

VALORACIÓN DE LA ANTENA LPD MULTISECCIÓN COMO UNA ALTERNATIVA PARA LA TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE

Tuan Ernesto Cordoví Rodríguez¹, Roberto Jiménez Hernández², David Beltrán Casanova³

¹Empresa de Telecomunicaciones de Cuba ETECSA, Cuba, Calle 9 de Abril, Esquina José Martí, Encrucijada, Villa Clara

²Antenas VC, Cuba, Carretera Central No. 536-A Esquina a Tirso Díaz, Santa Clara, Villa Clara, Cuba

³Fac. de Ing. Eléctrica, Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas, UCLV, Santa Clara, V.C, Cuba

⁴Fac. de Ing. Eléctrica, Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas, UCLV, Santa Clara, V.C, Cuba

¹nayrebis.bethart@etecsa.cu,

²tuan@antenasvc.co.cu

³jimenez@uclv.edu.cu

⁴dbeltranc@uclv.edu.cu

RESUMEN

El siguiente trabajo trata sobre el diseño, fabricación, modificaciones y la situación actual para la comercialización de una antena multibanda con secciones de antenas Log-periódicas para la recepción tanto en la banda de VHF como de UHF. Se propuso especialmente para su uso con cable coaxial de 75Ω , la cual se eligió después de un breve estudio y consideraciones técnicas, de acuerdo a la utilidad y competencia con antenas extranjeras y sus precios. Se han desarrollado diversos prototipos en conjunto con las diversas tecnologías para su fabricación. Se han fabricado producciones cero para pruebas y validaciones en algunas localidades dentro del territorio nacional, que están comprendidas en las zonas con dificultades en la recepción de la TDT. Hasta el momento se han comercializado en algunas entidades estatales junto con el servicio de instalación de las mismas por parte de la Empresa de Antenas de Villa Clara. Como resultado final se deja descrito un grupo de consideraciones tecnológicas, criterios y exigencias de mercado para llevar a cabo la fabricación de una antena con grandes prestaciones y destinada a cubrir la Banda III de VHF, del canal 7 al 13, y UHF del canal 14 al 51 principalmente para propósitos de recepción de la Televisión Digital Terrestre (TDT).

PALABRAS CLAVES: Antena, Log-Periódica, ganancia, ROE, *boom*, varilla, conector.

VALUATION OF THE MULTISECTION LPD ANTENNA AS AN ALTERNATIVE FOR DIGITAL TERRESTRIAL TELEVISION

ABSTRACT

The following work deals with the design, manufacture, modifications and the current situation for the commercialization of a Multiband Log-Periodic Antenna proposed especially for use with a 75Ω coaxial cable which was chosen after a brief study and technical considerations of agreement to utility, competition with foreign antennas and prices. Various prototypes have been developed in conjunction with the various technologies for their manufacture. Zero productions have been manufactured for tests and validations in some localities within the national territory that are comprised in areas with difficulties in receiving DTT. So far they have been marketed in some state entities along with their installation service by the Villa Clara Antenna Company. As a final result, a group of technological considerations, criteria and market requirements to carry out the manufacturing of an antenna with high performance and intended to cover Band III of VHF, from channel 7 to 13, and UHF from channel 14 to 51 mainly for the purposes of receiving Digital Terrestrial Television (DTT).

KEY WORDS: Antenna, Log-Periodic, gain, ROE, boom, rod, connector.

1. INTRODUCCIÓN

Las antenas para la televisión (tanto digital como analógica) para exteriores son muy populares en el mercado debido a su gran importancia en el sistema de recepción que beneficia la calidad de la imagen. En la práctica se ha demostrado

VALORACIÓN DE LA ANTENA LPD MULTISECCIÓN COMO UNA ALTERNATIVA PARA LA TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE

que, principalmente en la TDT, a pesar de la robustez de la señal, ésta se puede deteriorar por agentes ruidosos de cualquier naturaleza que afectan la recepción.

Dentro de los requerimientos establecidos por la Comisión de Televisión Nacional rectorada con el Ministerio de las Comunicaciones para la recepción de la TDT en Cuba el de la canalización para la recepción de la TDT en la Banda de VHF Banda III (canal 7 al 13) y en a banda de UHF (canal 14 al 51). Razones por la cual surge la necesidad de la fabricación de antenas de banda ancha y multibanda que posean excelentes características radioeléctricas y constantes en estos rangos de frecuencias, capaces de recibir la señal de TDT en cualquier parte del territorio nacional con la calidad requerida. Las excelentes candidatas para satisfacer los requerimientos establecidos son las antenas log-periódicas de dipolos.

Desde que se introdujo la TDT en Cuba las antenas log-periódica han sido muy valoradas. En las plataformas de mercado de las tiendas recaudadoras de divisas, en la página WEB de LACETEL, como se muestra en la Fig.1, y en la red de redes en general se pueden apreciar distintos tipos de antenas, e incluso con algunas modificaciones con el objetivo de mejorar sus rendimientos.

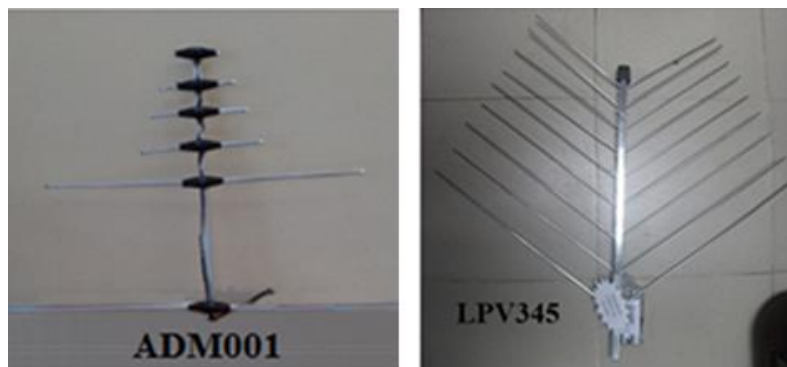


Figura 1: Algunos ejemplos típicos de antenas para la recepción de la TDT evaluadas por LACETEL.

