

28

Fecha de presentación: septiembre, 2019

Fecha de aceptación: noviembre, 2019

Fecha de publicación: enero, 2020

SIMULACIÓN DE UNA ANTENA YAGI UDA UTILIZANDO MÉTODOS DE OPTIMIZA- CIÓN BASADO EN ALGORITMOS GENÉTICOS **SIMULATION OF A YAGI UDA ANTENNA USING OPTIMIZATION METHODS BASED ON GENETIC ALGORITHMS**

Bolívar Agustín Díaz Chang¹

E-mail: bdiaz@uteq.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2094-0089>

Ángel Iván Torres Quijje¹

E-mail: atorres@uteq.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7037-7191>

Ingrid Estefanía Cela Jaramillo¹

E-mail: ingrid.cela2013@uteq.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7052-289X>

Jonathan Alexander Macías Rivera¹

E-mail: jonathan.macias2014@uteq.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5149-2004>

¹ Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición):

Díaz Chang, B. A., Torres Quijje, Á. I., Cela Jaramillo, I. E., Macías Rivera, J. A. (2020). Simulación de una antena Yagi Uda utilizando métodos de optimización basado en algoritmos genéticos. *Universidad y Sociedad*, 12(1), 237-243.

RESUMEN

El artículo aborda la utilización de métodos de optimización basados en AG (algoritmos genéticos) para el diseño de antenas, con el objetivo de obtener una antena yagi uda con parámetros de radiación óptimos que se podrán observar mediante la herramienta de simulación 4nec2. Mediante este método se ajustan las dimensiones físicas del diseño, para obtener una antena yagi uda compuesta por elementos de diferente longitud y espaciados no uniformemente, con el fin de maximizar la directividad del diseño y cumplir con los requerimientos en lo referente a impedancias de la antena, ancho de lóbulos principales y número de lóbulo secundarios, relación frente-atrás. Finalmente, se ejecutó un análisis comparativo de las antenas diseñadas por algoritmos genéticos con respecto a las antenas diseñadas por el método tradicional obteniendo como resultado que evidentemente se logró el objetivo de optimizar la ganancia de las antenas mediante el uso de AG.

Palabras clave: Algoritmos genéticos, antena yagi uda, patrones de radiación, directividad, optimización.

ABSTRACT

The article is about the optimization methods used in AG (genetic algorithms) for the design of antennas, with the aim of obtaining a yagi uda antenna with optical radiation parameters that can be detected by means of the 4nec2 simulation tool. Through this method, the physical dimensions of the design are adjusted to obtain a yagi uda antenna composed of elements of different lengths and not evenly spaced, in order to maximize the directivity of the design and meet the requirements regarding antenna impedances, width of main lobes and number of secondary lobe, front-back relationship. Finally, a comparative analysis of the antennas controlled by genetic algorithms with respect to the antennas controlled by the traditional method was executed, obtaining as a result that obviously the objective of improving the gain of the antennas by using AG.

Keywords: Genetic algorithms, yagi uda antenna, radiation patterns, directivity, optimization.

INTRODUCCIÓN

Las antenas Yagi Uda son frecuentemente utilizadas en diferentes proyectos dentro del ámbito de las telecomunicaciones puesto que permiten trabajar a diferentes frecuencias de recepción y transmisión de señales, para el diseño de una antena Yagi Uda se utiliza el método tradicional basado en la frecuencia de resonancia de la antena y por consecuencia la longitud de onda, este método ha logrado que a lo largo de los años sea usada en múltiples aplicaciones porque permiten obtener características de radiación importantes como alta directividad, alta relación frontal trasera y fácil acoplamiento de impedancias por lo que estas antenas han sido objeto de experimentación y análisis exhaustivos.

La aplicación de métodos numéricos, avances en sistemas computacionales y técnicas de programación han permitido el diseño y mejoramiento en el desempeño de las antenas Yagi Uda, uno de estos métodos se lo conoce como Algoritmos Genéticos que se basa en la teoría evolucionista de Darwin, en primer lugar la selección privilegia a los individuos más aptos dentro de una población, los mismos que tendrán mayor probabilidad de reproducirse, los individuos con mayor descendencia tienen mayor probabilidad de transmitir su código genético a las demás generaciones.

