



Comisión de Regulación
de Comunicaciones
REPÚBLICA DE COLOMBIA

Seguimiento a la implementación de las
especificaciones técnicas
de la TDT en Colombia

Documento Amarillo
Regulación de Infraestructura

Junio de 2013



Libertad y Orden

Comisión de Regulación de Comunicaciones – República de Colombia

Contenido

1. INTRODUCCIÓN	3
2. ANTECEDENTES.....	4
3. FACULTADES REGULATORIAS DE LA CRC	6
4. CONDICIONES TÉCNICAS DE TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN DE LA TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE EN COLOMBIA	7
4.1. CONDICIONES DE RED	7
4.1.1. Intensidad de Campo de las Señales de TDT DVB-T2	8
4.1.2. Niveles de Exposición a Campos Electromagnéticos de las Estaciones de TDT DVB-T2 iError! Marcador no definido.	
4.1.3. Máscaras Espectrales de las Señales de TDT DVB-T2	9
4.1.4. Límites para Emisiones Espurias de Señales de TDT DVB-T2.....	10
4.1.5. Márgenes de Protección entre Estaciones del Servicio de Radiodifusión de Televisión	11
4.1.6. Convivencia de Redes de TDT DVB-T2	11
4.1.7. Transmisión con Múltiples PLPs y DVB-T2 Lite	11
4.2. CONDICIONES DE RECEPCIÓN	12
4.2.1. Condiciones técnicas aplicables a equipos receptores DVB-T2 para servicios móviles.....	12
a) Aspectos Obligatorios.....	13
b) Aspectos Opcionales	13
4.2.2. Comercialización de Equipos Receptores de TDT DVB-T2.....	13
4.3. RECOMENDACIONES DE PLANEACIÓN PARA LA TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE EN COLOMBIA	14
4.3.1. Conversión de Parámetros DVB-T2 de Ancho de Banda de 8 MHz a 6 MHz	14
4.3.2. Cálculo de los Niveles Mínimos de Intensidad de Campo en el Receptor iError! Marcador no definido.	
5. PROPUESTA REGULATORIA.....	16

SEGUIMIENTO A LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA TDT EN COLOMBIA

1. INTRODUCCIÓN

Luego de la introducción en Colombia del servicio de televisión (analógica) a mediados del siglo pasado (1954), la Televisión Digital Terrestre (TDT), representa para Colombia nuevas oportunidades para los diferentes agentes involucrados en la cadena de valor del servicio, tomando en consideración las ventajas de calidad, múltiple oferta de contenidos y uso más eficiente del espectro.

En materia de televisión radiodifundida, Colombia adoptó oficialmente en el año 2010, el estándar europeo DVB-T (Digital Video Broadcasting – Terrestrial) para la Televisión Digital Terrestre (TDT) mediante Acuerdo CNTV No. 008 de 2010¹, el cual fue posteriormente actualizado a la versión DVB-T2 mediante Acuerdo CNTV No. 004 de 2011². Posteriormente, se expidió el Acuerdo CNTV No. 002 de 2012, que reglamenta la prestación del servicio público de televisión radiodifundida digital terrestre, y establece el marco general del despliegue de la TDT en el país.

En virtud de las competencias otorgadas a la Comisión de Regulación de Comunicaciones por la Ley 1507 de 2012, esta Comisión expidió la Resolución CRC 4047 de 2012 [1], mediante la cual se establecen las especificaciones técnicas mínimas para la implementación del estándar de televisión digital terrestre DVB-T2, en lo correspondiente a equipos de red y los receptores (televisores y decodificadores - Set Top Boxes). Si bien dichos elementos constituyen un punto de partida en materia regulatoria, la Comisión tiene un claro entendimiento en el sentido de que la implementación de la TDT se da a través de un proceso que puede implicar modificaciones o adiciones desde la perspectiva del regulador³.

Así las cosas, resulta de importancia realizar un acompañamiento al proceso de implementación de la TDT en el país, dentro del cual se evalúen los aspectos técnicos que requieran análisis, y eventualmente lleven a ajustes respecto de las condiciones regulatorias existentes para dicho servicio, facilitando de esta forma su adopción e implementación en el territorio nacional, en el marco de las competencias de la Comisión.

De esta forma, el presente documento expone los diferentes análisis realizados por la CRC que sustentan las bases para la elaboración de una propuesta regulatoria complementaria relativa al seguimiento a la implementación de la TDT, en lo correspondiente a los eventuales ajustes y precisiones que deban hacerse sobre las condiciones técnicas mínimas para la prestación del servicio de TDT en Colombia bajo el estándar DVB-T2.

Para tal efecto, en la sección 2 se desarrollan los antecedentes en materia de normatividad de TDT, con énfasis en los desarrollos previos en materia de regulación de condiciones técnicas para redes y receptores bajo el estándar DVB-T2. Posteriormente, en la sección 3, se presenta un resumen de

¹ Por el cual se adopta para Colombia el estándar de televisión digital terrestre DVB-T y se establecen las condiciones generales para su implementación.

² Por el cual se modifican los artículos 1 y 7 del Acuerdo 08 de 2010 y se actualiza el estándar para televisión digital terrestre en Colombia a DVB-T2.

³ Dicha particularidad fue prevista en el artículo 4.1 de la Resolución CRC 4047 de 2012, en el cual se especificó que con posterioridad a la expedición del citado acto, se dispondría de espacios de discusión para la precisión de otros aspectos técnicos aplicables.

las competencias de la CRC en la materia, las cuales fueron ampliamente expuestas en la propuesta regulatoria previa a la expedición de la Resolución CRC 4047 de 2012.

Con base en los elementos antes referidos, en la sección 4 del documento se analizan de manera específica aspectos relativos a condiciones técnicas de transmisión y recepción de TDT adicionales a las establecidas en la regulación vigente, y se plantean consideraciones y recomendaciones complementarias a ser tenidas en cuenta en la planeación de redes de este servicio en Colombia. Finalmente, en la sección 5 se resumen los puntos a ser contenidos en la propuesta regulatoria asociada a la presente iniciativa.

2. ANTECEDENTES

El marco general de la TDT en el país puede resumirse a partir de las definiciones regulatorias existentes en la materia que provienen de la CNTV. Particularmente, el 22 de diciembre de 2010, se publicó el Acuerdo 008⁴ expedido por dicha Comisión, por el cual se adoptó para Colombia el estándar de televisión digital terrestre DVB-T y se estipularon las condiciones generales para su implementación. En dicho Acuerdo quedó establecido, entre otros aspectos, que se debía utilizar el sistema de compresión MPEG4⁵ y que el período máximo de transición del sistema de TV analógico al de TV digital es de 10 años, lo cual conlleva a que el apagón analógico se dé a más tardar en el año 2019.