Antena Log-Periódica de Arreglo de Dipolos

La Antena Log-Periódica de Arreglo de Dipolos (LPDA) es una antena direccional que consiste en un conjunto de dipolos alimentados con una línea de transmisión central con inversión de la fase entre estos, donde cada grupo de elementos resuena a una frecuencia distinta y en un rango determinado. La unión de todos los elementos resonantes a diferentes frecuencias en una disposición logarítmica, hace que se pueda conformar una antena con un ancho de banda seleccionado por el diseñador. Se compone de una sucesión de elementos dipolos semejantes, cuyas distancias mutuas y frecuencias de resonancia hacen que tome forma geométrica repetitiva, con tamaños diferentes [1][2]. La antena se alimenta con una línea de transmisión en el extremo del elemento más pequeño, mostrado en la Fig. 2.

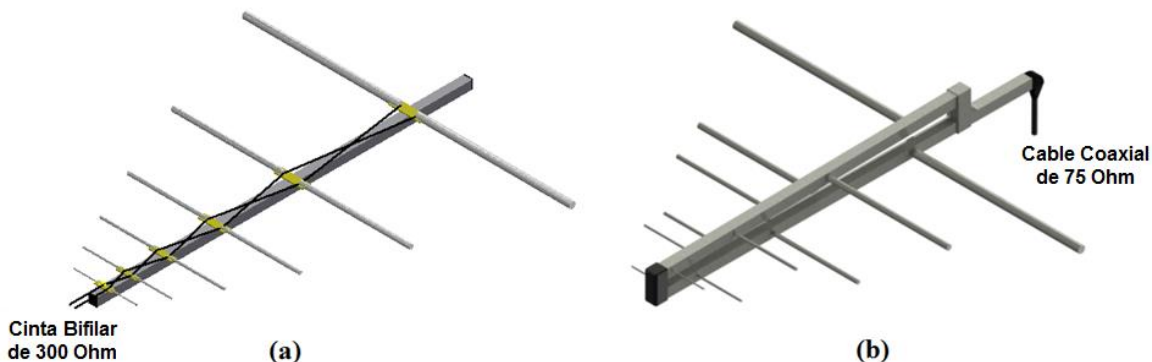


Figura 2: Métodos de alimentación de antenas LPDA, (a) con línea bifilar, (b) con cable coaxial.

El valor de la impedancia de entrada depende en gran medida de la impedancia característica Z_0 de la línea de transmisión cargada que alimenta los dipolos. La alimentación de la antena se lleva a cabo por cinta bifilar de 300Ω o por cable coaxial de 75Ω . En la Fig. 2 (a), cada dipolo esta alimentado por una línea bifilar que se entrecruza, desfasándolos 180 grados, para garantizar la radiación "end fire" hacia los elementos más pequeños [1]. En la antena de la Fig. 2 (b), los dipolos están soportados estructuralmente por su línea de alimentación que conforma el boom

donde se encuentran éstos ubicados de forma alternada para garantizar el desfase de 180 grados. Con esto se logra mayor robustez mecánica en los dipolos al no estar sujetos sobre soportes plásticos con baja resistencia a los agentes medioambientales

2. PROPUESTA DE DISEÑO DE LA ANTENA ADM 010

La principal ventaja que poseen las antenas LPDA es su relativo gran ancho de banda (pueden mantener buen desempeño en todos los canales de TV) y como principal desventaja, que para lograr ganancia considerable deben ser extremadamente largas [1]. Limitantes como la anterior regulan su fabricación debido a que estas son producidas generalmente con elementos de aluminio, que poseen un alto valor comercial, que atenta con el precio final de la antena en general. Es por ello que se eligió la propuesta de una antena de 6 dBi como ganancia promedio, y que cubra las bandas de VHF, los canales del 7 al 13, y UHF del 14 al 51. En trabajos anteriores se expusieron antenas, bajo el mismo principio, pero de mayor ganancia, donde el valor agregado por ficha de costo estaba muy elevado fuera de las posibilidades adquisitivas de la población.

La propuesta de este tipo de antena LPDA para 75Ω apareció debido a la incorporación del cable coaxial de 75Ω , que se mantuvo en consideración por parte la Comisión de la TV Digital como mejora para la recepción de la señal y que en la actualidad se comercializa en las tiendas recaudadoras de divisas.

Criterios de diseño

El diseño se realizó a través del método de Carrel multisección, que plantea que una antena LPDA de banda ancha se puede convertir en una antena multibanda eliminando los dipolos que se encuentran activos en las bandas de frecuencia que no poseen interés. Esto significa que la antena queda dividida por dos secciones: una que se desempeña en la banda de VHF y otra en la banda de UHF, que se pueden acercar eliminando el tramo del Boom que soportaba los dipolos eliminados [2] [3]. Para realizar esta operación se debe cumplir que los parámetros de diseño τ y σ deben ser iguales en las dos secciones como se muestra en la Fig. 3.

