

## PROPUESTA DE ANTENA ACTIVA EXTERIOR PARA LA RECEPCIÓN DE LA TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE EN CUBA.

Tuan Ernesto Cordoví Rodríguez<sup>1</sup>, Roberto Jiménez Hernández<sup>2</sup>, David Beltrán Casanova<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Antenas VC, Cuba, Carretera Central No. 536-A Esquina a Tirso Díaz, Santa Clara, Villa Clara, Cuba <sup>2</sup>Fac. de Ing. Eléctrica, Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas (UCLV), Santa Clara, V.C, Cuba <sup>3</sup> Fac. de Ing. Eléctrica, Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas (UCLV), Santa Clara, V.C, Cuba <sup>1</sup>tuan@antenasvc.co.cu  
<sup>2</sup>jimenez@uclv.edu.cu <sup>3</sup>dbeltranc@uclv.edu.cu

### RESUMEN

El siguiente trabajo trata sobre desarrollos de antenas como continuidad y cumplimiento de las tareas asignadas por la Comisión Nacional de Televisión Digital, dirigida por el Ministerio de Comunicaciones de Cuba que planteó la necesidad de antenas para la recepción de la Televisión Digital Terrestre (TDT). A partir de la tarea asignada se han realizado propuestas de antenas y posteriormente la introducción de antenas activas exteriores, con módulo activo o amplificador de señal de RF incorporado, los cuales representan el objetivo fundamental del trabajo. Este desarrollo de antena se realizó considerando las demandas de la población, del estudio de diversos modelos de antenas extranjeras, la tecnología para la fabricación de las mismas y la disponibilidad de los materiales para su fabricación. Se realizaron prototipos y se validaron algunos en algunas localidades dentro del territorio de Villa Clara que están comprendidas en las zonas de baja cobertura de los transmisores de TDT y con dificultades en la recepción causadas por ruidos y multirayecto de la señal. También se exponen criterios tecnológicos para la fabricación y se crean las condiciones para la incorporación de módulos activos en antenas exteriores para satisfacer la demanda de la población por parte de la Empresa de Antenas de Villa Clara y en lugares de baja cobertura principalmente del canal de alta definición.

**PALABRAS CLAVES:** Antena, Lazo, Uda-Yagi, amplificador de RF, nivel de potencia.

### ABSTRACT

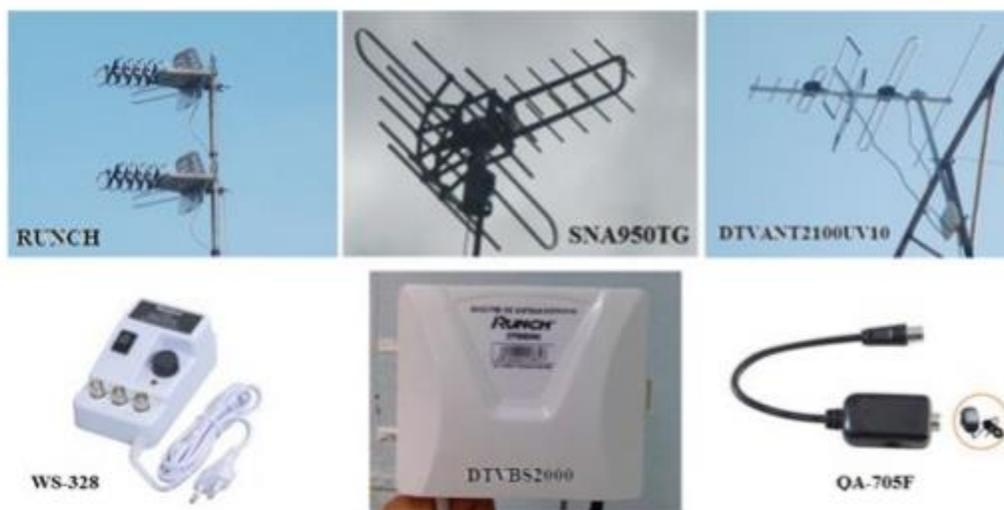
The following work deals with antenna developments as continuity and fulfillment of the tasks assigned by the National Digital Television Commission, directed by the Cuban Ministry of Communications, which raised the need for antennas for the reception of Digital Terrestrial Television (DTT). From the assigned task, antennas have been proposed and then the introduction of outdoor active antennas, with active module or built-in RF signal amplifier, which represent the fundamental objective of the work. This development of antenna was made considering the demands of the population, the study of different models of foreign antennas, the technology to manufacture them and the availability of the materials for their manufacture. Prototypes were made and some were validated in some locations within Villa Clara territory that are included in low coverage areas of DTT transmitters and with difficulties in reception

caused by noise and multipath of the signal. Technological criteria for manufacturing are also presented and conditions are created for the incorporation of active modules in outdoor antennas to satisfy the demand of the population by the Antenna Company of Villa Clara and in places of low coverage mainly in the channel of High Definition.

**KEYWORDS:** *Antenna, Loop, Yagi-Uda, RF amplifier, power level.*

## INTRODUCCIÓN

Las antenas para la televisión digital exteriores son muy populares en el mercado y poseen gran aceptación debido a su gran importancia en el sistema de recepción, que beneficia la calidad de la señal. En muchas ocasiones existe la necesidad de utilizar antenas exteriores para la banda de UHF para TDT para sustituir las clásicas antenas de VHF antiguas, las cuales entorpecen el entorno de las edificaciones o se encuentran en grave deterioro. También existe la necesidad de antenas exteriores con amplificador de señal en lugares críticos de muy poca cobertura alejados de los transmisores. En la figura 1 se muestran algunas imágenes de antenas y módulos activos importados en el país: la mayoría comercializadas por las cadenas recaudadoras de divisas. Dentro del grupo de antenas más utilizadas se encuentran las Uda-Yagi.



