



## PRUEBAS DE INTERFERENCIA DE LA SEÑAL LTE EN LA RECEPCIÓN DE TV DIGITAL EN LA BANDA DE UHF

Las preocupaciones sobre la interferencia de LTE en la TV digital operando en bandas adyacentes han crecido en los últimos años, con el desarrollo de planes para el uso del dividendo digital por la banda ancha móvil.

La Sociedad Brasileña de Ingeniería de Televisión - SET viene estudiando el tema y dando un seguimiento a los trabajos en otros países y en la UIT. En 2013, produjo una rica interacción entre el Ministerio de Comunicaciones - Minicom y la Agencia Nacional de Telecomunicaciones - ANATEL con las empresas y entidades reguladoras de varios países como, Reino Unido, Japón y Alemania. También organizó dos seminarios de gran profundidad técnica, que contaron con la participación del Ministerio de Comunicaciones de Japón, Minicom y ANATEL.

Este documento es un resumen y análisis de las pruebas de laboratorio para caracterizar la convivencia entre la TV Digital y los sistemas móviles LTE en la banda de 700 MHz encomendados por la SET a la Universidad Mackenzie, y realizados en el período de siete meses en el 2013. Estas pruebas son una contribución de la SET para la sociedad y para el sector radiodifusión, con el fin de contribuir para que las condiciones de convivencia aseguren que la banda ancha móvil pueda ser ofrecida al público sin que la sociedad sea privada de seguir teniendo acceso a la TV abierta.

La interferencia es un fenómeno físico electromagnético siempre presente en el uso de bandas adyacentes mediante el uso de diferentes servicios. Se deriva de los diferentes valores de potencia, emisiones fuera de banda o de espurios y dependen de las características de los servicios y de sus respectivos equipos. La UIT define tres tipos de interferencia:

- 1- Permitida: niveles cuantitativos definidos en su reglamento con el fin de compartir y coordinar;
- 2- Aceptable: niveles más allá de los límites de la interferencia permitida, pero acordada entre dos o más países para fines de una coordinación específica;
- 3- Perjudicial: aquella que degrada, obstruye o interrumpe un servicio de radiocomunicación.

**La interferencia perjudicial en el caso de la recepción de TV Digital implica la interrupción en la recepción de la programación, imágenes congeladas o pantalla negra.**

En las pruebas de la Universidad Mackenzie y en este documento se entiende por interferencia siempre la interferencia perjudicial.

**En las pruebas de la Universidad Mackenzie se midió los valores de relaciones de protección y umbral de saturación que definen la convivencia entre los sistemas LTE y TV Digital en bandas adyacentes, para algunos de los sistemas de recepción de TV más comunes en Brasil.**



Los valores de "relación de protección" y "umbral de saturación" obtenidos, son característicos del caso brasileño, puesto que expresan la relación entre la base instalada de recepciones ISDB-T y (i) el arreglo de frecuencias, (ii) la banda de guarda, (iii) los niveles de potencia, (iv) la máscara de emisión, y (v) otras especificaciones que deben cumplir los sistemas LTE de acuerdo con la Resolución n° 625/2013<sup>1</sup> de la ANATEL. En la medición de estos valores, que definen las condiciones de convivencia, la caracterización de los receptores fue una etapa esencial del trabajo, porque permitió cuantificar la degradación del rendimiento de los receptores típicos del mercado nacional en presencia de señales de interferencia en la banda adyacente.

**Estos resultados dejan concluir que, a fin de permitir la convivencia armoniosa entre LTE en la banda de 700 MHz y la TV Digital en 470-698 MHz, las especificaciones 3GPP no son suficientes, sino que deben ser significativamente más estrictas para ambas estaciones radiobase y terminales. En consecuencia se debe hacer ajustes en las especificaciones LTE definidas por la Resolución n° 625/2013 de la ANATEL, que son basadas en las de 3GPP, así como definir una serie de procedimientos de mitigación, para evitar o resolver los casos de interferencia perjudicial que surgen de las emisiones LTE en la TV Digital.**

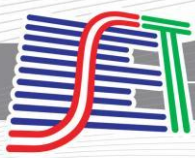
Las primeras medidas de mitigación son la instalación de filtros en los receptores de TV Digital y en los transmisores de las ERBs LTE. La instalación de filtro en los transmisores de las ERBs tiene como objetivo reducir tanto como sea posible las emisiones de interferencia. En contrapartida, la instalación de filtros en los receptores de TV Digital tiene como objetivo aumentar su protección contra las interferencias.