Un año después, mediante el Acuerdo CNTV 004 del 20 de diciembre de 2011⁶ se actualizó el estándar TDT para Colombia de DVB-T a DVB-T2 estableciéndose también que los Concesionarios de Televisión Privada Nacional y el Operador Público Nacional RTVC deberán continuar con la prestación del servicio en sistema DVB-T, garantizando la cobertura poblacional en los porcentajes establecidos en los contratos de Concesión u acto administrativo respectivo, atendiendo las ciudades a las cuales en dicha fecha se les suministraba el servicio en dicho sistema por un período de 3 años contados a partir del día que se inicie por parte de los Concesionarios y el Operador Público Nacional RTVC la emisión simultánea de la señal en ambos sistemas.

Posteriormente, en el año 2012 se expidió el Acuerdo CNTV No. 002⁷ que reglamenta la prestación del servicio público de televisión radiodifundida digital terrestre, establece el marco general del despliegue de la TDT en el país y determina que las características técnicas quedarán establecidas en el Acuerdo Técnico que expida la Comisión Nacional de Televisión, o la entidad que haga sus veces. Sobre esta base, con la expedición de la Ley 1507 de 2012, se le otorgan a la CRC facultades para regular sobre las redes y mercados de televisión, las cuales previamente estaban excluidas de las competencias de esta última Entidad.

En el marco de las citadas competencias, durante el segundo semestre se adelantaron los estudios y el proceso de discusión sectorial que llevó a la expedición de la Resolución CRC 4047 de 2012 *"por la cual se establecen especificaciones técnicas aplicables a la red y a los receptores del servicio de Televisión Digital Terrestre – TDT- en Colombia"*. En dicho acto se definieron los aspectos técnicos relacionados con: (i) las condiciones técnicas aplicables a la red para la prestación del servicio de TDT bajo el estándar DVB-T2, (ii) la planeación y despliegue de red, (iii) la probabilidad de recepción, (iv) las características técnicas mínimas de equipos de transmisión, (v) la intensidad de

⁴ http://www.antv.gov.co/normatividad/acuerdos/2010/acuerdo_008.pdf

⁵ Recomendación UIT-T H.264

⁶ http://www.antv.gov.co/normatividad/acuerdos/2011/acuerdo_004.pdf

⁷ http://www.antv.gov.co/normatividad/acuerdos/2012/acuerdo_002.pdf

campo, vi) la actualización del software de equipos terminales vii) la información a agregar a la trama de transmisión, y viii) las condiciones técnicas aplicables a equipos receptores Para DVB-T2.

De manera particular, dicha resolución en su parte considerativa contempló que la misma se expedía *“sin perjuicio de que el análisis y la regulación de otros temas relacionados con la TDT y de competencia de esta Entidad puedan ser desarrollados posteriormente de manera conjunta con otras autoridades y agentes del sector.”*. En forma complementaria, el artículo 4.1 del citado acto estableció que *“La Comisión de Regulación de Comunicaciones, en coordinación con otras autoridades, dispondrá de espacios de discusión formal de nuevas temáticas que se estime necesario abordar en el futuro para efectos precisar aspectos técnicos detallados que se identifiquen necesarios para el correcto despliegue y operación de la Televisión Digital Terrestre, y adoptará o modificará en caso pertinente las disposiciones regulatorias a las que haya lugar sobre esta materia”*.

Con base en lo anterior, en desarrollo del deber de coordinación interinstitucional contenido en el artículo 5 de la Ley 1341 de 2009, en el marco del proceso de seguimiento a la implementación de la TDT en el país, la CRC participó en distintos espacios de discusión⁸ los temas relevantes alrededor de dicho servicio con las demás entidades del sector. En desarrollo de dicho ejercicio, se identificó la necesidad de dar continuidad a los estudios de las características técnicas de red y recepción para la implementación de la TDT para complementar las disposiciones regulatorias vigentes.

De manera particular, como uno de los fundamentos clave para esta labor, la ANE desarrolló estudios técnicos específicos sobre aspectos relativos a esta materia, y publicó para discusión sectorial en su página web el 2 de febrero de 2013 un Documento Técnico en el que se planteaban Condiciones Técnicas de Planeación y Transmisión para la Televisión Digital Terrestre en Colombia, proponiendo complementar las condiciones técnicas definidas en la Resolución CRC 4047 de 2012. Dicho documento fue comentado por diferentes agentes, y posteriormente ajustado por la ANE a partir de las observaciones referidas, de manera tal que constituyera un insumo para esta Comisión en desarrollo de la presente iniciativa regulatoria.

En forma complementaria, en los espacios de discusión abiertos con el sector se identificaron otras temáticas sujetas de revisión, dentro de las cuales se destaca principalmente el análisis de la necesidad de definición de condiciones particulares relativas a la señalización de Capa Física L1, así como también lo relativo a aspectos regulatorios relacionados con la comercialización de televisores.

Tomando todos los elementos anteriores, la CRC, en el marco de las competencias generales resumidas en la sección 3 del presente documento, procedió a revisar y analizar los temas antes referidos, así como otros que resultan relevantes en relación con las condiciones técnicas asociadas a la prestación del servicio de TDT. El contenido de dichos análisis se expone en la sección 4.

⁸ , Entre otros espacios, se tuvo participación en los siguientes: (21/01/2013) Reunión con ANTV -Temas TDT; (29/01/2013) Revisión Regulación TDT con ANE; (18/02/2013) Revisión Documento Técnico ANE; (25/02/2013) Reunión Coordinación ANE-ANTV-CRC; (22/04/2013 y 06/05/2013) Reunión con Fabricantes Receptores TDT; (17/05/2013) Revisión Documento Técnico TDT ANE-CRC.

3. FACULTADES REGULATORIAS DE LA CRC

Tal como se sustentó en el Documento publicado como soporte a la Resolución 4047 de 2012⁹, a raíz del Acto Legislativo 2 de 2011, el Congreso de la República suprimió la jerarquía Constitucional de la CNTV como único ente regulador de la televisión en Colombia y ordenó la promulgación de una ley que “defina la distribución de competencias entre las entidades del estado que tendrán a su cargo la formulación de planes, la regulación, la dirección, al gestión y el control de servicios de televisión” (Artículo 3).

