



XVIII SIMPOSIO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA (SIE-2019)

Consideraciones para el futuro diseño de una red SFN de radiodifusión DTT en la provincia de Villa Clara

Considerations for the future design of a DTT broadcasting SFN network in the province of Villa Clara

Rolando Cerralbo Salgado¹, Irina Siles Siles², Vivaldy Limana³, Hiram del Castillo y Sabido⁴

¹ Empresa Radiocuba, División Villa. Carretera Central Km. 303 # 116 Banda a Placetas, Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

²⁻⁴ Universidad Central Marta Abreu de Las Villas, Carretera a Camajuaní Km 5 ½.

¹e-mail: cerralvo@vclara.radiocuba.cu, ²e-mail: irinass@uclv.edu.cu, ³e-mail: vlimana@uclv.cu,
⁴e-mail: hiramd@uclv.edu.cu,

Resumen: La implementación de la televisión digital otorga un uso más eficiente del espectro radioeléctrico que la televisión analógica. Esta situación en la etapa de simultaneidad (etapa actual y que precede al apagón analógico parcial y total) se puede manifestar como una mayor ocupación del espectro en todo el territorio nacional que requirió en su momento una planeación paulatina y eficiente en aras de hacer un rehúso de las frecuencias de VHF y UHF y minimizar interferencias en la red MFN (Multiple Frequency Network) desplegada. El uso de redes SFN (Single Frequency Network) con múltiples transmisores operando a la misma frecuencia en la misma región es otra de las características de la TVD que mejora la productividad del espectro de los servicios de televisión. En nuestro contexto, donde se puede constatar estar a las puertas ya del 2do dividendo digital comenzar desde fechas tempranas a planear estratégicamente un uso eficiente del espectro por entidades como RadioCuba constituye un reto más una necesidad apremiante. En este trabajo se parte de lograr una mejora del cubrimiento de la señal digital en VC a partir de medidores reales y de simulación y el realizar una propuesta de arquitectura de una red SFN local.

Abstract: *The implementation of digital television allows a more efficient use of the radio spectrum than analog television. This situation in the simultaneity stage (current stage and that precedes partial and total analogue blackout) can be manifested as a greater occupation of the spectrum throughout the national territory that required at*



the time a gradual and efficient planning in order to make a rejection of the VHF and UHF frequencies and minimize interference in the MFN (Multiple Frequency Network) displayed. The use of SFN (Single Frequency Network) networks with multiple transmitters operating at the same frequency in the same region is another feature of the TVD that improves the productivity of the television service spectrum. In our context, where it can be seen to be at the doorstep of the 2nd digital dividend starting from early dates to strategically plan an efficient use of the spectrum by entities such as RadioCuba constitutes a challenge plus a pressing need. In this work we start to improve the coverage of the digital signal in VC from real meters and simulation and to make an architecture proposal of a local SFN network.

Palabras Clave: DTT, MFN, SFN.

Keywords: DTT, MFN, SFN.

1. Introducción

La televisión digital ofrece disímiles ventajas y entre ellas un uso más eficiente del espectro radioeléctrico que su antecesora, ya que pueden utilizarse los canales adyacentes en una misma área de servicio y la distancia de reuso entre los servicios co-canal es menor que para servicios analógicos con la misma cobertura. Esta situación en la etapa de simultaneidad (etapa actual y que precede al apagón analógico parcial y total en Cuba) se puede manifestar como una mayor ocupación del espectro en todo el territorio nacional que requirió en su momento una planeación paulatina y eficiente en aras de hacer un rehuso de las frecuencias de VHF y UHF y minimizar interferencias en la red MFN (del inglés, Multiple Frequency Network) desplegada. Con el advenimiento y la evolución de las generaciones de DTV (del inglés, Digital Television) han aparecido nuevas mejoras que están enfocadas al aumento de la capacidad del canal, la disminución de los valores Eb/No en función de estándares eficientes de codificación de canal o el uso del espectro de manera eficiente en función del 1er y el 2do Dividendo digital. Se puede aseverar, que el uso de redes SFN (del inglés, Single Frequency Network) con múltiples transmisores operando a la misma frecuencia en la misma región es otra de las características de la TVD que mejora la productividad del espectro de los servicios de televisión. En nuestro contexto, donde se puede constatar estar a las puertas ya del 2do dividendo digital comenzar desde fechas tempranas a planear



estratégicamente un uso eficiente del espectro por entidades como RadioCuba constituye un reto más una necesidad apremiante. Si se toman en consideración las ventajas que tienen además las SFN como son por ejemplo no necesitar mayor potencia, tiene una alta probabilidad de localización y una facilidad de ofrecer cobertura a las zonas de sombra con reúso de frecuencia y teniendo en cuenta que en el país se implementa una multiplicación regional solo para las islas digitales (entiéndase por islas digitales aquellas zonas /provincias que emiten contenido idéntico de DTV con una programación o parrilla propia de los telecentros) soluciones de redes SFN o combinaciones MFN-SFN resultan interesantes.

La recepción de la señal de televisión digital en varios sectores de la ciudad de Villa Clara, tiende a ser de muy mala calidad o simplemente no puede ser percibida por el usuario, dichos sectores técnicamente son denominados como "zonas de sombra". Debido a la alta densidad de población que se encuentra distribuida en las zonas de sombras, se vuelve imperioso tomar acciones correctivas para solucionar el inconveniente antes mencionado. Cabe mencionar que dichas acciones deben de considerar que el espectro radioeléctrico es un recurso natural limitado y complejo de concesionar, por lo tanto se debe optimizar la utilización del mismo en los sistemas de radiocomunicación. En la actualidad especialmente con la televisión digital se utiliza la red de SFN para poder solucionar este inconveniente. La propuesta de una SFN en Villa Clara consiste en extender los elementos necesarios para su diseño, teniendo en cuenta los requisitos de la norma para televisión digital DTMB (Radiodifusión Digital de Multimedia Terrestre, Digital Terrestrial Multimedia Broadcast), al no constar en la División Radio Cuba con los estudios previos sobre el tema.

