



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO
CARRERA DE TELECOMUNICACIONES**

**DISEÑO DE UNA ANTENA MICROSTRIP CON SUSTRATOS FLEXIBLES EN LA
BANDA ISM.**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero en Telecomunicaciones

AUTOR: ANTHONY DIDIER BUENAÑO HEREDIA
TUTOR: JOHANNA BERENICE ARGUERO TELLO

Quito-Ecuador
2024

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Yo, Anthony Didier Buenaño Heredia con documento de identificación N° 1750726141 manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 15 de febrero del año 2024

Atentamente,



Anthony Didier Buenaño Heredia

1750726141

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Yo, Anthony Didier Buenaño Heredia con documento de identificación No. 1750726141, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Artículo Académico: “ Diseño de una Antena Microstrip con Sustratos Flexibles en la Banda Ism”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Telecomunicaciones , en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 15 de febrero del año 2024

Atentamente,



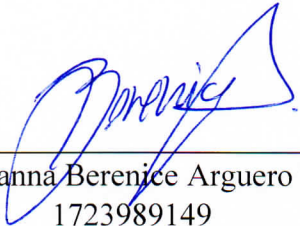
Anthony Didier Buenaño Heredia
1750726141

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Johanna Berenice Arguero Tello con documento de identificación N° 1723989149, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO DE UNA ANTENA MICROSTRIP CON SUSTRATOS FLEXIBLES EN LA BANDA ISM, realizado por Anthony Didier Buenaño Heredia con documento de identificación N° 1750726141, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Artículo Academico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 15 de febrero del año 2024

Atentamente,



Ing. Johanna Berenice Arguero Tello, MSc
1723989149

DEDICATORIA

En primer lugar, quiero dedicar este trabajo a Dios y a mis padres los cuales han sido participes de cada logro y meta que me he propuesto a lo largo de mi vida; especialmente a mis padres Miguel Buenaño y Jenny Heredia, que con su ejemplo diario, perseverancia, sencillez, humildad y constancia, me han inculcado los valores más importantes a lo largo del tiempo, por lo cual me encuentro terminando una etapa más de mi vida y agradeciéndoles por hacerme cada día un mejor ser humano; a mi hermano Michael Buenaño con su apoyo, cariño, consejos y a la distancia me ha impulsado a ser mejor persona y a no rendirme a pesar de todo. A mi Ñaño Andres Heredia en el cual he tenido un ejemplo a seguir y una figura de superación por lograr cumplir sus sueños, Finalmente dedico también este trabajo a mi persona especial mi Nicolita muy importante para mí, que desde hace más de dos años se encuentra a mi lado, la cual me ha enseñado muchas cosas buenas y nunca a dejado de apoyarme en cada día de mi vida desde que nos encontramos juntos.

AGRADECIMIENTO

Mi más sincero agradecimiento a la Msc. Berenice Arguero por ser una excelente profesional y maestra ejemplar, carismática, alegre, un gran ser humano y amiga, que supo dirigirme a lo largo del proceso de esta investigación y periodos académicos que fue mi docente.

A la Universidad Politécnica Salesiana por forjarme como estudiante y persona donde la convivencia es uno de los factores más importantes a lo largo de la vida y por darme la oportunidad de conocer a muchas personas, grandes seres humanos quienes son mis amigos, grandes maestros los cuales tuve la oportunidad de conocer por los cuales hay un gran respeto y cariño.

Agradezco a la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones los cuales han sido un gran aporte tanto de conocimiento como de ejemplo al desarrollo personal a lo largo de la carrera.

