

## Antenas elaboradas con material reciclable con fines didácticos

MARTÍNEZ, Salvador\*†, ENCISO, Angélica, ARRIETA, Juan Alejandro y AGUILAR, Itzel

Recibido Octubre 3, 2017; Aceptado Noviembre 17, 2017

### Resumen

El presente artículo tienen la finalidad de mostrar el aprovechamiento de materiales reciclables en la construcción de antenas de diferentes modelos, orientados a usos específicos que se ajusten a estándares internacionales, pero con menores costos de producción, ya que se reutilizan materiales que podrían ser consideradas como basura. El objetivo es armar antenas de tipo didáctico educativas que puedan ser elaboradas por estudiantes del área de telecomunicaciones, y orientadas a satisfacer la recepción de señales de alta definición para televisiones. En este artículo se presentan varios apartados, iniciando con una introducción sobre el aspecto físico que permite la recepción de señales electromagnéticas a través de un medio como lo es una antena, las características y formas de onda receptoras, presentando la metodología para especificar el prototipo de construcción de cada uno de los de los modelos que se ocupan y la relación con el material reciclable en su construcción, además las formas de onda de las señales receptoras y los resultados obtenidos en las antenas prototipo, las cuales tendrán un funcionamiento óptimo similar o incluso superior a las antenas que se venden en el mercado.

**Antena, ondas, señales, reciclables**

### Abstract

The purpose of this article is to show the process to take advantage of recyclable materials and to construct antennas of different models, oriented to specific uses that conform to international standards, but with lower costs of production, since reutilizan materials that could be considered as garbage. The objective is to build educational didactic antennas that can be developed by students in the telecommunications area, and aimed at satisfying the reception of signals in the reception of high definition signals for televisions. This article presents several sections, beginning with an introduction on the physical aspect that allows the reception of electromagnetic signals through a medium such as an antenna, receiver characteristics and waveforms, in addition, a methodology is presented to specify The prototype construction of each of the models that are dealt with and the relationship with the recyclable material in its construction, besides the waveforms of the receiver signals and the results obtained in the prototype antennas, which will have an optimal operation Similar or even superior to the antennas that are sold in the market.

**Antennas, waves, signs, recyclable**

**Citación:** MARTÍNEZ, Salvador, ENCISO, Angélica, ARRIETA, Juan Alejandro y AGUILAR, Itzel. Antenas elaboradas con material reciclable con fines didácticos. Revista de Sistemas Computacionales y TIC'S 2017, 3-10: 13-20

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: smpagola2000@gmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

Las antenas son elementos básicos que conforman todo tipo de sistemas de telecomunicaciones, una antena es un dispositivo metálico capaz de recibir y radiar ondas electromagnéticas del y hacia el espacio, son dispositivos que adaptan ondas guiadas desde conductores hasta el espacio libre. [1]

Este artículo tiene la finalidad de mostrar que se puede llevar a la práctica la producción de antenas para captar señales de televisión de alta definición, de manera didáctica, y a través de las cuales estudiantes de telecomunicaciones pueden entender su funcionamiento y practicar con sus parámetros básicos como lo son longitud de onda, potencia, intensidad de radiación y sus unidades básicas [2]. Al tiempo de fomentar la praxis de un elemento técnico en los estudiantes, estos también pueden aprovechar el armado de los dispositivos utilizando material de origen reciclable, por lo que la idea es ocupar los elementos teóricos de construcción y combinarlos con un desarrollo práctico usando material de tipo reciclable que permita generar antenas de recepción de alta definición de Televisión (HDTV) bajo las normas de transmisión necesarias para TV, que se acerquen o incluso superen a las antenas que se encuentren en el mercado en cuanto a calidad y capacidad receptiva dentro del rango de frecuencias necesario.

Elementos teóricos como longitud de onda, frecuencia, periodo, intensidad, patrones de irradiación y campos electromagnéticos se vuelven fundamentales dentro del proceso de enseñanza aprendizaje, y este tipo de esfuerzos es necesario realizar, ya que el estudiante no logra dimensionar de manera cognitiva cuál es el alcance de todos estos elementos y parámetros en el campo y en la aplicación real [3]. Para ello se presenta este artículo, donde se documenta en diferentes secciones, el proceso que se sigue para la generación de los modelos prototipo.

Primeramente se presenta una sección de justificación, en donde se indica la importancia de este proyecto y la hipótesis del mismo.

Se provee también un marco teórico donde se explica la teoría general de antenas y se especifica lo correspondiente a los tipos de antenas que se desarrollan en el presente artículo.