2. Contexto actual del esquema DTV en la provincia Villa Clara

La provincia de Villa Clara tiene una extensión de 8411.8 km² con un total de 13 municipios. Sobre los servicios de televisión analógica se puede decir que existen en la región un total de 39 centros trasmisores para irradiar servicios de radiodifusión terrestre de televisión (incluidas las comunitarias) y 5 centros TDT, en las frecuencias de VHF (30 a 300 MHz) y UHF (300 – 3000 MHz) de acuerdo a la distribución de frecuencias.



II Convención Científica Internacional 2019
Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD. PERSPECTIVAS Y RETOS

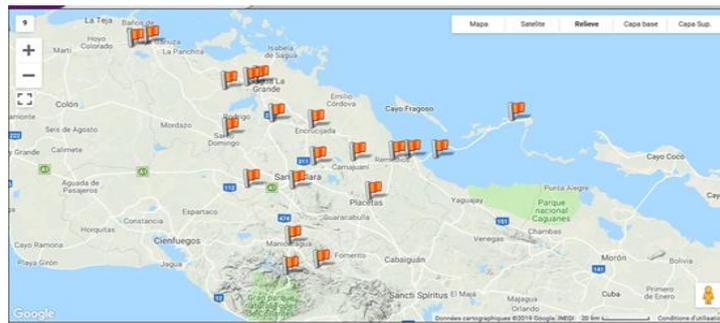


Figura 1: Representación de los centros transmisores de TV analógicos y digitales en Villa Clara.

En el contexto nacional para finales del 2018 habían más de 120 Transmisores digitales instalados en el país y los estudios mostraban que aproximadamente el 63 % de la población (más de 7 millones de habitantes) tenían acceso a la señal de definición estándar. A la fecha en la etapa de *simulcast*, ya la provincia cuenta con 1 transmisor de HDTV desde el año 2015 y 4 transmisores de SDTV en explotación desde xxxx bajo el estándar DTMB. Las características más relevantes de estos centros se pueden consultar en la Tabla 1 y la ubicación de los mismos en la orografía se ilustra en la Figura 2. Según la planeación paulatina de los pasos de avance de la televisión digital (TVD) en Cuba, se concibió que para julio del 2018 habría de comenzar el denominado apagón parcial, un proceso que implicaría la salida de los canales que hoy se transmiten por la señal de la televisión analógica y el apagón total estaría programado para el 2021. Como este proceso no resulta trivial además de la población como actor principal Intervienen además en la migración entidades como Copextel, el Ministerio de Educación, Cimex, la Cadena de Tiendas Caribe, el Ministerio de Trabajo y Seguridad Social y el Banco Central, todos responsabilizados de una u otra forma con el proyecto de mejoramiento.

Tabla 1: Ubicación y características de los centros DTT de la provincia de Villa Clara.

Municipio	Centro transmisor	Ubicación latitud /longitud	Canal	Frecuencia (MHz)	Potencia (Watt)
Corralillo	Corralillo	22N5814/80 W3428	34	590-596	100
Sagua la Grande	La Roca	22N4821/80 W0659	28	554-560	500
Caibarién	Caibarién	22N3002/79 W2902	22	518-524	100
Santa Clara	Dos Hermanas, Carretera a	22N2218/79 W5755	13	210-216	5000



	Manicaragua, Km 2 1/2				
--	--------------------------	--	--	--	--



Figura 2.2 Ubicación de los centros transmisores SD y HD en la provincia Villa Clara.

En épocas anteriores se hacían procedimientos rudimentarios de cubrimiento de la señal en función de mediciones de campo y estrategias de planeación. En la actualidad ya se trabaja con software de simulación profesionales que son capaces de calcular y simular áreas estimadas de cubrimiento que toman en consideración modelos de propagación, características del terreno, especificaciones técnicas, etc. Consecuentemente, resulta necesario en esta etapa crítica en donde co-existen un gran número de transmisores irradiando realizar una adecuada planeación para la llegada del apagón analógico (año 2021).

De acuerdo con el plano teórico de cobertura, según el programa Xirio que se muestra en la figura 3, se tiene una visión del cubrimiento teórico/sistémico del Canal 13 Digital con una potencia de 5KW. Nótese que se pueden identificar con claridad varias zonas de baja cobertura que corroboran un cubrimiento únicamente del medio-bajo para el servicio SD para el transmisor de Dos Hermanas con umbrales por debajo de 52dBµV.

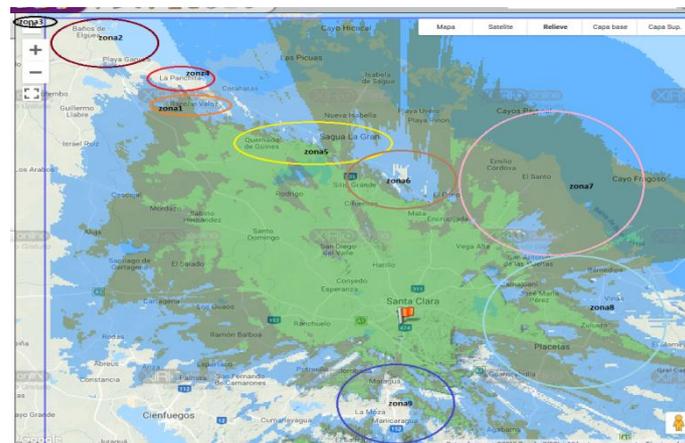


Figura 3: Representación del cubrimiento del CH 13 SD del transmisor Dos Hermanas



II Convención Científica Internacional 2019
Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD. PERSPECTIVAS Y RETOS

Zona 1: Esta zona incluye las regiones comprendidas entre La Presa Alacranes hasta Santo Domingo. Ésta zona incluye el recorrido por la carretera Central hasta Cascajal, pasando por los poblados de Mordazo y Manacas. También un tramo de la carretera Santo Domingo a Corralillo al Sur Oeste de Rancho Veloz. Incluye también amplias zonas de Matanzas y Cienfuegos.

