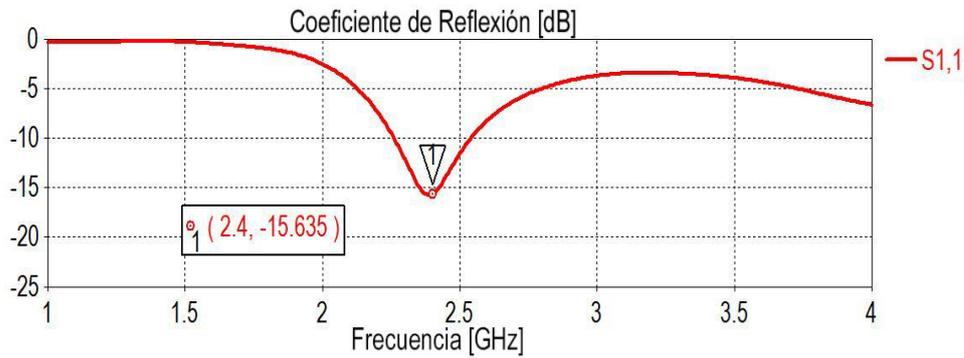


Figura 2: Coeficiente de Reflexión simulado para el Prototipo de antena 1.

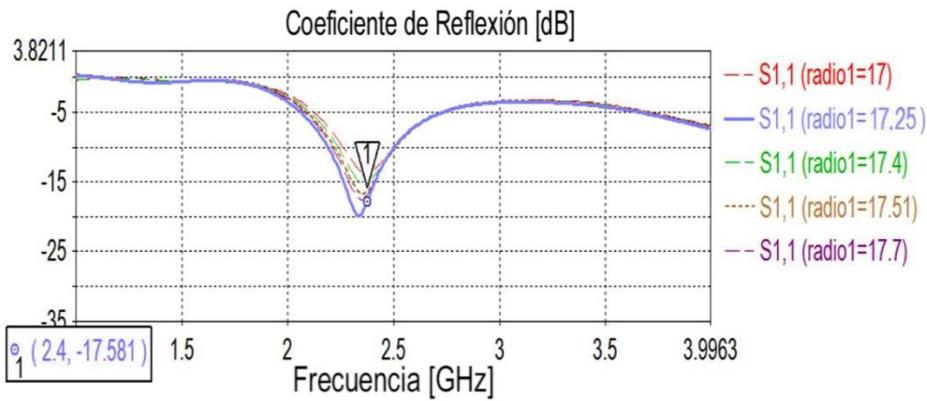


Figura 3: Coeficiente de Reflexión obtenido en la optimización de $radio1$.

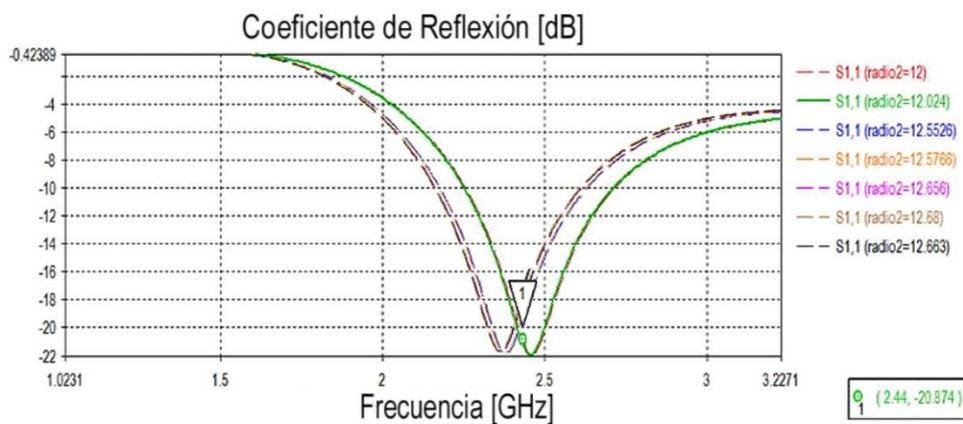


Figura 4: Coeficiente de Reflexión obtenido en la optimización de $radio2$.