Posteriormente en la sección de desarrollo, se muestra como se producen los ejemplos prototipos, se contrasta la teoría con las necesidades prácticas, se documenta la selección de materiales en su mayoría de tipo reciclable y la manera en que estos se ensamblan para generar los prototipos finales.

Después se documenta una sección de pruebas y resultados, en la cual se compara el funcionamiento con antenas similares en el mercado, en donde se comparan las capacidades de recepción de cada una de ellas, así mismo se muestran los resultados de funcionamiento comparativo.

Finalmente en las conclusiones, que son las consideraciones finales, se explican las ventajas y desventajas de utilizar una técnica como esta, además de las posibilidades no solo didácticas o técnicas que se puedan generar, sino también de mercadotecnia o incluso de desarrollo empresarial.

En particular este artículo busca difundir experiencia de buenas prácticas en el área de telecomunicaciones, especialmente dentro del rubro de antenas.

## Justificación

A medida de que los estudiantes de nivel superior del Instituto Tecnológico de Pachuca, avanzan en la adquisición de competencias, se plantea la opción de generar prácticas reales en la asignatura de Fundamentos de Telecomunicaciones de las carreras del área sistemas computacionales, lo anterior permite darle fortaleza y praxis a lo aprendido por los estudiantes y poder generar la hipótesis de que con la teoría y el adecuado trabajo práctico, se pueden construir prototipos de antena elaboradas con material reciclable para HDTV, con al menos las mismas características del mercado, utilizando material de reúso.

## Marco Teórico

Como se ha mencionado, una antena es capaz de emitir o captar ondas electromagnéticas, y un campo electromagnético tiene por tanto asociado él una región por donde se propagan las ondas electromagnéticas, es decir el conjunto de campos eléctrico y magnético, siendo el movimiento de electrones, ondas, dentro de un metal conductor el origen de dichos campos. Dichas ondas se mueven a una velocidad de 300000 Km/s, que es la velocidad de la luz en el vacío. [4]

Los parámetros de una antena que delimitan la funcionalidad de la misma son [4]:  
Ancho de banda: o margen de frecuencias dentro de las cuáles la antena funciona.

Directividad: Potencia y dirección máximas de radiación a una cierta distancia.

Ganancia: Relación entre la potencia radiada y la dirección del máximo a una cierta distancia.

Impedancia: Obtención de la máxima potencia con el mínimo de pérdidas al acoplarse al transmisor o receptor.

Anchura de Haz: Es la forma de radiación emitida o aceptada, ligada al diagrama de radiación. Ver Figura 1.

Polarización: Es la figura geométrica que traza el extremo del vector campo eléctrico a una cierta distancia de la antena. [5]

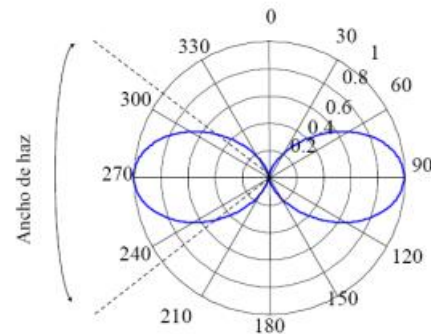


Figura 1. Ancho de Haz a 3 db

Fuente: [3]

En la Figura 1, se hace referencia a los dB, llamados decibelios, y es la medida en la cual se puede obtener la ganancia de una antena en cuanto a su potencia de entrada y de salida y está definida por [3]:

$$G_p = 10 \log (P_a/P_b) \quad (1)$$

Donde  $G_p$  es la relación de ganancia,  $P_a$  es la potencia en watts del Pa y  $P_b$  es la potencia en watts del punto b.

Para que una antena pueda transmitir o recibir una señal la frecuencia a la que trabaja debe ser inversamente proporcional a su tamaño, lo cual responde a la teoría fundamental del dipolo básico y consta de un conductor y en el centro un emisor o receptor de potencia, mientras que el tamaño de la antena está definido por [4]:

$$\lambda * f = C \quad (2)$$

Donde  $\lambda$  = Longitud de onda,  $f$  = Frecuencia y

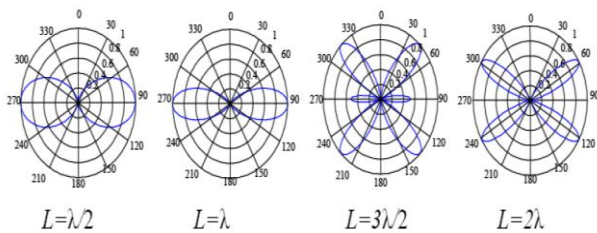
$$C = \text{Velocidad de la luz } (3 \times 10^8 \text{ m/s})$$

Y el tamaño de la antena está definido por [4]:

$$L_a = \lambda/2 \quad (3)$$

Donde  $L_a$  es el tamaño de la antena (conductor).

