



17 del 24 al 28 de noviembre de 2014
**CONVENCIÓN CIENTÍFICA
DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**
PALACIO DE CONVENCIONES DE LA HABANA



DISEÑO DE UNA ANTENA LOGARÍTMICA PERIÓDICA IMPRESA EN LA BANDA DE 470-890 MHz

**Daniel Angel Rodas Sansón¹, Fidel Alejandro Fernández Carcasés², Ing. Danelys Rodríguez Avila³
DrC. Francisco Marante Rizo⁴**

ISPJAE, calle 114 No. 11901 e/ Ciclovía y Rotonda Marianao, La Habana, Cuba

¹jorgedelgado@infomed.sld.cu

²atelefide@hotmail.com

³danelys@electronica.cujae.edu.cu

⁴marante@electronica.cujae.edu.cu

RESUMEN

En los últimos tiempos, con el auge de la televisión digital se ha hecho imprescindible el diseño novedoso de dispositivos para la recepción de la señal. El presente trabajo está enfocado en la obtención de una antena en tecnología impresa en la banda de 470-890 MHz para los servicios de televisión. En el mismo se analizan las principales características de las antenas de microcintas y de las logarítmicas periódicas (LPDA) como son la impedancia de entrada, diversas configuraciones, modos de alimentación; analizando las ventajas y desventajas que puede traer la fusión de ambas para el diseño. También se propone un grupo de consideraciones para el diseño de la antena, tomándose como principales objetivos lograr un menor tamaño del dispositivo, un bajo perfil y un buen rendimiento para la banda de frecuencias deseada. Las simulaciones del diseño en el software Ansoft HFSS v12 son analizadas, corroborando el cumplimiento de las metas iniciales.

PALABRAS CLAVES: televisión, recepción, antena, microcintas, logarítmicas.

470-890 MHz LOG PERIODIC MICROSTRIP ANTENNA

ABSTRACT

In the last times, the improvement of the digital television has opened to the novel design of devices for the reception of the sign. The present work is focused in the obtaining of an antenna in printed technology in the band of 470-890 MHz for the television services. In the same one the main characteristics of the microstrip antennas are analyzed and of the logarithmic periodic (LPDA) as they are the entrance impedance, diverse configurations, feeding ways; analyzing the advantages and disadvantages that can bring the coalition of both for the design. Also intends a group of considerations for the design of the antenna, taking as main objectives to achieve a smaller size of the device, a low profile and a good yield for the wanted band of frequencies. The simulations of the design in the software Ansoft HFSS v12 is analyzed, corroborating the execution of the initial goals.

KEY WORDS: television, reception, antenna, microstrip, logarithmic.

1. INTRODUCCIÓN

En la tarea de emigración hacia la tecnología de televisión digital en que nos encontramos inmersos, sin lugar a dudas, es imperante obtener sistemas radiantes pequeños, de bajo perfil, que cubran el ancho de banda de interés, con características de radiación adecuadas, a un coste razonable.



Entre las estructuras más utilizadas para dicha aplicación se encuentran los arreglos de antena logarítmica periódica de dipolos, un conjunto de dipolos unidos y alimentados de forma alterna a través de una línea de transmisión común.

Por otra parte, las antenas de microcintas han demostrado ser sistemas de recepción muy atractivos, debido a su pequeño tamaño, poco peso, movilidad y la variedad de modelos que pueden ser diseñados para cubrir un gran número de servicios.

Es por eso que esta investigación pretende integrar ambos tipos de antenas de manera que se aproveche las ventajas que poseen cada una por separado.

2. ANTENA LOGARÍTMICA IMPRESA

En este apartado se discutirán el diseño y simulación de una Antena Logarítmica Periódica Impresa (LPDA por sus siglas en inglés) que cubra la banda de televisión digital (470-890 MHz), con el fin de utilizarla para los servicios que operen en la misma. Mediante un proceso de optimización se llevará a cabo el estudio de las variables geométricas como el ancho, el largo y la separación de los dipolos.