Sin embargo, la caracterización de los receptores y el amplio conjunto de ensayos de situaciones de convivencia realizados por la Universidad Mackenzie permiten afirmar que:

- Datos de valores de potencia ERP LTE y valores ACLR de *uplink* y *downlink* previstos en la Resolución n° 625/2013 de la ANATEL, la inclusión de filtros exclusivamente en la ERB LTE no será suficiente para resolver los casos críticos de interferencia;
- Datos de valores típicos de antenas y amplificadores característicos de la recepción de TV Digital, la inclusión de filtros exclusivamente en la recepción de TV no será suficiente para resolver los casos críticos de interferencia.

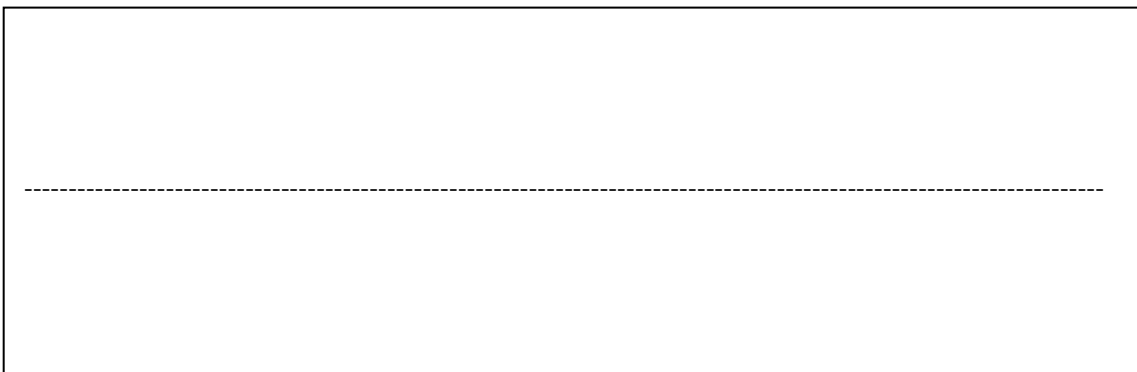
En casos críticos, será necesaria la combinación del uso de filtros conjuntamente en los receptores de TV y en los transmisores de las ERBs, pero no es suficiente, demandando medidas adicionales de mitigación, tales como (i) reducción de las potencias de transmisión de las ERBs, (ii) modificaciones en la recepción de TV e inclusive (iii) el aumento de la banda de guarda.

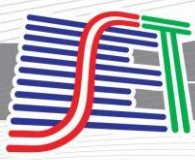
<sup>1</sup> **RESOLUÇÃO Nº 625, DE 11 DE NOVEMBRO DE 2013** - Aprova a Atribuição, a Destinação e o Regulamento sobre Condições de Uso de Radiofrequências na Faixa de 698 MHz a 806 MHz



**La reducción de interferencias perjudiciales que incluyen alteraciones en los sistemas de recepción de TV es crítica, ya que afecta el parque instalado. Los recursos necesarios para minimizar el impacto en el telespectador no se limitan al desarrollo y fabricación de filtros, sino que incluyen la disponibilidad de personal capacitado y facultado para alterar significativamente el sistema de recepción incluyendo (i) el cambio de electrónicos y amplificadores, (ii) inclusión de filtros, (iii) redirección y cambio de las antenas de recepción de TV, (iv) adecuación de la infraestructura y cableado, y, finalmente, (v) la sustitución de los sistemas simples de recepción interna por sistemas más complejos de recepción con antenas externas o colectivas.**

La SET continuará estudiando y midiendo los parámetros que caracterizan la convivencia entre los sistemas de TV Digital y los sistemas de banda ancha móvil. El informe completo y las consideraciones adicionales de la SET sobre los resultados de las pruebas realizadas hasta la fecha están adjuntos.