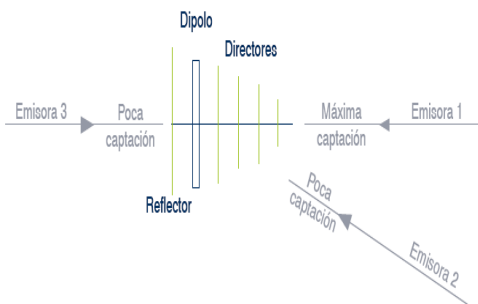
De lo anterior podemos obtener que combinando (2) y (3), para una frecuencia de 266 MHz, frecuencia máxima de transmisión de alta definición en TV [5], necesitamos una antena dipolo de 0.56 m.



**Figura 2** Diagramas de radiación/recepción de un Dipolo para diferentes Longitudes de onda

Fuente: [5]

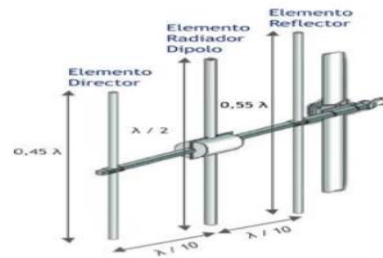
La teoría de la antena que también se desarrolla en la práctica es de una antena tipo yagui. Este tipo de antenas se seleccionó porque es ampliamente utilizada en recepción de señales de TV, dada su capacidad de direccionar la recepción. La forma estructural de una antena yagui, se presenta en la Figura 3. La directividad se basa en los componentes directores de la antena, el reflector permite eliminar las frecuencias no deseadas, es decir, funciona como un escudo para no recibir las frecuencias indeseadas [6].



**Figura 3** Forma estructural de unja antena yagui y sus componentes

Fuente: [6]

En la Figura 4. Se presentan los parámetros estructurales de una antena tipo yagui, tanto del elemento radiador dipolo, elemento director y elemento reflector, relacionados todas con la longitud de onda, además de la separación entre estos elementos. Estas cantidades son el soporte teórico para poder construir el prototipo de la antena física en la etapa de desarrollo [4].



**Figura 4** Elementos estructurales de una antena yagui y sus parámetros

Fuente: [4]

### Desarrollo

En esta etapa, los estudiantes de la materia de Telecomunicaciones deben de generar sus antenas prototipo, basados en material reciclable, en cuanto a la metodología de construcción para prototipos de antenas dipolo y yagui para televisión se tienen los siguientes puntos:

1. Se contempla la teoría de los parámetros y elementos estructurales de una antena.
2. Se consideran los elementos reciclables para construcción de prototipos:
  - a. Para antenas tipo dipolo:
    - i. Tubo PVC de 3/4 de pulgada y codos.
    - ii. Latas de soda.
    - iii. Cable coaxial para TV y cable para antena plano 300 Ohms.
    - iv. Convertidor UHF/VHF

- b. Para antenas tipo yagui:
- i. Tubo de PVC o trozos de madera.
  - ii. Alambres de ganchos de ropa.
  - iii. Convertidor UHF/VHF
  - iv.

### 3. Armado de antenas.

En el proceso de armado de antenas se considera la parte teórica y el proceso de construcción generando modelos para cada tipo de antena. Se ensamblan respetando la estructura original de cada antena, con los parámetros que ordena el arreglo estructural, indicado en el marco teórico.

#### Antena Dipolo:

Para una frecuencia de recepción media de 266 MHz, se tiene una Longitud de dipolo de 0.56 m.



**Figura 5** Ejemplo de antena dipolo elaborada con material reciclable

*Fuente: Elaboración propia*

El mástil es de 1.10 m., e internamente se conecta un cable bipolar de antena, este se conecta con un codo a el tubo de PVC que mide 0.56m. (el cual es el sustento del dipolo).

