

PROGRAMA DE DESPLIEGUE DE LA TV DIGITAL EN CUBA. ESTADO ACTUAL Y PROXIMOS RETOS.

Yoania Acosta Cintado¹, Glauco Guillén Nieto²

LACETEL, Instituto de Investigación y Desarrollo de Telecomunicaciones, Ave. Independencia Km 14 1 ½, No. 34515, Boyeros, La Habana (19200)

¹e-mail: yoania@lacetel.cu

²e-mail: glauco@enet.cu

RESUMEN

El proceso para la digitalización de la Televisión Terrestre en Cuba es un programa prioritario de la alta dirección del país, dado el impacto económico, político y social que tiene en toda la sociedad; se pretende la modernización de toda la infraestructura del sistema televisivo mediante la implantación de la Televisión Digital. El gobierno cubano ha seleccionado el estándar DTMB desarrollado por la República Popular China, como la norma de transmisión que utilizara para garantizar este fin, debido entre otros factores, a que constituye una oportunidad efectiva de avanzar hacia la soberanía e independencia tecnológica permitiendo insertarnos en la adecuación, evolución y desarrollos futuros de estas normas. En el presente trabajo se exponen las principales ventajas y desventajas inherentes a la TV Digital, se presenta el estado actual del despliegue de este programa y el rol que ha venido desempeñando *LACETEL*, Instituto de Investigación y Desarrollo de Telecomunicaciones para contribuir al logro de estos objetivos. Se definen además, los retos de mayor impacto a acometer para lograr una efectiva absorción, imitación, innovación y desarrollo de esta tecnología en el plazo establecido.

PALABRAS CLAVES: TV Digital, estándar DTMB, asimilación de tecnología, receptores de TVD, proceso verificación.

ABSTRACT

The process of digitalization of terrestrial television in Cuba is a priority program of the senior management of the country, given the economic, political and social impact on the whole society; the modernization of the entire infrastructure of the television system is intended to achieve through the introduction of digital television.. The Cuban government has selected the DTMB standard developed by the PRC, as the transmission standard to use to ensure this end, due among other factors, this constitutes a genuine opportunity to move towards sovereignty and technological independence allowing to insert ourselves in the adaptation, evolution and future developments of these standards. In this paper are presented the main advantages and disadvantages inherent in Digital TV, the current state of deployment of this program and the role it has been playing *LACETEL*, Research and Development Telecommunications Institute to contribute to the achievement of these goals. The

challenges of greater impact are defined for achieving effective absorption, imitation, innovation and development of this technology within the prescribed time.

KEYWORDS: Digital TV, DTMB standard, DTV Receivers, Verification process, Technology assimilation.

INTRODUCCIÓN

La transmisión de TV Digital terrestre en Cuba es un hecho. Es un proceso paulatino que se encuentra en fase de despliegue, en el territorio nacional ha sido virtualmente dividido en zonas o en regiones (total de 6) lo cual obedece a decisiones estratégicas, con el fin de garantizar la cobertura necesaria de la señal digital en todo el país, la adquisición de STB (del inglés Set Top Box) o cajas decodificadoras por parte de la población es actualmente un requisito indispensable para disfrutar de estas transmisiones, y garantizar en el plazo establecido hacer el apagón analógico (momento en el cual cesarían completamente las transmisiones de TV utilizando normas analógicas), dando fin a la etapa de simultaneidad que existe en este momento.

Esta decisión del gobierno cubano, entre los objetivos estratégicos que persigue, se encuentra lograr anticiparnos a la inevitable obsolescencia tecnológica, que generaría gastos muy superiores en un breve plazo, debido entre otros aspectos a la escasez en los mercados internacionales de las principales partes y componentes de los sistemas analógicos de transmisión y recepción, derivándose de esta situación el encarecimiento de estos productos. Es una migración que cada país tiene que enfrentar de manera responsable y que forma parte del proceso de digitalización de la televisión a nivel mundial de manera similar a como ha ocurrido en otras muchas tecnologías, la televisión no es la excepción [1].