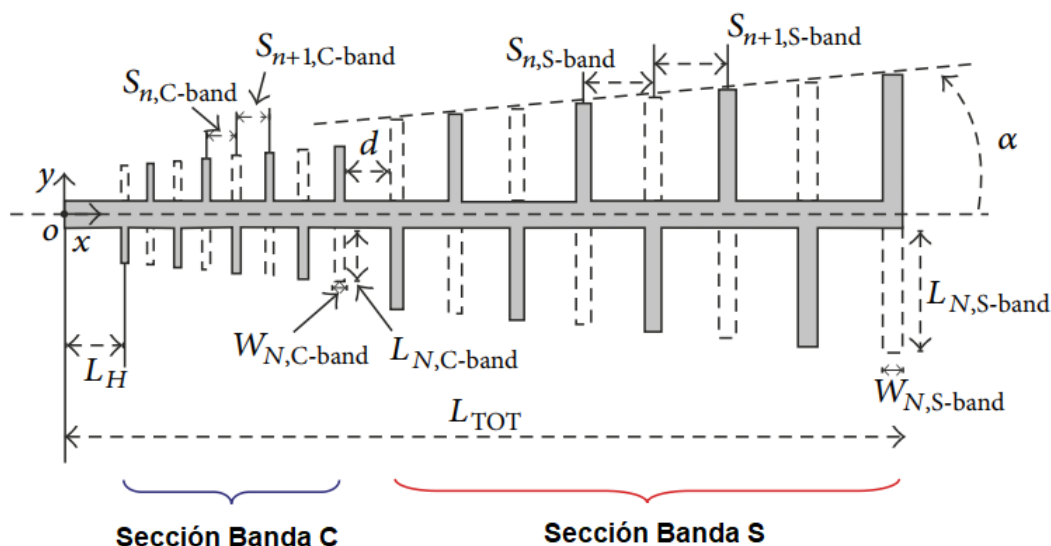


Figura 3: Esquema de antena LPD multisección multibanda propuesta por [2] para las Bandas C y S.

En el diseño de las LPDA se tienen en cuenta los factores τ y σ , que a su vez son las variables que regulan el diseño de la antena, la ganancia y el tamaño según la banda de frecuencia de trabajo [4] [6]. A través del cálculo teórico se ajustaron estas variables para lograr una antena lo más adecuada posible para la recepción de la TDT en Cuba.

Simulación

En el software LPCAD 34 se realizan dos antenas básicas: del canal 7 al 13 y del canal 14 al 51. Luego se unieron estas dos secciones, y los resultados se insertaron en el software de alto nivel para el modelado y simulación de antenas, *CST Microwave Studio* (CST-MS) para la optimización del diseño. Se unieron ambas para lograr una sola antena optimizada. La simulación con el CST-MS dio como resultado una antena Log-Periódica de 75Ω con uso especial para la recepción de señales de la TDT en Cuba (Fig. 4).

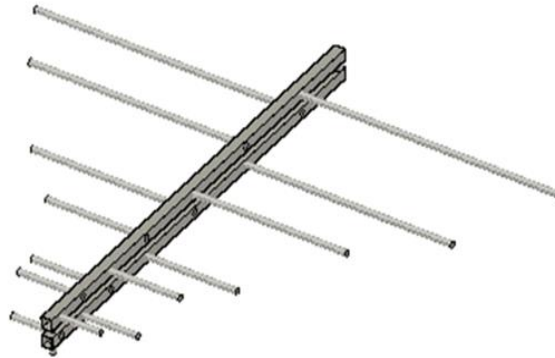


Figura 4: Modelo de Antena LPDA de 7 elementos de 75Ω para los canales del 7 al 52 en CST-MS.

Validación a través de las mediciones experimentales

Como resultado del cálculo y la simulación se obtuvo una antena que posee características de ROE por debajo de 2 en las bandas de VHF Banda III (canal 7-13) y UHF (canal 14-51). Las demás bandas son rechazadas porque la ROE se encuentra con valores muy superiores a 2. Utilizando el MATLAB se compararon los valores de ROE simulados y medidos en un primer prototipo con fijación de los elementos con insertos metálicos. La ROE medida se mantiene con valores aceptables en la banda de VHF y UHF para TDT. En la Fig. 5 se muestran los resultados de las simulaciones en comparación con las mediciones.

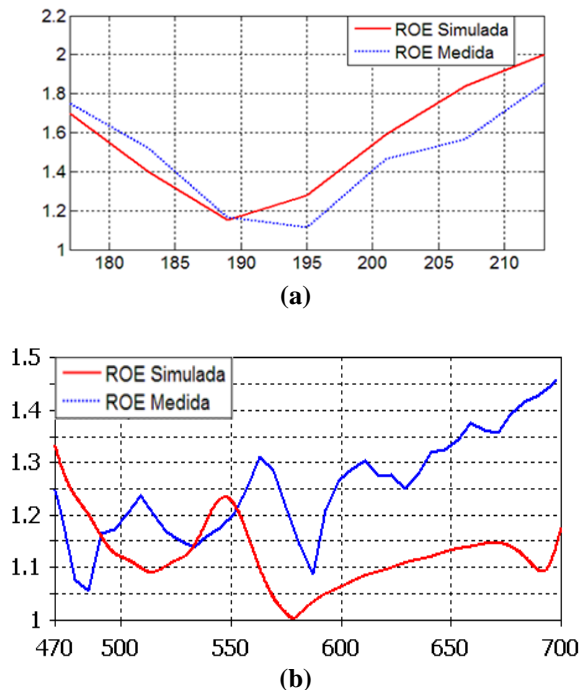


Figura 5: Comparación gráfica entre la ROE medida y simulada de las antenas prototipos: (a) LPDA en VHF y (b) LPDA en UHF comprendidos en la banda de TDT.