En la actualidad existen artículos publicados en la red cuyos fundamentos teóricos contribuyen al desarrollo de este proyecto, varios de estos tratan sobre los algoritmos genéticos y su aplicación al diseño de la antena Yagi Uda que será objeto de estudio, a continuación, se mencionará algunos de estos artículos.

Linden (2007), aporta en la parte introductoria del presente proyecto mostrando la importancia y ventajas del uso de métodos de diseño de antenas usando AG, los mismos son capaces no sólo de optimizar el rendimiento de los diseños de antena existentes, sino también de crear nuevos tipos de antenas. Al usar un AG es posible preestablecer el rendimiento deseado de una antena y permitir que el mismo evolucione hasta encontrar los parámetros para el diseño que satisfaga los parámetros esperados.

Un importante aporte en la aplicación de los métodos de optimización orientado al diseño de antenas está dado por el artículo desarrollado por John & Ammann (2006), en el que se usa el método de algoritmos genéticos para el diseño de una antena de banda ancha tipo parche en la cual la optimización mediante algoritmos genéticos ha dado un gran potencial en la búsqueda de soluciones no convencionales dentro del ámbito de antenas y electromagnetismo, en el que se puede evidenciar las ventajas de la aplicación de este método y los beneficios

obtenidos para las antenas de parche (Wang, Xiong, & Fang, 2016). El proceso de los algoritmos genéticos comienza con una población de parches generados al azar y, a continuación, se modifica la forma de los parches a través de la selección, cruce y mutación de acuerdo a su rendimiento. Para la implementación de los algoritmos genéticos hacen uso del software Matlab y el rendimiento de cada parche generado por el algoritmo genético se evalúa utilizando CST Microwave Studio, con la técnica de optimización basada en algoritmos genéticos, el ancho de banda mejoró en un 63 % sobre el parche diseñado con el método tradicional (John & Ammann, 2006).

La aplicación de los algoritmos genéticos para el diseño de una antena Yagi-Uda se detalla los siguientes documentos:

Gómez Paredes, Barrero Páez & Celeita (2003), muestran un método de diseño, basado en algoritmos genéticos, para obtener antenas Yagi Uda de características eléctricas óptimas (Linden, 2007). Este método ajusta las dimensiones físicas del arreglo (longitud de los elementos y separación entre ellos), para obtener una antena Yagi Uda compuesta por elementos de diferente longitud y espaciados no uniformemente, con el fin de maximizar la directividad del arreglo, y cumplir requerimientos en cuanto a impedancia de entrada, relación delante- detrás, y nivel de lóbulos laterales (Gestal, et al., 2010). Además, se presentan tres antenas Yagi Uda diseñadas por este método, y se comparan con los resultados para arreglos igualmente espaciados diseñados por varios autores.

De la Asunción, et al. (2009), utilizan como método de optimización, el algoritmo genético que se encuentra implementado en el software Direct Pro, la población inicial del AG está compuesta por 128 cromosomas con 11 genes por cromosomas (Coello, 1995) que ha cobrado tremenda popularidad alrededor del mundo durante los últimos años. Se presentarán aquí los conceptos básicos que se requieren para abordarla, así como un sencillo ejemplo que permita a los lectores comprender cómo aplicarla al problema de su elección. Adicionalmente, se hablará acerca de los diversos ambientes de programación actuales basados en algoritmos genéticos y de las áreas abiertas de investigación. Orígenes En los últimos años, la comunidad científica internacional ha mostrado un creciente interés en una nueva técnica de búsqueda basada en la teoría de la evolución y que se conoce como el algoritmo genético. Esta técnica se basa en los mecanismos de selección que utiliza la naturaleza, de acuerdo a los cuales los individuos más aptos de una población son los que sobreviven, al adaptarse más fácilmente a los cambios que se producen en su entorno. Hoy en día se sabe que estos cambios se efectúan en los genes (unidad