DISEÑO DE UNA ANTENA MICROSTRIP CON SUSTRATOS FLEXIBLES EN LA BANDA ISM

Buenaño Heredia Anthony
Didier
Ingeniería en
Telecomunicaciones
Universidad Politécnica
Salesiana
Quito, Ecuador
abuenanoh@est.ups.edu.ec

Arguero Tello Jhoanna
Berenice
Ingeniería en
Telecomunicaciones
Universidad Politécnica
Salesiana
Quito, Ecuador
jarguero@ups.edu.ec

Resumen

En este artículo se describe tanto el diseño como el funcionamiento de una antena microstrip con parche tipo anillo empleando un sustrato flexible en la banda ISM mediante simulación numérica. Para lo cual se evaluará los parámetros de desempeño de la antena microstrip con un parámetro de dispersión de -10 dB Para S11 y 2 máximo para VSWR, para el funcionamiento eficiente de la antena en banda ISM en la frecuencia de 2.4 GHZ. Al final del artículo se detallarán las conclusiones y el análisis del patrón de radiación, ancho de banda, parámetro S11 y VSWR.

Palabras Clave: ANTENA, DISEÑO, EFICIENCIA, MICROSTRIP, PARÁMETRO DE DISPERSIÓN, SUSTRATO FLEXIBLE.

Abstract

This paper describes both the design and performance of a microstrip antenna with a ring patch using a flexible substrate in the ISM band by numerical simulation. The performance parameters of the microstrip antenna will be evaluated with a dispersion parameter of -10 dB for S11 and 2 maximum for VSWR, for the efficient operation of the antenna in ISM band in the 2.4 GHZ frequency. Conclusions and analysis of the radiation pattern, bandwidth, S11 parameter and VSWR will be detailed at the end of the article.

Keywords: ANTENNA, DESIGN, EFFICIENCY, MICROSTRIP, MICROSTRIP, SCATTERING PARAMETER, FLEXIBLE SUBSTRATE

1. Introducción

El diseño de una antena microstrip implica el uso de una estructura plana, donde una línea de transmisión alimentadora se coloca en un sustrato dieléctrico y se combina con una pista radiante metálica. La antena microstrip tiene una estructura simple y es popular debido a su facilidad de fabricación. En el diseño de una antena microstrip con sustratos flexibles en la banda ISM la cual ofrece varias ventajas en comparación con los sustratos rígidos. [1]Algunas de estas ventajas incluyen la capacidad de flexión y conformación para adaptarse a diferentes formas y superficies curvas, la posibilidad de integrarse en dispositivos portátiles y la facilidad de fabricación a bajo costo en grandes volúmenes se deben considerar varios aspectos como el dimensionamiento de la antena y el grosor del sustrato. [2][3]

Durante el diseño, es importante considerar las restricciones de fabricación asociadas con los sustratos flexibles, como las tolerancias de flexión, los métodos de sujeción y las técnicas de soldadura. Además, se debe tener en cuenta la durabilidad del sustrato flexible en términos de resistencia a la flexión repetida y al ambiente en el que se utilizará la antena. [4]

El propósito principal de la banda ISM es permitir la operación de dispositivos y sistemas que no interfieren con servicios de comunicación primarios como telefonía móvil o transmisiones de radio y televisión. Esta banda se ha reservado específicamente para aplicaciones industriales, científicas y médicas, por lo tanto, es utilizada en una amplia gama de dispositivos y tecnologías. Para esta investigación tomaremos en cuenta que la banda ISM centrada es de 2.45 GHz. Y se encuentra definida entre 2.4 y 2.5 GHz. Por lo tanto, la antena será simulada a 2.4GHz [5]

Se deben seleccionar materiales dieléctricos flexibles con propiedades adecuadas como la constante dieléctrica, la pérdida dieléctrica y la rigidez dieléctrica. Para que sean óptimos al momento de integrarla en banda ISM, algunos materiales comunes utilizados incluyen poliamida, teflón, PET (polietileno tereftalato), para este artículo se utilizará el material plástico llamado PET por sus propiedades livianas, flexibles, mayor libertad de

diseño y mejores oportunidades de optimización las cuales se encontrarían adecuadas para este estudio. [6]

Se realizará una investigación bibliográfica para obtener ecuaciones de diseño de las antenas tipo microstrip y determinará los valores del sustrato flexible. Se implementará y simulará la antena en la banda ISM, para lo cual se utilizará el software CTS STUDIO SUITE 2019. Que permite la simulación basado en el método de integración finita, donde al finalizar se analizarán los resultados.