Según las mediciones realizadas de los parámetros radioeléctricos de la antena LPDA propuesta, la ganancia de potencia posee como promedio 5.7 dBi en la banda de VHF y 7.2 dBi en la banda de UHF, donde posee algunas fluctuaciones que pueden ser reducidas a través de optimizaciones [4] [6]. A modo de análisis y comparación con respecto a las simulaciones de las antenas propuestas, se obtuvieron valores como resultado de las pruebas realizadas con los prototipos. En la Tabla 1 se muestran los resultados del comportamiento de los diferentes parámetros obtenidos.

Tabla 1: Comparación de las mediciones de ganancia y coeficiente de radiación trasera promedio con relación a los valores de las simulaciones realizadas.

Antena bajo prueba	Gan. Sim. (dBi)	Gan. Med. (dBi)	F/B Sim. (dB)	F/B Med. (dB)
VHF (195MHz)	6.0	5.7	13.6	13.1
UHF (600MHz)	6.7	7.2	17.4	15.8

Se considera que se trata de una antena con solo 4 elementos para el rango de UHF, que es muy extenso, donde quedan comprometidos diversos parámetros, los cuales mejorarían si se colocara una mayor cantidad de elementos, pero comprometerían el precio final de la antena. Esta antena se encuentra en estado de validación en algunas viviendas e instituciones estatales en el territorio nacional con dificultades para la recepción de la TDT. En la provincia de Villa Clara garantiza la recepción de los canales 13 de definición estándar y 32 de alta definición. Las mediciones de ganancia fueron muy favorables porque no hubo variaciones en la ganancia de más de 1 dBi con la utilización del método de medición de ganancia por comparación [5].

Para la medición del patrón de radiación se eligió solo en consideración el correspondiente al plano horizontal. Estos valores fueron normalizados y colocados los ejes de coordenadas polares representados en la Fig. 6 junto al patrón de radiación de la antena ofrecido por la simulación.

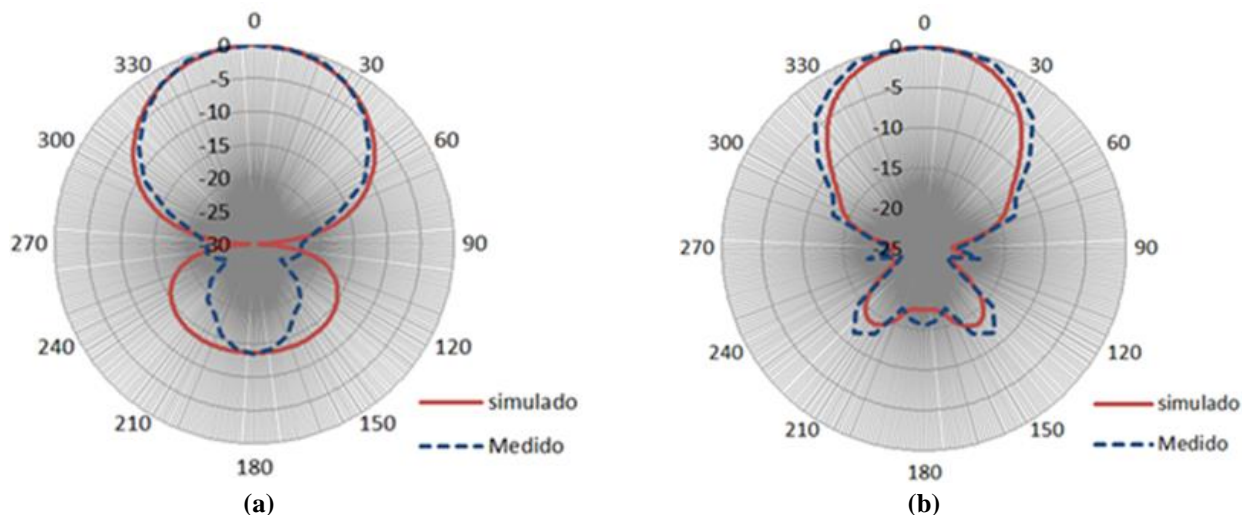


Figura 6: Comparación gráfica entre los Patrones de Radiación en el Plano Horizontal simulado y medido de la Antena LPDA: (a) en 195 MHz y (b) en 600 MHz.

3. MODIFICACIONES ESTRUCTURALES

A partir del primer diseño, la antena ha sufrido diversas transformaciones en su estructura mecánica, debido a la tecnología existente y productividad. Aun en los momentos actuales con una demanda urgente de las mismas, existen pautas tecnológicas que dificultan su producción. En su diseño radioeléctrico no ha sufrido transformaciones, por lo que los elementos, con sus longitudes y separaciones se mantienen como en la antena original. Esta antena se realizó con el objetivo de eliminar los problemas de montaje de la antigua antena ADM 001, que generaba quejas y dificultades a los clientes. Por otro lado, la adaptación al mercado nacional, donde compiten antenas extranjeras como

VALORACIÓN DE LA ANTENA LPD MULTISECCIÓN COMO UNA ALTERNATIVA PARA LA TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE

la antena italiana LPV 345HV con buenas características, tanto radioeléctricas como mecánicas, con buena resistencia a la intemperie.

