

## 5. Conclusiones y trabajos futuros

### 5.1 Conclusiones

- Dado que en el país se dispone de una canalización de televisión con ancho de banda de 6MHz y que la CNTV en la adopción del estándar incluyeron la codificación MPEG-4, según los resultados de la Tabla 1-8 (Receptores TDT con estándar DVB-T) cerca del 50% de los televisores y STB evaluados no cumplen con estos requisitos.
- Con base en las simulaciones de cobertura de la sección 3.2 y comparando los resultados con las mediciones de los 20 puntos fijos (Tablas 4-3 y 4-4) se determino que el modelo de propagación de los cuatro evaluados, el que presenta un mejor desempeño es el ITU525 (Tabla 4-5), con un valor de error promedio de 4.4dB y una desviación estándar entre los 6.3dB y 6.7dB. Correlacionando las simulaciones de la sección 3.2 con las mediciones de drive test, se obtuvo un comportamiento similar en el desempeño de los modelos (Tabla 4-6), siendo nuevamente el modelo ITU525 el que tuvo menor valor de error y de desviación estándar, los valores encontrados son de -1.27dB de error promedio con una desviación estándar de 3.96dB.
- Al diseñar una red orientada a la recepción fija es posible obtener coberturas cercanas al 100% (Figuras 4-12, 4-15 y 4-18) con niveles de potencia muy bajos (entre 500W y 1000W para el caso de este estudio). Al diseñar la misma red pero considerando una recepción Portable Indoor se reduce considerablemente el porcentaje de cobertura hasta en un 40% (Figuras 4-21, 4-24, 4-27 y 4-30) y es necesario realizar incrementos en la potencia del transmisor (Entre 2000W y 6000W para el caso de este estudio) para aumentar el porcentaje de cobertura.
- Al usar modulación jerárquica y destinar el flujo HP a la recepción móvil, se puede lograr un incremento superior al 30% de cobertura (Tabla 4-8 Escenario 3 Flujo HP y Tabla 4-9 Escenario 3 Flujo HP). Sin embargo, aun con el uso de la modulación jerárquica se presentan interrupciones en la recepción de la señal en partes del recorrido (Figura 4-37 c).
- Cuando se implementa la técnica de diversidad de antenas en el receptor es posible lograr aumentar en promedio un 20% la cobertura comparado con el mismo escenario con receptores sin diversidad (Tablas 4-8 a 4-11).
- Cuando se supera la distancia máxima permitida entre transmisores de acuerdo al FFT y el IG seleccionado, se generan interferencia de tipo co-canal (Figura 4-39). Una posible solución a esto es

introducir el uso de un retardo de red en uno de los dos transmisores buscando desplazar las interferencias a una zona despoblada o una zona que no sea objeto de cobertura (Figura 4-40).

- El uso de un archivo “*Clutter*” en las simulaciones con valores de atenuación de uso del suelo ajustado con las mediciones de drive test permitió obtener una reducción del error promedio en 0.55dB y de 0.8dB en la desviación estándar.
- Al realizar una planificación de una red es importante considerar la resolución de la cartografía, con base en los resultados de la simulación mostrados en la Figura 3-3 (Simulación con cartografía de baja resolución) donde se logra un cubrimiento casi del 100% del área de interés (Área Urbana), comparado con el resultado de la simulación de la Figura 3-8 (Cartografía de alta resolución) realizadas con la misma configuración del transmisor y mismo modelo de propagación se logra una cobertura alrededor del 60%. Esta diferencia en los porcentajes de cobertura ratifica el importancia de utilizar cartografía de alta resolución cuando se realizan simulaciones en terrenos urbanos donde la señal se ve afectada por fenómenos como la difracción y pérdidas por penetración en las edificaciones.
- Con base en el análisis realizado del impacto en el cambio climático generado por los residuos tecnológicos resultantes de la implementación de la DTV en Colombia y presentado en el anexo A, se puede concluir que un aspecto importante que se debe considerar con la introducción de la TDT en Colombia es el impacto ambiental, con un total de televisores aproximado en el país de 17'441.967 con un peso promedio de 31.6kg en la nación en un futuro no muy lejano se tendrán unas 551.166 toneladas de televisores que se convertirán en basura electrónica ocupando un área aproximada de 5'668.639 m<sup>2</sup>, de igual forma un televisor con pantalla CRT puede llegar a contaminar 80.000 litros de agua por su contenido de metales en las plaquetas, plomo y fósforo en la pantalla. Y adicional al tema de los televisores, están las cerca de 500 estaciones de televisión analógica, que con la llegada del llamado “apagón analógico” quedaran convertidas automáticamente en basura electrónica. Estos valores muestran la importancia de plantear alternativa de solución de forma inmediata por parte de los entes responsables de este tema.