básica de codificación de cada uno de los atributos de un ser vivo. Los cromosomas del AG están compuestos por las longitudes y separaciones de los elementos de la antena Yagi-Uda; los rangos de estos genes fueron escogidos siguiendo estándares de diseño para dichas antenas (Gaspar-Cunha, Takahashi & Henggeler Antunes, 2012) las poblaciones evolucionan en la naturaleza de acorde con los principios de la selección natural y la supervivencia de los más fuertes, postulados por Darwin (1859). Los genes pasan un proceso de análisis para medir cada una las antenas de cada generación de del AG para asignar la aptitud de los individuos (Dorronsoro Díaz, 2006) La tesis está organizada en tres partes fundamentales. En la primera parte se da una introducción al campo de los algoritmos evolutivos en general y a los algoritmos genéticos celulares (cGAs). Con el fin de verificar los resultados obtenidos, aplicaron varias pruebas, entre ellas la construcción de una antena Yagi-Uda optimizada a la cual se le midieron y verificaron sus características electromagnéticas.

Velásquez Silva (2013), implementa un programa computacional que utiliza a los algoritmos genéticos como técnica principal de optimización del diseño de antenas Yagi-Uda (Haupt & Werner, 2007). Este algoritmo consiste en encontrar una distribución física de la antena que genere la mejor distribución radiante para una frecuencia determinada, para ello se definen el espacio de búsqueda (soluciones factibles), los operadores genéticos (cruzamiento y mutación), un indicador de calidad (función objetivo) y las restricciones del problema (Torres Quijije, 2004). Cabe resaltar que el alcance de la presente tesis es el diseño e implementación óptima de un programa computacional más no construcción física de la antena (Velásquez Silva, 2013).

Villar Ledo & Alonso Roque (2013), mencionan que los algoritmos genéticos son una técnica de optimización global, empleados hoy en día en el diseño de antenas. En el artículo definen los principios básicos de estos algoritmos y muestran los resultados obtenidos utilizando estos algoritmos en el proceso de diseño y optimización de tres tipos de antenas, la bocina piramidal, el reflector parabólico y el parche circular.

Por tal razón el objetivo principal del presente proyecto es investigar la aplicación de los métodos de optimización

orientado en el diseño de antenas específicamente de la antena Yagi Uda y mediante una herramienta de optimización encontrar la distribución física para la antena Yagi Uda que muestre los mejores parámetros de radiación para una frecuencia de trabajo determinada.

Este proyecto se desarrolló en 3 etapas, en la primera etapa se realizó una tabla con el análisis comparativo entre los métodos de optimización en donde se dedujo que los AG son el método idóneo para realizar el diseño y optimización de antenas yagi uda porque operan de forma simultánea es decir; si encuentran una solución que no es óptima la desecha y sigue por otros caminos, a diferencia del método tradicional que explora el espacio de soluciones en una dirección al mismo tiempo, y si la solución que descubre no resulta óptima, abandona todo el trabajo realizado para empezar de nuevo, en la segunda etapa se realiza el diseño y simulación de la antena yagi uda por ambos métodos, basado en una frecuencia media de 188Mhz y en la tercera etapa se realiza una comparación entre los parámetros obtenidos en las simulaciones de los diseños obtenidos con los métodos de optimización.

DESARROLLO

Para el desarrollo del artículo se utilizaron materiales que se detallan en la tabla 1.

Tabla 1. Materiales para realizar la simulación.

Materiales de Hardware	Cantidad	Descripción
	2	Ordenadores portátiles
Materiales de software	Características	Descripción
	Herramienta de simulación y optimización de antenas mediante algoritmos genéticos	4NEC2

En la tabla 2 se presentan los parámetros obtenidos en las pruebas realizadas para antenas de 5, 12 y 15 elementos, en donde se puede visualizar que el método tradicional al cambiar el diámetro de los elementos de la antena permite obtener mejores parámetros de radiación es decir mejora la ganancia, la relación frente atrás e impedancia permitiendo obtener como resultados antenas más directivas en comparación con las realizadas mediante el método tradicional.

Tabla 2. Análisis de parámetros obtenidos.