Para los anteriores efectos, el Congreso de la República expidió la Ley 1507 de 2012 “por la cual se establece la distribución de competencias entre las entidades del Estado en materia de televisión y se dictan otras disposiciones”, en cuyos antecedentes se encuentra que el objetivo de la misma se centró en atender el mandato del citado Acto Legislativo y diseñar un modelo de distribución de funciones misionales entre diferentes organismos estatales especializados, quienes de manera convergente regulen el servicio de televisión desde su área de especialidad¹⁰.

Particularmente, en lo relacionado con la regulación de redes, la exposición de motivos del citado proyecto de ley mencionó que “los modelos convergentes cuentan con un único regulador de redes y mercados, la ley 1341 de 2009 le asignó a la CRC la regulación de todas las redes y servicios de telecomunicaciones, con excepción de las redes destinadas principalmente para servicios de televisión radiodifundida (...). Con el proyecto habría unificación en presencia de redes y servicios convergentes¹¹”. Asimismo, a través de las distintas ponencias se reconoció la asignación de la función de regulación de mercados¹² y de regulación del servicio de televisión¹³ a la CRC.

Bajo este contexto, la Ley 1507 de 2012 atribuyó a la CRC las siguientes funciones regulatorias en materia de televisión:

"ARTÍCULO 12. La Comisión de Regulación de Comunicaciones (CRC) a que se refiere la Ley 1341 de 2009 ejercerá en relación con los servicios de televisión, **además de las funciones que le atribuye dicha Ley**, las que asignaban a la Comisión Nacional de Televisión el Parágrafo del artículo 18, el literal a) del artículo 20, y **el literal c) del artículo 5o de la Ley 182 de 1995**, con excepción de los aspectos relacionados con la reglamentación contractual de cubrimientos, encadenamientos y expansión progresiva del área asignada, y de los aspectos relacionados con la regulación de franjas y contenido de la programación, publicidad y comercialización, que corresponderán a la ANTV. En particular, la CRC tendrá la función de establecer las prohibiciones a que se refiere el artículo 53 de la Ley 182 de 1995, salvo cuando se relacionen con conductas que atenten contra el pluralismo informativo, caso en el cual tales prohibiciones serán establecidas por la ANTV.

Para el caso de los operadores del servicio de televisión, el Fondo para el Desarrollo de la Televisión y los Contenidos transferirá a la CRC el equivalente a la contribución por regulación a que se refieren el artículo 24 de la Ley 1341 de 2009 y artículo 11 de la Ley 1369 del mismo año, o las normas que los adicione, modifiquen o sustituyan. (NFT)

Sin perjuicio de otras competencias generales que pueden resultar aplicables, para el objeto de la presente propuesta regulatoria, esta Comisión destaca en primer lugar aquella conferida en el literal

⁹ Comisión de Regulación de Comunicaciones - Documento soporte 2012-09-14 [Publicado para discusión sectorial el 14 de septiembre de 2012] - <http://www.crcm.gov.co/index.php?idcategoria=64638&download=Y> [consultado el 27/05/2013]

¹⁰ Ponencia para primer debate, Gaceta del Congreso 926 2 de diciembre de 2011, Pag 19

¹¹ Exposición de motivos Gaceta del Congreso 730 28 de septiembre de 2011, Pag 9

¹² Ponencia para primer debate, Gaceta del Congreso 926 2 de diciembre de 2011, Pag 20

¹³ Ponencia para primer debate, Gaceta del Congreso 929 2 de diciembre de 2011, Pag 2

c) del artículo 5º de la Ley 182 de 1995, según la cual la CRC es el órgano competente para regular las condiciones de **operación y explotación** del servicio de televisión, la utilización de las redes, la configuración técnica de los equipos, entre otros. En este caso, la regulación de todos los aspectos tratados en este proyecto regulatorio (Condiciones técnicas de transmisión y recepción de la TDT para Red y Receptores) impacta la determinación de la configuración técnica de los equipos de red, así como la definición de condiciones de operación y explotación del servicio de televisión, razón por la cual debe entenderse que las condiciones técnicas reguladas en el presente proyecto, se enmarcan dentro de la competencia conferida en el citado literal.

Asimismo, de acuerdo con el numeral 8 del artículo 22 de la Ley 1341 de 2009, a través del cual se dispone que corresponde a la CRC "*Determinar estándares y certificados de homologación internacional y nacional de equipos, terminales*", y teniendo en cuenta que las condiciones técnicas contenidas en el presente proyecto regulatorio están relacionadas con la definición e implementación del estándar DVB-T2, debe ser ésta entidad la encargada de definirlas.

De lo expuesto con anterioridad, es también preciso afirmar que, según lo dispuesto en la Ley 1507 de 2012, en concordancia con la Ley 182 de 1995 y la Ley 1341 de 2009, la CRC es el órgano competente para definir las condiciones técnicas que se regulan en el presente proyecto regulatorio.

Dicho lo anterior esta Comisión entra a analizar las condiciones técnicas objeto de regulación en el presente proyecto.

4. CONDICIONES TÉCNICAS DE TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN DE LA TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE EN COLOMBIA

En la presente sección se analizan diferentes aspectos referidos a condiciones técnicas mínimas de la red de TDT, abordándose en primera instancia las relacionadas con la red y los receptores, específicamente respecto de las siguientes temáticas: i) intensidad de campo de señales de TDT DVB-T2, ii) límites de exposición a campos electromagnéticos para estaciones de transmisión de TDT, iii) máscaras espectrales, iv) límites para emisión fuera de banda y espurias, v) convivencia de redes TDT, vi) márgenes de protección entre estaciones del servicio de radiodifusión de televisión, vii) transmisión con múltiples PLPs y/o DVB-T2 Lite, viii) condiciones técnicas para recepción móvil, y ix) comercialización de receptores.

De manera complementaria, se presentan recomendaciones susceptibles de ser aplicadas en la planeación de dicho servicio en las siguientes materias: i) conversión de parámetros DVB-T2 de ancho de banda de 8 MHz a 6 MHz, ii) cálculo de los niveles mínimos de intensidad de campo en el receptor, y iii) señalización de capa física L1.

Cada uno de los temas expuestos se expone en las siguientes subsecciones, argumentando los puntos relevantes y describiendo, en los casos necesarios, las condiciones regulatorias que se proponen sobre los mismos.