ANTENA DE MICROCINTA CON POLARIZACIÓN CIRCULAR PARA APLICACIONES RFID EN 2.4 GHZ

Obtención de la Polarización Circular

El próximo paso es la obtención de polarización circular para la frecuencia de trabajo. Es necesario entonces lograr una Relación Axial inferior a los 3 dB para que el prototipo logre dicha polarización [13], [15]. En vista de alcanzar este objetivo se carga una ranura con forma de rayo [16] en la sección inferior de la ranura del anillo rómbico. La longitud total de esta ranura (*larray*) es de 11.35mm, Ver Fig. 5. Los resultados de Coeficiente de Reflexión y la Relación Axial para este Prototipo 2 se muestran en las figuras 6 y 7, respectivamente.

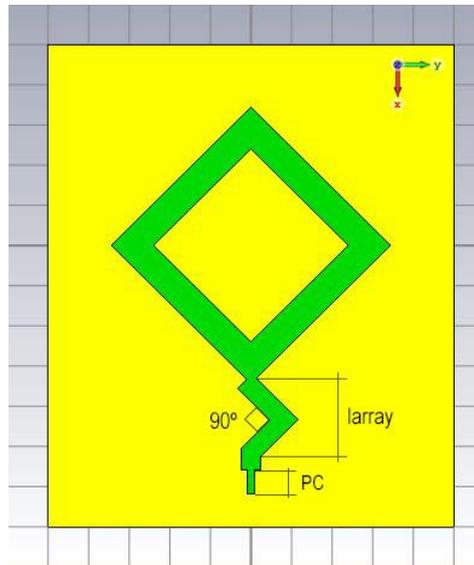


Figura 5: Prototipo de antena 2

El gráfico de Coeficiente de Reflexión resultante (ver Fig. 6) muestra que este prototipo está resonando en la frecuencia deseada y con un ancho de banda de 462 MHz. Para la obtención de polarización circular [15], [17] en la banda ISM de 2.44 a 2.48 GHz la Relación Axial debe ser inferior a los 3 dB. En este caso se logra con un ancho de banda de 244 MHz, (ver Fig. 7) [13]. Estos resultados alcanzados hasta el momento son suficientes, aunque mejorables para aplicaciones RFID en la banda ISM.

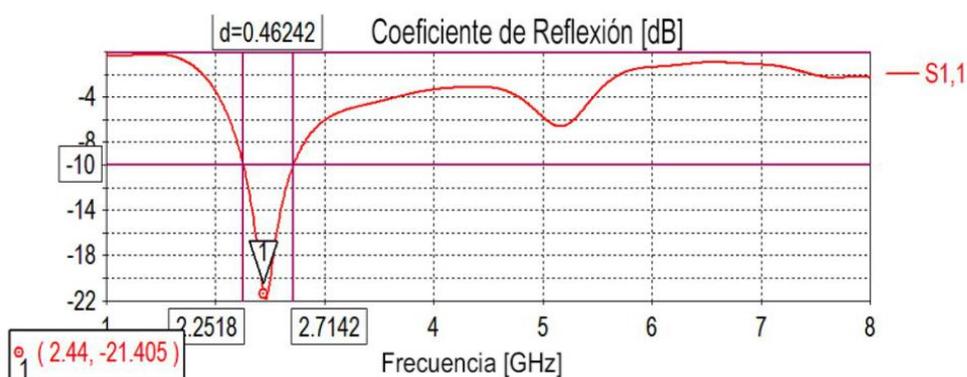


Figura 6: Coeficiente de Reflexión el Prototipo 2.

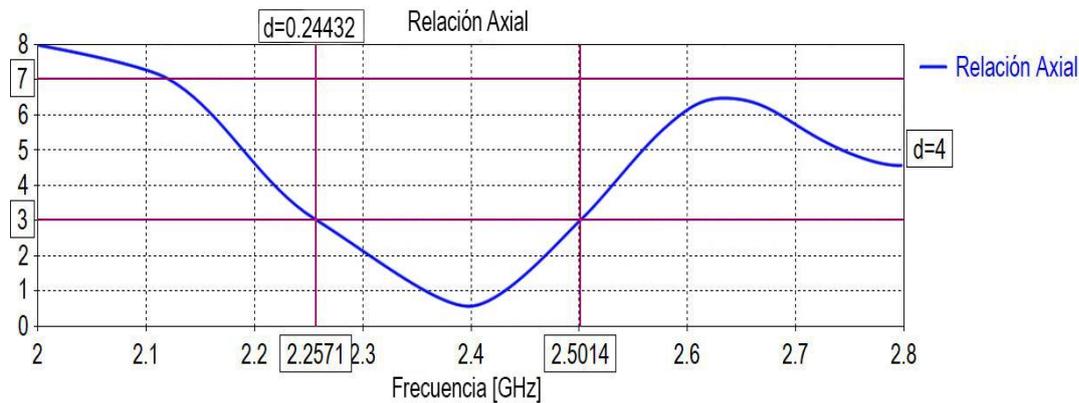


Figura 7: Relación Axial para el Prototipo 2.