**Figura 1: Ejemplos típicos de antenas activas exteriores y amplificadores de RF para la recepción de TDT introducidos en el país**

La Empresa Antena de Villa Clara es una institución que juega un papel fundamental en los cambios científicos-tecnológicos en los que se encuentra inmerso el país con respecto a la TDT y se encamina a desarrollar nuevos modelos de antenas que satisfagan las necesidades imperantes en estos momentos. Teniendo en cuenta criterios de diseños y requisitos económicos se dio la tarea de realizar diversos tipos de antenas con el objetivo de garantizar la recepción en el proceso de despliegue de la TDT en Cuba.

## PROPUESTA DE ANTENA UDA-YAGI PARA EXTERIORES

La antena Uda-Yagi consiste de un conjunto de elementos dipolos, uno de los cuales se energiza directamente por una línea de transmisión, mientras que los otros, actúan como elementos parásitos, cuyas corrientes son inducidas por el acoplamiento mutuo. La antena Uda-Yagi es diseñada para operar

como un conjunto “endfire” que poseen un máximo del patrón de radiación en una dirección determinada debido a la influencia de los elementos directores (posición delantera del lóbulo principal) y el elemento reflector (posición trasera del lóbulo principal). Este tipo de antena forma un conjunto compacto, de relativo bajo peso, y es simple mecánicamente, lo que la hace muy popular para la recepción de señales de TV y FM [1].

Estas antenas poseen como desventajas que el ancho de banda en cuanto a impedancia, así como sus características direccionales se ven afectadas debido al acoplamiento electromagnético que existe entre los diferentes elementos que la constituyen. Estos tipos de antenas son, por lo general, antenas de banda estrecha. Para lograr buen desempeño de las mismas se debe optimizar variables como: longitud de cada uno de los elementos y la separación entre ellos para lograr el ancho de banda recomendado [1].

En la mayoría de los casos se utiliza un dipolo doblado con impedancia de  $300 \Omega$ , para la alimentación con línea bifilar de  $300 \Omega$  comúnmente utilizada para estos propósitos. Pero en este caso se incorpora el dipolo doblado con cable coaxial de  $75 \Omega$  a través de un Balun 4:1 que realiza la adaptación de impedancia de  $300 \Omega$  a  $75 \Omega$ .

Debido a su relativa baja complejidad de diseño y fabricación se toman las antenas Uda-Yagi como antena exterior a las cuales posteriormente se les incorpora un módulo activo para brindar mayor capacidad de recepción en la banda de trabajo. Para limitar su costo por longitud y fácil transportación hasta el sitio de prueba se tiene en cuenta que debe ser una antena de relativa baja y media ganancia. Para este caso se propone la antena Uda-Yagi de 5 elementos en la banda de UHF similar a la antena del tipo ADY-001U2 que se comercializa actualmente en la población.

#### **Criterios de diseño de la antena Uda-Yagi**

Como propuesta de antena Uda-Yagi se realizó una de 5 elementos para el rango de frecuencia desde 470 hasta 593 MHz, desde el canal 14 hasta el 34, de la banda de UHF. En ese rango se encuentran comprendidos todos los canales de la TDT de la Provincia de Villa Clara, fundamentalmente el canal 32 de Alta Definición (HD). Este transmisor se encuentra ubicado en el Centro Transmisor de TV de “Dos Hermanas” en Santa Clara y transmite con una potencia de 1 kW. Se eligió como referencia para las pruebas en el terreno y por ser el único de su tipo en la provincia, del cual todos los villaclareños desean recibir la señal y disfrutar su contenido. Está destinado para darle cobertura principalmente al municipio de Santa Clara aunque en algunas localidades de los municipios adyacentes se recibe la señal.

Como parte del diseño teórico se realizó el modelado y posteriormente la simulación. Se utilizó para la simulación el paquete utilitario profesional CST Microwave Studio 2015 (CST-MS). Teniendo en cuenta su poder de cálculo, se utilizó para antenas de este tipo, ya que constituye un software muy recomendado para antenas de VHF y UHF. Se tuvieron en cuenta como variables fundamentales la longitud y separación entre elementos recomendadas en la Tabla 1 del documento original “Yagi Antenna Design”, ofrecido por la NBS (Nacional Bureau of Standard) [1].

#### **Simulación y optimización de la antena Uda-Yagi de 5 elementos para UHF**

Al proceder con la optimización de la antena inicialmente diseñada se obtuvieron los valores de dimensiones físicas las cuales corresponden a un compromiso entre parámetros radioeléctrico que garantizan el buen desempeño. Se optimizaron los valores de las dimensiones físicas con el objetivo de

lograr un mayor ancho de banda y un buen comportamiento en el canal 32. En la figura 2 se muestra un modelo propuesto de antena Uda-Yagi y un esquema constructivo de la antena optimizada.