4.1. CONDICIONES DE RED

A partir de los estudios realizados por la Agencia Nacional del Espectro –ANE, y de las observaciones generales presentadas por la CRC en relación con los mismos, se ha observado la necesidad de definir y adoptar condiciones técnicas adicionales a las dispuestas actualmente en la Resolución CRC 4047 de 2012. En este sentido, las condiciones técnicas planteadas en este

documento no se entienden como independientes ni ajenas a las definidas en la citada Resolución, debiendo ser consideradas complementarias.

Teniendo claro lo anterior, a continuación se exponen las consideraciones respectivas en relación con los siguientes temas:

- Intensidad de campo de las señales de TDT DVB-T2.
- Máscaras espectrales de las señales de TDT DVB-T2.
- Límites para emisiones espurias de las señales de TDT DVB-T2.
- Márgenes de protección entre estaciones del servicio de radiodifusión de televisión. Convivencia de redes de TDT DVB-T2.
- Transmisión con múltiples PLPs y DVB-T2 Lite.

4.1.1. Intensidad de Campo de las Señales de TDT DVB-T2

Puesto que hay una gran variedad de configuraciones del modo de transmisión de la señal DVB-T2 y cada configuración depende del diseño de red, no se pueden establecer niveles de servicio mínimo fijos como en el caso de radiodifusión de televisión analógica. Por esto la Resolución CRC 4047 de 2012 [1] en su Artículo 2.4 establece el seguimiento del documento ETSI TR 101 190 [2] para el cálculo de la intensidad de campo mínima para recepción utilizando los procedimientos y efectuando las pruebas necesarias para realizar los ajustes de canalización de 8 MHz a 6 MHz. Si bien el documento EBU TECH 3348 [3] en la Sección 3.1 y Anexo 1 sigue las mismas fórmulas que el documento ETSI TR 101 190, el mismo proporciona a su vez diferentes valores que han sido actualizados y particularizados para DVB-T2.

En cuanto al ajuste a realizar para pasar de una canalización de 8 MHz a 6 MHz, se debe considerar que el nivel mínimo de intensidad de campo en el receptor para este último es menor, ya que el ancho de banda de ruido también se reduce. Así las cosas, para ajustar a 6 MHz el valor del nivel mínimo de intensidad de campo en el receptor, se debe sumar un factor de corrección de -1.15 dB según lo propuesto en la Sección 3.1 del documento EBU TECH 3348, el cual corresponde a $10\log_{10}(6/8)^{14}$.

Por otro lado, el artículo 2.4 de la Resolución CRC 4047 de 2012 menciona que para el cálculo de la relación portadora a ruido (C/N) se debe seguir la metodología de la Sección 3.1 del documento EBU TECH 3348 [9]. Si bien esta sección trata sobre el cálculo de la potencia mínima de recepción, la cual requiere la relación portadora a ruido como dato conocido, la Sección 2.5 del documento EBU TECH 3348 [9] es aquella en la cual se proporcionan las tablas de relación portadora a ruido para el sistema DVB-T2, al igual que los factores de corrección que aplican.

En razón de lo anterior, se propone precisar el Artículo 2.4 de la Resolución CRC 4047 de 2012 referente al cálculo de la intensidad de campo, de manera tal que se sigan las tablas y/o fórmulas del documento EBU TECH 3348 (Sección 3.1 y Anexo 1). Adicionalmente, como se expuso previamente, se considerará la necesidad de sumar un factor de corrección de -1.15 dB para ajustar a 6 MHz el valor del nivel mínimo de intensidad de campo en el receptor calculado para 8 MHz, y que para el cálculo de la relación portadora a ruido se sigan las tablas y/o fórmulas de la Sección 2.5 del citado documento.

¹⁴ Por ejemplo, si el valor mínimo de intensidad de campo calculado para 8 MHz es de 80 dB μ V/m, el valor para 6 MHz será: $80 \text{ dB}\mu\text{V/m} + 10\log_{10}(6/8) = 78.75 \text{ dB}\mu\text{V/m}$.

Finalmente, se estima necesario determinar que estos valores podrán ser ajustados a partir de las mediciones que se efectúen en el escenario colombiano, que permitan cuantificar con valores reales los parámetros presentados en las tablas utilizadas.

4.1.2. Máscaras Espectrales de las Señales de TDT DVB-T2

Una máscara espectral es un conjunto de valores que delimita la potencia radiada en una porción determinada del espectro radioeléctrico. Las señales de TDT deben cumplir con requisitos en cuanto a la máscara espectral de la señal radiodifundida al aire, con el fin de evitar interferencias en los canales adyacentes, para lo cual debe aplicarse un apropiado filtrado en radiofrecuencia.

Al revisar las recomendaciones técnicas aplicables, se encuentra que la norma ETSI EN 302 296-2 [5] en la Sección 4.2.3 define, para canalizaciones de 8 MHz y 7 MHz, dos tipos de máscara espectral para señales DVB-T [6], conocidas como "máscara no crítica" y "máscara crítica", las cuales son definidas en función de la potencia transmitida y siendo menos exigentes para transmisores con potencias menores a 25 W. La máscara no crítica se definió para garantizar la convivencia en adyacencia de una señal de TDT con una señal de TV analógica en un mismo emplazamiento, siempre y cuando la polarización y la potencia radiada sea la misma para las dos señales. En forma complementaria, para los casos en los que la potencia analógica es menor que la potencia digital, se definió la máscara crítica.

En la citada norma ETSI se puede apreciar también que los valores de las máscaras para 7 MHz corresponden a los valores de las máscaras para 8 MHz extrapolados, de lo cual se entiende posible y adecuado el calcular valores de las máscaras para 6 MHz a través de este mismo proceso, ponderando las frecuencias relativas (distancia a la frecuencia central) por un factor $6/8^{15}$. También se debe tener en cuenta que las máscaras están definidas para mediciones con un ancho de banda de 4 KHz y que la potencia media corresponde a 0 dB. El primer valor de la máscara corresponde a la potencia media de la señal medida con un filtro de ancho de banda de 4 kHz¹⁶.

Sobre la base de lo anterior, y teniendo en cuenta que para los modos de DVB-T2 sin portadoras extendidas el espectro es idéntico que el de DVB-T, se entiende que las máscaras de DVB-T especificadas aplican también para DVB-T2. De otra parte, para los modos de DVB-T2 con portadoras extendidas es necesario modificar ligeramente las máscaras ya que las señales DVB-T2 tienen un espectro mayor. En concreto, se utilizan hasta un 2.11% más de sub-portadoras OFDM para los tamaños de FFT¹⁷ 16KE y 32KE. Para estos modos el primer punto de la máscara espectral debe entonces aumentarse proporcionalmente.