En el desarrollo de esta tesis, en la divulgación de resultados se presentaron y aprobaron los siguientes artículos:

- Ariza, Luis C., Páez, Ingrid P. "Propagation models in DTTV using DVB-T standard in metropolitan environments (Bogotá D.C. — Colombia)". IEEE ANDESCON & LATINCOM 2010: Green Technologies for a Better World, ISBN: 978-1-4244-6740-2, 15-17 Sept, Bogotá D.C., Colombia, 2010.
- Ariza, Luis C., Páez, Ingrid P., "Estudio de propagación de un transmisor de TDT bajo el estándar DVB-T en Bogotá D.C. – Colombia". XVII Congreso Internacional de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Sistemas – IEEE INTERCON 2010, Puno, Perú, 2010.

- 
- LUIS C. ARIZA, "Residuos Tecnológicos Producidos por la Implementación de la Televisión Digital Terrestre en Colombia". Unión Internacional De Telecomunicaciones UIT, Tercer Simposio sobre TICs y el Cambio Climático, Quito, Ecuador, 2009.

## 5.2 Trabajos Futuros

- Los resultados de esta tesis fueron enfocados a un entorno urbano con morfología principalmente plana, para futuras investigaciones se considera conveniente realizar análisis sobre otros tipos de terreno para poder evaluar el desempeño de cada uno de los modelos de propagación en otras condiciones.
- Con la actualización del estándar de televisión digital terrestre de DVB-T a DVB-T2, es pertinente la realización de nuevos estudios sobre el desempeño del estándar y modos de configuración del transmisor en los diferentes tipos de recepción (Fija, Portable y Móvil).

## Recomendaciones

- Teniendo en cuenta que Colombia hasta ahora está en proceso de implementación de las nuevas redes de DTV en Colombia, es importante que se incluyan en la planificación los avances tecnológicos que permitan brindar cobertura tanto fija como móvil con la misma red.
- Para ofrecer servicios de recepción en movilidad lo más conveniente es el uso de la modulación jerárquica en el transmisor y utilizar receptores con diversidad de antenas.
- En el desarrollo de una planificación de una red de DTV es muy importante la evaluación de la PIRE, y se debe tener especial cuidado en encontrar el mejor equilibrio entre la relación Porcentaje de Cobertura Vs Potencia del trasmisor.
- Un operador de red debe comenzar su planificación por la definición de capacidad de transmisión requerida, esto es el número de programas a emitir y en qué resolución (SD, HD, Full HD), luego definir el o los tipos de recepción que se consideraran y por último la zona de cobertura, con base en esta definiciones se debe buscar la opción de configuración del trasmisor que satisfaga mejor los requerimientos.
- Para la planificación de redes de radiodifusión digital en el área metropolitana de la ciudad de Bogotá y en general cuando la zona objeto de cobertura es una área urbana se aconseja el uso de cartografía de alta resolución y planificar considerando una recepción indoor portable.
- La evaluación y análisis de los modelos de propagación realizada en esta investigación fue para el estándar DVB-T, sin embargo, se pueden utilizar los resultados en caso de una adopción de la actualización del estándar a DVB-T2 considerando que las frecuencias de operación van a ser las mismas, pero lo que si sería necesario es realizar un nuevo análisis de los diferentes modos de configuración del trasmisor y la planificación de la red SFN para la ciudad de Bogotá D.C.
- El proceso de cambio de tecnología de radiodifusión analógica a digital dejará muchos televisores y equipos de transmisión sin utilidad, por lo que se considera importante que se defina un proceso de reciclado de dichos equipos y de esta manera ayudar a mitigar el impacto en el cambio climático.