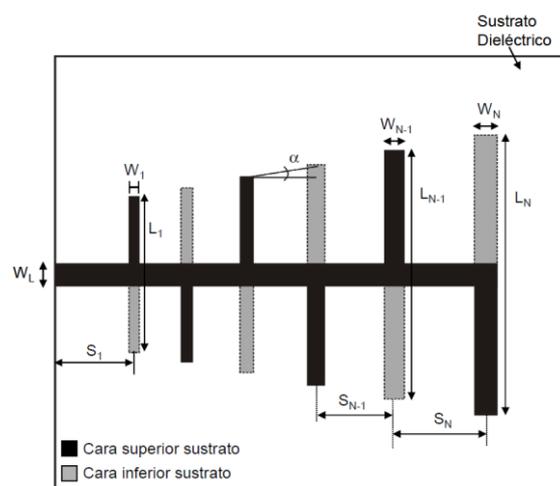


Figura 1: Propuesta de diseño.

La frecuencia central del diseño es 680 MHz. Para el mismo se utiliza el sustrato de doble capa de FR4 (fibra de vidrio) con las características:

- permitividad $\epsilon_r = 5.4$.
- tangente de pérdidas $\alpha = 0.02$.
- grosor o altura del sustrato $h = 1.5$ mm.
- grosor o altura de la capa de cobre conductor $t = 0.035$ mm.

Para el diseño de la línea de alimentación de microcinta se utilizó el modelo de línea de transmisión (1) y las ecuaciones aplicadas en el cálculo de antenas LPDA convencionales (2).



17 del 24 al 28 de noviembre de 2014
**CONVENCIÓN CIENTÍFICA
DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**
PALACIO DE CONVENCIONES DE LA HABANA



Como se puede observar en la Figura1, los dipolos están situados en ambas caras del sustrato dieléctrico con esta configuración se obtiene la correcta alimentación en fase de los distintos dipolos sin necesidad de incluir elementos adicionales para la simetrización del sistema. Los dipolos impresos están periódicamente escalados en todas sus dimensiones (longitud, anchura y separación respecto al elemento anterior).

Las dimensiones de la antena cumplen la siguiente relación, obtenida de las antenas logarítmicas periódicas tradicionales:

$$\tau = \frac{L_m}{L_{m+1}} = \frac{S_m}{S_{m+1}} = \frac{W_m}{W_{m+1}} \quad (1)$$

donde τ es el factor de escala de la antena, L_m es la longitud del elemento m , S_m es la separación entre el elemento m y el $m-1$ y W_m es su anchura.

La alimentación de la antena se realiza mediante una línea de transmisión, impresa en las dos caras del sustrato, que alimenta todos los dipolos que conforman la antena. Tal y como sucede en las antenas log-periódicas de alambre, la conexión de la alimentación se realiza de forma que el primer dipolo alimentado sea el más pequeño. Con esta disposición se obtiene la progresión de la alimentación necesaria para cada uno de los dipolos (3).

El dipolo más grande de la antena se diseña a la frecuencia más baja de funcionamiento y el dipolo más pequeño a la frecuencia más alta. Evidentemente, las longitudes de los dipolos dependen del tipo de sustrato utilizado para realizar la antena.

La longitud total de la línea de alimentación del dipolo es de media longitud de onda ($\lambda_g/2$), que es la distancia mínima necesaria para conformar totalmente la onda y que el dipolo impreso se comporte como tal. El ancho $W_L = 2.5\text{mm}$ se escogió a partir de los resultados obtenidos en el software PCADE para las características del dieléctrico y la impedancia de entrada deseada (50ohm) (4).

El diseño se comenzó por el dipolo más grande cuya frecuencia deseada fue 500 MHz, escogiendo inicialmente 0.5λ de longitud. El mismo se parametrizó hasta lograr resonancia en 500 MHz, quedando como valor final 0.38λ , sensiblemente inferior al tradicional. Esto se debe a los efectos del sustrato en la antena (5). En la Fig. 4 se muestra las pérdidas de retorno para dicho dipolo.