Las siguientes tablas muestran los valores máximos de emisiones asociados a las máscaras críticas considerando si el modo de transmisión utiliza portadoras extendidas o no para transmisores con una potencia superior o igual a 25 W.

¹⁵ A manera de ejemplo, si la primera frecuencia de corte de la máscara crítica para 8 MHz es 3.81 MHz, para un ancho de banda de 6 MHz la extrapolación da como resultado un valor de $3.81 \times (6/8) = 2.86$ MHz

¹⁶ Por ejemplo, para una canalización de 8 MHz, el ancho de banda de las señales de TDT DVB-T es 7.61 MHz, por lo que el nivel de referencia es: $10\log_{10}(4\text{kHz}/7.61\text{MHz}) = -32.8$ dBc. Para una señal DVB-T de 6 MHz, el ancho de banda es 5.71 MHz, por lo que el nivel de referencia debería ser: $10\log_{10}(4\text{kHz}/5.71\text{MHz}) = -31.5$ dBc.

¹⁷ Fast Fourier Transform - FFT - Transformada Rápida de Fourier

Diferencia de frecuencia con la frecuencia central	Valor máximo de emisiones
±2,86 MHz	-31.5 dBc
±3,15 MHz	-83 dBc
±4,5 MHz	-95 dBc
±9 MHz	-120 dBc

Sin portadoras extendidas

Diferencia de frecuencia con la frecuencia central	Valor máximo de emisiones
±2,92 MHz	-31.6 dBc
±3,15 MHz	-83 dBc
±4,5 MHz	-95 dBc
±9 MHz	-120 dBc

Con portadoras extendidas

De forma complementaria, las siguientes tablas muestran los valores máximos de emisiones asociados a las máscaras críticas en función de si el modo de transmisión utiliza portadoras extendidas o no para transmisores con una potencia inferior a 25 W.

Diferencia de frecuencia con la frecuencia central	Valor máximo de emisiones
±2,86 MHz	12.5 dBm
±3,15 MHz	-39 dBm
±4,5 MHz	-51 dBm
±9 MHz	-76 dBm

Sin portadoras extendidas

Diferencia de frecuencia con la frecuencia central	Valor máximo de emisiones
±2,92 MHz	12.4 dBm
±3,15 MHz	-39 dBm
±4,5 MHz	-51 dBm
±9 MHz	-76 dBm

Con portadoras extendidas

Dada la posibilidad de que en Colombia convivan diferentes redes de TDT en adyacencia en frecuencia, y debido a la disponibilidad de espectro para realizar el periodo de transición simultánea de servicios de TV analógica radiodifundida y servicios de TDT, según los estudios de referencia todas las señales de TDT deberían cumplir con la máscara espectral para el caso crítico, y por ende los operadores del servicio de TDT deben adquirir equipos que cumplan con dichas máscaras.

Al respecto, la CRC observó que la norma ETSI EN 302 296-2 distingue entre transmisores con una potencia igual o superior a 25 W, y potencias menores a 25 W. A partir de estas referencias, se acoge de manera general el planteamiento de la ANE de requerir el cumplimiento de la máscara crítica, aplicando las correcciones propuestas para una canalización de 6 MHz y para los modos DVB-T2 con portadoras extendidas, estableciendo los valores a tener en cuenta para cada uno de los casos citados.

4.1.3. Límites para Emisiones Espurias de Señales de TDT DVB-T2

Las emisiones espurias son aquellas producidas fuera del ancho de banda de la señal y cuyo nivel de potencia puede ser reducido sin afectar la transmisión de información [5]. Dentro de esta clase de emisiones se incluyen las parásitas, armónicas, productos de intermodulación y productos de conversiones de frecuencia. Es importante distinguir entre emisiones espurias y emisiones fuera de banda. Las emisiones fuera de banda corresponden a aquellas que suceden inmediatamente fuera del ancho de banda necesario de la señal, excluyendo las espurias [5], y se regulan mediante el cumplimiento de las máscaras espectrales descritas en el numeral anterior, mientras que las emisiones espurias son aquellas que ocurren fuera del intervalo regulado por las citadas máscaras.

Sobre el particular, la CRC observa que la norma ETSI EN 302 296-2 [5] define los límites de emisiones espurias que deben de cumplir los transmisores de TDT bajo el estándar DVB-T, las

cuales a su vez son directamente aplicables a transmisores DVB-T2. Adicionalmente, debe tenerse en cuenta que dichos límites son independientes de la canalización utilizada, por lo que se pueden aplicar directamente para el caso colombiano, y en consecuencia, serán incorporados en la regulación.

4.1.4. Márgenes de Protección entre Estaciones del Servicio de Radiodifusión de Televisión Convivencia de Redes de TDT DVB-T2

Si las señales de TDT cumplen las máscaras espectrales críticas definidas en la sección 4.1.2, es de esperarse en principio que no se produzcan interferencias perjudiciales entre canales adyacentes de una misma red. Sin embargo, es posible que se tengan interferencias perjudiciales entre dos redes de TDT diferentes operando en frecuencias adyacentes cuando los diseños de dichas redes son muy diferentes. Un caso típico de esta naturaleza se da cuando en un núcleo urbano una red de TDT proporciona servicio en interiores (Indoor) mientras que la otra red de TDT proporciona un servicio fijo en exteriores (Outdoor). En este caso, debido a la gran diferencia en el nivel mínimo de señal necesario es probable que la red de TDT diseñada para proporcionar servicio Indoor interfiera parcial o totalmente la red de TDT diseñada para proporcionar servicio Outdoor.

Así las cosas, aunque en principio la CRC no está llamada a establecer los tipos de cobertura aplicables a cada ciudad o región, es relevante mencionar que dicha definición se dé a efectos de evitar posibles interferencias que perjudiquen la recepción de señal por parte de los televidentes, reiterando en todo caso que cualquier definición sobre este particular debe ser aplicable a todos los operadores del servicio de TDT en cada una de las respectivas ubicaciones.