Zona 2: Abarca la zona de la loma La Isabel, el poblado de Corralillo, Sierra Morena, Hotel Elguea y las playas de El Salto y la Ganuza.

Zona 3: Ubicada al oeste y al sur oeste del Centro Transmisor de Corralillo.

Zona 4: Esta zona está comprendida entre Quemado de Güines y Rancho Veloz, a la salida del Ingenio Quintín Banderas comienza una cordillera de elevaciones costeras que avanza hacia el oeste a pocos kilómetros de la costa paralela y al sur de la carretera del Circuito Norte y alcanza hasta el oeste de Corralillo.

Zona 5: Comprendida desde el oeste de Sagua La Grande en un abanico que parte de Quemado de Guines, E incluye El Ingenio Riquelme, La Isabela hasta la Playa El Uvero.

Zona 6: Comprende un área al norte nordeste de Santa Clara y comprende las ciudades desde Mata, Calabazar, Encrucijada, Ingenio Emilio Córdova y El Santo.

Zona 7: Comprende el municipio de Caibarién.

Zona 8: Se ubica al este de Santa Clara.

Zona 9: Está ubicada en la zona montañosa de las montañas de Cubanacán y Guamuaya, éste último conocido como El Escambray.

Haciendo un estudio de cobertura multitransmisor de la red MFN desplegada en la provincia y que está en función de la tabla 1 y los modelos de patrones de radiación como los mostrados en la figura 4 para los sistemas de antenas utilizados, se puede hacer una simulación de la situación de cobertura real que en epígrafes posteriores se validará con pruebas de campo. Los valores en colores para los niveles de intensidad fluctuantes representados se muestran en la leyenda de los rangos de señal. Es notorio que existen aún con los centros trasmisores secundarios, varias zonas con situaciones complejas como en algunos lugares bajos (zonas cercanas en la carretera de Manicaragua), zonas montañosas (Jibacoa y Güinía) o el grupo montañoso de Cubanacán y la Cordillera de Santa Fe que afectan las zonas de Placetas y Caibaríen, o las elevaciones al este de Wilfredo Pagés que comprometen la recepción en Mata,

Calabazar, Encrucijada, Ingenio Emilo Córdova y El Santo por solo citar algunos ejemplos.

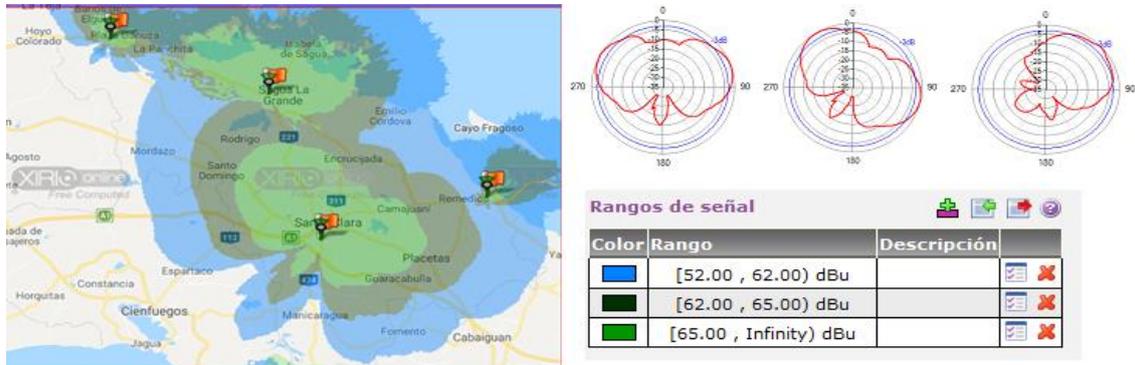


Figura 4: Representación de la cobertura SD para los centros de importancia vital en función de los rangos de señal utilizados y patrones de radiación de Dos Hermanas, Caibarién y Corralillo.

Transición Parcial, primera etapa.

La **primera propuesta** que se considera como parte de la estrategia a seguir en la Transición Parcial que está planificado que el Transmisor del Canal 14 con una potencia de 10KW asuma las transmisiones de TV Digital Standard en el 2019 o a más tardar en la primera mitad del 2020. Dicho transmisor hoy transmite el Canal Educativo-1 Analógico pues tiene la ventaja de ser híbrido; trasmite indistintamente una señal analógica o digital en función de su configuración. Gracias a esa característica se han podido realizar gran cantidad de mediciones de campo de la TV Digital conmutando momentáneamente del servicio Analógico al Digital mientras se mide la intensidad del campo, con la instrumentación idónea para la Norma Digital DTMB o haciendo coincidir los mantenimientos preventivos del Ch-14 con las mediciones, y en el período de afectación por mantenimiento, incluimos una parte del tiempo con transmisiones Digitales para hacer las mediciones en los lugares de interés. Estas pruebas con el canal 14 resultan necesarias si bien se toma en cuenta la tendencia a que los servicios de radiodifusión terrestre de televisión ocupen solamente las bandas de UHF y las de VHF queden despejadas para emplearlas en otros servicios de comunicaciones.