Parámetros	Yagi Uda 5 elementos		Yagi Uda 7 elementos		Yagi Uda 12 elementos		Yagi Uda 15 elementos		Yagi Uda 17 elementos	
	Tradicional	AG	Tradicional	AG	Tradicional	AG	Tradicional	AG	Tradicional	AG
Ganancia [dB]	2.49	8.4	11.24	11.64	12.65	13.10	12.80	13.80	13.05	13.7
Relación frente-atrás [dB]	0.24	39.5	11	25.7	11.1	12.5	15.7	31.5	17.02	20.9
Impedancia [Ω]	17.1-j35.5	23.3+j39.5	29.1+j104	25.5+j17.4	32 + j64.3	28.1+j0.7	4.2+j18.9	6+j41	26.2+j78.9	12.8+j7

A continuación, se representa de forma gráfica la comparación de los patrones de radiación obtenidos en las simulaciones de los diseños realizados con las antenas compuestas por 5, 7, 12, 15 y 17 elementos.

En la figura 1 se puede observar de forma gráfica los datos obtenidos con el diseño y simulación de una antena con 5 elementos mediante la utilización ambos métodos de optimización y que al realizar una comparación entre los mismos, se puede evidenciar de forma clara como cambian las longitudes en todos los elementos que constituyen la antena, pero se mantienen los espaciamientos entre cada uno, permitiendo de esta forma optimizar la ganancia de 2.49 dB a 8.4 dB dando como resultado una antena más directiva al utilizar algoritmos genéticos como técnica de optimización, aumentando también de forma considerable la relación frente atrás de la antena lo cual permitirá ser más resistente a señales que emanen de la parte trasera.

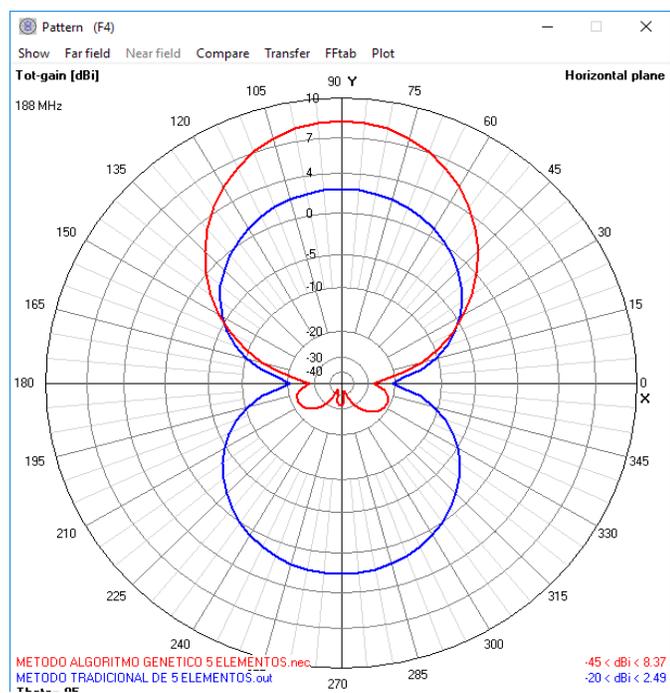


Figura 1. Comparación de parámetros antena yagi uda 5 elementos.

En la figura 2 se puede observar los datos obtenidos con el diseño y simulación de una antena con 7 elementos mediante la utilización de los dos métodos de optimización y que posteriormente al realizar una comparación entre los mismos, se puede evidenciar la diferencia que se presentan en las longitudes y separaciones de todos los elementos que conforman la antena, permitiendo obtener como resultado la optimización considerable en cuanto a la relación frontal trasera la cual aumentó de 11dB a 25.7 dB lo que va permitir que el rechazo a las señales provenientes por la parte trasera de la antena sea más eficiente por la antena diseñada con AG con respecto a la diseñada por el método tradicional, también se obtuvo optimización de la ganancia aunque no se presentó gran diferencia puesto que sólo aumentó 0.40 dB con respecto a la antena diseñada por el método tradicional, finalmente la impedancia disminuyó de 26.2+j78.9 Ω a 12.8+j76 Ω lo cual indica que en el diseño con AG la relación entre la tensión y la corriente en sus terminales de entrada va a ser menor que el otro diseño.