Más que un cambio necesario, la TVD (Television Digital) es un proyecto prioritario e integral, de creación de infraestructura social, con el principal objetivo de poner a disposición de todos los ciudadanos los medios necesarios que le permitan acceder a los servicios televisivos y disfrutar de una televisión con una calidad homogénea y superior a la televisión analógica, además de las bondades de los servicios de valor agregado con que cuenta [1].

SELECCIÓN DEL ESTÁNDAR DTMB COMO NORMA DE TRANSMISIÓN.

En el momento que la Comisión Técnica de TVD (constituida por diversos especialistas para evaluar y proponer que tecnología se adecuaría mejor a los requerimientos establecidos para Cuba) pone en consideración todos los estándares existentes hasta ese momento, reconocidos y aprobados por la UIT (Union Internacional de Telecomunicaciones) existían cinco normas de transmisión: ATSC (del inglés Advanced Television System Committee), EEUU, 1997; DBV-T (del inglés Digital Video Broadcasting), Europa, 1998; ISDB-T (del inglés Integrated Services Digital Broadcasting Terrestrial), Japón, 2001, ISDB-Tb (del inglés Integrated Services Digital Broadcasting Terrestrial, incluye modificaciones de Brasil), Brasil, 2005 y DTMB (del inglés Digital Terrestrial Multimedia Broadcast), China, 2007. El estudio, la evaluación de parámetros técnicos, la realización de pruebas de Laboratorio y pruebas de campo en La Habana, permitió constatar que el estándar DTMB brindaba mejores prestaciones técnicas que los estándares anteriores que le precedieron en fecha de aparición, afirmación validada además por pruebas de campo realizadas en diferentes países de Latinoamérica: Venezuela, Perú, Ecuador, Brasil, Colombia y Chile [2].

Para ejemplificar, entre los parámetros evaluados en las pruebas de campo llevadas a cabo por SUPERTEL, SuperIntendencia de Telecomunicaciones (ente gubernamental responsable en Ecuador), CONCORTV, Consejo Consultivo de Radio y Televisión (ente gubernamental responsable en Perú), CONATEL, Comisión Nacional de Telecomunicaciones (ente gubernamental responsable en Venezuela) y destacan la Intensidad de campo (Ic), Relación portadora a Ruido (C/N), comportamiento del BER (del inglés Bit Error Rate), MER (del inglés Modulation Error Rate), robustez ante el ruido impulsivo, movilidad; luego de diseñadas, realizadas las pruebas y registrados los valores se determinó que el estándar chino fue superior a todos los demás evaluados (los 4 restantes mencionados anteriormente), seguido por el estándar ISDBT-b [3],[4],[5]. Los resultados se muestran en las Figuras 1 y Figura 2.

CRITERIO	ATSC	DVB-T	ISDB-T	DMB-T
Aspecto técnico	4to.	3ero.	1ero.	1ero.
Aspecto Económico	3ero.	2do.	1ero.	4to.
Aspecto de Cooperación	3ero.	1ero.	2do.	4to.

Figura 1. Desempeño de los estándares evaluados en Perú.

Escala de Desempeño	Parámetros técnicos evaluados en las pruebas técnicas de TDT				Resultado FINAL
	Intensidad de Campo [Ic]	Relación Portadora a Ruido [C/N]	Ancho de Banda [BW]	Relación MER vs C/N	
PRIMERO	DTMB	DTMB	ISDB-Tb	DTMB	DTMB
SEGUNDO	ISDB-T	ISDB-Tb	ISDB-T	ISDB-Tb	ISDB-Tb

Figura 2. Desempeño de los estándares evaluados en Ecuador.

A la par de las pruebas de campo fueron diseñadas en el Laboratorio de Televisión Digital radicado en LACETEL, disímiles experimentos basadas en el REPORT ITU-R BT.2035-2 "Guidelines and techniques for the evaluation of digital terrestrial television broadcasting systems including assessment of their coverage areas"[6], así como el estándar "Chinese National Standard GB 20600—2006: Framing Structure, Channel Coding and Modulation for Digital Television Terrestrial Broadcasting System"[7], todas las pruebas realizadas fueron para un ancho de banda de 6MHz, canalización establecida en el continente americano. Algunos de los parámetros evaluados son: rango dinámico de la señal RF de entrada, ruido aleatorio, interferencia cocanal (Analógico-Digital y Digital-Digital), interferencia por canal adyacente superior e inferior (Analógico-Digital y Digital-Digital) e Interferencia por trayectos múltiples estáticos, estos resultados fueron comparados con estudios e investigaciones similares realizados a

receptores ISDB-T y DVB-T, evidenciándose la superioridad técnica del estándar DTMB en cuanto a robustez de la señal ante la interferencia de ruidos y una mayor cobertura [8].