Eso permitirá conocer el cubrimiento real de la TVD Standard cuando aún la población no está completamente afectada, pues todavía la población tendrá la posibilidad de recibir el servicio de TV Analógica. Se tendría lo más importante que es el criterio de la población y también se pueden hacer mediciones de campo sin tener que solicitar permisos para cambios de programación. Habría entonces más tiempo de modificar



políticas e implementar acciones más efectivas. El Ch-14 debe brindar servicio a más del 70% de la población de Villa Clara. Además, incorporaremos a los Transmisores de Güinía Ch-42 y Jibacoa Ch-29 en el Escambray que actualmente transmiten el Educativo-1 y esa experiencia en la montaña será muy valiosa. Hay que tener en cuenta que las opiniones de la población tendrán limitación, pues aún contarán con el servicio de TV Analógico. Estas operaciones de la Transición Parcial no generan gastos, es solo operación.



Figura 5: Representación de la cobertura SD para los centros de importancia vital y para el Tx de Dos Hermanas en el CH-14

Haciendo un análisis en cada zona identificada con problemas de recepción se llevan a cabo las mediciones o pruebas de campo con esta primera propuesta. Para corroborar los resultados de simulación las mediciones de campo se realizaron tanto para el ch13 como para el 14; haciendo uso de las características de transmisor híbrido antes discutida. Las condiciones para la recepción de la señal se listan a continuación.

- Un dipolo calibrado de 0 db de ganancia.
- Una antena Logarítmica.
- Mástil de 3 metros de altura.
- El transmisor del canal 13 con 5kw.
- El transmisor del canal 14 con 12kw

Se puede afirmar categóricamente que la Zona 1 está cubierta por el Ch-14. Solo Vesubio, en el extremo NW no alcanza un MER de 24, aunque con antenas y bajantes adecuados sí hay buena recepción.



-Parámetros de puntos notables Zona 1 Occidente:

Tabla 2: Parámetros medidos en puntos de interés de la Zona 1.

Localidad	Canal	Nivel(dbuv)	C/N (db)	MER (db)	BER
Cascajal	13	35,3	13,9	-	-
Cascajal	13	38,1	22,5	17,5	<1x10 ⁻⁵
Cascajal	14	49	35,4	29,6	<1x10 ⁻⁵
Cascajal	14	50,6	36,3	>30	<1x10 ⁻⁵
Mordazo	13	37,5	22,5	17	<1x10 ⁻⁵
Mordazo	13	40,2	25,7	17,1	<1x10 ⁻⁵
Mordazo	14	50,5	37,4	>30	<1x10 ⁻⁵
Mordazo	14	52,4	38,4	>30	<1x10 ⁻⁵
Gavilanes	14	48		28	<1x10 ⁻⁵
Vesubio	14	32		23	<1x10 ⁻⁵
Entronque	14	30		53	<1x10 ⁻⁵
La Piedra	14	24		21	<1x10 ⁻⁵
Entronque Gavilanes	14	26.3		40	<1x10 ⁻⁵

- Parámetros de puntos notables Zona 2 Occidente Norte: Ésta zona no está cubierta eficazmente por el Ch-14 de Santa Clara, pero sí parte de ella está cubierta por el CH-34 de DTV del Centro de TV en Corralillo, ubicado en la loma La Isabel. Dicho Centro Transmisor se ubicó inicialmente en ese lugar para el servicio de los entonces Canales CubaVisión y Tele-Rebelde al poblado de Corralillo, Sierra Morena, Hotel Elguea y las playas de El Salto y la Ganuza, Los Canales 3 y 5 de Santa Clara estaban bloqueados por la cordillera costera y se repetían dichos servicios en los Canales 8 y 10. Un conjunto de antenas con corrimiento de fase y espacio en dos frentes se diseñó para ese objetivo. Luego con el desarrollo de la TV se incorporaron los Canales Educativos (14 y



II Convención Científica Internacional 2019
Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD. PERSPECTIVAS Y RETOS

20 para Santa Clara y 40 y 46 para Corralillo) y por último el Transmisor del Canal 34 para la TV Digital, siguiendo ese mismo concepto del servicio de cubrimiento y utilizando las mismas antenas de UHF que el 40 y 46, se constata que la TVD cubre igualmente la misma zona con valores de $MER > 24dB$.

Con la TV Analógica se cubre casi toda el área, solo el extremo este del poblado de Sierra Morena tiene algunas dificultades de recepción al estar en una zona más baja y alejada que el resto del poblado, por lo que algunos vecinos utilizan tubos altos para sus antenas, aun así, algunos ven la TV con un poco de ruido (llovizna) debido a una señal relativamente baja, a lo que se le suman los televisores viejos y las antenas y bajantes en malas condiciones, propios de ese tipo de localidad. Para la actual DTV el MER bordea el valor de 20 en esa zona y la experiencia dice que, el que no disponga de la antena adecuada no verá la Televisión en el este de Sierra Morena bajo éstas condiciones. Al Sursureste de Corralillo el Ch-14 llega con dificultad con un MER inferior a 20 y ésta zona se encuentra en la parte trasera del Sistema de Radiación de La Isabel, por lo que la cobertura también es débil. Aunque en ésta área la densidad de población es muy baja y aislada.

- Parámetros de puntos notables de la Zona 3: Al oeste y al sur oeste del Centro Transmisor de Corralillo el servicio de los Canales Analógicos actuales no es bueno desde Santa Clara y están por la parte trasera del conjunto de antenas de La Isabel en Corralillo, por lo que el servicio solo es efectivo en las zonas cercanas al Centro Transmisor. Pero esa zona tiene poca población, excepto el poblado de Motembo, que recibe un servicio con baja señal desde el Centro Transmisor de Jacán, en la provincia de Matanzas. Fue necesario montar un repetidor para Tele-Rebelde ya que Jacán transmite ese servicio por el Ch-13 y dicho canal tiene problemas de interferencia en la costa norte. En la actualidad en Motembo hay un Centro Transmisor de la UPTCER con un equipo que transmite Tele-Rebelde en el Canal 52 analógico. Sin embargo, no hay servicio de TV Digital adecuado en la actualidad.



