

**RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN
- RAE -**



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia
Vigilada Mineducación

RIUCaC

**FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
BOGOTÁ D.C.**

LICENCIA CREATIVE COMMONS:

| | | | | | |
|---|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------|
| Atribución | <input type="checkbox"/> | Atribución no comercial | <input checked="" type="checkbox"/> | Atribución no comercial sin derivadas | <input type="checkbox"/> |
| Atribución no comercial compartir igual | <input type="checkbox"/> | Atribución sin derivadas | <input type="checkbox"/> | Atribución compartir igual | <input type="checkbox"/> |

AÑO DE ELABORACIÓN: 2020-1

TÍTULO: Diseño y simulación de una rectenna para cosechar energía electromagnética a 2.4 GHz

AUTOR (ES): Blanco Ibalñez David Santiago, Cerquera Zambrano Bryan Javier.

DIRECTOR(ES)/ASESOR(ES): PhD. Rico Martínez Mónica Andrea

MODALIDAD:

Trabajo de investigación.

| | | | | | | | | | |
|-----------------|------------|----------------|----------|-----------------|----------|-----------------|------------|----------------|----------|
| PÁGINAS: | 157 | TABLAS: | 8 | CUADROS: | 0 | FIGURAS: | 105 | ANEXOS: | 3 |
|-----------------|------------|----------------|----------|-----------------|----------|-----------------|------------|----------------|----------|

CONTENIDO:

GLOSARIO

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

1. GENERALIDADES
2. RECTENNAS Y HERRAMIENTAS DE SIMULACIÓN
3. DISEÑO DE UNA ANTENA RECTIFICADORA A 2.4 GHz
4. DISEÑO Y SIMULACIÓN DE LA ANTENA RECTIFICADORA
5. CONCLUSIONES
6. RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS
7. ESTRATEGIAS DE COMUNICACIÓN



8. REFERENCIAS

9. ANEXOS

DESCRIPCIÓN: Se realizó el diseño y la simulación de una antena rectificadora con tecnología microcinta a 2.4 GHz junto con un filtro pasa-banda chebyshev de octavo orden y un rectificador de onda completa tipo puente de diodos con el fin de obtener la conversión de ondas electromagnéticas a una señal DC.

METODOLOGÍA: La realización de este proyecto de trabajo de grado se lleva a cabo mediante una metodología científica la cuál es de carácter cuantitativo, inicialmente lo que se realiza es dividir en tres etapas el desarrollo del proyecto.

- Etapa 1 - Planeación del proyecto

En esta etapa se debe seleccionar el área de investigación con la que se llevará a cabo el proyecto de trabajo de grado, una vez centrado el eje temático se procede a hacer la búsqueda de ciertas problemáticas que con ayuda de un proyecto investigativo puedan ser solucionadas o mitigadas, posteriormente con un problema seleccionado se busca la forma de solucionarlo o mitigarlo por medio de la Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones.

Una vez seleccionada la forma de solución a dicha problemática se procede a hacer un análisis de antecedentes por medio de bases de datos científicas tales como Scopus, IEEE, ScienceDirect, etc.

- Etapa 2 – Diseño

Con la revisión detallada de los antecedentes se genera una noción sobre los diseños y materiales más usados por otros autores en torno a la investigación de las rectennas, al momento de ser aceptado el desarrollo de esta investigación como trabajo de grado, se debe hacer una tabla comparativa para la selección de los materiales y geometrías que en su momento van a componer la antena rectificadora.

En esta etapa se realiza el diseño de la antena con base a ecuaciones descritas encontradas en libros de autores principales tales como D.M Pozar y Constantine Balanis, con sus libros teoría de las antenas, análisis y diseños de Antenas y otros



más los cuales son de suma importancia para el correcto diseño de antenas y líneas de transmisión.

- Etapa 3 – Simulación

Los softwares para simulación electromagnética son softwares los cuales permiten obtener una simulación para predecir el funcionamiento de un producto real, estos programas son especialmente usados para el diseño de antenas y líneas de transmisión de alta frecuencia.