## CONSIDERACIONES DE LA SET SOBRE LAS PRUEBAS DE INTERFERENCIA DE LA SEÑAL LTE EN LA RECEPCIÓN DE TV DIGITAL EN LA BANDA DE UHF

### CONTENIDO

1. **Introducción**
2. **Conceptos**
  - 2.1 ***Tuner* o sintonizador**
  - 2.2 **Caracterización del receptor**
  - 2.3 **Selectividad del Canal Adyacente (ACS)**
  - 2.4 **Adjacent Channel Leakage Ratio (ACLR)**
  - 2.5 **Umbral de saturación (Oth)**
  - 2.6 **Relación de protección**
3. **Estructuración de las pruebas**
  - 3.1 **Procedimientos y criterios de medidas**
  - 3.3 **Escenarios de interferencia**
  - 3.3 **Potencia de la señal LTE**
4. **Resultados de las pruebas**
  - 4.1 **Tipos de interferencia**
  - 4.2 **Relación de protección**
  - 4.3 **Umbral de saturación**
5. **Convivencia**
  - 5.1 **Relación de protección requerida**
  - 5.2 **Relación de protección medida x Relación de protección requerida**
  - 5.3 **Especificación de filtros para los receptores de DTV**
  - 5.4 **Atenuación de emisión fuera de banda para los terminales móviles y estaciones base LTE**
  - 5.5 **Mitigación de interferencias**



## CONSIDERACIONES DE LA SET SOBRE LAS PRUEBAS DE INTERFERENCIA DE LA SEÑAL LTE EN LA RECEPCIÓN DE TV DIGITAL EN LA BANDA DE UHF

### 1. Introducción

El informe adjunto ha sido producido por la Universidad Mackenzie, a petición de la Sociedad Brasileña de Ingeniería de Televisión - SET, después de siete meses de pruebas, aplicación fidedigna de la metodología recomendada por la UIT y criterioso análisis de datos. Los ensayos permitieron verificar las relaciones de protección y el umbral de saturación que caracterizan el umbral de interferencia entre el 4G/LTE y el sistema de TV Digital.

El objetivo de esta prueba fue determinar las relaciones de protección y el umbral de saturación práctico teniendo en cuenta las características del sistema de TV Digital terrestre de Brasil y los parámetros establecidos en la Resolución nº 625/2013 de la ANATEL, tales como la disposición de frecuencias, potencia de la ERB y del terminal de usuario y valores de emisiones fuera de banda y espurios.

Está fuera del alcance de los trabajos de la SET y de la Universidad Mackenzie, la caracterización de la interferencia causada por las señales de TV en terminales móviles y en las estaciones radiobase LTE, que también deben ser considerados en el análisis de los escenarios de convivencia. Respecto a la recepción de TV, las pruebas no incluyeron un análisis de la recepción en los terminales móviles (one-seg).

Este análisis asume una premisa, alineada con los principios internacionales de convivencia de los servicios, que la puesta en marcha de la operación de banda ancha móvil en la banda de 700 MHz no puede interferir con los sistemas de transmisión y recepción de TV Digital existentes.

### 2. Conceptos

#### 2.1 *Tuner* o sintonizador

Actualmente están disponible en el mercado brasileño receptores de TV Digital con dos tecnologías diferentes de sintonizadores.

- “**Silicon tuners**” son sintonizadores donde todo el procesamiento está implementado en un circuito integrado montado directamente en la placa principal del receptor.
- “**Can tuners**” son sintonizadores superheterodinos clásicos, construidos con componentes discretos alojados en una caja de metal para minimizar la interferencia de señales de RF externas.



## 2.2 Caracterización de los receptores

La **caracterización de los receptores** consiste en un conjunto de medidas para comprobar el funcionamiento del receptor y su conformidad con las "Normas ABNT<sup>2</sup>" pertinentes que abarcan la medición del nivel mínimo y máximo de la señal y medida de la relación de protección cocanal y canal adyacente de señales ISDB-T.

## 2.3 Selectividad de canal adyacente (ACS)

**Selectividad de canal adyacente (ACS)** es un índice relacionado con la capacidad del receptor para recibir energía del canal y rechazar interferencias provenientes de frecuencias adyacentes.

## 2.4 *Adjacent Channel Leakage Ratio* (ACLR)

El ***Adjacent Channel Leakage Ratio* (ACLR)** es una medida de desempeño de un transmisor relacionada con la capacidad de supresión de energía en el canal adyacente. El ACLR se define como la razón, en dB, de la potencia media de la señal generada integrada en su banda designada para la potencia media de emisiones en el canal adyacente.