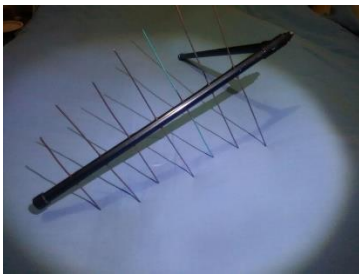
A su vez, a los extremos se atornillan dos latas de aluminio comunes de cada lado e internamente el cable bipolar de antena se conecta a cada lata a través de dichos tornillos, el cable llega hasta la parte inicial del tubo mástil y ahí se conecta al convertidor UHF/VHF (del inglés UHF=Ultra alta frecuencia y VHF=Muy alta frecuencia), el cual finalmente se conecta a una entrada de TV a través de un cable coaxial para señales de televisión.

Para el caso de la antena yagui el proceso es similar, de la Figura 4, se puede obtener la longitud del elemento dipolo radiador, que es precisamente igual a la de la antena dipolo  $\lambda/2$ , si se obtiene la longitud de la antena para el dipolo para una frecuencia también de 266 MHz, entonces se obtendría un dipolo de 0.56 m. En el caso de la antena yagui, se necesitan elementos adicionales, directores y reflectores, para obtener las longitudes respectivas, asumiendo las fórmulas también de la Figura 4, se tiene que:

Para el reflector:  $0.55 * \lambda = 0.55 * 0.56 = 0.30$  m.

Para el primer director:  $0.45 * \lambda = 0.45 * 0.56 = 0.25$  m. La distancia entre los elementos es de  $\lambda/10$  como se aprecia en la Figura 4. Por lo que de la ecuación (2) se tiene que la separación entre elementos de la antena yagui es  $(0.56)/10 = 0.11$  m.

Las secciones reflectoras, reflejan la señal y las directoras orientan la señal en una dirección, por lo que este tipo de antenas deben de ser orientadas hacia la fuente de las ondas emisoras, además de tener línea de vista sin obstáculos de preferencia. Los materiales utilizados para esta antena son tubo de PVC, alambres de ganchos de ropa y cable plano bipolar, además del convertidor UHF/VHF. En la Figura 6, se aprecia el prototipo de antena yagui.



**Figura 6** Ejemplo de antena yagui elaborada con material reciclable

*Fuente: Elaboración propia*

### Pruebas y resultados

Una vez que se tuvieron los prototipos, se procedió a probarlos con una TV digital con entrada de antena UHF/VHF coaxial. Se probaron las antenas elaboradas por los estudiantes y antenas compradas en el mercado del mismo tipo, dipolo y yagui, las pruebas fueron bajo el mismo escenario, es decir condiciones iguales:

1. Misma azotea con mastil de altura a 2 m. del piso.
2. Línea de vista directa hacia las repetidoras de la localidad.
3. Mismo TV receptor digital, tipo SmartTV, ubicado a igual distancia.
4. Conexión de antena a TV y escaneo de canales automático.

Después de realizar las pruebas necesarias se obtuvieron los siguientes resultados mostrados en la Tabla 1 para ambos tipos de antena en cuanto a calidad de imagen recibida, siendo E= Excelente (sin lluvia), B=Buena (muy pocos píxeles de lluvia), R=Regular (algunos píxeles de lluvia) y M= Mala (Franjas de píxeles con lluvia y/o poco visible):

Canales Detectados	Yagui mercado	Yagui prototipo	Dipolo mercado	Dipolo prototipo
2 México	B	B	B	B
3 Local Pachuca	B	B	B	B
5 México	B	B	B	B
7 México	B	B	B	B
9 México	R	R	B	B
13 México	R	B	R	R
22 México	B	R	B	B

**Tabla 1** Comparativo de antenas en cuanto a imagen recibida en TV digital

*Fuente: Elaboración propia*

En la Figura 7, se puede apreciar la señal abierta del canal local de la ciudad de Pachuca Hidalgo, que es el canal 3 de Radio y TV de Hidalgo.



**Figura 7** Canal 3 de TV local de la ciudad de Pachuca Hgo, con prototipo de antena Dipolo

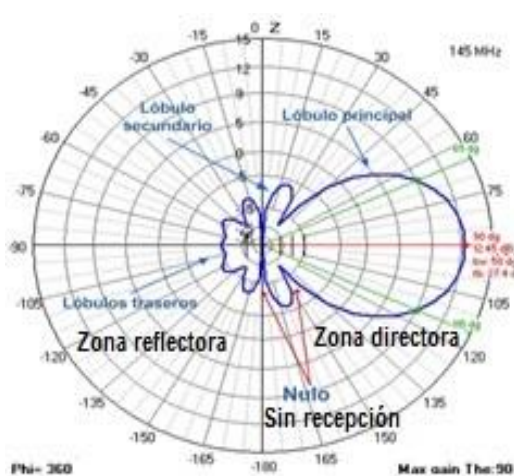
*Fuente: Elaboración propia*

También se realizaron gráficas de patrones de emisión y recepción, midiendo con frecuenciómetros los desempeños de las antenas, obteniéndose resultados similares en ambos casos.