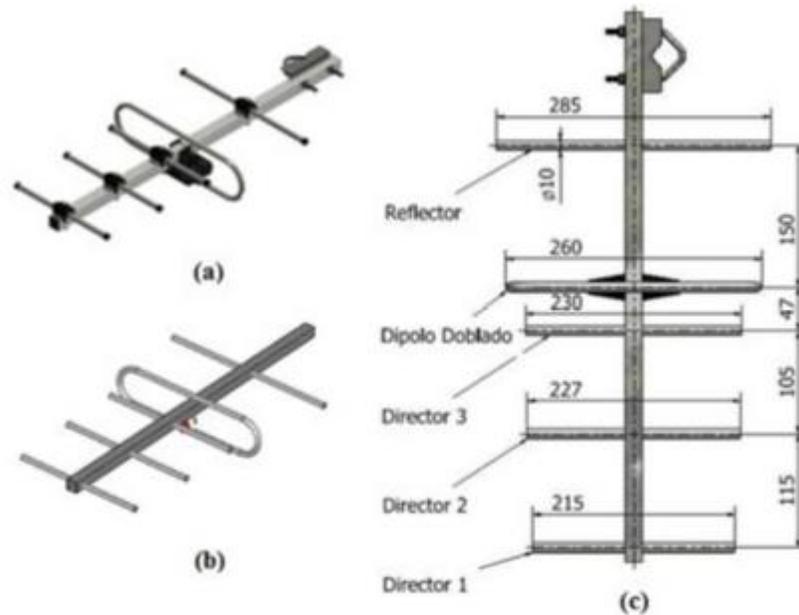


Figura 2: Modelos de Antena Uda-Yagi de 5 elementos exterior propuesta para UHF, (a) real, (b) simulada en CST-MS y (c) esquema de la antena optimizada

Con las dimensiones optimizadas el desempeño de la antena está valorada con una ROE por debajo de 2 dentro de un rango comprendido entre los canales 14 al 34, desde 470 MHz hasta 593 MHz, con 1.51 aproximadamente en 581 MHz, en el centro del canal 32, mostrado en la figura 3. La impedancia de alimentación es de  $300 \Omega$ .

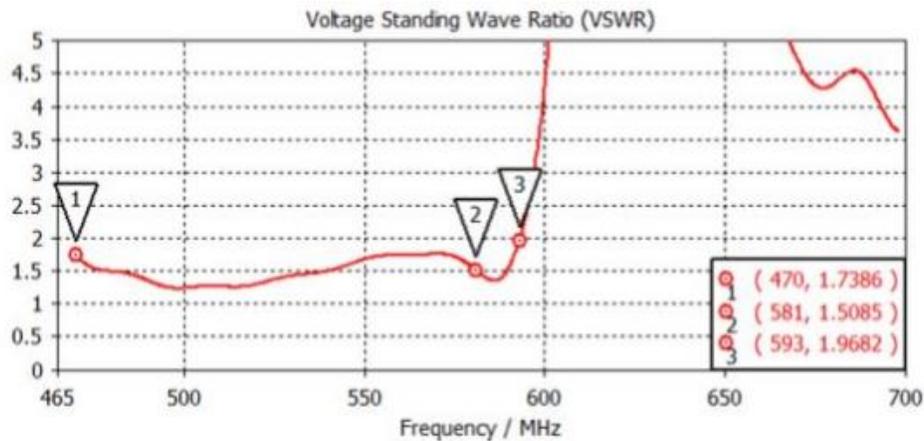
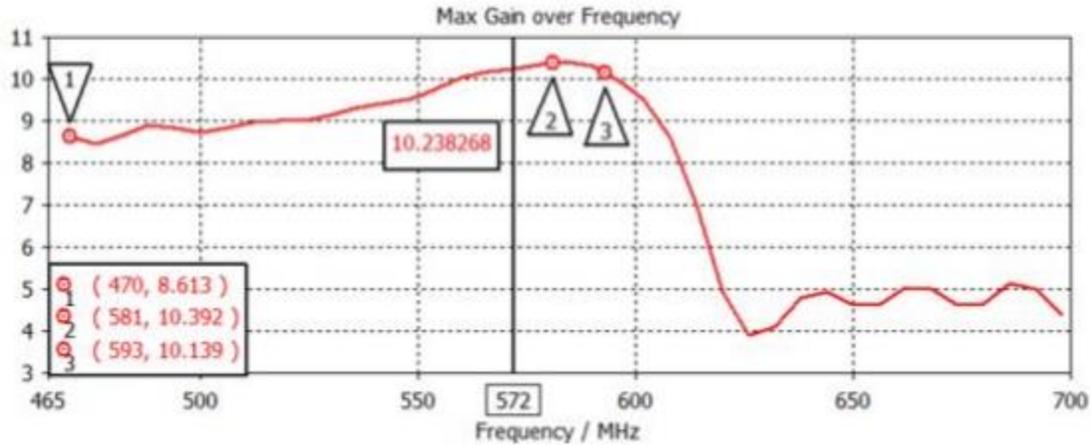


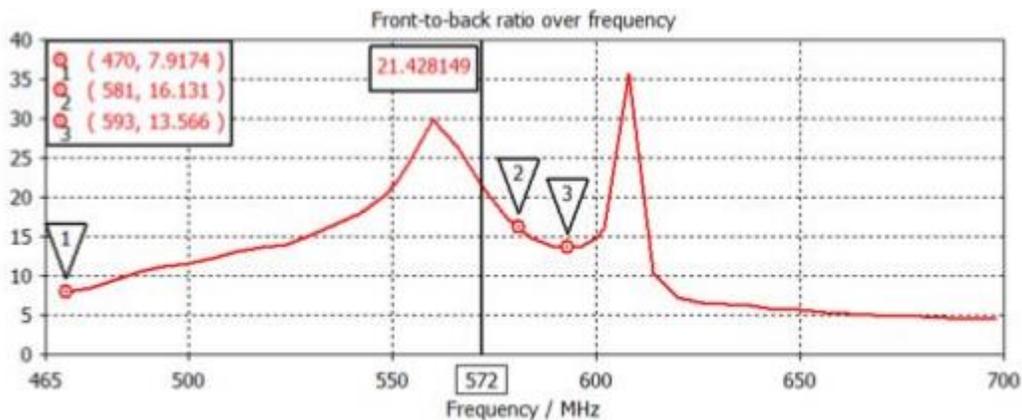
Figura 3: Comportamiento de la ROE en la antena Uda-Yagi de 5 elementos optimizada para los canales del 14 al 34 dentro de la banda de frecuencias de UHF de TDT