## 2.5 Umbral de saturación (Oth)

El **umbral de saturación (Oth)** es el máximo nivel de potencia interferente tolerado en la entrada del receptor que aún mantiene estable la recepción de TV.

## 2.6 Relación de protección (PR)

En este contexto, la **relación de protección (PR)** es el valor mínimo de la relación entre la señal deseada y la señal interferente (D/I) necesaria para mantener la calidad de recepción de TV, es decir, representa la "habilidad" del receptor de protegerse de señales interferentes.

La relación de protección en un canal adyacente ( $PR(\Delta f)$ ) es una función de la relación de protección cocanal ( $PR_0$ ), la selectividad de canal adyacente del receptor interferido (*Adjacent Channel Selectivity* – ACS) y de la relación de emisiones indeseables del transmisor interferente sobre el canal adyacente (*Adjacent Channel Leakage Ratio* - ACLR). Esta definición está contenida en el Apéndice 3 del Anexo 2 de la Recomendación UIT-R BT.1368-10:

$$PR(\Delta f) = PR_0 + 10 \log \left( 10^{\frac{-ACS}{10}} + 10^{\frac{-ACLR}{10}} \right)$$

## 3. Estructuración de las pruebas

### 3.1 Procedimientos y criterios de medidas

Los resultados se obtuvieron a partir de una muestra conteniendo seis receptores representativos del mercado nacional, con *front end* de *can tuner* y de *silicon tuner* e incluyeron la evaluación de toda la banda de UHF con un total de más de 3.000 mediciones.

<sup>2</sup> ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas



La evaluación incluyó pruebas de *downlink* LTE operando con tres canales adyacentes de 15 MHz de ocupación, el modo "*Carrier Aggregation*", ocupando la banda de frecuencias 758 a 803 MHz y 100% de carga. En las pruebas de interferencia del terminal móvil fue utilizado un canal de 15 MHz, ocupando la banda de frecuencia de 703 a 718 MHz en el modo pulsado, con carga de 10%.

Se simularon todas las señales a partir de un generador de señal LTE que tiene un desempeño en términos de emisiones fuera de la banda y ACLR muy superior al previsto en la Resolución n° 625/2013 de la ANATEL requiriendo una etapa de compensación de los resultados para reflejar los parámetros especificados por la ANATEL.

Como criterio de falla de la señal de TV fue utilizado el método de umbral de percepción establecido en la Recomendación UIT-R BT.1368, que corresponde a la calidad de imagen donde no se notó más de un error durante un período de observación de sesenta segundos.

### 3.2 Escenarios de interferencia

La Universidad Mackenzie en su informe también analiza varios casos de recepción de señal de TV para diferentes configuraciones de instalación de antenas residenciales o en edificios. Estos escenarios se basan en el Informe UIT-R BT.2247-2 (Parte B) mediante la sustitución de los parámetros de emisiones LTE de Japón por los especificados en la Resolución n° 625/2013 de la ANATEL.

La Tabla 1 muestra los cinco escenarios que representan las condiciones más típicas de recepción en Brasil, de los 15 para los sistemas de recepción ISDB-T descritos en el Informe antes mencionado.

**Tabla 1:** Condiciones más típicas de recepción de TV abierta en Brasil

Sistemas de recepción de TV (470-698 MHz)	Distancia entre antena TV y sistema LTE		Ganancia del amplificador – pérdidas (dB)
	Terminal Móvil (m)	Estación Radiobase (m)	
Residencia con antena externa	22	214	0
Residencia con antena externa y Booster			12
Residencia con antena interna pasiva	0,7	269	0
Residencia con antena interna amplificada			25
Edificio con antena de TVD Colectiva, colocalizada con la antena del BS LTE	-	3	20

### 3.3 Potencia de la señal LTE

El punto de partida para la caracterización de los casos críticos de convivencia y la especificación de las medidas de mitigación es la potencia de señal LTE presente en la entrada del receptor de TV.

El nivel de señal LTE que llega al receptor de TV se calcula a partir de las características de los sistemas de transmisión y recepción involucrados y de la geometría de menor pérdida de acoplamiento (*Minimum Coupling Loss* – MCL) entre la transmisión y la recepción.