Dentro de los resultados obtenidos los patrones de recepción están orientados a una dirección en las Antenas yagui, y en dos direcciones o lóbulos para las antenas dipolo, para las antenas probadas basadas en los prototipos, se respetó este patrón.

En la Figura 8, se muestra en forma de espectro de señal, el resultado característico de una prueba para la antena yagui prototipo elaborada por los estudiantes.



**Figura 8** Prueba a 145 MHz en Antena yagui de 7 elementos, prototipo. Dirección máxima ganancia en 90°

Fuente: Elaboración propia

## Conclusiones

Finalmente, y tras haber concluido las diferentes prácticas durante ya 3 semestres continuos, (01 y 02 2016 y 01 2017) en la asignatura de Telecomunicaciones, dentro del Instituto Tecnológico de Pachuca, se puede advertir que se concluye lo siguiente:

1.- La hipótesis planteada en un inicio se demuestra, haciendo posible que antenas prototipo hechas de material reciclable, tengan un funcionamiento al menos similar que las del mercado.

2. Se demuestra que los estudiantes, pueden contrastar sus conocimientos teóricos en la práctica, haciendo prototipos funcionales.

3. Como se puede ver en los resultados, el comportamiento de ambas antenas en cada tipo, es similar en cuanto a calidad de imagen, bajo las mismas circunstancias, además de que se respetan los patrones de radiación dentro de las antenas prototipo.

4.- Este tipo de desarrollos, permite a los estudiantes innovar y generar sus propios experimentos, aumentando su autoestima al obtener resultados positivos y por supuesto su capacidad en el desarrollo de competencias tanto específicas como transversales, en el año 2016, este proyecto ganó en el Evento Nacional de Innovación Tecnológica en su fase local, clasificando a la etapa regional, del Tecnológico Nacional de México.

5. El costo de la construcción de las antenas fue en ambos casos inferior al costo de los productos del mercado, generando así un ahorro significativo en su producción.

6. El presente proyecto contribuyó no solo al desarrollo de conceptos e integral del alumno, sino que permitió observar la importancia de este tipo de elementos en la realidad, ya que bajo la teoría manejada y la relación con su uso en la realidad se enmarcan funcionalidades que tienen que ver con otras competencias como modulación, multiplexación, ortogonalidad, digitalización entre otros aspectos que son básicos en las telecomunicaciones y sus aplicaciones. [7]

Si bien es cierto, que solo son prototipos, existe la posibilidad de que puedan ser mejorados y podrían ser fuente de algún proyecto de incubación de empresa, con la finalidad de producirlos en serie y aprovechar el efecto de utilización de materiales de reciclado.

Este proyecto demuestra que de un aspecto básico-teórico enfocado a la tecnología, se pueden generar productos reales que funcionan de manera eficiente y ser llevados más allá, con un posterior y acertado modelo de negocio, lo cual es fundamental para presentar proyectos de innovación que requieren tener un soporte mercadológico y viabilidad de negocios bien respaldados en bajo algún marco de referencia, como lo es canvas, donde se sugieren 9 elementos de actuación para plantear un modelo de negocio de manera formal, enfocándose a la estructura, socios, clientes, valor en el mercado y financiamiento. [8]

### Referencias

- [1] Vielma, M. (2005). Introducción a las Antenas. *e-oss. astrónomos*". < <http://www.astrónomos.cl/conocimientos/avanzado/Presentacion-antenas.pdf>>.
- [2] Aznar, Á. C., Robert, J. R., Casals, J. M. R., Roca, L. J., Boris, S. B., & Bataller, M. F. (2004). *Antenas* (Vol. 3). Univ. Politèc. de Catalunya.
- [3] Berral, I. (2016). Instalación de antenas de Televisión, Paraninfo, S.A.
- [4] García, A. (2010). Cálculo de Antenas, Marcombo Ediciones Técnicas.
- [5] Huidobro, J.M. (2013). Antenas de Telecomunicaciones, Revista Digital, CEDRO.
- [6] Anguera, J, Pérez A (2008). Teoría de Antenas, Guía de estudio, Creative Commons.
- [7] Lathi, B.P. (1980). Introducción a la teoría y Sistemas de Comunicación. Ed. Limusa
- [8] Caldas M. E. (2015) La idea emprendedora el modelo Canvas. Editex.