La ganancia de potencia posee valor promedio de 9.4 dBi en la banda de trabajo comprendida desde el canal 14 al 35. Posee un valor de ganancia mínimo aproximadamente de 8.6 dBi, en el extremo inferior de la banda de UHF, en 470 MHz, y un valor máximo aproximadamente de 10.4 dBi en 581 MHz, en el centro del canal 32 mostrado en la figura 4.



**Figura 4: Comportamiento de la ganancia en la antena Uda-Yagi de 5 elementos optimizada para los canales del 14 al 34 dentro de la banda de frecuencias de UHF de TDT**

La razón antero-posterior (F/B) posee variaciones en la banda mostrado en la figura 5. Varía desde 7.9 dB hasta 30 dB y posee un valor aproximadamente de 16.1 dB en 581 MHz, en el canal 32.



**Figura 5: Comportamiento de la razón F/B en la antena Uda-Yagi de 5 elementos optimizada para los canales del 14 al 34 dentro de la banda de frecuencias de UHF de TDT**

En la figura 6 se muestran los patrones de radiación en coordenadas polares dividido en el plano horizontal (Plano E) y 3D en la frecuencia inicial del canal 31 en 572 MHz, adyacente al canal 32, con el objetivo de realizar una comparación en la práctica con el patrón de radiación medido evitando la interferencia producida por el propio canal 32 de TDT de Santa Clara.

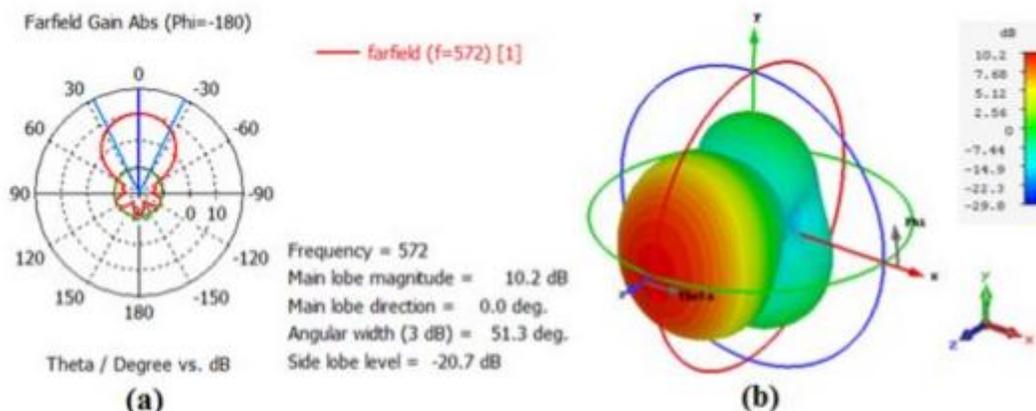


Figura 6: Patrón de radiación de antena Uda-Yagi de 5 elementos en 572 MHz en (a) Plano E y (b) 3D

### PROPUESTA DE DISEÑO DEL MÓDULO ACTIVO PARA LA RECEPCIÓN DE TDT

Los módulos activos utilizados en antenas exteriores son amplificadores de bajo ruido que forman parte del sistema de recepción de señal de radio frecuencia. Estos están ubicados después de la antena receptora y su función es elevar el nivel de señal útil recibida, con la característica principal de tener la menor cifra de ruido posible.

El amplificador de RF, en este caso, está constituido con Microwave Monolithic Integrated Circuits o Amplificadores Monolíticos (MMIC). Se caracterizan por un gran ancho de banda, y una ganancia aproximadamente constante a lo largo de todo el rango de frecuencias. A esto se añade una gran estabilidad y simplicidad del circuito [2].

#### Diseño de amplificadores de RF con MMIC

Por sus particulares características mencionadas anteriormente se escogió un dispositivo MMIC para usarlo como Amplificador de Bajo Ruido (LNA). En la figura 7 se tiene el esquema eléctrico típico del MMIC MAR-6 seleccionado para esta aplicación. La señal a amplificar se aplica al terminal de entrada a través de un capacitor de paso. En el terminal de salida se encuentra un resistor conectado a 12 Vdc de la alimentación Vcc que proporciona la corriente de funcionamiento del dispositivo. Un capacitor de bloqueo de corriente directa acopla la señal de salida al paso siguiente. Un choque de RF opcional proporciona una ganancia más constante en la parte alta del ancho de banda [3].