Primera propuesta con inserto metálico y tornillos

Como primera propuesta se realizó la separación de los dos perfiles de sujeción de dipolos o booms con chapas metálicas y plásticas cogidas con tornillos. Se utilizó el tubo de diámetro 8 mm e insertos metálicos para la sujeción de las varillas al boom. Estos prototipos ya han sido validados por más de 2 años y todavía mantiene la recepción en los Set Top Box a los cuales se ha instalado. En la supervisión, cada 6 meses, solo se han oxidados los tornillos de fijación, pero las varillas mantienen el contacto. Solamente los tapones plásticos se han deteriorado o caído y algunos conectores oxidados debido a que se ha deteriorado su cubierta protectora.

Propuesta actual con tornillos rosca chapa

Actualmente se mantiene una propuesta similar, la cual posee sujeción de elementos con tornillos rosca chapa para la sujeción de los dipolos y separadores plásticos para mantener la separación de 10 mm entre booms (Fig. 7). En este caso solo se cambió el tubo de 8 mm por el de 10 mm de diámetro con más robustez en su utilización. Esta propuesta permite el empaquetado de la misma de manera pre-ensamblada con un manual a modo de información a los clientes que son los encargados de la colocación de los dipolos, el montaje en el mástil y finalmente la conexión del receptor digital a través del cable coaxial.

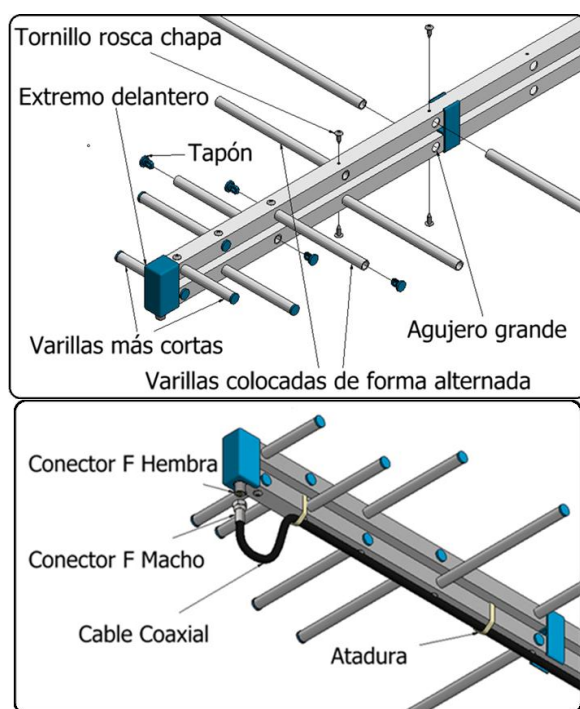


Figura 7: Esquema de ensamblaje del modelo actual de Antena ADM 010 con tornillos rosca chapa.

Variantes de conexión del cable coaxial de 75 Ω

La mayoría de las antenas LPDA para TV se alimentan en el extremo frontal, es decir dónde están los elementos o dipolos más cortos. Casi siempre se coloca el cable coaxial a través del interior del boom desde la parte trasera donde va sujeta al mástil hasta el extremo frontal donde se conecta el conductor exterior al boom inferior y el conductor interior al boom superior. Este tipo de conexión permite al cable coaxial insertado realizar la función de Balun junto con el boom, porque se logra disminuir la corriente que circula por la parte externa del conductor exterior del cable coaxial [2]. La antena ADM 010 posee la conexión en el extremo delantero a través de un conector F hembra al cual va conectado el cable coaxial de 75 Ω con un conector F macho para cable coaxial. El cable soportado a través de bridas plásticas recorre la cara inferior del boom inferior por fuera hasta el mástil donde hace su bajada. El cable coaxial más utilizado es el RG-6 de 75 Ω .

Esta antena no presenta Balun, por lo que posee una pequeña distorsión en el patrón de radiación en el Plano Horizontal. Esta distorsión tiene poca influencia en el desempeño de la antena según las mediciones realizadas. La antena debe conectarse exclusivamente de esta forma, debido a un problema mecánico. El perfil cuadrado 18×18 mm que se utiliza como boom posee paredes de 1mm de espesor y una apertura interior de 16 mm. La varilla que se utiliza es la de 10 mm de diámetro. Con la variante de las varillas en el centro del boom sujetadas a la pared interior solo posee un espacio de 3 mm entre la pared de la varilla y la pared interior del boom. Por otro lado, la variante más utilizada y adecuada de sujetar la varilla es desplazada hacia la pared interior del boom donde hacen contacto. Las tolerancias son muy críticas en el perforado, por lo que es muy difícil mantener los 6 mm entre la pared exterior del tubo de 10 mm y la otra pared interior del boom. Aun así, el cable coaxial es el RG-6, que posee aproximadamente 7 mm de diámetro y no se puede introducir por el boom porque no cabe entre las paredes.

Elementos de sujeción

Esta antena posee una longitud relativamente pequeña en comparación con las enormes antenas log-periódicas para todos los canales de TV que antiguamente se comercializaban. La misma no ofrece alta resistencia mecánica a los fuertes vientos ni posee un peso significativo como para estar sujeta al mástil cerca de su centro de masa. Todos los elementos de la antena que están delante del cortocircuito se consideran elementos activos, que no deben estar cerca de objetos metálicos y mucho menos poseer contacto eléctrico. Es por ello que se debe sujetar la antena al mástil por la parte trasera. En la Fig. 8 se muestran algunas formas de sujeción.