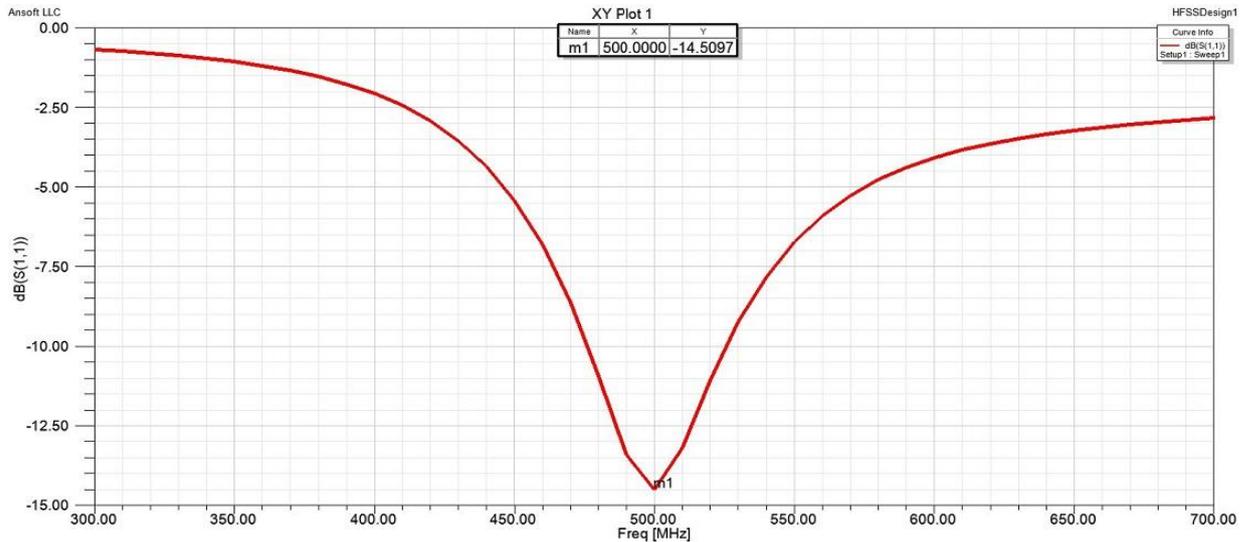
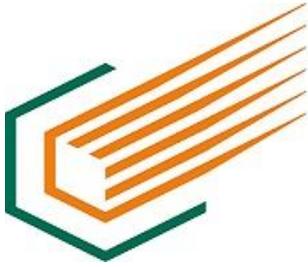


Figura 2: Pérdidas de retorno del dipolo más grande.

El ancho del dipolo mayor se tomó $W_{dip}=W_L=2.5\text{mm}$, pero luego de una parametrización se concluyó que el valor que garantizaba mejor ancho de banda era $W_{dip}=3.5\text{mm}$

Factor de escala τ :

El factor de escala de la distribución logarítmica periódica es seguramente el parámetro más importante y crítico en el diseño de la antena. Este factor, que por definición debe ser menor que la unidad, controla el grado de solapamiento entre las frecuencias de resonancia de dos dipolos consecutivos de la antena. Un valor de τ grande provoca un gran solapamiento en la frecuencia de resonancia de los dipolos, por lo que se necesitará un gran número de éstos para cubrir un ancho de banda grande. Si se reduce el valor de τ , el solapamiento es cada vez menor, hasta que éste llega a ser nulo y se obtienen dos bandas de frecuencias de funcionamiento separadas. El comportamiento de la directividad y ganancia de la antena en función del factor de escala es inverso al que provoca en las características de reflexión (frecuencia), es decir, si aumenta el valor de τ aumenta la ganancia de la distribución.

Los valores típicos que adopta el factor de escala en el diseño de las antenas LPDA tradicionales están en el intervalo entre 0.7 y 0.95. En el diseño de esta antena se tomó un valor inicial para el factor de escala $\tau=0.88$ ya que es el más común utilizado en la bibliografía (6).

Una vez determinado el factor de escala, y a partir de la longitud y frecuencia de resonancia del dipolo más grande, se pueden obtener las dimensiones del resto de los dipolos y, consecuentemente, las frecuencias de resonancia de cada uno de ellos. El número de dipolos necesarios depende del ancho de banda deseado, en este caso no se siguieron los procedimientos habituales para determinar el número de elementos de las LPDA sino que, se fue variando el factor de escala τ a conveniencia para lograr minimizar el número elementos y cubrir toda la banda, optimizando así, tamaño y rendimiento.

Los factores obtenidos después de varias simulaciones fueron:

- $f_{c1}=500\text{Mhz}$
- $f_{c2}=f_{c1}/\tau=568\text{Mhz}$, $\tau=0.88$
- $f_{c3}=f_{c2}/\tau=640\text{Mhz}$, $\tau=0.89$
- $f_{c4}=f_{c3}/\tau=710\text{Mhz}$, $\tau=0.90$



En el apartado siguiente (figura 4) se podrá comprobar que con la variación escogida de τ se cubre toda la banda deseada, por lo cual no es necesario agregar más elementos al diseño.