Además de los factores técnicos, es importante resaltar que temáticas de carácter económico, político, legales, geográficas y social se evalúan integralmente para decidir cuál es la tecnología más conveniente.

Teniendo en cuenta todos estos elementos el 5 de junio de 2011, se firmó un acuerdo entre la CNDR (Comisión Nacional de Desarrollo y Reforma) de China y el Ministerio de Comunicaciones de Cuba, para la adopción de DTMB y AVS (del inglés Audio and Video Coding Standard), ambas desarrolladas por China. El 27 de mayo de 2013 dio comienzo a las primeras pruebas de TVD estableciendo para ello una zona de demostración en La Habana y entregando receptores comerciales a los usuarios seleccionados, finalmente el 10 de septiembre del 2013 fue publicado en gaceta oficial, el acuerdo 7455 del Consejo de Ministro mediante el que se aprueba el estándar internacional de transmisión de televisión digital terrestre DTMB y se autoriza su introducción y despliegue en Cuba según sus especificaciones técnicas, con las adecuaciones y mejoras tecnológicas necesarias para el país y las posteriores evoluciones tecnológicas que de esta se deriven.

La adopción del estándar DTMB hace posible insertarnos en la adecuación, evolución y desarrollos futuros de estas normas; o sea, una oportunidad efectiva de avanzar hacia la soberanía e independencia tecnológica, y además nos exime de obligaciones de pago de derechos de propiedad intelectual por el empleo de estas normas en la transmisión, recepción y producción de los programas de televisión [9].

Ventajas y desventajas de la TV Digital

La migración a la tecnología digital deja saldos positivos desde varios puntos de vista, desde las perspectivas del usuario final y como interés de país, partiendo desde este último es evidente que garantiza un empleo más eficiente y descongestión del espectro radioeléctrico, que es un recurso limitado, abriendo la posibilidad de introducir más canales de programación y nuevos servicios en el mismo espacio de frecuencia. Reducción de la cantidad de transmisores, lo cual se traduce en: una reducción del consumo energético, disminución de la carga de las torres (lo que reduce la vulnerabilidad ante fuertes vientos), menores pérdidas en el sistema de Tx, menor necesidad de piezas de repuesto. También permite nuevas formas de creación y enriquecimiento de la producción audiovisual al disponer de texto e imágenes, a demanda del televidente, relacionadas con la programación en curso, por ejemplo las estadísticas asociadas a un juego de pelota o a un concurso determinado. A los desarrolladores de contenido les habilita una vía adicional para programación radial con calidad de audio digital, superior a FM, permite ofrecer al televidente el acceso a la Guía de Programación a demanda y ofrecer servicios de información en formato de texto e imágenes.

Las ventajas para los usuarios son también apreciables, pues visualiza la señal libre de distorsiones, fantasmas, ruidos, desvanecimientos, con mayor uniformidad la calidad de los canales, detecta mejor calidad de la señal recibida, su receptor sintoniza todos los canales desde un solo transmisor (sin necesidad de reorientar la antena cada vez para optimizar la calidad de la señal en diferentes canales), disfruta de un incremento de la cantidad de canales, además de tener la posibilidad de acceder a nuevos y útiles servicios, que anteriormente no eran posibles incluir en la transmisión analógica, por ejemplo: se transmite actualmente la Guía de programación con los horarios, títulos de los programas y sinopsis de los contenidos, de los 7 días siguientes y actualizada permanentemente y los servicios de información diversa: noticias, trámites, estado del tiempo, carteleras culturales, información de Ecured.