II Convención Científica Internacional 2019
Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD. PERSPECTIVAS Y RETOS



Figura 6: Zonas sin cobertura en la provincia de Villa Clara.

- Parámetros de puntos notables de la Zona 4: Se debe destacar que, a media distancia entre Quemado de Güines y Rancho Veloz, a la salida del Ingenio Quintín Banderas comienza una cordillera de elevaciones costeras que avanza hacia el oeste a pocos kilómetros de la costa paralela y al sur de la carretera del Circuito Norte y alcanza hasta el oeste de Corralillo. Ésta cordillera está a una distancia de la costa que varía entre los 2 y 7 kilómetros. Tanto Rancho Veloz, Sierra Morena, Corralillo y algunos poblados se encuentran en la ladera norte de ésta cordillera, por lo que están bloqueadas de las transmisiones de Santa Clara. En igual situación se encuentran las playas de La Panchita, El Salto y La Ganuza. También se encuentran algunos planes económicos con asentamientos y zonas de interés, como el Plan Agrícola Lugardita, La Salina, la Cooperativa Pesquera de Carahatas el Hotel Elguea y Unidades Militares de la Zona. Por éstas características geográficas la ladera sur de la referida cordillera junto a Rancho Veloz, como parte de la Zona 1, sí recibe directamente el Canal 14 y el pueblo de Rancho Veloz, al norte de la cordillera, no lo recibe, como parte de la Zona 4. Tampoco La Panchita, la Salina, Lugardita, etc. cuentan con una buena recepción del Ch-14 y cuando solo se transmita la DTV podrían quedar sin servicio, todos ellos al norte de la carretera del Circuito Norte, que avanza al oeste. Para cubrir esta zona, ahora de bajo cubrimiento para la TV Analógica, está concebido un Transmisor de TVD en Rancho Veloz, que solo necesitará radiar al norte desde La Panchita hasta Lugardita.
- Parámetros de puntos notables de la Zona 5: En ésta zona está débilmente presente el Ch-14 de acuerdo con las mediciones, sin embargo, está totalmente cubierta por el Ch-28 ubicado en las alturas de La Roca. Las antenas en el Centro Transmisor de La Roca están formadas por cuatro paneles en dos direcciones similares a La Isabel y cubren desde El Ubero hasta Quemado.



II Convención Científica Internacional 2019
Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD. PERSPECTIVAS Y RETOS

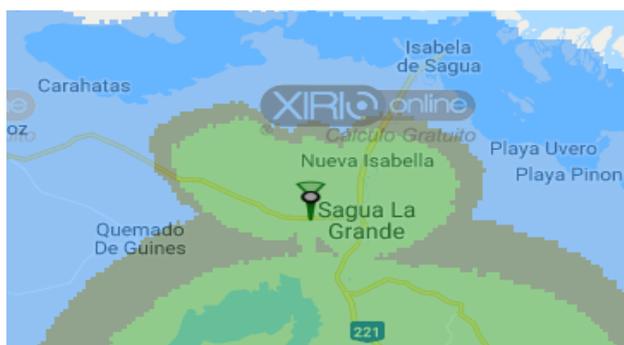


Figura 7: Cobertura servida por el transmisor La Roca CH -28

De modo cualitativo se puede decir que denota como en el poblado de la Isabela de Sagua en las casas había muy buena recepción del Ch-28 DTV SD de la Roca, además de los Canales Ch-32 TVD HD y Ch-13 TVD SD de Santa Clara, en viviendas que disponían de televisores modernos, antenas adecuadas y bajantes de cable coaxial. Además, los moradores argumentan que la recepción es estable. Esto lleva a confirmar que para ambientes TVD pueden llegar a ser “adecuadas” aún con lecturas de MER alrededor de 20 o incluso con lecturas de MER de 17, la recepción es eficaz con sistemas de recepción adecuados.

Tabla 3 : Parámetros medidos en puntos de interés de la Zona 5.

Canal	Lugar	MER	BER	Campo
28	Quintín Banderas	24,7	0.0 e -5	41,1
28	Riquelme	30,5	0.0 e -5	51,6
28	Parque Quemado	no	No	no
28	Quem. Comunitaria	>32	0.0 e -5	60,2
28	Quemado PNR	26	0.0 e -5	43
28	Quemado / Sagua	>32	0.0 e -5	55,6
28	Sagua PNR	>32	0.0 e -5	57,1
28	Armonía	>32	0.0 e -5	51,2
28	Playa Uvero	25,5	0.0 e -5	42,4
28	Sagua / Isabela	>32	0.0 e -5	55,6
28	Nueva Isabela	>32	0.0 e -5	55,3



II Convención Científica Internacional 2019
Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD. PERSPECTIVAS Y RETOS

28	Isab terreno Beisbol	25	0.0 e -5	42
28	Sagua Fca Bujías	>32	0.0 e -5	67,3
28	Sitiécitos entrada	26	0.0 e -5	45,5

- Parámetros de puntos notables de la Zona 6: El Xirio muestra ésta zona como bloqueada debido a unas elevaciones al este de Wilfredo Pagés en la carretera Santa Clara, Cifuentes, Sagua. Sin embargo, las mediciones de campo del Ch-14 con transmisión Analógica, las lecturas son superiores a los 50 db micro volts por metro, sin quejas de mal servicio de los pobladores, además, se visitaron viviendas con sistemas de recepción convencionales y reciben bien, con una calidad de recepción superior al 80% los canales de Santa Clara, Ch-13 SD y Ch-32 HD. En el 2014 en Calabazar se midieron 59 db microvolt por metro al Ch-14 Analógico. Ésta zona estará cubierta.



Figura 8: Cobertura servida por el trasmisor Dos Hermanas CH -14 en la zona 6

- Parámetros de puntos notables de la Zona 7: Ésta Zona está perfectamente cubierta por el Ch-22 del Centro Transmisor de Reforma y en el caso de Cayo Santa María el Transmisor del Ch-34 también cubre eficientemente la zona, incluso se recibe en lugares de la costa.