Algunos de estos softwares son:

- 1 FEKO
- 2 ANSYS HFSS
- 3 ZELAND IE3D
- 4 CST MICROWAVE STUDIO
- 5 ANTENNA MAGNUS

En esta etapa se realizará el estudio pertinente para la elección del software con el que se llevará a cabo la simulación de la antena, es necesario hacer la comparación de diferentes softwares que permitan la simulación electromagnética de estructuras de alta frecuencia para así poder seleccionar el software con el que se llevará a cabo dicha simulación.

Posteriormente se procede a implementar el diseño de la antena en el software con los resultados referentes a las dimensiones de la antena, todas las dimensiones deben de estar debidamente parametrizadas para llevar a cabo un proceso eficiente al momento de optimizar el rendimiento de la antena.

Los resultados a estudiar serán los siguientes:

- Parámetros de dispersión $s_{1,1}$.
- Impedancia.
- Coeficiente de reflexión.
- Diagrama de Radiación.
- Directividad.
- Ganancia.



PALABRAS CLAVE: POTENCIA, IMPEDANCIA, CONVERSIÓN, RECTENNAS, REFLEXIÓN, RECEPCIÓN, PÉRDIDAS, RECTIFICACIÓN, ONDAS.

CONCLUSIONES:

Luego de indagar e investigar en las bases de datos que dispone la Universidad Católica de Colombia y el complemento por medio de IEEE Xplore, fue posible comprender el diseño y funcionamiento de las antenas rectificadoras desde enfoques y puntos de vista totalmente diferentes. Según un mapeo bibliométrico, por medio del software VOSviewer con una ventana de tiempo de cinco años (2015 – 2020), se observó que el autor Huang, y es la persona más influyente y dominante en el tema de las Rectennas contando con una cantidad de 20 documentos. Por otro lado, para poder aclarar cada una de las herramientas de simulación fue necesario revisar y comparar las características que ofrecían los softwares de simulación y se confirmó que los programas más robustos para emplear en el desarrollo del trabajo de grado son: Ansys HFSS, Advanced Desing System, Ansoft Designer SV2 y Matlab.

Con base a los estudios realizados fue posible determinar cada uno de los parámetros de diseño que se adaptaron de manera eficiente al diseño propuesto.

Una vez realizados los cálculos de la antena con tecnología microcinta, se concluye que los valores teóricos de las variables que conforman el arreglo de parches cuadrados no son las óptimas para el comportamiento del sistema, es por esta razón que se realiza el optimétrico de estas variables en un 10% y 2% para seguir una congruencia matemática con base en las ecuaciones descritas por libros tales de autores tales como Constantine A. Balanis, David Pozar, entre otros.

Para el diseño del arreglo de antena microstrip se utilizó Ansys HFSS, software que permitió generar luego de aproximadamente 1800 simulaciones equivalentes a 45 horas de simulación, una antena con resonancia en la banda de frecuencia ISM, con impedancia característica en el puerto de $49.64-0.76\Omega$, cuando el margen de diseño perfecto es $50+0j$, un VSWR equivalente a 1.02 siendo lo más aproximado al valor de 1 con el fin de garantizar la máxima transferencia de potencia, la antena presenta una pérdida de retorno de -41.44 dB con un ancho de banda de 40 MHz, una ganancia de 2 dB y una directividad de 12 dB.

**RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN
- RAE -**



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia
Vigilada Mineducación

RIUCaC

Con estos resultados se obtiene poca pérdida de potencia por reflexión, concluyendo así la realización pertinente para un arreglo de microcinta de alta eficiencia.

La simulación del filtro y el rectificador se lleva a cabo de manera correcta con resultados ideales, cabe resaltar que la simulación tiene una relación desde la antena a la salida del rectificador, con el uso de estos softwares se espera tener resultados similares en la parte real, debido al bajo porcentaje de error de estos softwares.

Con un valor de 18.5 dBm (70.8 mW) brindados por parte del transmisor y sin pérdidas en la recepción de la señal, se obtiene un valor rectificado de 4.89 voltios DC, siendo este un valor de suma importancia para posibles aplicaciones, de igual manera se concluye que con valores bajos de potencia, se pueden obtener cantidades útiles para aplicaciones de la rectenna diseñada como una posible fuente para diferentes actuadores que trabajan a 5 voltios DC.