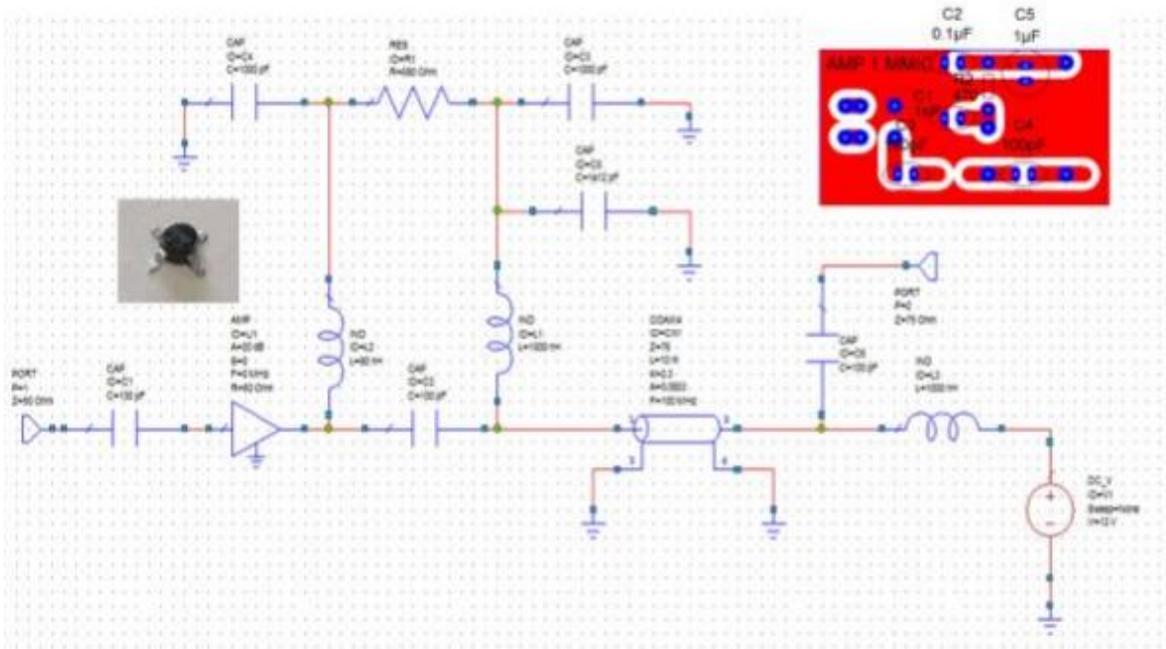


Figura 7: Esquema circuital y en PCB del Amplificador de RF con MMIC MAR-6

## RESULTADOS Y VALIDACIÓN

Las imágenes mostradas en la figura 8 pertenecen a las pruebas realizadas en algunas localidades de la provincia de Villa Clara.



Figura 8: Antena prototipo Uda-Yagi de 5 elementos

### Medición de la ROE

Las mediciones de la ROE se realizaron empleando un puente de pérdidas por retorno y el analizador de espectro DEVISER DSA8853T en un lugar abierto con el objetivo de reducir errores debido a la influencia de las ondas reflejadas en los objetos cercanos. El esquema para la medición de las pérdidas por retorno en función de la frecuencia se muestra en la figura 9.

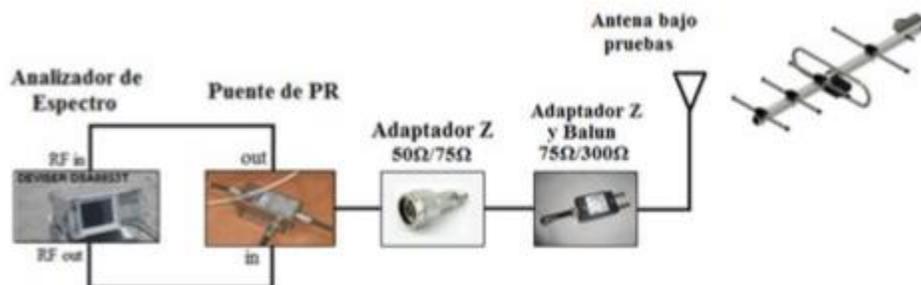


Figura 9: Esquema de dispositivos involucrados en las mediciones de pérdidas por retorno y ROE

Algunos instrumentos como el analizador de espectro DSA8853T no miden la ROE directamente y en su lugar solo ofrecen lecturas de las pérdidas por retorno. Es por ello que para calcular la ROE de la antena se determina el módulo del coeficiente de reflexión  $|\Gamma|$  a partir de la medición de las pérdidas por retorno ( $R_l$ ) a través de las siguientes ecuaciones:

$$R_l = 20 \log |\Gamma| \quad [\text{dB}] \quad (1)$$

$$|\Gamma| = 10^{-\left(\frac{R_l}{20}\right)} \quad (2)$$

$$\text{ROE} = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} \quad (3)$$

Utilizando el software MATLAB se compararon los valores de la ROE medidas en función de las pérdidas por retorno ofrecidas por el analizador de espectro y los valores de la ROE ofrecidos por la simulación en una misma gráfica en la figura 10. Se puede observar que la antena posee buen desempeño en cuanto a la adaptación de impedancia en el rango de frecuencia entre el canal 14 al 34 para la cual fue diseñada debido a que poseen una ROE menor que 2.