Que coexistan las transmisiones de TV Analógicas y TV Digitales (etapa de simultaneidad) constituye la principal desventaja del sistema, en cuanto a ahorro energético se refiere, puesto que se incrementa el consumo de recursos dado que además de los 4 a 6 Txs analógicos (VHF), está en marcha 1 Tx digital (UHF), en estos momentos sin respaldo, aunque se prevé que al ocurrir el apagón analógico se disponga de un 2do Tx digital, como respaldo, utilizando las frecuencias de la banda VHF, ya para ese entonces liberada.

PLANIFICACION PARA LA IMPLEMENTACION DE LA TV DIGITAL

El programa para la implementación de la televisión digital terrestre en Cuba se divide en tres grandes etapas:

Etapas de simultaneidad, la cual consiste en brindar de forma simultánea durante un período de tiempo los servicios actuales de televisión analógica más los servicios limitados de televisión digital. Mientras menos dure esta etapa más eficiente será el proceso de transición a la televisión digital. La duración de esta etapa está condicionada principalmente por la existencia de cajas decodificadoras, también conocido como receptor para la televisión digital, en los hogares de la población cubana. El tiempo previsto como base para la duración de esta etapa es de 5 años. En los dos primeros años se instalarán todos los equipos transmisores para la simultaneidad y se crearán las condiciones para empezar en el quinto año la digitalización completa en las primeras zonas del país. En caso de que fuese necesario se prevé dejar por un período de tiempo limitado, después de la digitalización de una zona, un servicio de televisión analógica en el aire con el objetivo de no dejar sin servicio a las personas que no hayan podido, por alguna causa, adquirir el receptor de televisión digital. Esta medida se plantea para que en caso de situaciones excepcionales durante este período de tiempo toda la población tenga acceso al menos a un servicio de televisión.

Despliegue del primer servicio de televisión digital, el cual sustituye los servicios de televisión analógica en toda su capacidad. Lo que quiere decir que con estos transmisores digitales se alcanzará la misma cobertura que actualmente tienen los servicios de televisión analógica. La programación a transmitir por estos equipos será una trama multicanal con 8 canales digitales en definición estándar, exactamente la misma trama que se utilizará en la etapa de simultaneidad. Este será un servicio de televisión abierta; o sea, que no se cobrará.

La diferencia entre esta etapa y la de simultaneidad está dada principalmente en que, en la etapa de simultaneidad coexisten los dos servicios, siendo mayoritario el analógico y en esta etapa, a medida que se va implementando la televisión digital se va apagando la televisión analógica. Otra diferencia significativa es que la etapa de simultaneidad es una etapa de transición, donde el servicio de televisión digital no tiene la cobertura necesaria para servir a todos los usuarios de la televisión analógica actual, no siendo así en esta etapa donde el servicio de televisión digital se instalará a plena capacidad de potencia y de altura en las torres con el objetivo de igualar en cobertura el servicio analógico anterior.

Despliegue del segundo servicio de televisión digital, el cual consiste en la instalación de un segundo transmisor para ser utilizado como redundancia y tener la opción de transmitir programas en alta definición.

Como parte de esta etapa, se planifica un período de completamiento con el cual se pretende, utilizando las comunitarias y los centros de bajo nivel existentes, y complementándolos con la instalación de equipos pequeños conocidos como repetidores (en inglés, Gap Filler), llevar el servicio de televisión digital a la mayor cantidad de usuarios posibles [10].

Situación Actual del despliegue de la TVD

Luego de casi 2 años transcurridos desde el comienzo de la zona de demostración en La Habana y la distribución de las primeras cajas receptoras entregadas en donación (51 705 cajas decodificadoras destinadas a la población y 6 292 a entidades, especialistas y técnicos vinculados al programa), han sido comercializadas alrededor de 60 000 televisores híbridos y 500 000 cajas (hasta el momento 11 modelos diferentes), ampliando el por ciento de la población que disfruta de los nuevos servicios, sin embargo todavía esta cifra es insuficiente para suplir la demanda, pues según el último Censo realizado, en el país existen aproximadamente 3.5 millones de TV, de ellos 759,164 son Televisores en Blanco y Negro [11], aspecto importante a tener en cuenta a la hora de adquirir un equipo que se adecue a estas características específicamente, a un precio asequible para los potenciales clientes [12].