FUENTES:

Andres Cuenca. "Circuitos Rectificadores | Foros de Electrónica," 2018. <https://www.forosdeelectronica.com/resources/circuitos-rectificadores.19/>

Assimonis, Stylianos D, Vincent Fusco, Apostolos Georgiadis, and Theodoros Samaras. "Efficient and Sensitive Electrically Small Rectenna for Ultra-Low Power RF Energy Harvesting." *Scientific Reports* 8 (2018): 1-13. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-33388-w>

Balanis, Constantine A. *Antenna theory: analysis and design*. John Wiley & sons, 2016.

Barrera, Rodríguez, and Brayan Estevens. "Diseño y simulación de una antena microstrip de rango de operación de súper altas frecuencia (3.5 GHz a 6 GHz) para la evaluación de la tasa de absorción específica en tejidos humanos." (2019).

Martin-Pascual, C., E. Rajo-Iglesias, and V. González-Posadas. "Invited tutorial: 'Patches: The most versatile radiator?'" IASTED Int. Conf. Advanced in Communications. 2001.



Collado, Ana, and Apostolos Georgiadis. "Conformal Hybrid Solar and Electromagnetic (EM) Energy Harvesting Rectenna." *IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Regular Papers* 60, no. 8 (August 2013): 2225–2234. <https://doi.org/10.1109/TCSI.2013.2239154>

Dasgupta, Sanghamitra, Bhaskar Gupta, and Hiranmoy Saha. "Development of Circular Microstrip Patch Antenna Array for Rectenna Application." In *2010 Annual IEEE India Conference (INDICON)*, 1–6. IEEE, 2010. <https://doi.org/10.1109/INDCON.2010.5712719>

Diego Zambrano Benavides. "Aquellos Sitios a Donde Aún No Llega La Luz En Antioquia." 18 de julio de 2018, 2018.

Dolgov, Arseny, Regan Zane, and Zoya Popovic. "Power Management System for Online Low Power RF Energy Harvesting Optimization." *IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Regular Papers* 57, no. 7 (July 2010): 1802–1811. <https://doi.org/10.1109/TCSI.2009.2034891>

Eid, A., J. Hester, A. Nauroze, T.-H. Lin, J. Costantine, Y. Tawk, A. H. Ramadan, and M. Tentzeris. "A Flexible Compact Rectenna for 2.40Hz ISM Energy Harvesting Applications." In *2018 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation & USNC/URSI National Radio Science Meeting*, 1887–1888. IEEE, 2018. <https://doi.org/10.1109/APUSNCURSINRSM.2018.8608525>

Elmansouri, Mohamed A. "Design and Simulation of a Single Feed Multi-band Dual Polarized Microstrip Patch Antenna."

ESPECTADOR, EL. "En Mayo de 2019, La Demanda de Energía Del País Creció Un 4.8% - ELESPECTADOR.COM," 2019. <https://www.elespectador.com/economia/en-mayo-de-2019-la-demanda-de-energia-del-pais-crecio-un-48-articulo-867046>.

Epp, L.W., A.R. Khan, H.K. Smith, and R.P. Smith. "A Compact Dual-Polarized 8.51-GHz Rectenna for High-Voltage (50 V) Actuator Applications." *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques* 48, no. 1 (2000): 111–200. <https://doi.org/10.1109/22.817479>

Facultad de Ingeniería Civil del Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría" (Cujae). *Telemática*. Accessed September 26, 2019.



<https://docplayer.es/76668895-Implementacion-y-caracterizacion-de-antena-microstrip-en-geometria-de-anillo.html>

Fatthi Alsager, Ahmed. "Design and analysis of microstrip patch antenna arrays." (2011).