Las potencias calculadas para el escenario brasileño están resumidas en la Tabla 2:

**Tabla 2: Potencia máxima de la señal LTE**

Sistemas de recepción de TV (470-698 MHz)	Potencia máxima de la señal interferente (dBm)	
	Terminal Móvil LTE (703-748 MHz)	Estación Radio Base LTE (758-803 MHz)
Residencia con antena externa	-28,1	-8,2
Residencia con antena externa y Booster	-12,1	7,8
Residencia con antena interna pasiva	-6,8	-30,4
Residencia con antena interna amplificada	18,2	-5,4
Edificio con antena de TVD Colectiva, colocalizada con la antena de la Estación Radio Base LTE	-	30,9

## 4. Resultados de las pruebas

### 4.1 Tipos de interferencia

La introducción de los servicios 4G/LTE en la porción alta de la banda de UHF tiene impactos en la recepción de la señal de TV Digital. La tecnología del sintonizador "can tuner" o "silicon tuner" implica en susceptibilidad diferente a los diversos tipos de interferencia. Un resumen de los efectos observados en el laboratorio se muestra en la Tabla 3.

**Tabla 3: Caracterización de la interferencia en la TV Digital**

Tipo de interferencia	Señal interferente	Canales de TV más afectados
Frecuencia imagen	Estación radio base LTE	47 a 51
	Terminal móvil (UE)	38 a 45
Frecuencia adyacente	Terminal móvil (UE)	46 a 51
Saturación	Ambos	14 a 51

En los resultados de Mackenzie, analizando individualmente los receptores y los diferentes canales de UHF se observa un efecto de pulsación de la frecuencia de FI muy significativa para los receptores con *front end* "can tuners" que no es percibido para "silicon tuners". En los canales de 38 a 45, se ven afectados por la FI del *uplink* y los canales de 47 a 51 por la FI del *downlink*. En ambos casos, la degradación de desempeño es del orden de 25 a 30 dB.

### 4.2 Relación de protección

Las relaciones de protección medidas y sus valores corregidos para el escenario de equipos reales atendiendo las especificaciones de la Resolución n° 625/2013 de la ANATEL se resumen en la Tabla 4, teniendo en cuenta la potencia de la señal de TV Digital en -77dBm.





Los valores de selectividad del receptor de TV Digital para canal adyacente (ACS) y para la relación de protección corregida (PR) que se muestran en la Tabla 4 se calcularon de acuerdo con la definición que figura en el Apéndice 3 del Anexo 2 de la Recomendación UIT-R BT.1368-10, presentada anteriormente. Por otra parte, también se consideraron los valores de ACLR previstos en la Resolución n° 625/2013 de la ANATEL y derivados de las especificaciones 3GPP TS 136.101 y TS 136.104, respectivamente, de -49,2 dB para el terminal móvil y 64,2 dB para la estación radiobase LTE.

**Tabla 4: Relaciones de protección y ACS**

Canal	Terminal Móvil LTE (703-748 MHz)			Estación Radiobase LTE (758-803 MHz)		
	PR Medido (dB)	PR' Corregido (dB)	ACS (dB)	PR Medido (dB)	PR' Corregido (dB)	ACS (dB)
38 a 45	-50	-36	64	-55	-50	68
47 a 50	-49	-35	62	-38	-38	51
51	-41	-35	54	-37	-37	49
Demás canales UHF	-66	-36	79	-58	-51	70

### 4.3 Umbral de saturación

La relación de protección se aplica a los casos en que la potencia de la señal interferente es inferior al nivel de señal correspondiente al umbral de saturación. Por su parte, el umbral de saturación es una característica exclusivamente del receptor de TV Digital, sin depender del ACLR de la señal interferente.

Los valores de umbral de saturación medidos por la Universidad Mackenzie están resumidos en la Tabla 5.

**Tabla 5: Umbral de saturación (Oth)**

Umbral de saturación	Estación Radiobase LTE (758-803 MHz)	Terminal Móvil LTE (703-748 MHz)
Oth (dBm)	-6 a 0	-29 a 7

Los valores de saturación para señales ISDB-TB en los receptores de TV Digital están definidos en la norma "ABNT NBR 15604 (subsección 7.2.5)"<sup>3</sup> en -20 dBm. Sin embargo, los valores medidos en la Universidad Mackenzie son aproximadamente 15 dB mejores, es decir, menos susceptibles a interferencia, que los valores normalizados.