Una vez obtenido el número de dipolos necesarios y la longitud de cada uno de ellos, se requiere conocer la separación entre los elementos, comenzando por los dos elementos más grandes de la distribución. El resto de las separaciones entre los dipolos estarán relacionadas por el factor de escala elegido, excepto la separación entre el dipolo más pequeño y el punto de alimentación. Para el cálculo de la separación entre los dos elementos más grandes de la antena se utilizaron nuevamente las fórmulas de diseño de las antenas LPDA tradicionales. (4)

3. RESULTADOS FINALES

Una vez optimizado el diseño propuesto, se obtiene el prototipo de antena logarítmica periódica impresa en la banda de 470-890 MHz para las siguientes dimensiones (Tabla1):

No.	1	2	3	4
Lm[mm]	160.6	178,13	200	228
Wm[mm]	2.385	2.71	3.08	3.5
Sm[mm]	-	62.7	80.4	97.7

Tabla 1: Dimensiones de la antena logarítmica periódica impresa en la banda de 470-890 MHz.

La Figura.3 indica el diseño final de la antena cuyo tamaño total es de 36cm x 28cm x 1.5mm.

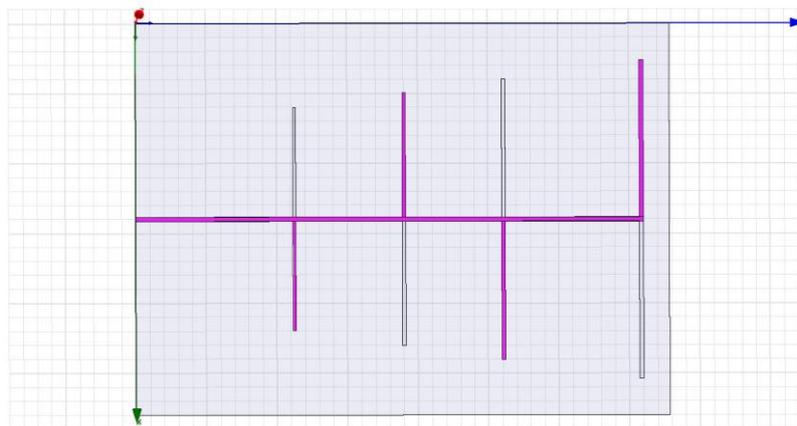


Figura 3: Prototipo final.

Las pérdidas de retorno que se presentan en el diseño se muestran en la Figura 4:

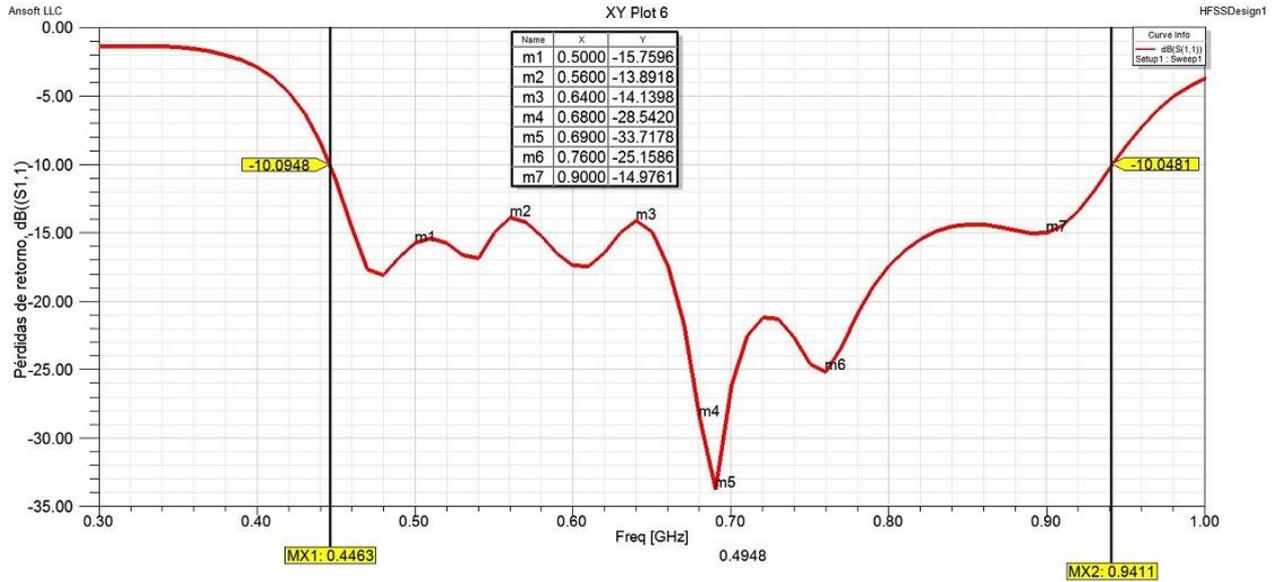


Figura 4: Pérdidas de retorno.

Los resultados son efectivos puesto que el ancho de banda que ofrece la antena es de 494.8 MHz. Para la banda que se utiliza tanto en los sistemas de televisión por canalización NTSC o Pal que comprenden 470 – 890 MHz. Además los niveles de pérdidas del retorno son bastante buenos (por debajo de -15 dB), lo que implica un buen acople de impedancia en toda la banda (7). La razón de onda estacionaria (ROE) se observa en la Figura.5.

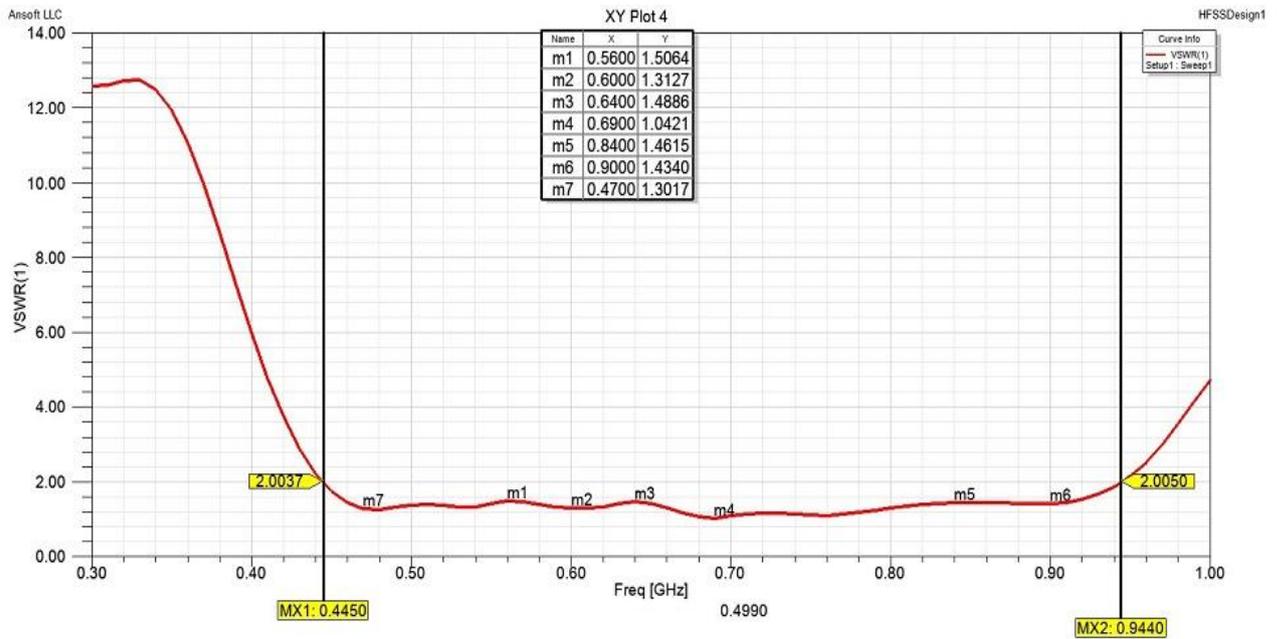
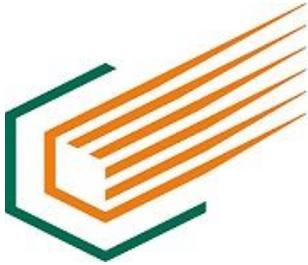


Figura 5: ROE.