Optimización y diseño final

A continuación se procede a optimizar el Prototipo 2 buscando centrar y mejorar tanto la resonancia como la Relación Axial en la banda ISM. Para esto se escogen las variables pc y $larray$ puesto que, demostrado en estudios anteriores, influyen en la variación estos parámetros. Luego de un proceso engorroso, puesto que las optimizaciones en el software [12] utilizado ocupan un largo período de tiempo, y tras realizar parametrizaciones en las variables mencionadas, se logra obtener resultados satisfactorios con valores de pc y $larray$ de 1.024mm y 17.38mm respectivamente. En la Fig. 8 se muestran el Coeficiente de Reflexión del Prototipo final con un valor mínimo de -23.157 dB en la frecuencia deseada, así como un ancho de banda de 705.6MHz, aumentando en un total de 243.18MHz con respecto al Prototipo 2.

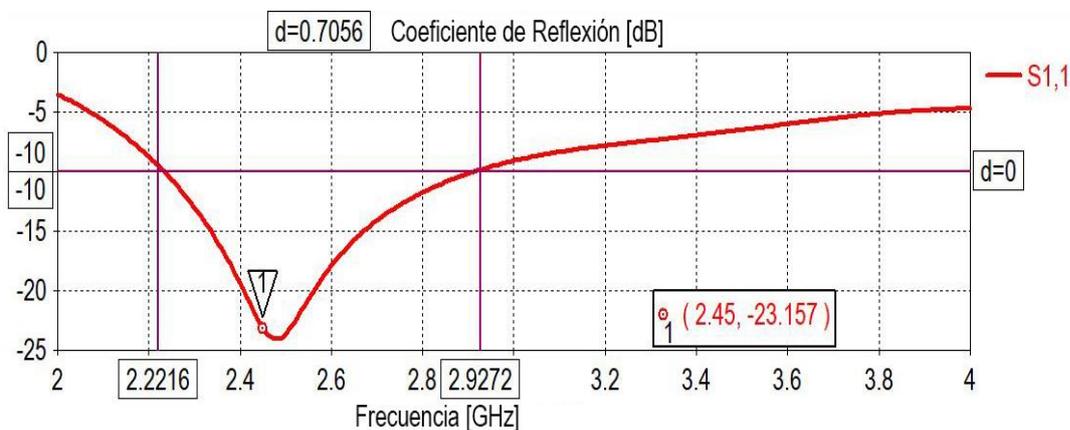


Figura 8: Coeficiente de Reflexión para el Prototipo Final.

En cuanto a la Relación Axial (ver Fig. 9), aunque el ancho de banda decreció en 24 MHz, hasta 220.9 MHz, en la banda ISM este parámetro disminuye su valor. Por tanto, al estar más cercano a cero, representa una mejora en cuanto a la polarización circular.

ANTENA DE MICROCINTA CON POLARIZACIÓN CIRCULAR PARA APLICACIONES RFID EN 2.4 GHZ

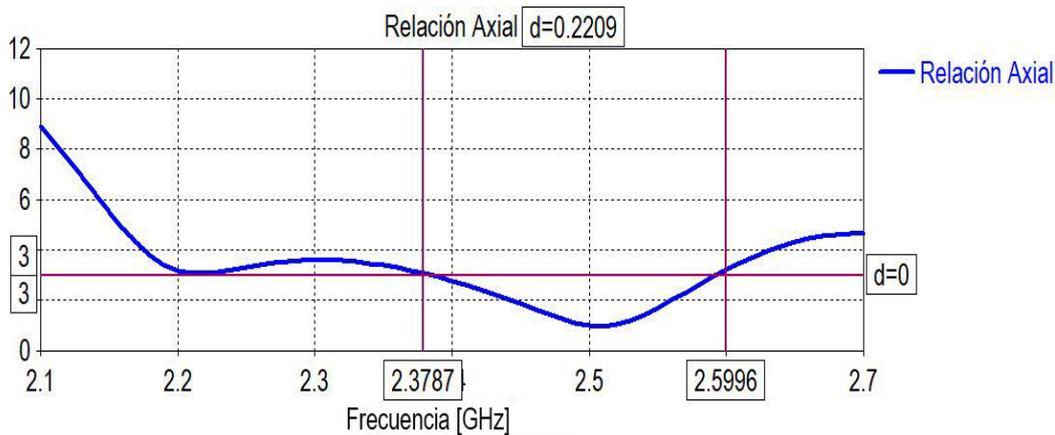


Figura 9: Relación Axial para el Prototipo Final.