Para garantizar dar la cobertura necesaria, se han instalado más de los 35 transmisores que abarcan toda la provincia de La Habana, todas las cabeceras provinciales y algunos municipios aledaños, cubriendo un área potencial de aproximadamente 5 millones de televidentes, previéndose aumentar en 17 este número de estaciones transmisoras durante el año 2015.

En la provincia La Habana se encuentran funcionales 5 centros de transmisión (señal SD), ubicados en Habana Libre, Balcón de Lawton, San Pedro, Guanabo y Televilla, estos garantizan la cobertura a la mayor parte de la provincia y zonas aledañas de Mayabeque y Artemisa, este último es el centro que radia la mayor potencia y por consiguiente garantiza un mayor rango de cobertura.

Adicionalmente en La Habana se transmite, de forma experimental, un programa en formato HD a través de los canales 36 (desde Televilla) y 50 (desde el Habana Libre), con una cobertura limitada que no abarca la totalidad del territorio de la provincia. Mayormente repite la programación en SD del Programa (Canal) Multivisión y solo los viernes, sábados y domingos, se transmite una parrilla con 3 películas (que se repiten en dos horarios diferentes), Deporte, Palmas y Cañas, etc. Es algo experimental, que puede variar con respecto a lo descrito y que todavía es una intención insipiente, por no contar todavía con las condiciones para disponer de un cronograma sobre su futuro desarrollo y generalización.

Se comercializan actualmente once modelos diferentes de STBs, de ellos dos son de gama baja (DT25-2080, HDMB-2000T/M), cinco de gama media (KSDT 863-M, SDP160, SD-SL215, DT46-N03 y DTT1513) y cuatro de gama alta (HMA1, KHDT875-A, DTT1900 y HD-HL1209), se prevé comercializar los primeros iDTV en el próximo año 2016, como parte de la continuación del programa.

Conformación de la señal digital actual. Modos de transmisión DTMB utilizados.

El estándar DTMB consta de 7 modos principales de trabajo, cada uno de ellos establece un Throughput (Mbps) máximo para cada modo, resultado de la selección de los diferentes parámetros de transmisión definidos.

Actualmente para la transmisión de la señal en formato de definición estándar (SD) se utiliza el modo 6, el cual establece un Throughput máximo de 18.274 Mbps. Para las transmisiones experimentales de la señal en alta definición (HD) se ha determinado utilizar el modo 3, con un Throughput máximo de 10.829 Mbps. (Ver Tabla 1).

Modo	Número de Portadoras	FEC	Modulación	Cabecera	Entrelazado	Throughput (Mbps)
1	3780	0.4	16QAM	PN945	720	7.220
2	1	0.8	4QAM	PN595	720	7.797
3	3780	0.6	16QAM	PN945	720	10.829
4	1	0.8	16QAM	PN595	720	15.593
5	3780	0.8	16QAM	PN420	720	16.244
6	3780	0.6	64QAM	PN420	720	18.274
7	1	0.8	32QAM	PN595	720	19.492

Tabla 1. Modos principales de DTMB

Se transmiten ocho programas de televisión en definición estándar, siete emisoras de radio e información de datos que constituyen servicios de valor agregado. Se determinó transmitir cada uno de los 8 programas de TV con 2MB, ($8 \times 2\text{MB} = 16\text{MB}$), cada programa de radio con 0.3MB ($7 \times 0.3 = 2.1\text{MB}$) y los datos con 0.1MB, para un total de 18.20MB. (Ver Figura 3). Del análisis de esta distribución resulta evidente que no es factible asignar un bit rate constante a cada programa, puesto que por ejemplo la programación deportiva que se transmite por Tele Rebelde para una mejor visualización demandaría dedicarle un mayor bit rate, el cual no sería el mismo que necesitaría un programa menos exigente como uno con las características de un Noticiero.