El resultado del parámetro ROE corrobora lo anteriormente expuesto, pues se verifica que el rendimiento de la antena es satisfactorio para los estándares de los sistemas de televisión con valores por debajo de 1.5, término que es exigido por sistemas de alta calidad y protección contra onda estacionaria y reflejada.

El comportamiento de la impedancia de entrada se presenta en la Figura. 6:

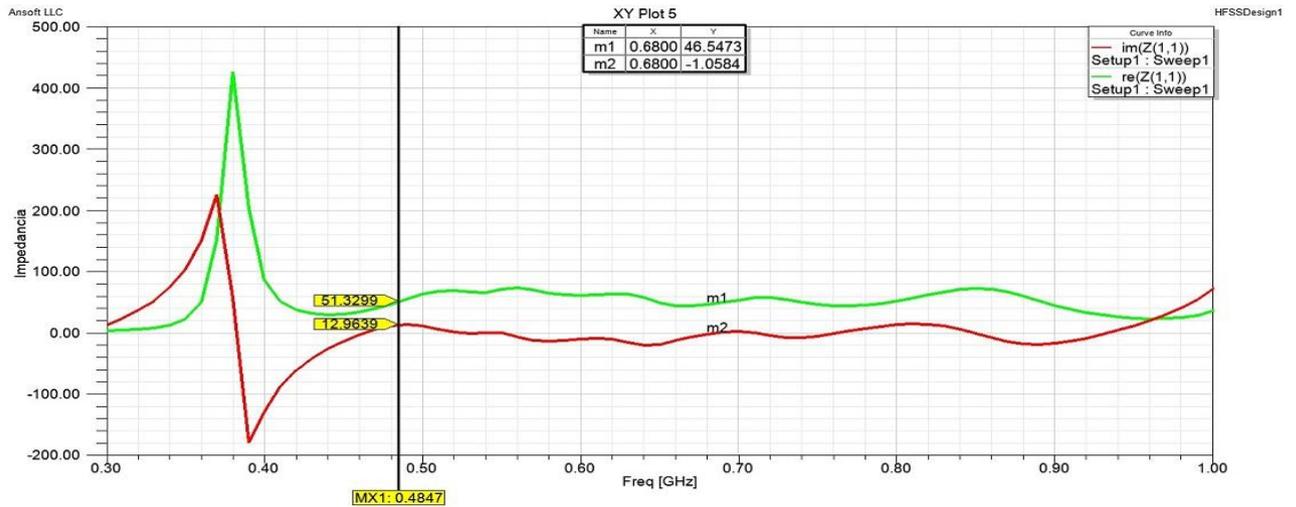


Figura 6: Comportamiento de la impedancia de entrada.

Como es de esperar la respuesta de la impedancia de entrada es relativamente plana para toda la banda de frecuencia, con parte imaginaria cercana a 0, y parte real alrededor de los 50Ω. Este comportamiento justifica las pérdidas del retorno, además que no existe gran almacenamiento reactivo de energía.

El patrón de radiación para $\theta = 90^\circ$, $\phi = 270^\circ$ se muestra en la Figura 7:

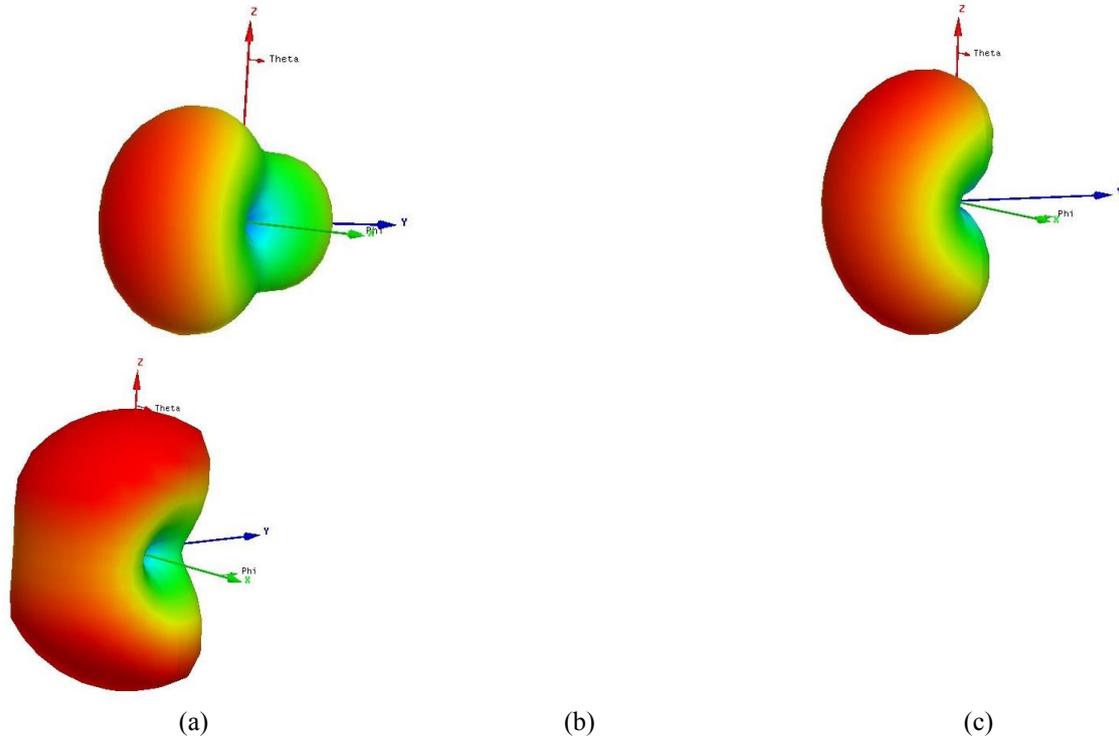


Figura 7: Gráfico 3D de directividad para diferentes frecuencias: a) 470 MHz, b) 680 MHz, c) 890 MHz

Los valores de directividad para las frecuencias anteriores son 3.1313dB, 4.1474dB y 1.3dB respectivamente. Para un análisis más minucioso se revisa el patrón bidireccional de la directividad para las tres frecuencias seleccionadas (Figura 8).