Una vez obtenidos estos resultados finales, se realiza un análisis en cuanto a directividad, ganancia y eficiencia. En la Fig. 10 se muestra el patrón de radiación en 2D del Prototipo final para la banda ISM, con una ganancia máxima de 3.48 dB.

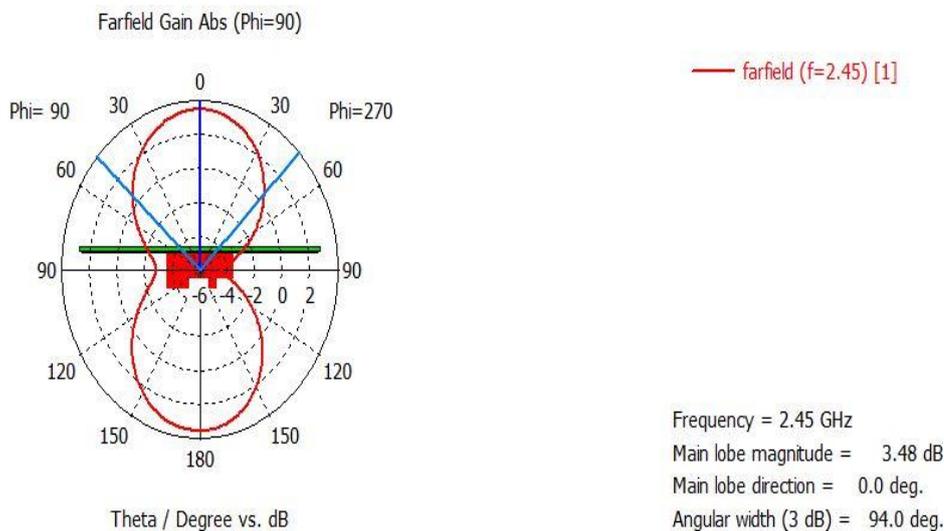


Figura 10: Patrón de radiación 2D para banda ISM.

En la Fig. 11 se muestra el patrón de radiación en 3D para la banda de trabajo, donde se evidencia su característica bidireccional. Lo cual no es común en aplicaciones RFID y una directividad de 3.95dB.

El análisis de la eficiencia se realiza a través de la Fig. 12, donde se observan valores de eficiencia de radiación de 89.57% y de eficiencia total de 89.10%, que se puede calcular del despeje de e_0 en (1). Los resultados son favorables debido al correcto acoplamiento de la antena, incluso cuando el FR4 presenta elevadas pérdidas dieléctricas [13].

$$G_0 = e_0 * D_0 \tag{1}$$

En la Fig. 13 se muestra la estructura del Prototipo Final y los principales parámetros que se tienen en cuenta para su diseño. Posteriormente, en la Tabla 2 se presentan los valores de los parámetros señalados.

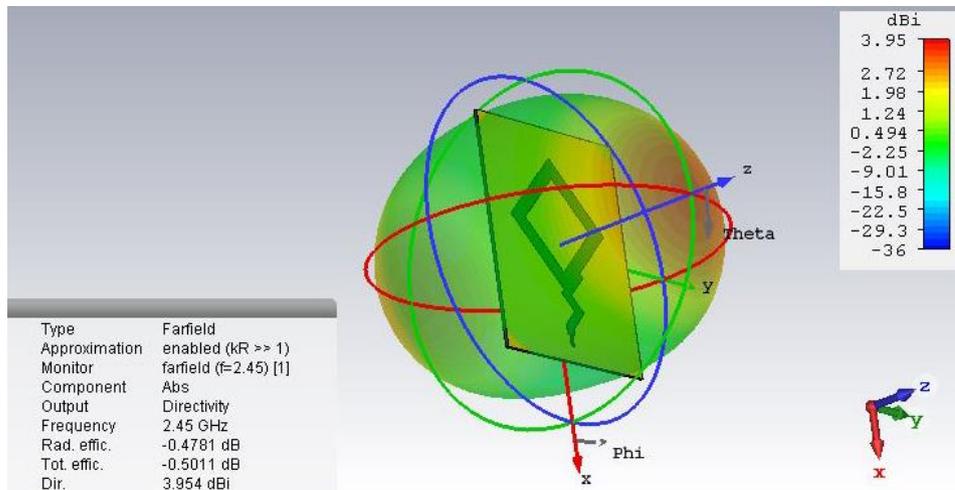


Figura 11: Patrón de radiación 3D para banda ISM.