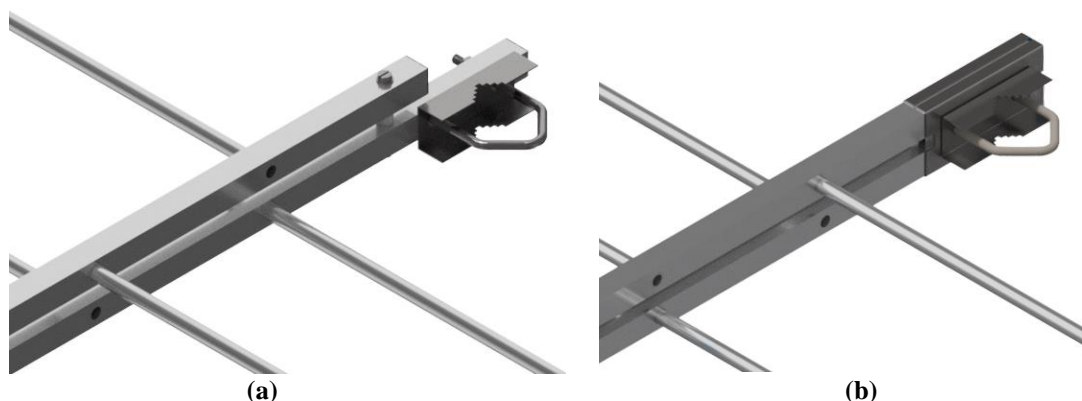


Figura 8: Formas de sujeción de la antena al mástil. (a) sujeción con un solo boom. (b) Sujeción de la estructura completa con abrazaderas metálicas.

Elementos plásticos

Para lograr mantener la separación entre los booms se han diseñados varios tipos de accesorios separadores en forma de tapas y cajas. Algunas propuestas no fueron valoradas debido a la complejidad del molde de inyección de plástico, entre otros aspectos. La primera propuesta fue elegida al principio cuando no se tenía en cuenta el conector. El cable coaxial iba directamente conectado a los tornillos de la sujeción al primer par de brazos de dipolo del extremo delantero de la antena y posteriormente se colocaba las dos cajas separadoras idénticas, la cual mantenía la separación del boom y protegía las conexiones del cable como se muestra en la Fig. 9.

VALORACIÓN DE LA ANTENA LPD MULTISECCIÓN COMO UNA ALTERNATIVA PARA LA TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE

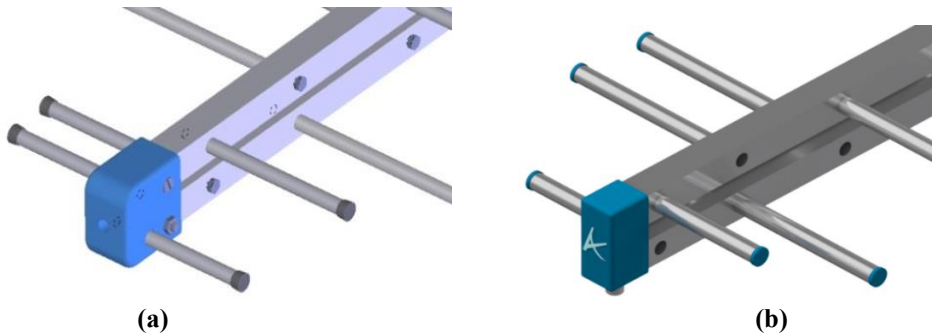


Figura 9: Variantes de separadores plásticos: (a) Primera variante del separador sin conector en dos tapas idénticas y (b) Segunda variante de caja separadora insertada a presión con conector.

En la propuesta de la Fig. 9a solo se necesitaba realizar una tapa para conformar la caja en el extremo, pero usaba tornillos para poder fijarlas. Luego se valoró la idea de eliminar esos tornillos colocando una caja entera que diera la posibilidad de inserción a presión en el extremo delantero de la antena a través del primer par de brazos del dipolo como se muestra en la Fig. 9b. Esta propuesta es una buena opción, aunque posee exigencia con el material a usar que debe ser flexible, por lo cual, no debe deformarse. Esta propuesta se está analizando para las producciones de antenas.

Por último, se valoraron dos propuestas de antenas con separadores plásticos sencillos para su comercialización en grandes cantidades como la que se muestra en la Fig. 10. Este tipo de separador es sencillo y se puede fabricar con un troquel.

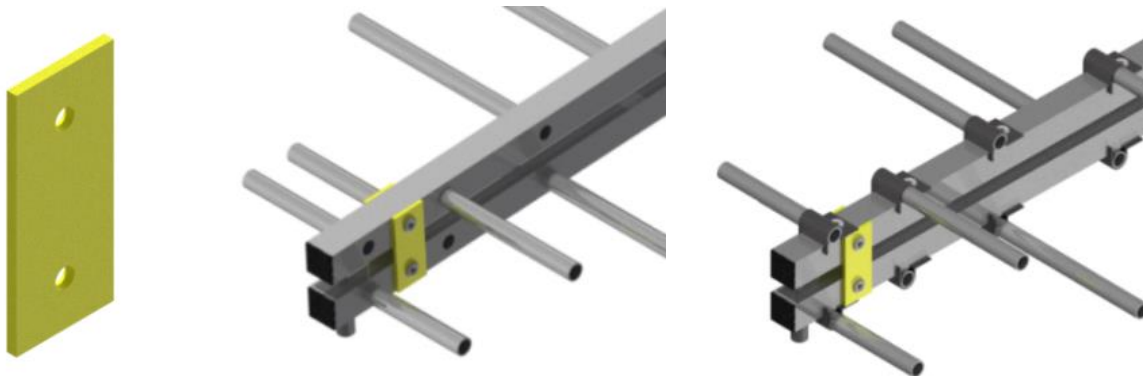


Figura 10: Variante con separadores plásticos para las propuestas de las antenas con fijación de varillas insertadas, soldada o con porta elementos metálicos.