## Bibliografía

- [1] Más movilidad, más productividad, Disponible en:  
[http://grandesclientes.telefonica.es/articulo.php?id=31&id\\_submenu=5](http://grandesclientes.telefonica.es/articulo.php?id=31&id_submenu=5)  
Consultado el 07 de Octubre de 2010
- [2] Gutiérrez, Álvaro. Conferencia Técnica “La Televisión Móvil Y Posibles Modelos De Negocios”, ACIEM, Sep. de 2009.
- [3] TM Broadcast, Disponible en: <http://www.tmbroadcast.es/index.php/tag/dvb-h/>  
Consultada el 10 de Noviembre de 2009.
- [4] DTV Status, Disponible en: <http://www.dtvstatus.net/map/map.html>  
Consultada el 10 de Diciembre de 2009.
- [5] Foro FICA Andinalink 2009, Disponible en:  
[http://www.cntv.org.co/cntv\\_bop/noticias/2009/febrero/discurso.pdf](http://www.cntv.org.co/cntv_bop/noticias/2009/febrero/discurso.pdf)  
Consultada el 12 de Enero de 2010.
- [6] CNTV, Palabras de la doctora María Carolina Hoyos Turbay en la Feria Andina Link. Febrero 26 de 2008. Disponible en: [http://www.cntv.org.co/cntv\\_bop/noticias/2008/febrero/dis\\_26\\_02\\_08.pdf](http://www.cntv.org.co/cntv_bop/noticias/2008/febrero/dis_26_02_08.pdf)  
Consultada el 12 de Enero de 2010.
- [7] A Big Child Ministry, Historia Cronológica de la Televisión. Disponible en:  
<http://abigchild.wordpress.com/2009/09/08/historia-cronologica-de-la-television/> Consultada el 16
- [8] Biblioteca Luis Angel Arango, Historia de la Televisión en Colombia. Disponible en:  
[http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/exhibiciones/historia\\_tv/1954.htm](http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/exhibiciones/historia_tv/1954.htm) Consultado el 05 de Enero de 2011.
- [9] Simoneta, José; Televisión digital avanzada: Handbook; Primera edición; Buenos Aires, Intertel, 2002
- [10] ATSC Forum, Disponible en: <http://atscforum.org/loader.html> Consultado el 12 de Septiembre de 2009.
- [11] Y. Wu, S. Hirakawa, U. H. Reimers y J. Whitaker (2006), Overview of Digital Television Development Worldwide. Proceedings Of The IEEE, Vol. 94, No. 1, Enero 2006
- [12] TVD Producciones S.A. Disponible en: <http://tvdpro.blogspot.com/2009/09/siglas.html>  
Consultado el 10 de Septiembre de 2009.