Finalmente, se presentarán parámetros óptimos de funcionamiento como: el ancho de banda que generalmente para antenas es de $S_{11} -10$ dB en donde el rendimiento de la antena se ajustara a un rango de frecuencia alrededor de una frecuencia central para ajustar las características de la antena (patrón de radiación, VSWR y Ganancia) para lo cual estaran dentro de un rango aceptable.

2. Materiales y Métodos

2.1 Antena microstrip tipo patch con anillo circular

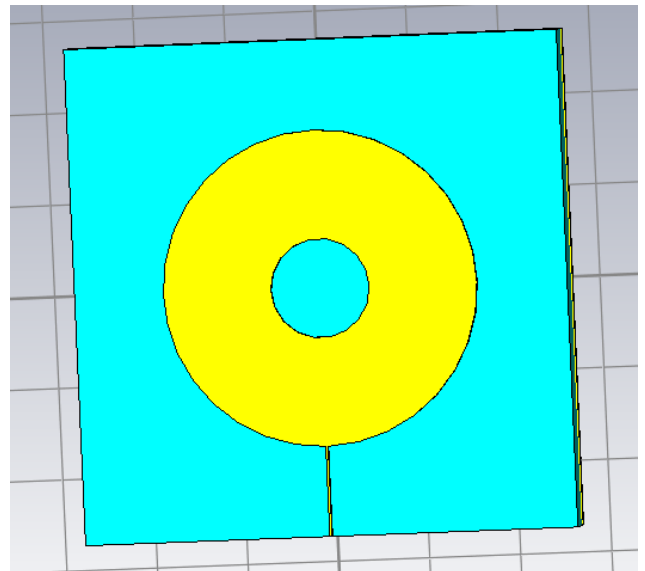


Figura 1. Antena Microstrip con parche tipo anillo circular.

En la figura 1 muestra una imagen referencial de autor la cual ya muestra el dieléctrico que se ocupará (PET) el cual cuenta con una permitividad relativa de $\epsilon_r = 3.5$, [6] siendo este el material flexible incorporado en la antena. Los materiales utilizados tanto para el conductor, para la línea de transmisión, parche y tierra colocada detrás de la antena son de

cobre esto con el fin de mejorar los parámetros de la antena y el rendimiento de la misma.[7]

La selección de los materiales para la construcción de la antena se llevó a cabo gracias a la facilidad de los ajustes de cada componente para una mejor optimización de su rendimiento, y así lograr cumplir los objetivos acordes que fueron planteados para la investigación [8] [11]

VSWR logrando así las variaciones respecto a lo calculado matemáticamente.[9] [10]

Se implementó las ecuaciones 1, 2, 3 para lograr el espesor del sustrato (ht), la constante dieléctrica (ϵr) la constante dieléctrica efectiva (ϵr_{eff}), Radio Interno (a) Radio Interno Efectivo (ae), Radio externo (b), Radio Externo Efectivo (be) y el largo de la tierra la tierra (Wg) y el ancho de la línea de transmisión (Lf).[9]

Medición del radio interno efectivo y radio externo efectivo y constante dieléctrica efectiva

$$\left(ae = a + \frac{3 * h}{4} \right) \quad (1)$$

$$\left(be = b + \frac{3 * h}{4} \right) \quad (2)$$

$$\left(E_{ref} = \frac{1}{2} * (Er + 1) + \frac{1}{2} * (Er - 1) * \left(1 + b + \frac{10 * h}{(b - a)} \right)^{\frac{1}{2}} \right) \quad (3)$$