4.1.5. Transmisión con Múltiples PLPs y DVB-T2 Lite

Una de las principales novedades de DVB-T2 respecto de DVB-T se centra en que el primero permite transmitir eficientemente en el mismo canal de frecuencia y con las mismas redes diferentes tipos servicios de TDT, cada uno de ellos con una capacidad de transmisión y un nivel de cobertura independiente del resto (por ejemplo, servicios fijos, portables y móviles). Para tal efecto, existen dos opciones: (i) utilizando múltiples PLPs (en inglés, Physical Layer Pipes), y (ii) utilizar el perfil móvil de DVB-T2, conocido con T2-Lite. Ambas soluciones permiten potencialmente a los operadores desarrollar nuevos modelos de negocio que no eran técnicamente posibles bajo el estándar DVB-T. A continuación se presenta una descripción general de cada una de estas alternativas:

- Con múltiples PLPs cada tubería ("Pipe") puede ajustar tres parámetros independientemente: (i) modulación; (ii) tasa de codificación; y (iii) configuración de entrelazado temporal, lo cual proporciona una gran flexibilidad para el operador de red. El inconveniente de utilizar múltiples PLPs para proporcionar servicios fijos/portables y servicios móviles es que el tamaño de la FFT y el patrón de portadoras piloto (PP) es común para todos los PLPs del multiplex, cuestión que tiene alta relevancia cuando se observa que los servicios fijos y móviles tienen configuraciones óptimas totalmente diferentes para estos dos parámetros.

Por un lado, los servicios fijos pueden explotar el uso de tamaños de FFT grandes (ej. 32K) y patrones de portadoras piloto poco densos (ej. PP7) para reducir el Overhead del intervalo de guarda y de las portadoras piloto, aumentando de esta manera la capacidad. Sin embargo, estas configuraciones tendrían un rendimiento pobre en movilidad, ya que la tolerancia al efecto Doppler es mínima porque la distancia en frecuencia entre las

portadoras OFDM es pequeña, dificultando la realización de una buena estimación de canal móvil debido al escaso número de portadoras.

- El perfil móvil T2-Lite proporciona mayor flexibilidad en la configuración del modo de transmisión, ya que permite tener tramas totalmente independientes en cuanto a modulación, tasa de codificación, configuración de entrelazado temporal, tamaño de FFT, y patrón de portadoras piloto. Sin embargo, la transmisión de servicios bajo el mencionado perfil sólo pueden ser decodificada por receptores que soporten la versión v1.3.1 del estándar DVB-T2, sin que esto afecte la recepción de servicios fijos/portables en receptores de versiones anteriores.

Dado que el principio básico de utilizar múltiples PLPs y T2-Lite implica tener servicios con diferentes niveles de cobertura, y considerando que una de las principales ventajas de DVB-T2 respecto de DVB-T se centra en la posibilidad de proporcionar nuevos servicios de TDT bajo un esquema de mejor esfuerzo (Best Effort) a un costo menor¹⁸ que si se prestara bajo esquemas que requirieran el perfil de un servicio fijo o portable para los operadores del servicio, se observa relevante que la regulación posibilite la transmisión de ambos tipos de servicios emergentes.

En tal sentido, se modificará el artículo 2.2 de la Resolución CRC 4047 de 2012, precisando que los operadores del servicio de TDT deberán garantizar como mínimo una recepción "Aceptable" en sus respectivas zonas de cobertura sólo para el canal principal digital, teniendo a la vez la posibilidad de transmitir con múltiples PLPs y/o DVB-T2 Lite (v1.3.1 del estándar). Dado que se trata de servicios emergentes, no se considera pertinente establecer por el momento condiciones específicas para estos servicios en materia de probabilidad de recepción. Lo anterior sin perjuicio de la que la CRC revise lo pertinente con el objeto de establecer en el futuro medidas regulatorias si así se requiriera.

4.2. CONDICIONES DE RECEPCIÓN

En la presente sección se abordan las condiciones técnicas aplicables a equipos receptores de TDT DVB-T2, en relación con las siguientes materias:

- Condiciones técnicas aplicables a equipos receptores de TDT bajo el estándar DVB-T2 para servicios móviles.
- Comercialización de receptores de TDT DVB-T2

4.2.1. Condiciones técnicas aplicables a equipos receptores DVB-T2 para servicios móviles

A partir del análisis expuesto en la sección 4.1.5, se observa relevante incluir en la Resolución CRC 4047 de 2012 las condiciones técnicas mínimas que deben cumplir los receptores DVB-T2 para servicios de TDT móvil bajo el estándar DVB-T2 adoptado en Colombia. Para tal efecto, siguiendo la misma línea de lo expuesto en la citada resolución para receptores fijos, se propone la adición de los siguientes parámetros para receptores móviles, según se expone a continuación:

¹⁸ Esta condición se da por cuanto no se hace necesario desplegar una red dedicada ni tener una frecuencia específica para proporcionar este tipo de servicios.

a) Aspectos Obligatorios

- a) Sintonizador de Televisión Digital Terrestre DVB-T2 que soporte T2-Lite (v1.3.1 del estándar).
- b) Canalización en 6 MHz.
- c) Sistema de vídeo digital MPEG-4 H.264 parte 10.
- d) Capacidad para soportar los modos de transmisión de una sola PLP o múltiples PLPs transmitidas por un canal radioeléctrico.
- e) Capacidad para demodular señales de televisión DVB-T2:
 - i. En transmisión MISO.
 - ii. Con constelaciones rotadas.
- f) Permitir la decodificación de modos extendidos de FFT.
- g) Soportar técnicas de PAPR.
- h) Soportar identificación de tramas FEF.
- i) Bandas de operación:
 - UHF: 470 – 698 MHz.
- j) Soportar Guía Electrónica de Programación (EPG) de acuerdo con lo establecido en las normas ETSI TR 101 211 y EN 300 468.
- k) Video:
 - i. Salida de video compuesto CVBS
- l) Audio:
 - i. Capacidad de decodificar MPEG-1 y/o MPEG-2 Backward Compatible, Layer I y II en los siguientes modos:
 - 1.ISO/IEC 11172-3[9] single channel.
 - 2.ISO/IEC 11172-3[9] joint stereo.
 - 3.ISO/IEC 11172-3[9] stereo.
 - ii. Capacidad de realizar Downmix a par estéreo de audio en formato AC-3 (ETSI TS 102 366).
- m) Alimentación 120 V – 60 Hz.

b) Aspectos Opcionales

- a) Common Interface (Acceso Condicional).