- [13] DMB-T/H (DTMB), TECNOLOGÍA AL INSTANTE, Disponible en: [http://www.tecnologiahechapalabra.com/tecnologia/glosario\\_tecnico/articulo.asp?i=3710](http://www.tecnologiahechapalabra.com/tecnologia/glosario_tecnico/articulo.asp?i=3710)  
Consultado el 15 de Octubre de 2009.
- [14] DVB, Standards & Technology. Disponible en: <http://www.dvb.org/technology/> Consultado el 15 de Octubre de 2009.
- [15] CNTV, Colombia ya tiene nuevo formato de televisión digital terrestre: el europeo. Disponible en: [http://www.cntv.org.co/cntv\\_bop/noticias/2008/agosto/28\\_08\\_08.html](http://www.cntv.org.co/cntv_bop/noticias/2008/agosto/28_08_08.html)  
Consultado el 10 de Octubre de 2009.
- [16] Unión Internacional de Telecomunicaciones, Recomendación UIT-R BT.601-5 “Parámetros de Codificación de Televisión Digital para Estudios con Formatos de Imagen Normal 4:3 y de Pantalla Ancha 16:9”
- [17] Perales, Tomas. Radio y Televisión Digitales: Tecnología de los sistemas DAB, DVB, IBOC, y ATSC. Mexico: limusa, 2006.
- [18] Pérez, Constantino. Compresión de Video, Departamento de Ingeniería de Comunicaciones, Universidad de Cantabria. Disponible en: <http://personales.unican.es/perezvr/pdf/Compresion%20de%20video.pdf>  
Consultado el 21 de Octubre de 2010.
- [19] Andrew J. Viterbi, “Error Bounds for Convolutional Codes and an Asymptotically Optimum Decoding Algorithm”. IEEE Transactions on information theory, 1967.
- [20] Villareal, Jesús Ramón. Tesis de maestría “Algoritmos de Propagación para Comunicaciones Inalámbricas”. Instituto Politécnico Nacional CITEDI, Tijuana, Mexico. 2005.
- [21] Fischer, Walter, Tecnologías Para La Radiodifusión Digital De Video Y Audio. Rohde & Schwarz, Alemania 2003.
- [22] Ariza, Luis C., Ribera, Fabián. Tesis de Pregrado “Estudio Sobre La Implementación Del Estándar De La Televisión Digital Terrestre En Colombia”. Universidad Distrital FJC, Bogotá D.C., Colombia, 2008.
- [23] Electrónica Fácil, MODULACIÓN DIGITAL :FSK – PSK – QAM. Disponible en: <http://www.electronicafacil.net/tutoriales/MODULACION-DIGITAL-FSK-PSK-QAM.php>  
Consultado el 10 de octubre de 2009.
- [24] Fitton, Mike. PRINCIPLES OF DIGITAL MODULATION, Thoshiba-Trel.
- [25] Y. Lévy, "DVB-T: A fresh look at single and diversity receivers ", EBU Technical Review, Abril 2004.
- [26] A. Ligeti, “Single Frequency Network Planning”, Ph.D. Dissertation, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden 1999.
- [27] ETSI EN 300 744 v1.6.1, “Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television”.

- [28] ETSI TR 101 190 V1.3.1 “Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for DVB terrestrial services; Transmission aspects”.
- [29] Gutiérrez, Alejandro. “TRANSMISIÓN DE SEÑALES DE TV DIGITAL EN EL ESTÁNDAR TERRENO DVB-T”, Universidad Politécnica de Madrid. 2002.
- [30] ACIEM, Comisión de televisión evalúa la posibilidad de actualizar el estándar europeo al DVB-T2. Disponible en: <http://www.aciem.org/home/index.php/component/content/article/1949-comision-de-television-evalua-la-posibilidad-de-actualizar-el-estandar-europeo-al-dvb-t2-aciem>  
Consultado el 06 de Diciembre de 2011
- [31] EBU – TECH 3348. “Frequency and Network Planning Aspects of DVB-T2”. European Broadcasting Union, Mayo de 2011.
- [32] Warren L. Stutzman, Gary A. Thiele, ANTENNA THEORY AND DESIGN, Editorial Jhon Wiley & Sons, INC. Second Edition.
- [33] Universidad Nacional de Tucuman, Sistemas de Comunicaciones, “Enlaces Radioeléctricos”. Disponible en:  
[http://www.herrera.unt.edu.ar/labtel/sistemas\\_de\\_comunicacion/archivos%20sistemas\\_de\\_comunicacion%5Cscm\\_c\\_08.pdf](http://www.herrera.unt.edu.ar/labtel/sistemas_de_comunicacion/archivos%20sistemas_de_comunicacion%5Cscm_c_08.pdf)  
Consultado el 25 de Mayo de 2010.
- [34] Unión Internacional de Telecomunicaciones, Recomendación UIT-R PN.525-2 “Cálculo de la Atenuación en el Espacio Libre”.
- [35] Escuela Politécnica Nacional, Biblioteca de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, “Diseño de la Red Inalámbrica, Zona de Fresnel”. Disponible en:  
<http://biecc.epn.edu.ec:8180/dspace/bitstream/123456789/755/4/T10514CAP3.pdf>  
Consultado el 23 de Junio de 2010.
- [36] TES America Andina, Libro de Radiofrecuencia. Bogota D.C., Colombia, 2007
- [37] The Physics Classroom, Reflection and Ray Model of Light - Lesson 1. Disponible en:  
<http://www.physicsclassroom.com/class/refln/u13l1d.cfm>  
Consultado el 10 de Octubre de 2010.
- [38] CAMARGO, JOSÉ LUIS. Tesis de Grado “Modelo De Cobertura Para Redes Inalámbricas De Interiores”, Universidad de Sevilla, España. 2009.
- [39] Vila, Carlos, Tesis de Grado “Simulación de Zonas de Fresnel para Enlaces de Microondas Terrestres”. Universidad de las Américas Puebla, México. 2005
- [40] Unión Internacional de Telecomunicaciones, Recomendación UIT-R P.833-6 “Atenuación debida a la vegetación”.
- [41] Unión Internacional de Telecomunicaciones, Recomendación UIT-R P.530-12 “Datos de propagación y métodos de predicción necesarios para el diseño de sistemas terrenales con visibilidad directa”