Sin embargo, hay que destacar que un convertidor digital de bajo costo que cumpla fielmente la norma brasileña ABNT NBR 15604, sin margen de desempeño en relación al especificado, será mucho más fuertemente afectado por la interferencia. Este es un punto de alerta, ya que estos equipos se suelen instalar en los hogares con menor poder adquisitivo y con un mayor interés en la recepción de TV abierta gratuita.

<sup>3</sup> ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas



## 5. Convivencia

### 5.1 Relación de protección requerida

A partir de los niveles de potencia interferente de la Tabla 2 es posible calcular la relación de protección requerida para garantizar la convivencia. Se asume que la potencia recibida de la señal de TV Digital corresponda al umbral de recepción definido en la norma ABNT NBR 15.604, es decir, -77 dBm, con el fin de preservar el área de cobertura de la estación de TV.

La relación señal deseada/interferente derivada de los escenarios de la Universidad Mackenzie se presentan en la Tabla 6 a continuación:

**Tabla 6: Relación de protección requerida**

Sistemas de recepción de TV (470-698 MHz)	Relación de protección requerida (dB)	
	Terminal Móvil LTE (703-748 MHz)	Estación Radio Base LTE (758-803 MHz)
Residencia con antena externa	-48,9	-68,8
Residencia con antena externa y Booster	-64,9	-84,8
Residencia con antena interna pasiva	-70,2	-46,6
Residencia con antena interna amplificada	-95,2	-71,6
Edificio con antena de TVD Colectiva, colocalizada con la antena del BS LTE	-	-107,9

### 5.2 Relación de protección medida x Relación de protección requerida

En todos los casos, la relación de protección requerida para hacer viable la convivencia indica la necesidad de reducir las emisiones fuera de la banda, debido a que el nivel de la señal LTE en los escenarios analizados es superior al valor de interferencia aceptable, caracterizado por la relación de protección medida en el laboratorio.

Con el fin de viabilizar las relaciones de protección requeridas es necesario mejorar la selectividad del canal adyacente del receptor de TV interferido (*Adjacent Channel Selectivity – ACS*) y reducir las emisiones no deseadas del transmisor interferente sobre el canal adyacente (*Adjacent Channel Leakage Ratio – ACLR*) preferentemente a través de filtros adicionales. Para calcular los valores de ACS y ACLR requeridos se aplica nuevamente la definición que figura en el Apéndice 3 del Anexo 2 de la Recomendación UIT-R BT.1368-10.

Dado que las relaciones de medida de protección cocanal medida por la Universidad Mackenzie son, respectivamente, 12,5 dB para la estación radiobase y 13,5 dB para el terminal móvil, y suponiendo que el mismo valor se aplica al ACS y ACLR, los resultados se muestran en la Tabla 7.

**Tabla 7: Valor de ACS y ACLR requeridos para viabilizar la convivencia**

Sistemas de recepción de TV (470-698 MHz)	Valor de ACS y ACLR requerido (dB)	
	Terminal Móvil LTE (703-748 MHz)	Estación Radio Base LTE (758-803 MHz)
Residencia con antena externa	65,4	84,3
Residencia con antena externa y Booster	81,4	100,3
Residencia con antena interna pasiva	86,7	62,1
Residencia con antena interna amplificada	111,7	87,1
Edificio con antena de TVD Colectiva, colocalizada con la antena del BS LTE	-	123,4

Hay que tener en cuenta que, aunque los valores de ACS y ACLR no necesitan necesariamente ser iguales, el valor mínimo de ACS, que puede calcularse asumiendo ACLR infinito (transmisor ideal), y el valor mínimo de ACLR, que puede calcularse asumiendo ACS infinito (receptor ideal), serán apenas 3 dB inferiores a los valores de la Tabla 6.

Este resultado es muy relevante, debido a que una pequeña reducción en el requisito de desempeño de las emisiones LTE tanto de la estación radiobase como del terminal móvil, conlleva a un gran aumento en el requisito de filtrado en la entrada de los televisores, pudiendo llegar a ser inviable técnica o económicamente la construcción de los mismos.

### 5.3 Especificación de filtros para los receptores de DTV

Ha sido considerado inicialmente la demanda de especificación de filtros para viabilizar la convivencia para cada escenario analizado sin ningún otro cambio en los sistemas de recepción del espectador.

Los valores de ACS y ACLR requeridos definen las mejoras necesarias en la relación con la selectividad de los receptores de TV Digital y de las emisiones no deseadas de Estaciones Radiobase y Terminales Móviles LTE.