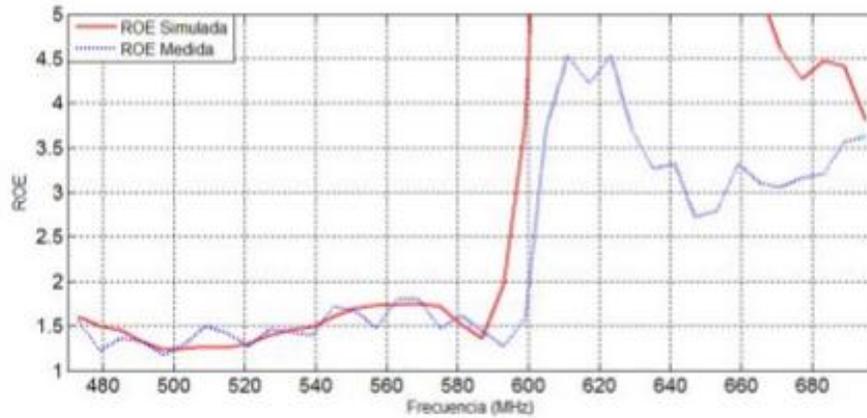


Figura 10: Medición de la ROE de la antena Uda-Yagi en la banda de UHF de TDT

### Medición de Ganancia y F/B

Para la comprobación de este parámetro fundamental de la antena se realizaron los procedimientos de medición bajo el Método Comparativo. Se eligió como transmisor (Tx) el generador de tracking de un Analizador de Espectro del tipo HAMEG HM5014-2 con 0 dBm de potencia de salida junto con la antena transmisora de reflector esquinado. Como receptor, la entrada de RF del DSA8853T con las antenas bajo pruebas. Se tuvo en cuenta la zona del campo lejano (Far field) o zona de Fraunhofer, en la cual no existe influencia mutua entre los objetos distantes con respecto a las antenas bajo pruebas, que pudieran distorsionar las mediciones [4]. Para garantizar la distancia de separación óptima entre la antena transmisora y receptora se tiene en cuenta la siguiente ecuación:

$$F_f = 2(D_{\max})^2 / \lambda \text{ [m]} \quad (4)$$

Se elige la dimensión máxima ( $D_{\max}$ ) de la antena Uda-Yagi que es su mayor dimensión y la longitud de onda ( $\lambda$ ) de la frecuencia central de prueba para la medición en UHF para TDT. En este caso la antena transmisora debe estar a una distancia mínima  $F_f = 1.32 \text{ m}$  con respecto a la antena prototipo instalada bajo prueba. Según las condiciones del sitio de prueba, se eligió una distancia de 5 m de separación entre antenas y 3m de altura sobre el suelo. En la figura 11 se muestra un esquema que describe la medición realizada.

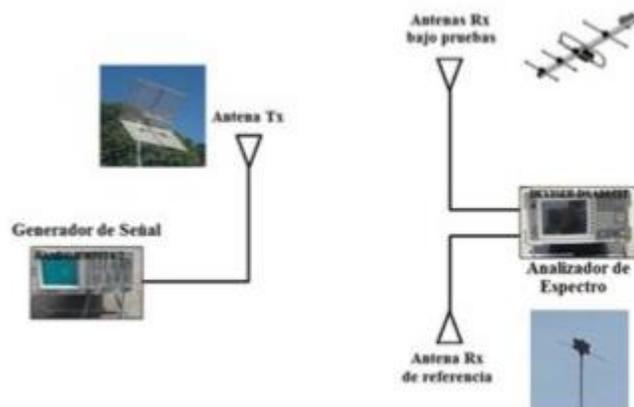


Figura 11: Esquema del sistema para mediciones de ganancia y coeficiente de radiación trasera (F/B)

El Método Comparativo consiste en la medición de la potencia recibida por la antena prototipo y su comparación con la potencia recibida con una antena de referencia de ganancia conocida [6]. Se utilizó un dipolo de referencia del tipo PROMAX AM-030 con el objetivo de realizar comparaciones con los niveles de potencia recibidos. Este dipolo posee una ganancia de 2.15 dBi en el centro de la banda de UHF donde están comprendidos los canales de TV. En este caso se le acopló los brazos de dipolos ajustados para trabajar en UHF en 572 MHz. Las ecuaciones para calcular la ganancia y la razón F/B de las antenas son las siguientes:

$$G_{ant} = P_{front} - P_{dip} + 2.15 \text{ [dBi]} \quad (5)$$

$$F/B = P_{front} - P_{back} \text{ [dB]} \quad (6)$$

$G_{ant}$ : Ganancia aproximada de la antena bajo prueba.

$F/B$ : Coeficiente de Radicación Trasera.

$P_{front}$ : Potencia recibida por la antena bajo prueba en dirección al trasmisor.

$P_{back}$ : Potencia recibida por la antena bajo prueba en dirección contraria al trasmisor.

$P_{dip}$ : Potencia recibida por el dipolo de  $\lambda/2$  de referencia con los brazos correspondiente a la banda de trabajo.

La frecuencia que se pretendía seleccionar para realizar mediciones es el centro de la banda en UHF de la TDT, era de 584 MHz, pero en esta frecuencia no se puede operar porque se encuentra coincidente con la del canal 32 de la TDT, de Santa Clara, produciendo interferencias y errores en las mediciones. Es por ello que se elige realizar las pruebas en 572 MHz. Los resultados de las mediciones en UHF se muestran a continuación en la tabla 1.

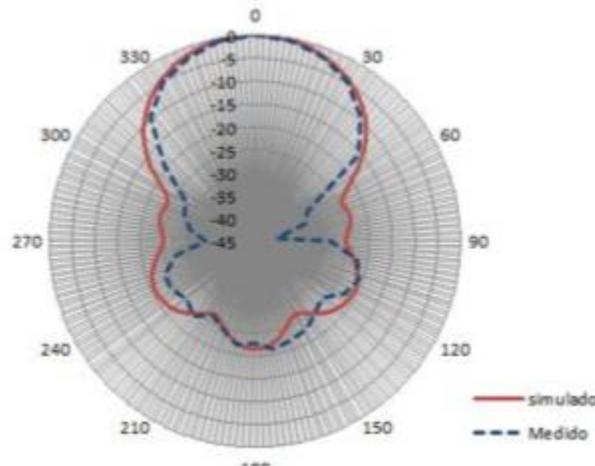
**Tabla 1: Mediciones de Ganancia y Coeficiente de Radiación Trasera medidas (F/B) y comparaciones con los valores de la simulación en UHF en 572 MHz**

Antenas bajo pruebas	$P_{front}$ (dBm)	$P_{back}$ (dBm)	$G_{med}$ (dBi)	$G_{sim}$ (dBi)	F/B <sub>med</sub> (dB)	F/B <sub>sim</sub> (dB)
Antena Uda-Yagi	-24.7	-46.2	9.85	10.2	22.7	21.4
Dipolo ref. AM-030	-31.20	-31.20	2.15	-	-	-

Según las mediciones la antena de 5 elementos con 10.3 dBi de ganancia en la simulación posee un decremento de 0.35 dB con relación a la simulación. Posee, además, una diferencia de -2 dB de coeficiente de radiación trasera (F/B) con relación a la simulación.