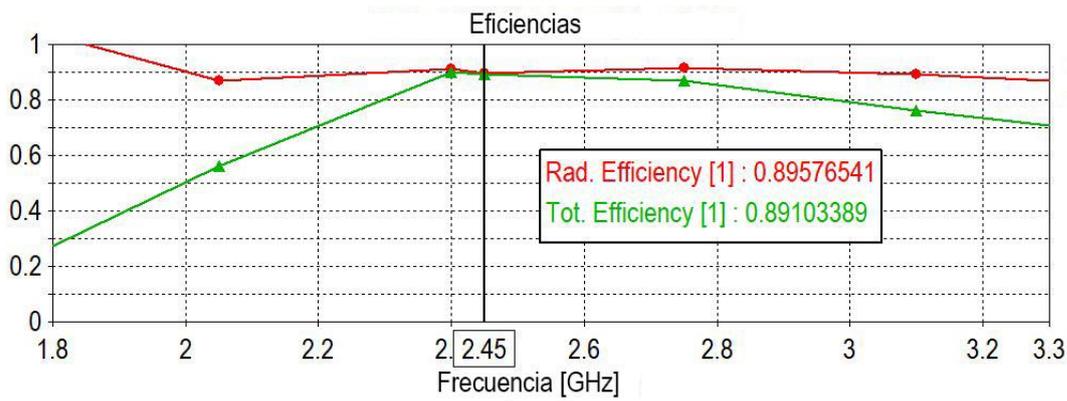


Figura 12: Eficiencia de radiación y total del Prototipo Final.

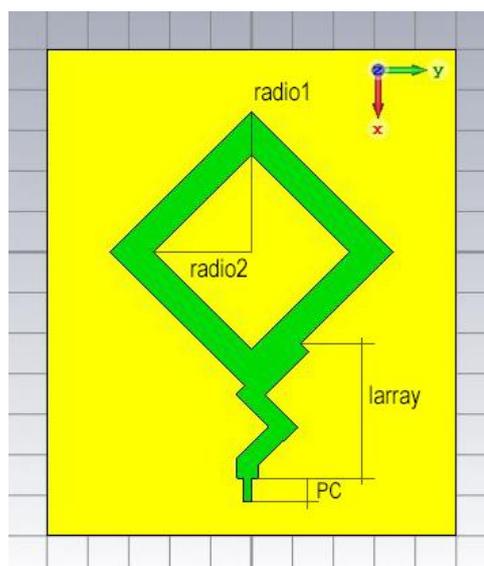


Figura 13: Prototipo Final.

ANTENA DE MICROCINTA CON POLARIZACIÓN CIRCULAR PARA APLICACIONES RFID EN 2.4 GHZ

Tabla 2: Valor de los parámetros finales optimizados.

Parámetros de la antena	Valores (mm)
<i>radio1</i>	17.25
<i>radio2</i>	12.025
<i>pc</i>	1.02
<i>larray</i>	17.38
Largo del parche	60
Ancho del parche	50

3. COMPARACIÓN CON DISEÑOS ANTERIORES

Con el objetivo de verificar y demostrar los excelentes resultados obtenidos con el diseño de este último prototipo se realiza una comparación con diferentes antenas utilizadas anteriormente para aplicaciones RFID. Se analizan diversos parámetros, los cuales se resumen en la Tabla 3.

Tabla 3: Comparación con diseños anteriores.