4.2.2. Comercialización de Equipos Receptores de TDT DVB-T2

Desde enero de 2013 los canales nacionales privados Caracol y RCN transmiten señales digitales de televisión bajo el estándar DVB-T2, debiendo cubrir aproximadamente la mitad de población del país. Actualmente, se tiene conocimiento que, por una parte, diversos fabricantes comercializan televisores con un sintonizador DVB-T2 integrado, y a la vez se encuentra oferta de televisores que no soportan dicho estándar. Así mismo, se observa que a pesar de existir obligaciones específicas de información y publicidad a los usuarios definidas en la Ley, así como también por parte de las autoridades competentes, persiste un alto grado de desconocimiento por parte de los usuarios respecto de la información suficiente en esta materia a la hora de tomar la decisión sobre los televisores a adquirir.

Por lo tanto, con el objeto de contribuir desde la regulación a la adopción más rápida del estándar DVB-T2, y en aras de proteger los derechos de los usuarios, diferentes entidades del sector (ACIEM, CCNP, RTVC) han recomendado que todos los televisores integren un sintonizador de TDT DVB-T2.

Sobre este particular, la CRC observó que en México, por ejemplo, la Comisión Federal de Competencia (CFC) propuso que todos los televisores y decodificadores que se vendan en el país deben de tener la capacidad de recibir, sintonizar y reproducir cuando menos las señales que se transmitan con el estándar de TDT Americano A/53 de ATSC, con el objetivo de otorgar certeza al consumidor de que los aparatos que adquiera contarán con la capacidad de recibir las señales digitales una vez que se realice el apagón analógico. Otro ejemplo se observó en Italia, donde se aprobó en abril de 2012 la Ley No. 44 mediante la cual se determinó que todos los receptores de TDT que se vendan en ese país a partir del 1º de enero de 2015 incluyan un sintonizador DVB-T2.

Sobre la base de lo anterior, se observa conveniente incorporar regulación que promueva que en el mercado de televisores se ofrezcan aparatos que permitan recibir las señales bajo tecnología DVB-T2. En esa medida, la adopción de dicha regulación se orientaría a evitar una afectación negativa en los usuarios, limitando la posibilidad de que los mismos adquieran a partir de una fecha de referencia receptores no aptos para DVB-T2, de manera tal que en el futuro no requieran de un decodificador (Set Top Box) para recibir este servicio.

Bajo este contexto, y planteando como objetivo el favorecer una adopción más rápida del estándar de TDT DVB-T2, dicha propuesta implica la modificación de lo actualmente dispuesto en el párrafo¹⁹ del artículo 3.2 de la Resolución CRC 4047 de 2012, reiterándose que en todo caso el objetivo de este último se centraba exclusivamente en reforzar las disposiciones en materia de protección al usuario, sin orientarse a la determinación condiciones de comercialización específicas.

Por este motivo, se propone en materia de condiciones técnicas aplicables a equipos receptores para DVB-T2, que todos los televisores que se comercialicen en Colombia a partir del 1º de abril de 2014 deberán contar con un decodificador interno para el servicio de Televisión Digital Terrestre compatible con el estándar DVB-T2 adoptado en Colombia y cumplir las características técnicas mínimas definidas en el presente acto administrativo, sin perjuicio del cumplimiento de las obligaciones específicas de información y publicidad a los usuarios establecidas por la Ley y las autoridades competentes.

4.3. RECOMENDACIONES DE PLANEACIÓN PARA LA TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE EN COLOMBIA

En forma adicional a los elementos planteados en las secciones anteriores, a continuación se enuncian aspectos a manera de recomendación, de manera tal que los actores involucrados puedan tenerlos en cuenta para el desarrollo de sus respectivas acciones en materia de despliegue de TDT.

4.3.1. Conversión de Parámetros DVB-T2 de Ancho de Banda de 8 MHz a 6 MHz

Algunos parámetros de los sistemas DVB-T2, tales como el nivel mínimo de intensidad de campo y la capacidad del canal, dependen del ancho de banda empleado. Así mismo, dado que las recomendaciones y estándares relacionados con el sistema se desarrollaron en Europa, dichos parámetros fueron especificados para canalizaciones de 8 MHz. Teniendo en cuenta que en Colombia se emplean canalizaciones de 6 MHz, que no se dispone de definiciones técnicas sobre la forma de hacer ajuste al ancho de banda utilizado en el país, y que la Resolución CRC 4047 de

¹⁹ PARÁGRAFO: El establecimiento de las condiciones técnicas antes citadas no restringe la comercialización de televisores que no satisfagan total o parcialmente las mismas, sin perjuicio del cumplimiento de las obligaciones específicas de información y publicidad a los usuarios establecidas por la Ley y las autoridades competentes.

2012 estableció la responsabilidad de efectuar las respectivas conversiones a los operadores del servicio, los análisis posteriores elaborados por la ANE permitieron observar que esta aproximación general podría en el futuro llegar a ocasionar diferencias en los cálculos hechos por diferentes agentes.

Ante esta situación, y a efectos de tener un entendimiento común entre los diferentes agentes involucrados en el despliegue y seguimiento a la operación, con base en los planteamientos expuestos en el documento técnico de la ANE, se plantea a manera de recomendación la observación de criterios adicionales, según se expone a continuación:

- Para ajustar a 6 MHz el valor del nivel mínimo de intensidad de campo en el receptor calculado para 8 MHz, se debe sumar el factor de corrección empleado en la sección 3.1 del documento EBU TECH 3348 [9], el cual es $10\text{Log}_{10}(6/8)$. Por ejemplo, si el valor mínimo de intensidad de campo calculado para 8 MHz es de 80 dB μ V/m, el valor para 6 MHz será:

$$80 \text{ dB}\mu\text{V/m} + 10\text{Log}_{10}(6/8) = 78.75 \text{ dB}\mu\text{V/m}$$

- Para ajustar a 6 MHz la capacidad del canal calculada para 8 MHz, se debe multiplicar por el factor 6/8, tal como es propuesto en el Anexo 2 de EBU TECH 3348 [9].

4.3.2. Señalización de Capa Física L1

El fabricante de televisores Samsung presentó en enero de 2013 a la CRC un documento de análisis en el cual recomendó adoptar la versión 1.2.1 del estándar DVB-T2 para maximizar interoperabilidad, argumentando para tal efecto que la versión 1.3.1, adoptada mediante Resolución CRC 4047 de 2012, no era estable y que su rendimiento sólo había sido verificado mediante pruebas de laboratorio realizadas por el foro de estandarización de televisión digital Europeo DVB. Posteriormente, se complementó dicha solicitud informando que en caso de adoptarse la versión 1.3.1, se estableciera en la regulación que el valor del parámetro de señalización de capa física L1-Post Scrambling debería fijarse obligatoriamente como desactivado (OFF), de manera tal que las transmisiones fueran compatibles con los equipos previamente vendidos en el mercado colombiano con decodificador DVB-T2.