Figura 9: Cobertura servida por el trasmisor La Reforma CH -22 en la zona 7

- Parámetros de puntos notables de la Zona 8. Ésta sí resulta una zona problemática, pues existe una cordillera de elevaciones de norte a sur llamada La Sierra de Santa Fe,



que comienza cerca de Camajuaní y avanza hacia el sur, pasando unos 5 kilómetros al oeste de Placetas y luego se une al grupo montañoso de Cubanacán. Ésta cordillera bloquea completamente a Placetas y demás territorios al este de esa ciudad. Las antiguas Cadenas Nacionales de Microndas buscaron distintas soluciones para superar éste obstáculo. En el caso de la Philco con la altura, ubicando espejos a 600 pies en Santa Clara y en Placetas sobre una torre de 300 pies en la loma de La Vigía, la mayor altura de las cercanías de Placetas. En el caso de la ROCMI se desviaron de Placetas hacia Zulueta, también con una torre alta y la Thompson montó su repetidor en Las Coloradas, muy cerca de Zulueta en la elevación mayor de todo ese territorio. Los pobladores de Placetas siempre han tenido dificultades de recepción de alguno de los canales, especialmente los Educativos. Mediciones de la TVD en Placetas y demás poblaciones, como Zulueta, Buena Vista, General Carrillo, etc. Resultaron mediciones deficientes para la TVD con lecturas de MER inferior a 15. Todos los factores coinciden. Bajas lecturas de campo en las mediciones, bajo cubrimiento según el Xirio y quejas de la población. Es ésta una zona que deberá tener un tratamiento específico antes de la Transición, porque será una zona muy conflictiva.



Figura 10: Cobertura servida por el trasmisor Dos Hermanas CH-14 en la zona 8

- Parámetros de puntos notables de la Zona 9. Esta zona es muy montañosa (montañas de Cubanacán y Guamuaya, éste último conocido como El Escambray.) y proclive a que los fenómenos de *fading* y multitrayecto se acentúen. La Tabla 4 muestra las mediciones realizadas recientemente con el Ch-14 transmitiendo Digital. También se hicieron mediciones anteriores en Mataguá y Ceibabo, ambos poblados en la carretera de Manicaragua a Santa Clara. Puede concluirse que tanto la carretera de Manicaragua a Cumanayagua está cubierta hasta Barajagua, ya en la provincia de Cienfuegos. Está cubierta la carretera de Manicaragua a Guinía en los primeros 10 kilómetros en alturas adecuadas, no así en lugares bajos. Ya al acercarse a Guinía la recepción de los canales



II Convención Científica Internacional 2019
Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD. PERSPECTIVAS Y RETOS

de Santa Clara es muy deficiente, a tal extremo que no hay lectura. A diferencia de la Zona NW, aquí entre montañas sí hay bastante población campesina, aunque no hay mucha electrificación. En la carretera de Manicaragua a Topes de Collantes solo hay recepción cerca de Manicaragua en los primeros dos kilómetros. En las montañas no hay recepción. Jibacoa y Güinía son dos poblados con concentraciones de habitantes donde se montaron dos Centros Transmisores de TV para solucionar localmente el servicio de TV Analógica. Podría concluirse que es ésta una zona solo cubierta en Jibacoa, Guinía y la carretera a Cumanayagua.



Figura 11: Cobertura servida por el trasmisor Dos Hermanas CH-14 en la zona 9

Tabla 4: Parámetros medidos en puntos de interés de la Zona 8.

Ubicación	MER CH13/CH14	CAMPO
Manicaragua Yail	25/32	43/57
La Moza Estadio	23/32	46/61
Hoyo	20/32	46/61
La Campana	19/24	35/48
Barajagua	0/23	0/54
Entropnque Hanabanilla	18/30	51/60
Carretera Manicaragua a Guinía Km 5	20/22	51/57

La **segunda propuesta** a colación, no genera gastos, es solo operación. El Ch-13 (10kw) actualmente transmite la TV Digital Standard (TVDS) y estará liberado al pasar dichas transmisiones de TVDS al Ch-14, así el Ch-13 podrá transmitir la TV Digital HD, la TV de Alta Definición (TVDHD) que actualmente se transmiten por el transmisor del Canal 32 (Ch-32). Las antenas del Ch-32 son 4 pisos de paneles



verticales en fase dirigidos hacia el norte, hacia Santa Clara, por lo que la ganancia en la dirección principal disminuirá alrededor de los 6 dB ahora, pero será compensada en 10 dB por la mayor potencia del Transmisor del Ch-13 y por la mejor propagación de la Banda III. Ambas antenas están a la misma altura, por lo que no habrá cambio en el perfil de cubrimiento. La transmisión de ésta forma sería temporal.

La **tercera propuesta** está en función de tomar el Transmisor del Ch-32 (1kw) que actualmente transmite para Santa Clara la DTV HD se traslada para el nuevo Centro Transmisor de la loma Las Coloradas en Zulueta, donde actualmente está una repetidora de la Cadena Nacional de Microondas de ETECSA. Sería también de forma temporal. Las antenas radiarían de forma omnidireccional. El montaje podría efectuarse con los cuatro actuales paneles del Ch-32 en una "torreta lateral" en el extremo de la torre. Si el coaxial alcanza, se tendrán los recursos para hacer éste montaje, en lo fundamental y con medios propios. Así se resolvería el cubrimiento de la importante Zona 8, la más afectada de la División. Se dispone del transmisor, de las antenas y coaxial, así como dos tramos de AT-35 para la torreta, solo se necesitan las jaula de angulares para el montaje de los paneles como en las comunitarias, algunos herrajes de sujeción y fuerza de trabajo de Planta Interior y Exterior.