Gasulla, Manel, Josep Jordana, Francesc-Josep Robert, and Jordi Berenguer. "Analysis of the Optimum Gain of a High-Pass L-Matching Network for Rectennas." Accessed March 18, 2019. <https://doi.org/10.3390/s17081712>

Georgiadis, A., G. Vera Andia, and A. Collado. "Rectenna Design and Optimization Using Reciprocity Theory and Harmonic Balance Analysis for Electromagnetic (EM) Energy Harvesting." *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters* 9 (2010): 444–446. <https://doi.org/10.1109/LAWP.2010.2050131>

Hagerty, J.A., F.B. Helmbrecht, W.H. McCalpin, R. Zane, and Z.B. Popovic. "Recycling Ambient Microwave Energy With Broad-Band Rectenna Arrays." *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques* 52, no. 3 (March 2004): 1014–1024. <https://doi.org/10.1109/TMTT.2004.823585>

Haneda, Masaji. "Circuito de rectificación". Patente de Estados Unidos Nº 6.430.071. 6 de agosto de 2002.

Hernández, J. "Antenas: Principios básicos, análisis y diseño." *J. Hernandez, ANTENAS: principios basicos analisis y diseño* (1998): 23-25.

Ho, Dinh-Khanh, Ines Kharrat, Van-Duc Ngo, Tan-Phu Vuong, Quoc-Cuong Nguyen, and Minh-Thuy Le. "Dual-Band Rectenna for Ambient RF Energy Harvesting at GSM 900 MHz and 1800 MHz." In *2016 IEEE International Conference on Sustainable Energy Technologies (ICSET)*, 306–310. IEEE, 2016. <https://doi.org/10.1109/ICSET.2016.7811800>

Ing. Daniel Alejandro Hernandez Jaramillo. "Diseño, Simulación y Comparación de Antenas Microcintas a Una Frecuencia de 2.4 GHz" 1 (2015): 61. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/3116/1/T-UCSG-POS-MTEL-31.pdf>

Johan Chiquiza Nonsoque "Colombia Es El Sexto País Más Innovador En América Latina Según Ranking Internacional." Accessed October 30, 2019. <https://bit.ly/2ZeYRJq>



Jonathan R. Skuza, Yeonjoon Park, Hyun Jung Kim, and Shane T. Seaman “Feasibility Study of Cargo Airship Transportation Systems Powered by New Green Energy Technologies” Accessed March 18, 2019. <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20140006040.pdf>

Jorge Sáenz v. “Colombianos Que No Tienen Energía Eléctrica | ELESPECTADOR.COM.” 07 de agosto de 2017, 2017.

José Abel Hernández Rueda “Teoría de Líneas de Trasmisión e Ingeniería de Microondas - Google Libros.” Accessed September 17, 2019. <https://books.google.com.co/books?id=4B3Djz02N4YC&pg=PA66&dq=microcinta&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjbyKjVI9fkAhXqYN8KHWBMDkwQ6AEIKDAA#v=onepage&q=microcinta&f=false>

Kim, S.M., Y.-B. Jung, J.I. Moon, and I.K. Cho. “Design of Efficient Rectenna with Vertical Ground-Walls for RF Energy Harvesting.” *Electronics Letters* 49, no. 17 (August 15, 2013): 1050–1052. <https://doi.org/10.1049/el.2013.2251>

Kuhn, Véronique, Fabrice Seguin, Cyril Lahuec, and Christian Person. “Enhancing RF-to-DC Conversion Efficiency of Wideband RF Energy Harvesters Using Multi-Tone Optimization Technique.” *International Journal of Microwave and Wireless Technologies* 8, no. 02 (March 3, 2016): 143–153. <https://doi.org/10.1017/S1759078714001457>

Lleras “Antenas | Ingjeyd,” 2011. <https://ingjeyd.wordpress.com/2011/06/01/antenas/>.

Mario Garrido “Tipos de Polarización En Antenas FPV | Circular o Lineal |.” 2017. Accessed September 27, 2019. <https://www.midronedecarreras.com/tutoriales/tipos-de-polarizacion-en-antenas-fpv-circular-o-lineal/>

Matsui, Kosumo, Kohei Fujiwara, Yuki Okamoto, Yoshio Mita, Hidehiko Yamaoka, Hiroyuki Koizumi, and Kimiya Komurasaki. “Development of 94GHz Microstrip Line Rectenna.” In *2018 IEEE Wireless Power Transfer Conference (WPTC)*, 1–4. IEEE, 2018. <https://doi.org/10.1109/WPT.2018.8639081>