Conectores para la alimentación de la antena

Los conectores originales a utilizar son los conectores F hembra con tuerca para panel. Estos poseen rosca en ambos extremos, que permiten el roscado del conector del cable, la inserción y posterior sujeción con tuerca en el boom inferior de la antena como se muestra en la Fig. 11. También posee un tramo saliente del conductor interior, que permite la soldadura a un conductor para que haga contacto con la parte superior del boom a través de su pared interior fijado con el mismo atornillado del primer elemento. Este alambre está cubierto de un material aislante que no permite el contacto entre el boom inferior y el superior en ese extremo de la antena.

El conector mostrado en la Fig. 11 puede poseer exposición a los agentes medioambientales que pueden entorpecer la correcta conexión de la antena. Por tanto, se requirió la fabricación de varios prototipos para validar la conexión eléctrica de la antena en diferentes lugares debido a que éstas pueden traer dificultades en su comercialización. Es de gran importancia seguir el tema acerca de la conexión de la antena al cable coaxial de 75Ω por razones de debilidad en el contacto eléctrico. El objetivo actual está en tratar de eliminar el conector para reducir el costo, buscar otra variante de conexión más apropiada siempre, y cuando se pueda, desplazar el cable coaxial RG-6 dentro del boom.



Figura 11: Colocación del conector F Hembra en la antena ADM 010.

4. COMPARACIONES ENTRE LAS ÚLTIMAS PROPUESTAS

En la actualidad existen tres variantes de fabricación de antenas multibanda, la cuales están siendo valoradas y comercializadas. Las mismas son: la antena con fijación de los elementos a través de insertos metálicos, tornillos rosca chapa y porta elementos metálicos. En la Fig. 12 se muestran dos modelos reales de las antenas multibanda que representan las últimas propuestas para validar.



Figura 12: Últimas antenas ADM 010 propuestas bajo pruebas. (a) Antena con elementos insertados al boom y (b) antena con elementos fijados con porta elementos metálicos fijados al boom.

A continuación, se muestran los resultados de las mediciones realizadas con el analizador de TDT S7000 en diferentes localidades del territorio dentro de la provincia de Villa Clara, eligiendo como referencia los transmisores de la TDT de mayor importancia ubicados en el Centro Transmisor de TV “Dos Hermanas”. A continuación, se muestran los resultados de las mediciones de parámetros de calidad de la TDT en la Tabla 2 en el poblado de Cifuentes, y en la Tabla 3 en Sagua La Grande. Se realizaron en esas localidades con el fin de analizar el comportamiento de las antenas a diferentes distancias del transmisor. El objetivo fue medir la potencia recibida, al menos, en los niveles de un margen permisible por encima de -70 dBm, y 20 dB la Razón de Error en La modulación (MER), considerado como el umbral de recepción señalado en el Analizador de TV, en el cual se mantiene la Razón de Error de Bit con valores permisibles para que el receptor realice la decodificación correctamente.

En las mediciones también se elige como referencia la antena italiana LPV 345HV por su buena aceptación en la población cubana. La misma fue llevada a los lugares donde se efectuaron las mediciones para comparar su desempeño con los prototipos seleccionados.

VALORACIÓN DE LA ANTENA LPD MULTISECCIÓN COMO UNA ALTERNATIVA PARA LA TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE

Tabla 2: Mediciones de parámetros de calidad realizadas con las antenas multibanda ADM 010 prototipos en el poblado de Cifuentes, en la provincia de Villa Clara.

	LPDA en el Canal 13		LPDA en el Canal 32	
	Pot. (dBm)	MER (dB)	Pot. (dBm)	MER (dB)
insertos metálicos	-49.7	>30	-60.6	27.2
tornillos rosca chapa	-48.7	>30	-61.5	26.8
porta elementos metálicos	-48.2	>30	-59.9	26.9
LPV 345HV	-49.0	>30	-58.5	28.9

Tabla 3: Mediciones de parámetros de calidad realizadas con las antenas multibanda ADM 010 prototipos en el poblado de Sagua La Grande, en la provincia de Villa Clara

	LPDA en el Canal 13		LPDA en el Canal 32	
	Pot. (dBm)	MER (dB)	Pot. (dBm)	MER (dB)
insertos metálicos	-65.0	25.9	-72.7	20.2
tornillos rosca chapa	-65.9	25.5	-73.5	19.7
porta elementos metálicos	-67.1	25.6	-73.8	19.9
LPV 345HV	-65.2	26.6	-72.0	25.8

Según los resultados, queda demostrado que la antena en su versión de sujeción de varillas con insertos metálicos, presenta mejores resultados en la localidad más lejana. Las diferencias entre los valores medidos son insignificantes por lo que se considera que las tres antenas presentan las mismas características en la recepción. El MER que define la calidad de la señal tampoco tubo diferencia significativa pero sí estuvo deteriorado, cerca del umbral, en Sagua la Grande.

Según los resultados, se recomienda la utilización de la antena ADM 010, en el poblado de Sagua La Grande para la recepción del canal 32 de HD, con una altura mayor de 10 m y con un bajante adecuado de cable coaxial. Se debe colocar la antena apuntando en línea de visión directa con el transmisor DTMB de Santa Clara sin obstáculo de ningún tipo cerca de la antena. Por otro lado, se puede notar que la antena LPV 345HV posee mejor comportamiento, lo cual favorece su utilización en estas localidades. Debido a su relativa alta ganancia en la banda de UHF, la antena italiana que comercializa TRD posee gran aceptación en la población cubana.