Tiene la desventaja de que se afectará el Ch-26, que trasmite el Telecentro para Santa Clara junto con el Ch-32 a través de un combinador, pero éste servicio del Telecentro se podría transmitir con un panel de UHF para pruebas de taller, que tenemos en el extremo de la torreta de FM que utilizamos para Habana Radio. Se perderían 6 dB de las transmisiones hacia Santa Clara del Ch-26, pero será suficiente para la ciudad. Además, el costo será mínimo en relación con el beneficio que representa cubrir la muy afectada Zona 8 en el Centro éste de la provincia.

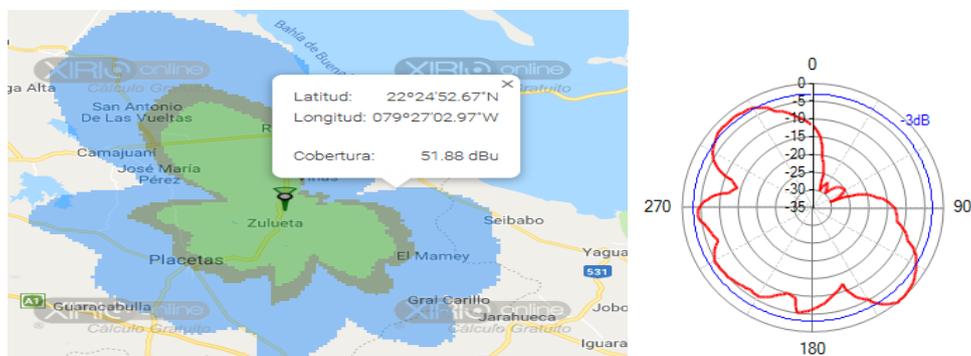


Figura 12: Cobertura servida por el trasmisor Las Coloradas CH-47 en la zona 8



Haciendo un análisis para un estudio multicobertura en la provincia se puede ver como habría un cubrimiento de más de un 75% para la provincia. En Las Coloradas se debería de utilizar un combinador para el Ch-32 TVD SD ya instalado desde la Etapa de Transición Parcial con un nuevo transmisor, también de 1KW para la TVD HD. En Caibarién hay un combinador Ch-30+36 pero se acopla actualmente con dos Transmisores Analógicos de 200 watts pico y no resistirán ésta potencia de dos Transmisores de 1 KW. El Transmisor de TVD SD del Ch-22 en Reforma, Caibarién se podría dejar como emergente activo, pues Caibarién debe de cubrirse perfectamente desde La Coloradas.

Esta proyección y planeación en la etapa del *Switch-Off* analógico ha de estar enfocada en el uso claro y optimizado de las frecuencias y de minimizar el riesgo de tener regiones no cubiertas o espectadores no listos. Además, resulta crucial la necesidad de la existencia de un marco legislativo que vele por líneas de tiempo, estrategias de licencias, áreas de cobertura para los servicios digitales no menores que los digitales, coordinación con otros servicios terrenales primarios, campañas de comunicación, etc.

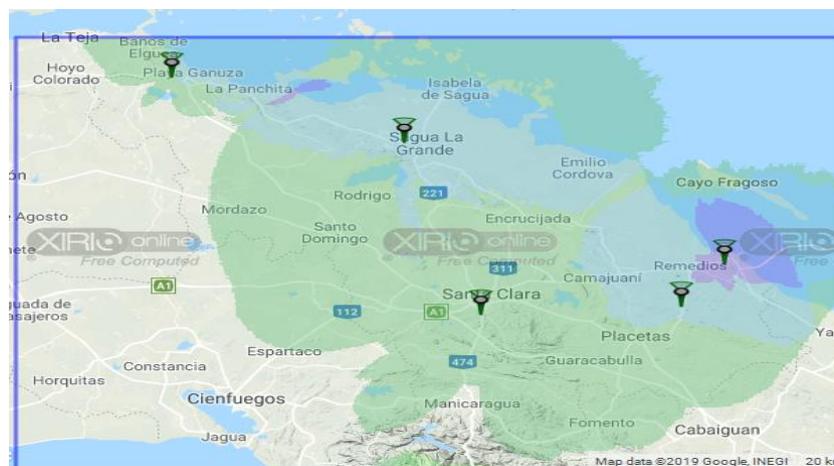


Figura 13: Cubrimiento de la señal SD en la provincia de Villa Clara

3. Visión futura para el despliegue de la SFN en Villa Clara

Si bien en su momento, la DTV constituyó una manera de anticipar una determinada obsolescencia tecnológica pasando por momentos claves (elección–adopción de un estándar, transición parcial, *simulcast*, transición total y consolidación) las decisiones de cada momento han de ser consensuadas, y han de tomar en consideración experiencias previas de otros que experimentaron el *Switch-Off* analógico para evitar así futuras incompatibilidades del parque tecnológico, procesos de re-antennización complejos,



oportunidades para TV de pago y posibles proyecciones para el Segundo Dividendo Digital que incluyan la armonización, re planificación, e inclusión de redes SFN para concesionar una menor de canales.

El área de interés para un estudio de SFN es aquella donde se solapan las zonas de cobertura, pues fuera de estas el comportamiento de la señal es similar al de MFN. En estas zonas de solapamiento se produce una interferencia mutua entre los transmisores que utilizan la misma frecuencia de transmisión. Esta interferencia puede ser tanto constructiva (mejora la calidad de la recepción) o destructiva (empeora o imposibilita la recepción). Sin embargo, dentro de una red SFN, los canales de propagación que deben enfrentar los receptores son mucho más desafiantes, por lo que su uso exige un conocimiento más profundo acerca de cómo se comportan los canales de propagación para poder establecer parámetros de diseño que permitan el correcto funcionamiento de la red de transmisión y de los receptores.