- [42] Unión Internacional de Telecomunicaciones, Recomendación UIT-R P.838-3 “Modelo de la atenuación específica debida a la lluvia para los métodos de predicción”.
- [43] J. C. García, O. A. Rodríguez, J. L. Castillo, “Desempeño de Modelos de Propagación en Comunicación Móvil para la zona de Caldas Parte 1: Modelos para áreas urbanas”, Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales, Colombia.
- [44] ATDI, Radio Propagation in ICS Telecom, Geometrical models specificity - Fresnel Method.
- [45] UIT, RECOMENDACIÓN UIT-R PN.525-2. “Cálculo De La Atenuación en el Espacio Libre”, 1994.
- [46] Sirenet, Manual Sirenet v3.6, 2011.
- [47] Martínez, Antonio. “Calculation of the coverage area of mobile broadband communications. Focus on land”. Norwegian University of Science and Technology, Department of Electronics and Telecommunications, 2009.
- [48] UIT, RECOMENDACIÓN UIT-R PN.526. “Propagación por difracción”.2007
- [49] Modelo de Propagación HATA, Disponible en, [www.cellgis.net/wiki/Hata?format=pdf](http://www.cellgis.net/wiki/Hata?format=pdf) Consultado el 03 de Abril de 2010
- [50] Treviño, Javier Teodoro. “Propagación de RF en las bandas: LF, MF, HF, VHF, UHF y VHF”. Tesis profesional Universidad de las Américas Puebla, Mexico. Disponible en: [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lem/trevino\\_c jt/portada.html](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/trevino_c jt/portada.html) Consultado el 04 de Abril de 2010
- [51] Teamcast, “TEAMCAST simulator DVB\_T\_H v6.0” Disponible en: <http://www.teamcast.com/en/maj-e/c2a2i12445/service-support/tools/dvb-mobile-tv-calculator.htm>
- [52] CNTV, “Requisitos Técnicos Mínimos De Los Receptores De Televisión Digital Terrestre En Colombia” Disponible en: [http://tdt.rtv.gov.co/images/stories/requerimientos\\_tdt.pdf](http://tdt.rtv.gov.co/images/stories/requerimientos_tdt.pdf) Consultado el 20 de Septiembre de 2010
- [53] Xirio Online, Disponible en: <http://www.xirio-online.com/>
- [54] ATDI, ICS Telecom, Disponible en: [http://www.atdi.fr/index.php?option=com\\_content&view=article&id=133&Itemid=136&lang=es](http://www.atdi.fr/index.php?option=com_content&view=article&id=133&Itemid=136&lang=es)
- [55] TES America Andina Ltda, <http://www.tesamerica.com.co/>
- [56] UIT-R, Actas Finales de la Conferencia Regional de Radiocomunicaciones para la planificación del servicio de radiodifusión digital terrenal en partes de las Regiones 1 y 3, en las bandas de frecuencias 174-230 MHz y 470-862 MHz (CRR-06), Ginebra, 2006.
- [57] RYMSA, Hoja de especificaciones técnicas antena AT15-250.