Parámetros a comparar	Antena de parche cuadrado con ranura central	Antena de parche pentagonal [14], [18]	Antena con plano tierra ranurado en forma de anillo rómbico
S(1,1)	-27.49 dB	-43.38 dB	-23.157 dB
Ganancia	0.087 dB	1.985 dB	3.48 dB
Directividad	3.26 dB	6.16 dB	3.95 dB
Eficiencia Total	2.66 %	32.22 %	89.10 %
Ancho de banda	100 MHz	119 MHz	705.6 MHz
Ancho de Banda de Relación Axial	93 MHz	125.5MHz	220.9 MHz

Un análisis detallado de la Tabla 3 demuestra las ventajas de la estructura en forma de rayo fundamentalmente para la obtención de polarización circular, donde se observa una amplia diferencia con respecto a los otros modelos comparados. Destaca también su ancho de banda y eficiencia debido al buen acople alcanzado en la entrada. La directividad logra el valor necesario y la ganancia es lo suficientemente elevada para el uso de esta antena en las aplicaciones RFID, debido a la estructura general del Prototipo Final a pesar de ser utilizado Isola FR-4 en el diseño.

4. CONCLUSIONES

Se logra el diseño de una antena de microcinta con el plano tierra ranurado, utilizando la herramienta de simulación CST Suite 2016. Se obtienen resultados satisfactorios teniendo en cuenta la elevada tangente de pérdida y alta permitividad relativa del sustrato, además de la forma de alimentación utilizada. Se parte de un diseño inicial y luego de varias simulaciones se seleccionan los parámetros que estuvieron dentro del rango necesario para aplicaciones RFID. Posteriormente se logra la polarización circular a través de nuevas modificaciones y a continuación se realizaron varias parametrizaciones de las variables que modificaban los resultados de la antena. Finalmente se obtiene una ganancia de 3.48 dB, una directividad de 3.95 dB, un ancho de banda de 705.6 MHz en la frecuencia de trabajo y un ancho de banda de Relación Axial de 220.9 MHz, todo esto para una eficiencia total de 89.10%; características que permiten el uso de esta antena en tecnologías RFID cumpliendo de esta manera con su objetivo.

RECONOCIMIENTOS

Los autores agradecemos a todo el colectivo del Laboratorio de Comunicaciones Inalámbricas de la CUJAE, por su ayuda y apoyo incondicional.

REFERENCIAS

- [1] Gareth White, Georgina Gardiner, Guru Prabhakar, y Azley Abd Razak, «A comparison of broadcoding and RFID technologies in practice», *J. Inf. Inf. Technol. Organ.*, vol. 2, pp. 119-132, ene. 2017.
- [2] J. Zaid y T. A. Denidni, «Tunable circular-polarization antenna for RFID applications», en *2015 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation & USNC/URSI National Radio Science Meeting*, jul. 2015, pp. 2411-2412, doi: 10.1109/APS.2015.7305594.
- [3] C. Phongcharoenpanich y R. Senathong, «Printed diamond slot antenna with a bent microstrip line for 5.8 GHz RFID reader», en *2012 IEEE Asia-Pacific Conference on Antennas and Propagation*, ago. 2012, pp. 243-244, doi: 10.1109/APCAP.2012.6333229.
- [4] To-Po Wang y Shih-Yu Wang, «UHF-band planar antenna with circular polarization for RFID application», en *2012 IEEE International Conference on Electron Devices and Solid State Circuit (EDSSC)*, dic. 2012, pp. 1-3, doi: 10.1109/EDSSC.2012.6482815.
- [5] S. Sarkar y B. Gupta, «A Dual Frequency Circularly Polarized UHF-RFID/WLAN Circular Patch Antenna for RFID Readers», en *2019 IEEE International Conference on RFID Technology and Applications (RFID-TA)*, sep. 2019, pp. 448-452, doi: 10.1109/RFID-TA.2019.8892107.
- [6] X. Yang, Q. Feng, D. Tian, y Z. Zheng, «A Wide-Band Dual Circular Polarization UHF RFID Reader Antenna Based on Miniaturized Branch Line Coupler», en *2018 Progress in Electromagnetics Research Symposium (PIERS-Toyama)*, ago. 2018, pp. 1290-1294, doi: 10.23919/PIERS.2018.8597910.
- [7] Jorge Arredondo Pacheco y Daniela Hirsch Vergara, «Los identificadores por radiofrecuencia (RFID) y su uso como un “novedoso” mecanismo de control empresarial», *Rev. Chil. Derecho Trab. Segur. Soc.*, vol. 4, n.º 8, 2016, doi: 10.5354/0719-77.2016.42698.
- [8] Eva Gotor Carrasco, «Estado del Arte en Tecnologías RFID», Tesis de Grado, Escuela Universitaria de Informática Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España, 2009.
- [9] S. Lee, D. Lee, H. Jang, H. Tae, y J. Yu, «Planar square quadrifilar spiral antenna for mobile RFID reader», en *2012 9th European Radar Conference*, nov. 2012, pp. 618-621.
- [10] Dayan Pérez Quintana, Yosán Morales García, y Francisco Marante Rizo, «Antena de parche con Polarización Circular, para Aplicaciones RFID (Radio Frequency IDentification)», *Rev. Ing. Electrónica Automática Comun.*, vol. 39, n.º 2, may 2018.
- [11] D.M Pozar, *Microwave Engineering*, 2nd edn. John Wiley & Sons, 1997.
- [12] «CST Computer Simulation Technology», may 31, 2019. <https://www.cst.com/>. (accedido may 31, 2019).
- [13] Balanis, C.A., *Antenna theory: analysis and design*, 3rd ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2016.
- [14] Dayan Pérez Quintana, Andro Prieto Duarte, y Indira E. Lorenzo Montes de Oca, «Antena de Parche Pentagonal Para Sistemas RFID Pentagonal», presentado en Informática 2018 XVII Convención y feria internacional, Palacio de las Convenciones de Cuba, La Habana, Cuba, 2018.
- [15] S. Gao, Q. Luo, y F. Zhu, *Circularly Polarized Antennas*. Wiley (UK), 2014.
- [16] C. Y. D. Sim, C. Ku, H. D. Chen, T. Y. Han, y H. M. Chen, «Compact size annular-ring slot antenna with broad circularly polarized bandwidth», en *2015 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation USNC/URSI National Radio Science Meeting*, jul. 2015, pp. 578-579, doi: 10.1109/APS.2015.7304675.
- [17] Z. N. Chen, D. Liu, H. Nakano, X. Qing, y T. Zwick, *Handbook of Antenna Technologies*, 1st ed., vol. 810-813. Springer Publishing Company, Incorporated, 2016.
- [18] Dayan Pérez Quintana, Andro Prieto Duarte, y Indira E. Lorenzo Montes de Oca, «ANTENA DE PARCHES PENTAGONAL PARA SISTEMAS RFID», presentado en Informática 2018 XVII Convención y feria internacional, Palacio de las Convenciones de Cuba, La Habana, Cuba, mar. 2018.