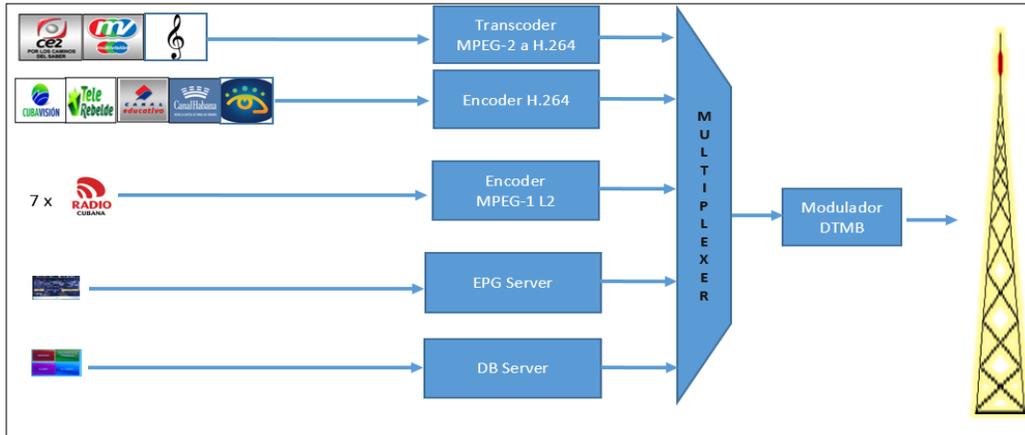


Figura 3. Esquema utilizado actualmente para la transmisión de contenido.

Papel desempeñado por LACETEL

Para lograr la efectiva transferencia tecnológica, y el despliegue exitoso de la TV Digital se requiere la integración y coordinación de todos los actores implicados en este proceso, LACETEL, RADIOCUBA, ICRT, TRD, CIMEX, EIE, GEDEME, COPEXTEL, por citar algunos de ellos, junto al Ministerio de Comunicaciones comparten la responsabilidad de materializar este objetivo.

LACETEL, Instituto de Investigación y Desarrollo de Telecomunicaciones, como Miembro del Grupo de Dirección, dentro de la Comisión Técnica de Televisión Digital, al frente de la Transferencia de Tecnología tiene la misión de garantizar la efectiva absorción, difusión, imitación, innovación y desarrollo de la tecnología, para tributar con su trabajo a la sostenibilidad del proyecto. Como parte de las funciones estatales definidas según Resolución No.662/2014, de 2 de diciembre de 2014, del Ministro de Comunicaciones se encuentra desarrollar soluciones de alto valor de conocimiento agregado a problemas específicos de interés gubernamental a partir de generar, investigar, desarrollar, innovar, asimilar e integrar y transferir tecnología para su introducción en la práctica social, para tributar a la soberanía e independencia tecnológica en Telecomunicaciones.

La concepción, planificación y creación del Laboratorio de Televisión Digital (LTVD) ha sido y es fundamental para garantizar este proceso, evidenciado en una tarea esencial que ejecuta LACETEL: la verificación para la evaluación de la conformidad de los receptores comerciales tomando como base los requerimientos técnicos mínimos de obligatorio cumplimiento establecidos según las Resoluciones 430/2014: “Minimum Mandatory Technical and Operational Specifications for Digital Television Set-Top Boxes” emitida en mayo de 2014 y 47/2015 “Minimum Mandatory Technical and Operational Specifications for Digital Terrestrial Television Receiver in Cuba”, emitida en marzo de 2015, ambas por el Ministerio de Comunicaciones.[13],[14].

Hasta la fecha y desde 2013, han sido verificados un total de 62 receptores de TVD, cumplen con las Resoluciones 430/2014 y 47/2015, un total de 31 receptores, de ellos 27 son cajas decodificadoras y 4

iDTV, también han sido evaluadas 11 modelos de antenas, 1 cable coaxial y 1 un Dongle. Como parte del intercambio constante con los fabricantes en aras de obtener productos adaptados al mercado y con prestaciones que satisfagan las expectativas de los usuarios finales, se generan nuevas versiones de firmware que optimizan el equipo, dando como resultado que se hayan realizado un total de 140 verificaciones.

CONCLUSIONES.