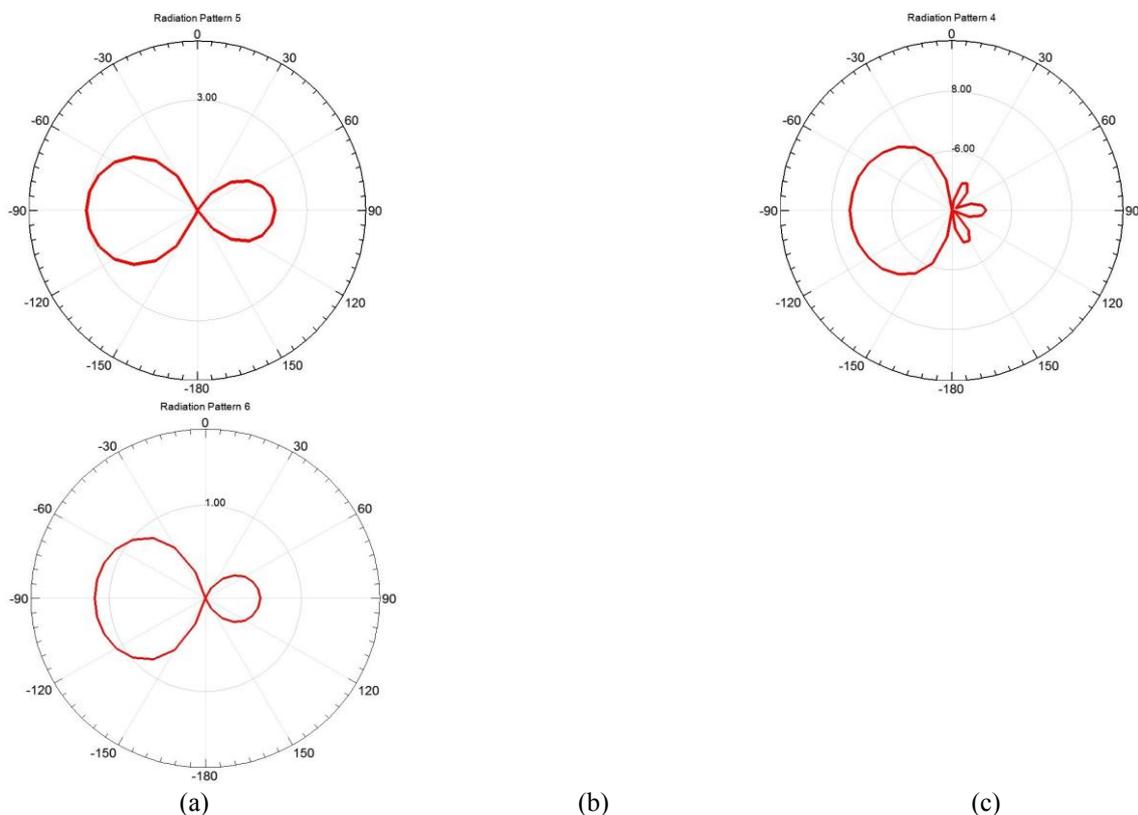


Figura 8: Patrón bidireccional de Radiación (Directividad) para varias frecuencias: a) 470 MHz, b) 680 MHz, c) 890 MHz

Como características de campo lejano se tiene el patrón de directividad (Figuras 7 y 8) que a las frecuencias de los extremos (470 MHz y 890 MHz) y la central 680 MHz se encuentra por encima de 1dB con máximo de 4.1474dB. Se puede observar que el patrón es directivo con bajo nivel de lóbulos secundarios y su distribución es uniforme para todo el rango de frecuencias deseado. Además la antena reporta una eficiencia de radiación a la frecuencia central de 86.568 % que indica una ganancia de 3.527 dB.

La eficiencia que logra es de tal modo que si 1 watt se recibe en la antena el 86.568 % se delibera hacia el sistema de recepción a través del puerto y viceversa. Este resultado es esencial en los sistemas de televisión donde se deben tener buenos niveles de eficiencia pues determina el nivel de calidad de la señal y la imagen.

4. CONCLUSIONES

La globalización en el uso de la televisión digital impulsa el desarrollo tecnológico en esta rama de la ingeniería. La implementación de diferentes tipos de antenas con comportamientos adecuados para la banda de televisión digital muestra resultados variables, demostrando niveles de compromiso a considerar, de los cuales será necesario determinar cuál resulta más factible y conveniente. La fusión de la antena logarítmica-periódica con la microcinta conjuga un aumento de ancho de banda con un menor tamaño de diseño. El ancho de banda puede variarse haciendo sencillas modificaciones a la antena pero siempre a expensas de un aumento en el tamaño de la misma. Las ventajas del empleo de estas estructuras



17 del 24 al 28 de noviembre de 2014
**CONVENCIÓN CIENTÍFICA
DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**
PALACIO DE CONVENCIONES DE LA HABANA



en diferentes aplicaciones en las telecomunicaciones, son de gran interés por sus potencialidades; lo cual se debe tener en cuenta en las nuevas técnicas para la optimización de dispositivos emergentes.

REFERENCIAS

1. Garg R. Microstrip Antenna Design Handbook 2001.
2. DuHamel R, Ore F. Logarithmically periodic antenna designs.
3. Balanis CA. Modern Antenna Handbook 2008.
4. Milligan TA. Modern Antenna Design 2005.
5. IEEE CK. Design of a Stripline Log-Periodic Dipole Antenna.
6. Yongxi Qian, W.R. Deal, Noriaki Kaneda and Tatsuo Itoh, A Uniplanar Quasi-Yagi Antenna with Wide Bandwidth and Low Mutual Coupling Characteristics, Antennas and Propagation Society International Symposium, vol. 2, pp. 924-927, 1999.
7. A. D. L. P. Aylin Suarez Díaz, "Diseño de una antena de banda ancha para cubrir la gama de televisión digital," Departamento de Comunicaciones Inalámbricas, ISPJAE, La Habana, 2011.

SOBRE LOS AUTORES

Daniel Angel Rodas Sansón, Estudiante, 5to año de Telecomunicaciones y Electrónica por el Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría.

Fidel Alejandro Fernández Carcasés, Estudiante, 5to año de Telecomunicaciones y Electrónica por el Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría.

Danelys Rodríguez Ávila, Ing. en Telecomunicaciones y Electrónica por el Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría. Graduada en el año 2011. danelys@electronica.cujae.edu.cu

Francisco R. Marante Rizo, Ing. en Telecomunicaciones en el año 1974 en La Universidad de La Habana y Dr. C.T en La Universidad Técnica de Praga en 1986. Profesor titular y Jefe del Laboratorio de Comunicaciones Inalámbricas.