Tras analizar el caso planteado desde una perspectiva técnica, la CRC observó que el estándar en comento ha estado definido en tres versiones, a saber: la primera versión (1.1.1) de Septiembre de 2009, la segunda versión (1.2.1) de Febrero de 2011, y la tercera, y a día de hoy última versión (1.3.1) de Abril de 2012. De manera general, la versión 1.2.1 incluye una serie de mejoras en la transmisión para reducir la potencia de pico del preámbulo de señalización, en concreto de la señalización de capa física L1, mientras que la versión 1.3.1 incluye una nueva técnica para equiparar la potencia de pico de la señalización de capa física L1 con la potencia de pico de los datos, definiendo un perfil móvil de DVB-T2 conocido como DVB-T2 Lite.

En Colombia, mediante la expedición de la Resolución CRC 4047 de 2012 [1], se adoptó para las transmisiones DVB-T2 la versión 1.3.1 del estándar. Sin embargo, al existir en el mercado equipos receptores comercializados antes de la entrada en vigencia de la citada resolución, los cuales soportan la versión v1.2.1, de usarse la técnica de reducción de la potencia conocida como L1 Post Scrambling, la misma no sería compatible con equipos receptores de las versiones anteriores.

Así las cosas, si se busca la compatibilidad de los equipos previamente comercializados con DVB-T2, en versión anterior a la 1.3.1 del estándar, el operador del servicio de TDT debe configurar el valor

del campo “L1 Post Scrambling” en cero (OFF). De manera complementaria, se observa que en caso de que sea necesario reducir la potencia de pico de la señalización L1, el operador del servicio de TDT puede utilizar cuatro técnicas²⁰ incorporadas en la versión v1.2.1, las cuales son compatibles con la primera versión v1.1.1 del estándar.

En conclusión, si bien es claro que el parámetro sobre el cual se recibieron los comentarios efectivamente puede llegar a restringir la recepción en equipos que operen con una versión anterior a la 1.3.1 adoptada en la Resolución CRC 4047 de 2012, se entiende que el mismo, en conjunto con otros parámetros, debe obedecer a esquemas de configuración de la red susceptibles de ser acordados entre los operadores y los fabricantes de televisores.

Por lo anterior, considerando que la versión del estándar de DVB-T2 adoptada corresponde a la más reciente y avanzada (versión v1.3.1), no se observa necesario regular la condición del parámetro de señalización de capa física L1-Post Scrambling. Finalmente, debe mencionarse que en las revisiones de experiencias internacionales, no se observó que la regulación se aplique de una manera específica sobre parámetros puntuales como el expuesto.

5. PROPUESTA REGULATORIA

A partir de los planteamientos previamente expuestos, la intervención regulatoria en relación con la revisión de las características técnicas mínimas para la implementación de la televisión digital terrestre en Colombia, requiere de un trabajo detallado y consensuado con los diferentes agentes de la cadena de valor, así como de las instituciones gubernamentales involucradas en la regulación de todos los aspectos de la TDT. Sobre esta base, en el presente proyecto se propone añadir los siguientes puntos a la Resolución CRC 4047 de 2012:

Condiciones técnicas aplicables a la red para la prestación del servicio de TDT bajo el estándar DVB-T2:

- Intensidad de campo
- Márgenes de protección entre estaciones del servicio de radiodifusión de televisión.
- Límites para emisiones espurias de las señales de TDT DVB-T2.
- Máscaras espectrales de las señales de TDT DVB-T2.
- Probabilidad de recepción.

Condiciones técnicas aplicables a equipos receptores de TDT DVB-T2:

- Comercialización de receptores de TDT bajo el estándar DVB-T2.
- Condiciones técnicas aplicables a equipos receptores de TDT bajo el estándar DVB-T2 para servicios móviles.

La propuesta específica de modificación se expone en el borrador de resolución anexo al presente documento.

²⁰ Las cuatro técnicas son conocidas como: i) P2 Tone Reservation, ii) L1 Reserved Bits and Extension Field, iii) Bias Balancing Cells y iv) L1-ACE.

A. REFERENCIAS

- [1] Resolución CRC 4047 de 2012 – “Por la cual se establecen condiciones técnicas aplicables a la red y a los receptores del servicio de televisión digital terrestre – TDT – en Colombia”.
- [2] ETSI TR 101 190 V1.3.2 (2011-05) Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for DVB terrestrial services; Transmission aspects.
- [3] EBU UER – EBU TECH 3348 V2.0 (2012-05) Frequency and Network Planning Aspects of DVB-T2.
- [4] Acuerdo 003 de 2009 de la CNTV, “Por medio del cual se adoptan el Plan de Utilización de Frecuencias y los límites de exposición de las personas a campos electromagnéticos,” 2009.
- [5] ETSI EN 302 296-2 V1.2.1 (2011-05) Harmonized European Standard Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Transmitting equipment for the digital television broadcast service, Terrestrial (DVB-T); Part 2: Harmonized EN covering the essential requirements of article 3.2 of the R&TTE Directive.
- [6] ETSI EN 300 744 V1.6.1 (2009-01) Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television.
- [7] Recommendation ITU-R SM.329-12 (09/2012) Unwanted emissions in the spurious domain.
- [8] Contrato de Fomento de Actividades Científicas y Tecnológicas No. 70 de 2012 entre la Agencia Nacional del Espectro (ANE) y la Universitat Politècnica de València (UPV) – Entregable “Estudios de Convivencia entre Redes de TV Analógica NTSC y Redes de TDT DVB-T2”.
- [9] Contrato de Fomento de Actividades Científicas y Tecnológicas No. 70 de 2012 entre la Agencia Nacional del Espectro (ANE) y la Universitat Politècnica de València (UPV) – Entregable “Estudio de Interferencias entre las dos Redes TDT DVB-T2 en Colombia”
- [10] Contrato de Fomento de Actividades Científicas y Tecnológicas No. 70 de 2012 entre la Agencia Nacional del Espectro (ANE) y la Universitat Politècnica de València (UPV) – Entregable “Interferencias entre Redes de Televisión Digital Terrestre ISDB-TB y DVB-T2”.