Son loables las ventajas de SFN sobre MFN que van desde una mayor eficiencia espectral, rendimiento de potencia, alta probabilidad de localización o mayor probabilidad de cubrir zonas de silencio. Estas ventajas han de ser compensadas con un nuevo esquema, hardware adicional y sincronización precisa en contenido, tiempo y frecuencia por parte de los trasmisores para garantizar interferencias no destructivas en los límites colindantes de las zonas de solape.

La configuración del esquema DTMB xxx incluye un modelo TDS-OFDM con longitudes de símbolo de 420/595/945 que se corresponden con duraciones del intervalo de guarda de 74.074/104.938/166.667 μ s respectivamente. Se deduce que la consecuencia de maximizar la longitud de la secuencia PN se traduce en un aumento del Bit Rate para una disminución del flujo de datos útiles de salida, una disminución tanto de la probabilidad del error de bit como de la degradación de la señal.

Para SFN, dicho intervalo de guarda, se tiene en cuenta para determinar la separación máxima teórica entre transmisores de una SFN y se relaciona en la expresión $D_{max} = C * T_g$, donde c es la velocidad de la luz = 3×10^8 m/s y T_g es el tiempo de guarda del símbolo OFDM. Entonces, para saber cuál es la distancia máxima a que se deben de ubicar un transmisor de otro en configuración SFN en Cuba, los valores son 22, 31 y 50Km para 74/105/167 μ s respectivamente; si estas distancias difieren este esquema es incapaz de estimar y corregir multitrayectos fuera del intervalo de guarda y las señales



II Convención Científica Internacional 2019
Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD. PERSPECTIVAS Y RETOS

provenientes de diferentes transmisores poseerán un retardo superior al intervalo de guarda seleccionado, la interferencia mutua de las señales no podrá ser utilizada de forma constructiva. Al contrario, puede resultar en un deterioro de la señal que imposibilite la recepción. En la tabla 5 se muestran las distancias entre los centros trasmisores.

Tabla 5: Distancia entre los centros trasmisores DTV en VC

Centros	Distancias, Km
Dos Hermanas SC – La Roca Sagua	50.53
Corralillo- La Roca Sagua	50.42
Dos Hermanas SC- La reforma Caibarien	73.84
Dos Hermanas SC – Las coloradas	42.26
La reforma Caibarien - Las coloradas	14.58

Aunque la elección de la frecuencia a utilizar no resulta trivial pues ha de estar en función del plan de adjudicación y asignación de frecuencias para las simulaciones se seleccionó CH14, por ser el utilizado en la propuesta diseñada. Se recomienda además considerar la influencia de los transmisores, tanto analógicos como digitales, ubicados en las provincias cercanas y en el propio territorio para un estudio más fiable; para el análisis de las razones de protección de interferencias considerar la recomendación BT.1368-12. La figura a continuación muestra la simulación y el mejor servidor para el esquema SFN.

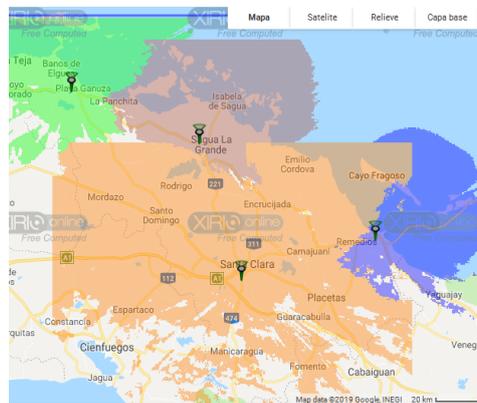


Figura 14 Cobertura del CH14 en Villa Clara con la inclusión de un nuevo trasmisor.

Como se estiman diferencias en los valores de retardo entre las señales que arriban a los receptores en las zonas de solape en función de la longitud de los trayectos de propagación desde cada uno de los transmisores SFN hacia el receptor se han de computar auto interferencias en la red. Además, como la distribución de los transmisores sobre el territorio en la mayoría de los casos es la heredada de la tecnología analógica se parte de una distribución inicial que no resulta idónea y se



observa que aunque muchos de los transmisores están separados por más de 22 km la cobertura de los transmisores de mayor potencia sobrepasa este límite. Este estudio preliminar resulta la antesala de mediciones posteriores para el despliegue de una futura SFN o SFN-MFN.

3. Conclusiones

Como parte del estudio se hizo una descripción minuciosa de la situación actual del cubrimiento digital en la provincia de Villa Clara así como la clara identificación de algunas zonas de sombra que se corroboraron en simulación e incito. Se realiza un análisis de posibles alternativas a implementar para mejorar a un índice superior de un cubrimiento de un 75% prácticamente libre de costo. Resulta además un complemento a estudios de proyecciones en la empresa RadioCuba. Tras lograr una mayor área de cobertura se aprovechó para realizar algunas estimaciones sobre redes SFN alternativa que resulta idónea a valorar.

REFERENCIAS

- [1] S. A. o. t. P. s. R. o. China, "Chinese National Standard GB 20600—2006. Framing Structure, Channel Coding and Modulation for Digital Television Terrestrial Broadcasting System (DTMB)," ed, 2007.
- [2] UIT-R "Digital terrestrial broadcasting: Design and implementation of single frequency networks (SFN) ", Vol. ITU-R BT.2386-1, pp. 186, 2017
- [3] Vasileiou PN, *et al* .,"Planning single frequency networks for broadcasting digital TV", 7th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP), 2013
- [4] Rich Redmond, "Single Frequency Network Structural Aspects & Practical FieldConsiderations", 2011
- [5] TANG, Shigang, PAN, Changyong, GONG, Ke & YANG Zhixing, "Propagation Characteristics of Distributed Transmission with Two Synchronized Transmitters", IEEE, 2006
- [6] Enesys Technologies, White paper "Technical Overview of Single Frequency Network".