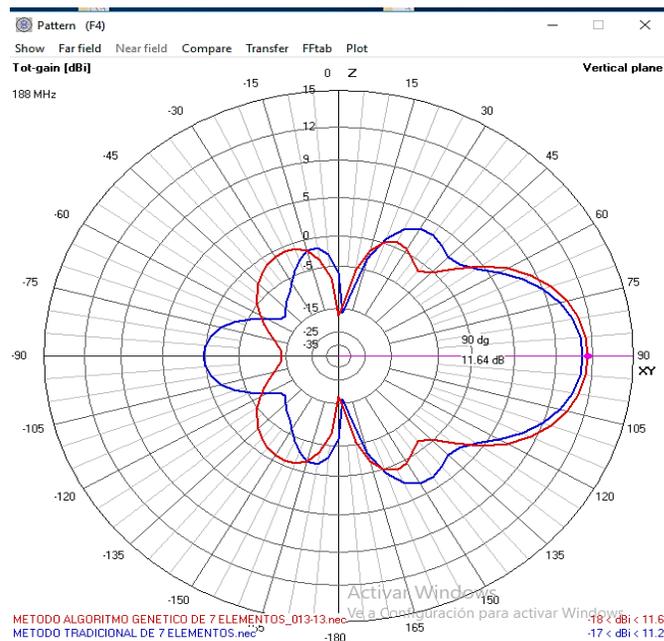


Figura 2. Comparación de parámetros antena yagi uda 7 elementos.

En la figura 3 se observan los resultados obtenidos para la antena de 12 elementos en donde con el diagrama de radiación del método tradicional se obtiene una ganancia de 12.65dB por lo que es menos directiva que el diagrama obtenido con el método de algoritmos genéticos que permite una ganancia de 13.10dB, por ende, la relación frente atrás aumentó de 11.1dB a 12.5dB.

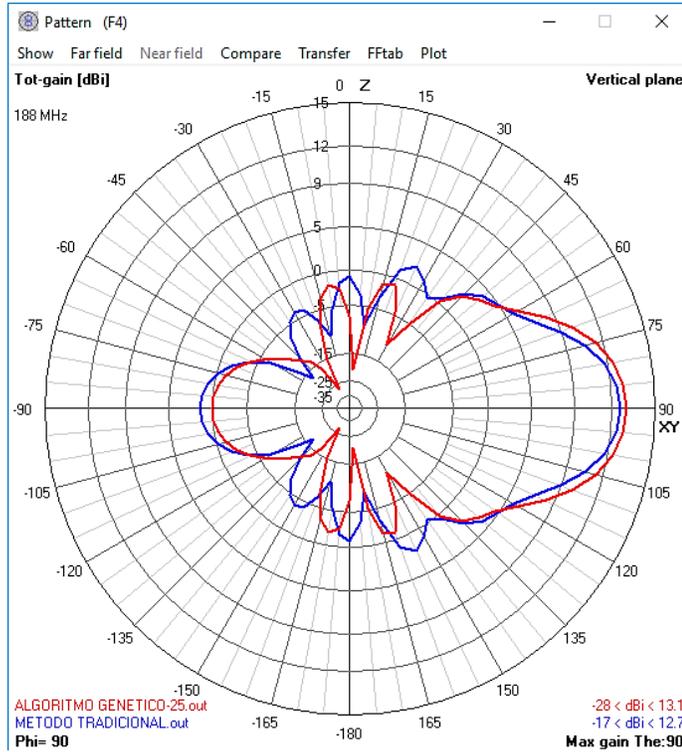


Figura 3. Comparación de parámetros antena yagi uda 12 elementos.