Donde a es el Radio Interior, h es la Altura del Dieléctrico lo cual calcula el Radio Interior Efectivo ae (1)(2). De igual manera para la Constante Dieléctrica Efectiva E_{ref} donde ϵr es la constante dieléctrica, a es el Radio Interior, b es el Radio Exterior y h es la Altura del Dieléctrico (3)

3. Resultados y Discusión

En la parte inicial del estudio se procedió a realizar la investigación, calculando los parámetros matemáticamente para lo cual se ajustaron por el simulador encontrando un punto de equilibrio entre la antena y el acoplamiento a la banda ISM, por lo tanto, se realizó la simulación a frecuencia de 2.4GHZ obteniendo los siguientes resultados.

Parámetros de la antena a 2.4 GHZ

Parámetros	Matemático	Ajustado
	Flexible [mm]	Flexible [mm]
Ancho del parche tierra (Wg)	27.02	27
Constante dieléctrica (Er)	3.5	3.5
Espesor del cobre (ht)	0.31	0.318
Altura del dieléctrico (h)	3.8	5
Radio Interior (a)	7.09	7.09
Radio Exterior (b)	14.19	14.19
Radio Interior efectivo (ae)	6.81	5.4
Radio Exterior efectivo (be)	14.47	17.177
Constante dieléctrica efectiva(Er)	3.25	3.25
Ancho de línea de transmisión (Lf)	1	0.15

Tabla 1: Dimensión de la antena con material flexible PET

La tabla 1 muestra los parámetros ajustados con los cuales se trabajará para el sustrato flexible (PET), para lo cual se busca mediante las fórmulas matemáticas acercarse al resultado para lograr los objetivos planteados.

Se realizó un ajuste de valores geométricos de la antena para tener un mejor resultado en el S11 y

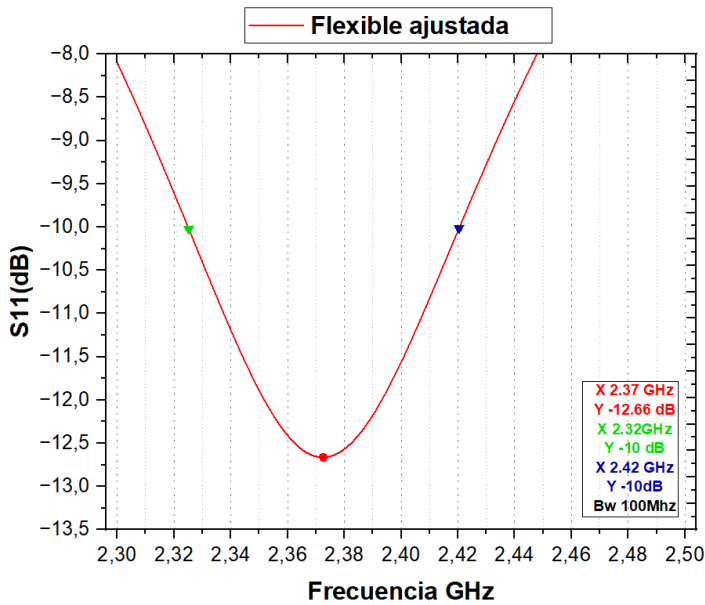


Figura 2. Coeficiente de reflexión.

En la figura 2 se muestra un parámetro esencial para la antenna se trata del S11 o coeficiente de reflexión el cual ya se encuentra ajustado por el simulador, logrando así un parámetro S11 de -12.66 dB y para calcular el ancho de banda se ajusta 2 puntos al valor de -10 dB y restando el valor de los puntos logrando así un valor de 100 MHz. En la frecuencia para ISM tomando en cuenta que la antenna con el sustrato flexible PET sin optimizar no logró cumplir con los objetivos establecidos en la investigación ni los objetivos relacionados a la banda ISM.