SOBRE LOS AUTORES

Nelson Paz García, Ing. en Telecomunicaciones y Electrónica en la Universidad Tecnológica de la Habana José Antonio Echeverría (CUJAE). Graduado en el año 2018. Integrante del grupo de investigación de Comunicaciones Inalámbricas en la Facultad de Telecomunicaciones de la CUJAE. ORCID: 0000-0002-4585-2253.

ANTENA DE MICROCINTA CON POLARIZACIÓN CIRCULAR PARA APLICACIONES RFID EN 2.4 GHZ

Francisco Marante Rizo, Graduado de Ingeniero en Telecomunicaciones en el año 1974 en La Universidad de La Habana y Dr. C.T en La Universidad Técnica de Praga en 1986. Jefe del grupo de investigación de Comunicaciones Inalámbricas en la Facultad de Telecomunicaciones de la CUJAE. ORCID: 0000-0003-3277-1371.

Steven Jesús Paz Barrera, Estudiante de cuarto año de la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones y Electrónica en la Universidad Tecnológica de la Habana José Antonio Echeverría (CUJAE). Integrante del grupo de investigación de Comunicaciones Inalámbricas en la Facultad de Telecomunicaciones de la CUJAE. ORCID: 0000-0003-3456-7112.

CONFLICTO DE INTERESES

No existe ningún conflicto de intereses de los autores o de las instituciones a las cuales pertenece en relación al contenido del artículo aquí reflejado.

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

- **Autor 1:** 50% Conceptualización, preparación, creación y desarrollo del artículo,
- **Autor 2:** 25% Revisión crítica de cada una de las versiones del borrador del artículo y aprobación de la versión final a publicar
- **Autor 3:** 25% Contribución a la idea y organización del artículo.

Esta revista provee acceso libre inmediato a su contenido bajo el principio de hacer disponible gratuitamente investigación al público. Los contenidos de la revista se distribuyen bajo una licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 Unported License. Se permite la copia y distribución de sus manuscritos por cualquier medio, siempre que mantenga el reconocimiento de sus autores y no se haga uso comercial de las obras.