En la figura 4 se puede observar que al igual de las simulaciones anteriores los datos obtenidos con el diseño y simulación de una antena con 15 elementos mediante la utilización ambos métodos de optimización permite evidenciar el cambio de las longitudes de todos los elementos que conforman la antena pero manteniendo la medida del radio de los mismos, finalmente se optimizó la ganancia de 12.80 dB a 13.80 dB dando permitiendo obtener una antenas más directiva y a sus vez más resistentes a señales que sean emitidas en dirección la parte trasera de la antena ya que la relación frontal trasera también aumentó del 15.7dB a 13.5dB al utilizar algoritmos genéticos como técnica de optimización.

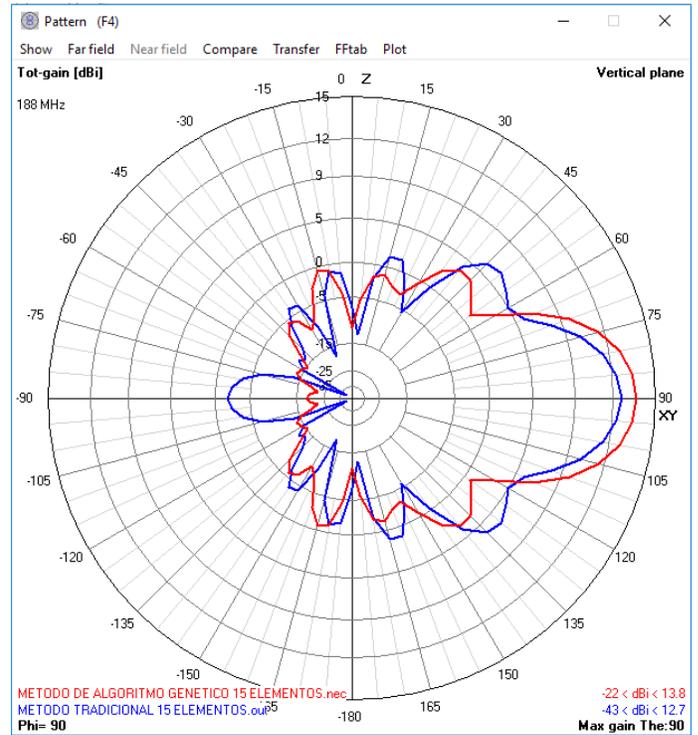


Figura 4. Comparación de parámetros antena yagi uda 15 elementos.

En la figura 5 se puede observar los datos obtenidos con el diseño y simulación de una antena con 17 elementos mediante la utilización ambos métodos de optimización y que al realizar una comparación entre los mismos, se puede evidenciar de forma clara como cambian las longitudes en todos los elementos que constituyen la antena, pero se mantienen los espaciamientos entre cada uno, obteniendo la optimización de la ganancia de 17.2 dB a 20.9 dB obteniendo una antena más directiva mediante la utilización de algoritmos genéticos como técnica de optimización, aumentando también frente atrás de 17.2dB a 20.9 dB que le permitirá ser más resistente a señales que provengan con dirección a la parte trasera de la antena.

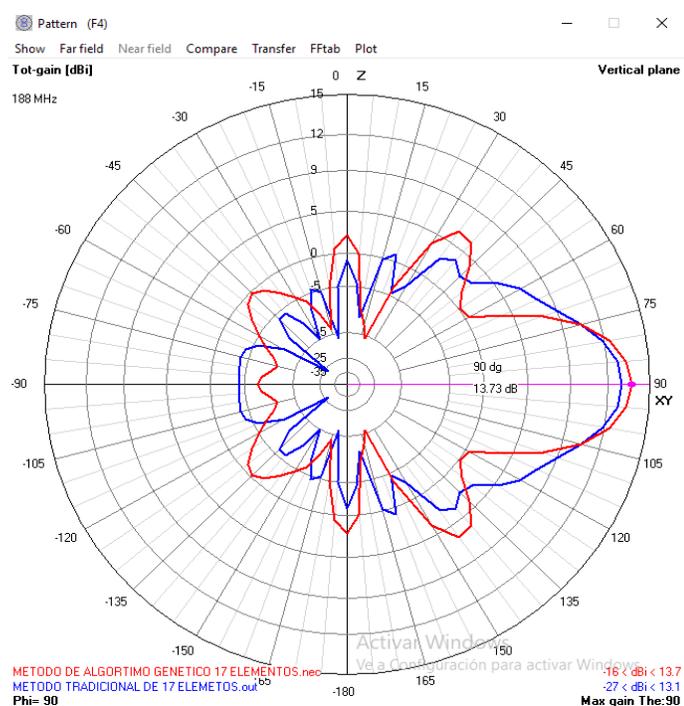


Figura 5. Comparación de parámetros antenna yagi uda 17 elementos.