A pesar de los avances evidentes, persisten cuestiones importantes por perfeccionar, entender la naturaleza y amplias posibilidades que nos brinda esta nueva tecnología digital será esencial para lograr aprovechar al máximo las nuevas capacidades disponibles, pensar “digitalmente” permitirá entender que la señal digital puede incorporar toda clase de información adicional sobre sí mismas, aspecto que no es posible incorporar en los sistemas analógicos. Lograr hacer efectiva la transferencia tecnológica es uno de los objetivos fundamentales y con la intención de lograr ese fin deben estar enfocadas las líneas estratégicas a seguir.

REFERENCIAS.

1. CUBA. “¿Por qué se toma esta decisión?”[en línea] **LACETEL**, Instituto de Investigación y Desarrollo de Telecomunicaciones [ref. octubre 2015]. Disponible en web: <http://www.lacetel.cu/television-digital/preguntas-y-respuestas>.
2. CUBA. “¿Por qué fue seleccionada la norma china “Transmisión Digital Terrestre de Multimedia” o DTMB por sus siglas en inglés?” Instituto de Investigación y Desarrollo de Telecomunicaciones [ref. octubre 2015]. Disponible en web: <http://www.lacetel.cu/television-digital/preguntas-y-respuestas>.
3. PÉREZ GARCÍA, Nelson Alexander. “Desempeño en Ambiente Exterior, Recepción Fija, del Estándar DTMB (Digital Terrestrial Multimedia Broadcast) en Pruebas de Campo realizadas en Caracas, Venezuela” 2do Foro Internacional de Television Digital de La Habana. La Habana Noviembre 2014.
4. KEMPER VÁSQUEZ, Guillermo. “Televisión Digital Terrestre (TDT): Elección del estándar y situación actual en el Perú” 2do Foro Internacional de Television Digital de La Habana. La Habana Noviembre 2014.
5. PÁEZ VÁSQUEZ, Xavier. “Evaluación del desempeño del estándar DTMB en las pruebas de televisión digital terrestre en Ecuador” 2do Foro Internacional de Television Digital de La Habana. La Habana Noviembre 2014.
6. ITU-R. BT.2035-2 “Guidelines and techniques for the evaluation of digital terrestrial television broadcasting systems including assessment of their coverage areas”. Geneva. Switzerland. 2009
7. RPC. “Chinese National Standard GB 20600—2006: Framing Structure, Channel Coding and Modulation for Digital Television Terrestrial Broadcasting System”. 2006.

8. IEEE. MARTINEZ ALONSO, Rodney; FONTES PUPO, Ernesto; CHANYOUNG, Pan. "Co Channel and Adjacent Channel Interference in DTMB with 6MHz Channel Bandwidth"
9. CUBA. "Donación del gobierno chino de equipamiento para el inicio de la televisión digital en Cuba"[en línea] **LACETEL**, Instituto de Investigación y Desarrollo de Telecomunicaciones [ref. octubre 2015]. Disponible en web: <http://www.lacetel.cu/television-digital/preguntas-y-respuestas>.
10. CUBA. "Como está concebido el programa para la implementación de la televisión digital terrestre en Cuba"[en línea] **LACETEL**, Instituto de Investigación y Desarrollo de Telecomunicaciones [ref. octubre 2015]. Disponible en web: <http://www.lacetel.cu/television-digital/preguntas-y-respuestas>.
11. CUBA. "Más de 700 mil televisores en blanco y negro en hogares cubanos" [en línea]. Café fuerte [ref. de 14 noviembre 2013]. Disponible en web: <http://cafefuerte.com/cuba/8956-mas-de-700-mil-televisores-en-blanco-y-negro-en-hogares-cubanos/>
12. REYES LEON, Grisel E. "Plan de acción para el proceso de digitalización de la televisión terrestre en Cuba", 2do Foro Internacional de Television Digital de La Habana. La Habana Noviembre 2014.
13. MINCOM. "Minimum mandatory technical specifications, features and recommendations for digital terrestrial television set-top boxes in Cuba". Resolution No. 430/2014. MINCOM. La Habana. Cuba. Mayo 2014.
14. MINCOM. "Minimum Mandatory technical specifications, features and recommendations for digital terrestrial television receiver in Cuba". Resolution no. 47/2015. MINCOM. La Habana. Cuba. Marzo 2015.