Matsunaga, Tatsuki, Eisuke Nishiyama, and Ichihiko Toyoda. "5.8-GHz Stacked Differential Rectenna Suitable for Large-Scale Rectenna Arrays With DC Connection." *IEEE Transactions on Antennas and Propagation* 63, no. 12 (December 2015): 5944–5949. <https://doi.org/10.1109/TAP.2015.2491319>

Miguel Ángel Criado "La Señal Wifi, Convertida En Electricidad | Ciencia | EL PAÍS." Accessed September 16, 2019. https://elpais.com/elpais/2019/01/27/ciencia/1548603829_841509.html

Mishra, Saurabh, Jyoti Varavadekar, and Siddhesh Haldankar. "Design of Rectenna for Energy Harvesting in ISM Band." In *2017 International Conference of Electronics, Communication and Aerospace Technology (ICECA)*, 359–362. IEEE, 2017. <https://doi.org/10.1109/ICECA.2017.8203704>

Miyara, Federico. "Rectificación." Argentina, Rosario: Universidad Nacional de Rosario (2002).

Nd "Microwaves101 | Rectennas," Accessed September 16, 2019. <https://www.microwaves101.com/encyclopedias/rectennas>

Núñez, Karen Nallely Olan. *Diseño, Modelado y Caracterización de Arreglo de Antenas Microstrip para Aplicaciones del Internet de las Cosas*. Diss. Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica, 2019.

Olgun, U, Chi-Chih Chen, and J L Volakis. "Investigation of Rectenna Array Configurations for Enhanced RF Power Harvesting." *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters* 10 (2011): 262–265. <https://doi.org/10.1109/LAWP.2011.2136371>

Pantoja, José Miguel Miranda. *Ingeniería de microondas: técnicas experimentales*. Pearson Educación, 2002.

Park, Youngjin, Kwanho Kim, and Donggi Youn. "Rectenna Array Design for Receiving High Power in Beam Type Wireless Power Transmission." In *2018 Asia-Pacific Microwave Conference (APMC)*, 440–442. IEEE, 2018. <https://doi.org/10.23919/APMC.2018.8617448>

Pinuela, Manuel, Paul D. Mitcheson, and Stepan Lucyszyn. "Ambient RF Energy Harvesting in Urban and Semi-Urban Environments." *IEEE Transactions on*



Microwave Theory and Techniques 61, no. 7 (July 2013): 2715–2726.
<https://doi.org/10.1109/TMTT.2013.2262687>

PORTAFOLIO. “Crece El Consumo de Energía | Economía | Portafolio,” 2018.
<https://www.portafolio.co/economia/crece-el-consumo-de-energia-524629>

Ramesh Garg, Prakash Bhartia, Inder Bahl y Apisak Ittipiboon, “Microstrip Antenna Design Handbook”, pp. 441-453, Artech House, Boston, Londres.

Rashid, Muhammad H. *Electrónica de potencia: circuitos, dispositivos y aplicaciones*. Pearson Educación, 2004.

Rivera, Carlos, John J. Pantoja, and Francisco Roman. "Antenna array assessment for RF energy harvesting." 2017 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation & USNC/URSI National Radio Science Meeting. IEEE, 2017.

Sabban, Albert. "Microstrip antenna arrays." *Microstrip Antennas*. Rijeka: InTech, 2011. 361-384.

Safari, Faezeh y Lotfollah Shafai. "Un estudio paramétrico utilizando Ansoft HFSS y Ansoft Designer sobre el efecto del diámetro de apertura en las propiedades de transmisión de su matriz". 2009 13º Simposio Internacional sobre Tecnología de Antenas y Electromagnética Aplicada y la Reunión Canadiense de Radio Ciencia. IEEE, 2009.