### Medición del Patrón de Radiación

Para la medición del patrón de radiación se tomó solo en consideración el patrón de radiación en el Plano Horizontal o Plano E. Los valores de potencia recibida para cada ángulo de la escala graduada fueron normalizados y colocados en la figura 12 junto al patrón de radiación dado por la simulación a la frecuencia de 572 MHz.



**Figura 12: Comparación gráfica entre los Patrones de Radiación en el Plano Horizontal simulado y medido en la antena Uda-Yagi de 5 elementos**

Las variaciones en el patrón de radiación son debido a la influencia de las señales multitrayecto que se suman con la señal directa proveniente de la antena transmisora y que se reflejan desde el suelo.

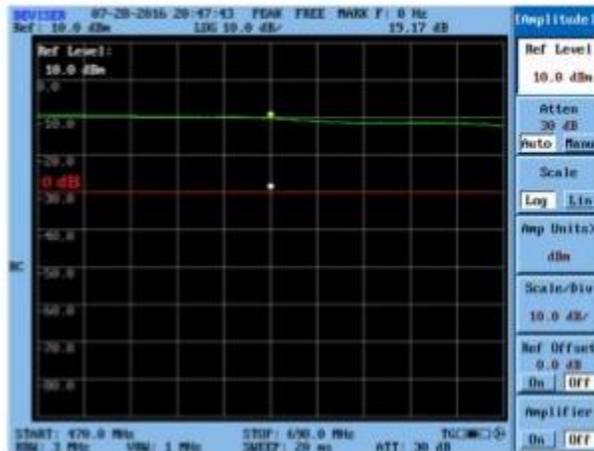
### Conformación del Módulo Activo

Los módulos activos forman la parte más importante y novedosa de este trabajo. Son versátiles especialmente diseñado para su incorporación tanto en antenas interiores como exteriores. A continuación se muestra una imagen del conformado del circuito en PCB con un solo amplificador MMIC del tipo MAR-6 en la figura 13. Poseen entrada y salida básicamente a través de conectores F hembra que permite la inserción de un cable coaxial RG-6.



**Figura 13: Prototipo de módulo activo o amplificador de RF con MAR-6 para antena exterior**

Mediante las mediciones con el analizador de espectro se pudo comprobar el comportamiento de la respuesta de frecuencia del amplificador en la bandas de UHF. Los resultados con el MAR-6 mostraron una respuesta de frecuencia aproximadamente lineal en toda la banda de UHF con ganancia para una sola etapa MMIC de aproximadamente 20 dB como promedio y una pendiente de -2 dB en toda la banda. Tal comportamiento se muestra en el gráfico de la lectura del instrumento en la figura 14 donde la ganancia de potencia en función de la frecuencia se representa con la curva verde sobre la línea roja que indica 0 dB.



**Figura 14: Comportamiento en frecuencia de la ganancia de potencia del amplificador de RF con MAR-6 en la banda de UHF de TDT**

También las mediciones realizadas en la banda de VHF mostraron resultados similares en cuanto a la respuesta de frecuencia. Aunque no es el objetivo del trabajo, se demuestra que también brinda la posibilidad de la incorporación de una antena para VHF como parte del conjunto.

### Mediciones y validación en zonas de baja cobertura con la antena Uda-Yagi de 5 elementos

La localidad escogida de mayor densidad de población para las mediciones de la señal de TDT fue fundamentalmente el pueblo de Sagua La Grande y por su gran demanda sobre el canal 32 de alta definición. Por otro lado, se escogieron otros sitios debido a que su recorrido es por la misma carretera y está comprendida dentro de la zona de baja cobertura de canal 32 según el mapa de intensidad de campo simulado en el software EMLAB ofrecida por los compañeros de RADIOCUBA mostrado en la figura 15. El mapa indica como zonas de baja cobertura o con posibles dificultades de recepción las que están en blanco que están por debajo de  $54 \text{ dB}\mu\text{V/m}$  en  $581 \text{ MHz}$ . Se puede notar el recorrido realizado comprendido dentro de la zona en blanco comenzando en Santa Clara, pasando por Cifuentes, Sagua La Grande hasta la costa norte terminando en Isabela de Sagua.