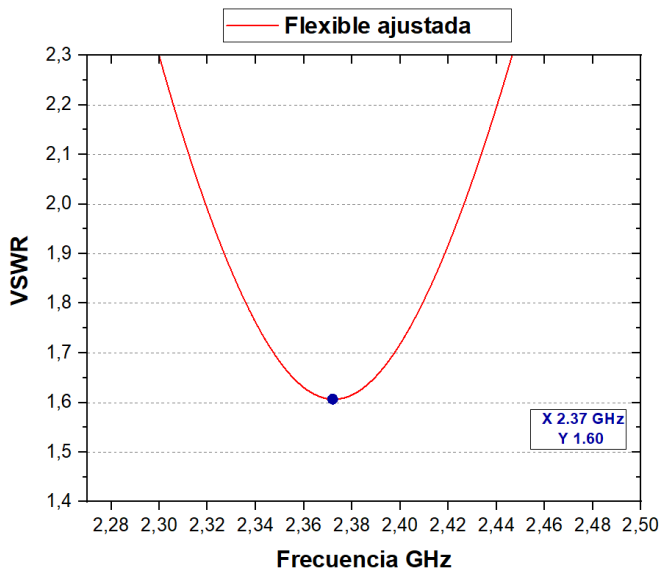


Figura 3. Curva VSWR. Vs Frecuencia

En la figura 3 muestra el cálculo del VSWR a frecuencia de 2.4GHz con un valor de 1.60 lo cual indica que dicho valor está adaptado a la antenna PET ajustada dando, así como resultado un valor acorde a dicho ajuste.

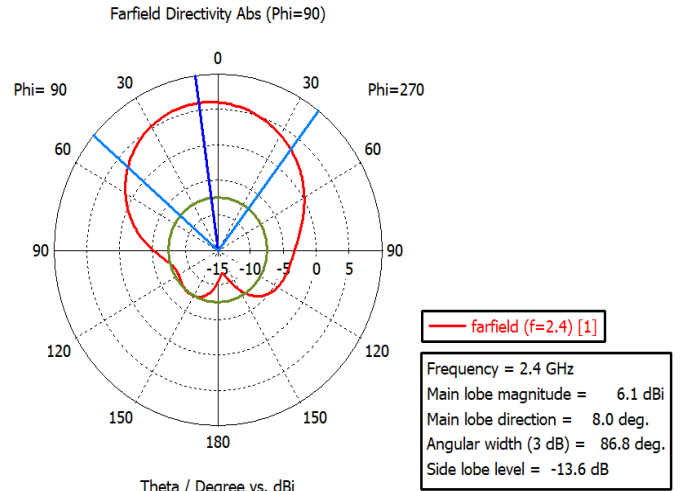


Figura 4. Patrón de Radiación de antenna microstrip con material flexible.

En la figura 4 se muestra el patrón de radiación que genera la antenna flexible PET detallando que dicha radiación se ajusta a los parámetros implementados, reflejando así una ganancia de 6.1 dB que se podría considerarse como un buen entorno de adaptación de la antenna PET para la banda ISM ya que cuenta con una propiedad de direccional y eficiente de la antenna donde la ganancia asume la razón de la intensidad de radiación.

El estudio realizado demostró que al utilizar un material flexible como el PET se considera un material apto o innovador para la construcción de antenas, destinada a su adaptabilidad a banda ISM operada a una frecuencia de 2.4GHz donde los parámetros a analizar fueron los esperados tomando en cuenta que estos son ajustado en la figura 2 y la figura 3 cumplen con el objetivo propuesto, como antenna teórica pero con desfase en la frecuencia al momento de la simulación la cual deja al mínimo de la curva pero esta se encuentra en banda ISM.