CONCLUSIONES

El diseño de la antena Yagi Uda por el método tradicional y la aplicación de algoritmos genéticos permitió determinar que este último es el mejor método de optimización por tener descendencia múltiple, es decir pueden explorar el espacio de soluciones en múltiples direcciones a la vez, si un camino no resulta ser una buena opción, pueden eliminarlo fácilmente y continuar el trabajo en otras opciones que permitan tener buenos resultados, brindando una mayor probabilidad en cada ejecución de encontrar la solución óptima, permitiendo obtener mejores parámetros en la optimización.

En el diseño de antenas de tipo Yagi Uda, se demostró que los algoritmos genéticos tienen más efectividad al obtener antenas Yagi de mayor directividad o con mejores características eléctricas que las que se obtienen por medio del método tradicional, permitiendo obtener antenas de menor tamaño y menor cantidad de material que las del método tradicional de diseño.

El análisis comparativo de las antenas Yagi Uda diseñadas por el método tradicional y por el método de algoritmos genéticos muestra cambios en el parámetro de la ganancia donde se demostró que por medio de la técnica de los algoritmos genéticos AG, se puede obtener una antena con ciertas dimensiones físicas y ciertos requerimientos para un régimen de trabajo específico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Gómez Paredes, J. C., Barrero Páez, L., & Celita, R. (2003). Diseño de antenas Yagi Uda usando algoritmos genéticos. *Ingeniería*, 8(2), 19–24.
- Coello, C. (1995). Algoritmos Genéticos y sus Aplicaciones. Soluciones Avanzadas. Tecnologías de Información y Estrategias de Negocios, 3(17), 5-11.
- De La Asunción López, E. C., Zurek Varel, E.E., Ripoll Solano, L. A., & Hernández Cantillo, J. E. (2009). Algoritmos genéticos aplicados a la optimización de antenas Yagi-Uda. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 8(15), 105-114.
- Dorronsor Díaz, B. (2006). *Diseño e implementación de algoritmos genéticos celulares para problemas complejos*. (Tesis doctoral). Universidad de Málaga.
- Gaspar-Cunha, A., Takahashi, R., Henggeler Antunes, C. (2012). Manual de Computação Evolutiva e Metaheurística. Universidade de Coimbra.
- Gestal, M., Rivero, D., Rabuñal, J. R., Dorado, J., & Pazos, A. (2010). *Introducción a los algoritmos genéticos y la programación genética*. Universidad de Coruña.
- Haupt, R. L., & Werner, D. H. (2007). *Genetic algorithms in electromagnetics*. Wiley.
- John, M., & Ammann, M. J. (2006). Design of a wide-band printed antenna using a genetic algorithm on an array of overlapping sub-patches. (Conference). *IEEE International Workshop on Antenna Technology*.
- Linden, D. S. (2007). Innovative antenna design using genetic algorithms. *Creative Evolutionary Systems*, 487–510.
- Torres Quijije, Á. I. (2004). Estudio y metodología de diseño de antenas usando algoritmos genéticos. (Proyecto Previo a la obtención del Título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones). Escuela Politécnica Nacional.
- Velásquez Silva, J. (2013). *Optimización del diseño de antenas Yagi-Uda usando algoritmos genéticos*. (Tesis para optar el título de Ingeniero Electrónico). Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Villar Ledo, L., & Alonso Roque, Y. (2013). Algoritmos Genéticos aplicados a la optimización de antenas. *Revista Telemática*, 12(3), 21–31.

Wang, D., Xiong, H., & Fang, D. (2016). A Neighborhood Expansion Tabu Search Algorithm Based On Genetic Factors. *Open Journal of Social Sciences*, 4(3), 303–308.