- [58] ITU Academy. “Conversion de Voltaje dB $\mu$ v ó Potencia dBm de un Receptor a Intensidad de Campo Electrico dB $\mu$ v /m ó Densidad de Potencia W/m<sup>2</sup>”. Disponible en: <http://academy.itu.int/moodle/mod/resource/view.php?id=11364>
- [59] J. López-Sánchez, C. García Acero, David Gómez-Barquero and N. Cardona. “Planning a Mobile DVB-T Network for Colombia”. IEEE LATIN AMERICA TRANSACTIONS, VOL. 8, NO. 4, AUG. 2010
- [60] EBU TECHNICAL REVIEW, Lévy, Yannick. “DVB-T — A fresh look at single and diversity receivers for mobile and portable reception” 2004 Disponible en: [http://tech.ebu.ch/docs/techreview/trev\\_298-levy.pdf](http://tech.ebu.ch/docs/techreview/trev_298-levy.pdf)
- [61] J. López-Sánchez, C. García Acero, David Gómez-Barquero and N. Cardona. “Planning a Mobile DVB-T Network for Colombia” Mobile Communications Group Instituto de Telecomunicaciones y Aplicaciones Multimedia (iTEAM), Universidad Politécnica de Valencia, 2009.
- [62] J. C. García, O. A. Rodríguez, J. L. Castillo. “Desempeño de Modelos de Propagación en Comunicación Móvil para la zona de Caldas Parte 1: Modelos para áreas urbanas” Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales, Colombia.
- [63] D. Gómez, A. Salieta, G. Roig, J. López, C. García, A. Fernández, N. Cardona. “Mobile TV Network Planning”, Instituto de Telecomunicaciones y Aplicaciones Multimedia (iTEAM), Universidad Politécnica de Valencia. Revista Waves, year 1, ISSN 1889-8297, 2009. Disponible en: [http://www.iteam.upv.es/revista/2009/4 ITEAM\\_2009.pdf](http://www.iteam.upv.es/revista/2009/4 ITEAM_2009.pdf)
- [64] Ariana Salieta Tecles. “Prestación de servicios de TDT en movilidad”. Instituto de Telecomunicaciones y Aplicaciones Multimedia, Universidad Politécnica de Valencia.
- [65] J.T.Ong, S.V.B.Rm, G.Shanmugam and Yan Hong. “Spatial variation of Mobile DTV Signals in Singapore”. RF AND MICROWAVE CONFERENCE, OCTOBER 5 - 6, SUBANG, SELANGOR, MALAYSIA, 2004.
- [66] González David, Gómez David, and Stockhammer Thomas. Mobile Reception of DVB-T Services by means of AL-FEC Protection. Broadband Multimedia Systems and Broadcasting, BMSB '09. IEEE International Symposium. May 2009.
- [67] CGI y CORREVAL S.A, Consultoría para determinar el valor de la prórroga de los concesionarios de televisión abierta privada nacional, el valor de la concesión para un nuevo operador de televisión abierta privada nacional y la viabilidad de ingreso de operadores adicionales, así como el valor de la concesión para los operadores adicionales, 2008.
- [68] CNTV, Resolución 0123 de 2007.
- [69] CNTV, La Gran Encuesta de Televisión en Colombia, 2008.
- [70] Info RAEE, Disponible en: <http://www.rezagos.com/pages/raee>
- [71] e-wasted, Disponible en: [http://ewastedeguatemala.org/sabias\\_que.html](http://ewastedeguatemala.org/sabias_que.html)
- [72] Dominik Zumbuehl, Recycling Strategies For Cathode Ray Tubes (CRTS) For The Cape Metropolitan Area (CMA), SOUTH AFRICA, 2006.

[73] RTVC, Valoración Técnica Y Empresarial De La Red Pública Nacional De Radio Y Televisión, Y Diseño De Nuevos Modelos Eficientes Para La Administración, Operación, Mantenimiento (AOM) Y Explotación Comercial De La Red, 2008.