3. Conclusiones

La antenna Patch con anillo circular y material flexible PET como sustrato es una gran alternativa para la

fabricación de antenas como innovación a nivel de tecnología, adaptándose correctamente a los parámetros ajustados por el Software CST, donde se obtuvo una frecuencia de 2.37 GHz la misma que no se ajusta a la frecuencia de resonancia como se observa en el mínimo de la curva en la figura 1 y 2, tomando en cuenta que es una antena teórica y como consecuencia de las modificaciones de la altura del sustrato, radio interno, radio externo del anillo y el ancho de la fuente, logrando así un S11 de -12.66 dB, VSWR de 1.60, ancho de banda de 100 MHz y patrón de radiación con una ganancia de 6.1 dB. Siendo una gran alternativa por su facilidad de fabricación y la posibilidad de integrarse en dispositivos portátiles para uso de aplicaciones de IOT (Internet de las cosas) y al ajuste en banda ISM, pero con un pequeño desfase en la misma.

Referencias

[1] M. M. Hasan Mahfuz *et al.*, “Wearable Textile Patch Antenna: Challenges and Future Directions”, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3161564.

[2] A. A. Ibrahim, W. M. Hassan, and V. Dhasarathan, “Wide-Band Antenna on Flexible and Thin Substrate for Wireless Systems,” vol. 129, pp. 2977–2993, 2023, doi: 10.1007/s11277-023-10268-9.

[3] E. J. J. -Ramírez and E. R. -Araque, “Diseño de una Antena Patch fabricada con Materiales de Prendas de Vestir: un estudio bajo simulaciones,” *Mundo FESC*, vol. 11, no. S2, Sep. 2021, [Online]. Available: <https://www.fesc.edu.co/Revistas/OJS/index.php/mundofesc/article/view/909>

[4] Manish and N. P. Gupta, “Different Dielectric Material used for Flexible Antenna: A Review,” in *2022 8th International Conference on Signal Processing and Communication (ICSC)*, 2022, pp. 102–107. doi: 10.1109/ICSC56524.2022.10009416.

[5] S. T. T. J and G. B. T. R, “Rectangular Microstrip Patch Antenna at ISM Band,” in *2018 Second International Conference on Computing Methodologies and Communication (ICCMC)*, 2018, pp. 91–95. doi: 10.1109/ICCMC.2018.8487877.

[6] E. B. Jaramillo, L. Muñoz, A. Ossa, and M. P. Romo, “Comportamiento mecánico del Polietileno Tereftalato (PET) y sus aplicaciones geotécnicas Mechanical behavior of polyethylene terephthalate (PET) and geotechnical applications,” *Rev. Fac. Ing. Univ. Antioquia N*, vol. 70, pp. 207–219, 2014.

[7] S. Patil, B. K. Kanaujia, and A. K. Singh, “Basic Theory and Design of Printed Antennas,” in *Printed Antennas*, CRC Press, 2020, pp. 1–36.

[8] J. Luo, T. Jiang, and L. Liu, “A Design of Flexible Materials Microstrip Antenna,” in *2022 IEEE 5th International Conference on Electronic Information and Communication Technology (ICEICT)*, 2022, pp. 751–753. doi: 10.1109/ICEICT55736.2022.9908638.

[9] J. Oswaldo, M. Gomez, J. Alberto, and G. Tibaduiza, “CONSTRUCCIÓN DE UNA ANTENA MICROSTRIP ANILLO CIRCULAR UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA-SECCIONAL BUCARAMANGA ESCUELA INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA BUCARAMANGA 2013”.

[10] M. B. Biçer and E. A. Aydin, “Design and Fabrication of Rectangular Microstrip Antenna with Various Flexible Substrates,” in *2021 International Conference on Innovation and Intelligence for Informatics, Computing, and Technologies (3ICT)*, 2021, pp. 360–364. doi: 10.1109/3ICT53449.2021.9581451.

[11] D. P. Quintana, Y. Morales García, and F. M. Rizo, “Antena de Parche con Polarización Circular, para Aplicaciones RFID (Radio Frequency Identification),” *RIELAC*, no. 2, pp. 1815–5928, 2018.