Sarehraz, M., K. Buckle, T. Weller, E. Stefanakos, S. Bhansali, Y. Goswami, and Subramanian Krishnan. “Rectenna Developments for Solar Energy Collection.” In *Conference Record of the Thirty-First IEEE Photovoltaic Specialists Conference, 2005.*, 78–81. IEEE, n.d. <https://doi.org/10.1109/PVSC.2005.1488073>

Sayontan Sinha “Qué Es Un Diodo Schottky o Diodo de Barrera? - Electrónica Unicrom,” 2016. <https://unicrom.com/que-es-diodo-schottky/>

Sergio Andrés Castrillón Mesa. “IMPLEMENTACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE ANTENA MICROSTRIP EN GEOMETRÍA DE ANILLO,” 2016, 93. <https://docplayer.es/76668895-Implementacion-y-caracterizacion-de-antena-microstrip-en-geometria-de-anillo.html>



Shanawani, Mazen, † Id, Diego Masotti, and Alessandra Costanzo. "Electronics THz Rectennas and Their Design Rules," 2017. <https://doi.org/10.3390/electronics6040099>

Song, Chaoyun, Yi Huang, Jiafeng Zhou, and Paul Carter. "A Novel Compact and Frequency-Tunable Rectenna for Wireless Energy Harvesting." In *2017 IEEE Wireless Power Transfer Conference (WPTC)*, 1–3. IEEE, 2017. <https://doi.org/10.1109/WPT.2017.7953841>

Stolarski, Tadeusz, Yuji Nakasone, and Shigeoka Yoshimoto. *Engineering analysis with ANSYS software*. Butterworth-Heinemann, 2018.

Suh, Young-Ho, Chunlei Wang, and Kai Chang. "Circularly Polarised Truncated-Corner Square Patch Microstrip Rectenna for Wireless Power Transmission." *Electronics Letters* 36, no. 7 (2000): 600-602. <https://doi.org/10.1049/el:20000527>

Takhedmit, H., L. Cirio, B. Merabet, B. Allard, F. Costa, C. Vollaie, and O. Picon. "Efficient 2.45 GHz Rectenna Design Including Harmonic Rejecting Rectifier Device." *Electronics Letters* 46, no. 12 (2010): 811-812. <https://doi.org/10.1049/el.2010.1075>

Técnica Giros "Ángulos, Aperturas y Diagramas... Lo Que 've' La Antena | AntiRadares.Net," 2012. <http://portalvasco.com/blog/2012/03/angulos-aperturas-y-diagramas-lo-que-ve-la-antena/comment-page-1/>

Tutillo León, Edison Rolando. Diseño y evaluación en base a simulación de una antena fractal-triángulo de Sierpinski en la banda UHF. BS thesis. Quito, 2018., 2018.

Wan, Shaopeng, and Kama Huang. "Methods for improving the transmission-conversion efficiency from transmitting antenna to rectenna array in microwave power transmission." *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters* 17.4 (2018): 538-542. <https://doi.org/10.1109/LAWP.2018.2801320>

Weston, David. *Electromagnetic compatibility: methods, analysis, circuits, and measurement*. Crc Press, 2016.

Yu, Hyeonseung, Jongchan Park, KyeoReh Lee, Jonghee Yoon, KyungDuk Kim, Shinwha Lee, and YongKeun Park. "Recent Advances in Wavefront Shaping



Techniques for Biomedical Applications.” *Current Applied Physics* 15, no. 5 (May 1, 2015): 632–641. <https://doi.org/10.1016/J.CAP.2015.02.015>

Zhou, Yuwei, Bruno Froppier, and Tchanguiz Razban. “Radiofrequency Ambient Level Energy Harvesting.” *Wireless Power Transfer* 2, no. 02 (September 16, 2015): 121–126. <https://doi.org/10.1017/wpt.2015.8>

Zixu Zhu S, by B, and Electrical Engineering. “GRAPHENE GEOMETRIC DIODES FOR OPTICAL RECTENNAS,” 2009. <https://search-proquest-com.ucatolica.basesdedatosezproxy.com/docview/1615100386/468F44B5E68748C9PQ/1?accountid=45660>.

LISTA DE ANEXOS:

Anexo A. Análisis Bibliométrico sobre Rectennas en el Software VosViewer.

Anexo B. Fórmulas y Cálculos.

Anexo C. Hoja Técnica del sistema de Transmisión par la Simulación de la Antena Rectificadora (file:///C:/Users/david/Downloads/mx-d-fi-2-4-txrx-duo.pdf).