5. VALORACIÓN ECONÓMICA

Para lograr un nivel de productividad acorde a la demanda de este tipo de antena, se necesita mejorar la tecnología de producción actual, porque la mayoría de las operaciones son manuales y disminuye considerablemente la productividad en estos tipos de antenas y encarece su costo de producción. Por ello, se está realizando un estudio de mercado de equipos necesarios para poder elevar la productividad y disminuir los costos de esta producción, con equipos como: máquina contadora y empacadora de tornillos y tuercas, taladradora CNC, torno CNC y estera para la línea de ensamblaje. De esta manera se automatizan los procesos productivos para que llegue a los usuarios lo más factible posible desde el punto de vista técnico y económico.

Hasta finales de diciembre de 2018 se han comercializado un total de 28 713 antenas ADM 010. La antena actual posee un valor de 14.60 CUC y 50.28 MN para un total de 64.53 MT. El aporte económico, hasta esa fecha, ha sido de 1 839 301.48 MT. En la Fig. 13 se muestra una parte del proceso productivo de la antena ADM 010.



Figura 13: Línea de ensamblaje de las Antenas LPDA ADM 010.

La antena ADM 010 con todas sus variantes tecnológicas hasta el momento y las que pudieran aparecer requieren total atención y prioridad porque representa parte del plan de antenas para la TDT que se debe entregar para el desarrollo de la TV Digital en los próximos años. Los planes de antenas son constantemente supervisados porque representan un compromiso estatal con vista a mejorar la recepción de la TDT en todo el país.

6. CONCLUSIONES

A través de este trabajo se pudo lograr una antena de ganancia relativamente mediana que cubre todas las bandas de TV Digital en todo el país y para trabajar con cable coaxial de 75Ω . Dentro de este campo se ha trabajado anteriormente, donde se han hecho diversas propuestas con la única diferencia que los precios por gastos materiales estaban muy elevados para ser comercializadas a la población. Se han realizado propuestas para la fijación de las varillas al boom, las cuales vienen acompañadas con dificultades tecnológicas. Se deben seguir perfeccionando técnicas para la conformación de su estructura mecánica. No obstante los problemas tecnológicos existentes, que dificultan la producción masiva de antenas, queda demostrada la capacidad y fortaleza de la Empresa de Antenas de Villa Clara, única de su tipo en el país, para llevar a cabo la fabricación de antenas principalmente para la TV Digital, la cual permite la sustitución de importaciones.

RECONOCIMIENTOS

Los autores desean agradecer a la Empresa de antenas de Villa Clara por las experiencias profesionales brindadas y a la Facultad de Ingeniería de Eléctrica de Universidad central “Marta Abreu” de Las Villas (UCLV).

REFERENCIAS

- [1] C. A. BALANIS, Ed., *Antenna, Theory, Analysis and Design*. 2016, 4 Edition, Hoboken, New Jersey, Wiley-Interscience, 2016.
- [2] G. A. Casula, P. Maxia «A Multiband Printed Log-Periodic Dipole Array for Wireless Communications», *International Journal of Antennas and Propagation*, vol. 2014, pp. 2-6, jul. 2015, doi: 10.1155/2014/646394.
- [3] G. A. Casula, « Design of a multiband printed LPDA for weather radar reflector systems », *International Journal of Antennas and Propagation*, vol. 29, pp. 966-976, apr. 2015, doi: 10.1080/09205071.2015.1029081.
- [4] F. A. F. Carcasés, D. A. R. Sansón, D. R. Ávila, F. M. Rizo, «Diseño de una antena Logarítmica Periódica Impresa en la banda de 470-890 MHz», *Revista RIELAC*, vol. 36, n.º 2, pp. 53-61, may. 2015, ISSN: 1815-5928.
- [6] F. A. F. Carcasés, D. A. R. Sansón, D. R. Ávila, F. M. Rizo, «Enhanced-Bandwidth Planar LPDA with Conical

VALORACIÓN DE LA ANTENA LPD MULTISECCIÓN COMO UNA ALTERNATIVA PARA LA TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE

Arms», *2016 10th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP)*, jun. 2016, pp. 1-4, doi: 10.1109/EuCAP.2016.7481839.

- [5] T. E. C. Rodríguez, R. J. Hernández, D. B. Casanova, «PROPUESTA DE ANTENA ACTIVA EXTERIOR PARA LA RECEPCIÓN DE LA TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE EN CUBA» *Revista Telemática*, vol. 16, n.º 1, pp. 13-27, ene. 2017, ISSN 1729-3804.

SOBRE LOS AUTORES

Tuan E. Cordoví Rodríguez. Master en Telemática. Graduado de Ingeniero en Telecomunicaciones y Electrónica en el año 2010 en la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas (UCLV). Se desempeña como Especialista Principal del Dpto. I+D+i de la Empresa de Antenas de Villa Clara.

Roberto Jiménez Hernández. Profesor Titular, Consultante y de Mérito, Doctor en Ciencias Técnicas. Graduado en la Facultad de Ingeniería Eléctrica en noviembre de 1964 en la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas en la Especialidad de Telecomunicaciones. Graduado de Doctor en Ciencias Técnicas en la especialidad de Radiocomunicaciones (Ph. D.) en el Instituto Nacional de Investigaciones de Radio de Moscú en junio de 1979 en el tema “Investigación de los parámetros eléctricos de las antenas lineales para radiodifusión y radiocomunicaciones”.

David Beltrán Casanova. Graduado en la Facultad de Ingeniería Eléctrica en la UCLV en el año 1991, Máster en Telecomunicaciones en el año 1996. Jefe de la Disciplina Sistemas de Radiocomunicaciones en Departamento de Electrónica y Telecomunicaciones de la UCLV.