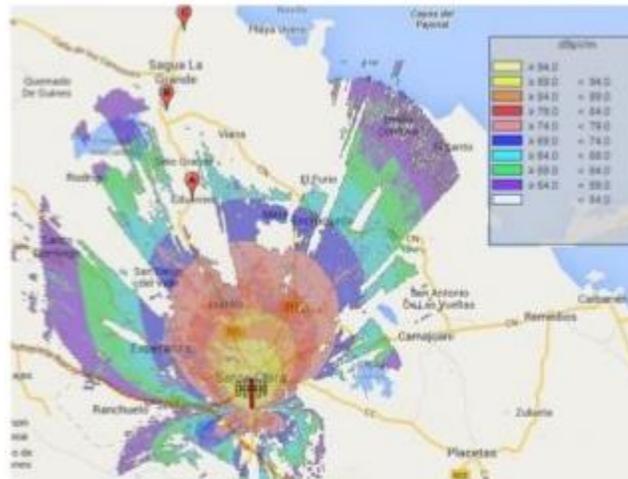


Figura 15: Zonas de cobertura del transmisor DTMB del canal 32 HD de Santa Clara. (Fuente: RADIOCUBA)

A continuación se muestran los resultados de las mediciones de los parámetros de calidad de la TDT realizadas con el analizador de TV DEVISER S7000 en diferentes localidades del territorio dentro de la provincia de Villa Clara tomando como referencia el transmisor de TDT del canal 32 de HD. Los resultados se muestran en la tabla 3. Se realizaron hasta Isabela de Sagua debido a la lejanía de la misma con respecto al transmisor con el fin de analizar el comportamiento de la antena de forma pasiva y con el módulo activo incorporado a una distancia de 40 km, justificándose la utilización de este último para recibir la señal con la calidad requerida. Los parámetros señalados en rojo indican que fue necesario el uso del amplificador de RF para mantener la señal sobre los niveles permisibles por encima de  $-70 \text{ dBm}$  considerado como el umbral de recepción señalado por el analizador de TV.

**Tabla 3: Mediciones realizada con la antena prototipo y con el módulo activo incorporado en algunas localidades de Villa Clara sobre el canal 32 HD**

	Antena Uda-Yagi de 5 elementos sobre el canal 32					
	Pasiva			Activa		
	Pot. (dBm)	MER (dB)	BER	Pot. (dBm)	MER (dB)	BER
Cifuentes	-54.8	>30	$< 10^{-5}$	-33.5	>30	$< 10^{-5}$
Sagua la Grande	-69.5	20.3	$< 10^{-5}$	-48.5	24.7	$< 10^{-5}$
Isabela de Sagua	-75.2	19.7	$2.6 \times 10^{-3}$	-54.4	23.8	$< 10^{-5}$

La Razón de Error de Bit (BER) indica fallo en la recepción y debe siempre estar por debajo de  $10^{-5}$ . Es decir, solo puede haber como máximo un bit erróneo cada 100 000 bit decodificados por el receptor de lo contrario la imagen se “pixela” [5].

La Razón de Error en la Modulación, MER (*Modulation Error Ratio*) es la razón entre la magnitud del símbolo promedio y la magnitud del error promedio para el símbolo que normalmente se expresa en dB. Es la equivalente a la relación señal a ruido (S/N) pero en la modulación. La mayoría de los receptores actuales decodifican correctamente la señal con un MER > 20 dB con una modulación de 64QAM. El valor mínimo aconsejable para la MER en una antena es de 22 dB. Este parámetro puede alterarse por las señales multitrayecto, interferencias, ruidos provocados por el hombre entre otros [5].

### Valoración económica

La antena Uda-Yagi exterior puede ser fabricada en la Empresa de Antenas con materiales y tecnología existentes en la actualidad. La misma posee un precio de 80 pesos en moneda nacional similar a la antena Uda-Yagi ADY-001U2 que se comercializa en otros lugares del territorio nacional al igual que la provincia de Villa Clara. En cuanto al precio del módulo activo se evalúa por correlación según el precio de cada componente ofrecido por algunos proveedores en internet. El precio del mismo está valorado en 8.4 CUC.

## CONCLUSIONES

A través de este trabajo se muestra fundamentalmente la actividad que realiza la Empresa de Antenas de Villa Clara, encontrándose inmersa en el desarrollo y despliegue de la Televisión Digital en todo el territorio nacional, fundamentalmente dentro del territorio de la provincia de Villa Clara. Se propuso un tipo de antena Uda-Yagi de 5 elementos para UHF, especialmente para el canal 32 por su sencillez económica. Además se propuso la utilización de un módulo activo o amplificador de RF con MMIC que posee buen desempeño en la recepción en lugares de baja cobertura. Se midieron las características de impedancia y radiación con la instrumentación requerida donde se comprobó la validez de los resultados por comparación con las características simuladas. Por último se demostró que los resultados desfavorables de las mediciones, con la antena Uda-Yagi en el canal 32, en los poblados seleccionados como zonas de baja cobertura mejoran considerablemente con la inserción del amplificador de RF propuesto por lo que constituye una solución en zona de baja cobertura.

## REFERENCIAS

- [1] R. J. Hernández, Fundamentos de la Ingeniería Electromagnética. Santa Clara: Editorial "Samuel Feijoo", 2011.
- [2] D. B. Santiago, L. M. F. Simón, L. M. M. Petrick, M. R. Pastilla, and R. S. Ortega. (2008). Análisis del Diseño de un Amplificador de Bajo Ruido para GPS basado en Tecnología MMIC. Available: <https://danielblanco.files.wordpress.com>
- [3] L. S. Pérez. (2012). Amplificador De Rf Con MMIC. Available: <http://www.ea4nh.com/articulos/amplimmic/amplimmic.htm>
- [4] T. E. C. Rodríguez, "Propuestas de antenas para la recepción de la Televisión Digital Terrestre en Cuba", Departamento de Telecomunicaciones y Electrónica, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas (UCLV), Villa Clara, Cuba, 2016.
- [5] R. Alvariño, "Manual de Buenas Prácticas Cadena de Recepción," G. d. C. d. Servicio and d. T. D. Terrestre, Eds., ed: Cadena de Recepción, 2009, pp. 23-26.