El valor de ACS de referencia, que representa el desempeño de la actual base de las televisiones, se define a partir de los valores medidos por la Universidad Mackenzie, en conformidad con la Tabla 8.

**Tabla 8: Valores de ACS de referencia representativo de las televisiones**

Sistema de recepción de TV (470-698 MHz)	Terminal Móvil LTE (703-748 MHz)	Estación Radio Base LTE (758-803 MHz)
PR medido para canal 51 (dB)	-41	-37
ACLR del setup Mackenzie (dB)	98	100
ACS calculado (dB)	54	49

El valor del ACS se puede mejorar con el uso de un filtro en la recepción de TV. La Tabla 9 muestra la atenuación del filtro necesaria para los receptores de TV Digital en la banda de guarda prevista, para rechazar la interferencia y mantenimiento de la calidad de recepción de la TV Digital en cada uno de los tipos de recepción considerados por la Universidad Mackenzie.



**Tabla 9: Atenuación exigida del filtro para los receptores de TV Digital para los casos de uso considerados**

Sistemas de recepción de TV (470-698 MHz)	Atenuación del filtro en 5 MHz (dB)	Atenuación del filtro en 60 MHz (dB)
	Terminal Móvil LTE (703-748 MHz)	Estación Radio Base LTE (758-803 MHz)
Residencia con antena externa	11	35
Residencia con antena externa y Booster	27	<b>51</b>
Residencia con antena interna pasiva	<b>32</b>	13
Residencia con antena interna amplificada	<b>57</b>	38
Edificio con antena de TVD Colectiva, colocalizada con la antena del BS LTE	-	<b>74</b>

Idealmente, la atenuación causada por la inserción del filtro de recepción de TV sobre la banda de 470-698 MHz debe limitarse a 1 dB para no degradar significativamente la cobertura de TV. Hay que tener en cuenta que, en el caso de sistemas de recepción amplificados, dicho filtro debería insertarse antes de la amplificación de la señal de la antena, lo que implica, la sustitución de las antenas de recepción con amplificación integrada.

Como contra medida adicional en sistemas de TV se puede considerar la adición de un filtro antes del amplificador para evitar su saturación y añadir otro filtro entre el amplificador y el receptor de TV.

#### 5.4 Atenuación de emisión fuera de banda para los terminales móviles y estaciones base LTE

Por otro lado, el valor de ACLR de referencia de los sistemas LTE está definido en la Resolución n° 625/2013 de la ANATEL conforme la Tabla 10.

**Tabla 10: Valores de ACLR de referencia definido en la resolución n° 625/2013 de la ANATEL**

Sistema de recepción de TV (470-698 MHz)	Terminal Móvil LTE (703-748 MHz)	Estación Radio Base LTE (758-803 MHz)
Potencia máxima (dBm)	23	46
Emissiones indeseables (dBm/6 MHz)	-26	-18
ACLR de la resolución (dB)	49	64

La Tabla 11 indica la atenuación requerida de las emisiones no deseadas de las señales LTE, *Out of Band Emission* - OOB, para mejorar el ACLR necesaria para mantener la calidad de la recepción de TV Digital.



**Tabla 11: Atenuación exigida en las emisiones no deseadas de los transmisores LTE para los casos de uso considerados**

Sistema de recepción de TV (470-698 MHz)	Atenuación OOBEn 5 MHz (dB)	Atenuación OOBEn 60MHz (dB)
	Terminal Móvil LTE (703-748 MHz)	Estación Radiobase LTE (758-803 MHz)
Residencia con antena externa	16	20
Residencia con antena externa y Booster	32	36
Residencia con antena interna pasiva	<b>37</b>	0
Residencia con antena interna amplificada	<b>62</b>	23
Edificio con antena de TVD Colectiva, colocada con la antena de la estación radiobase LTE	-	<b>59</b>

## 5.5 Mitigación de interferencias

La introducción de filtros, como técnica de mitigación de interferencia tiene como objetivo reducir las emisiones fuera de banda mejorando el desempeño de los respectivos sistemas de transmisión y de recepción. Hay que tener en cuenta que, como la relación de protección depende simultáneamente de los valores de ACS y ACLR, los filtrados definidos en las subsecciones 5.4 y 5.5 son complementarios y se deben aplicar de forma simultánea para viabilizar la convivencia en los escenarios considerados.

En los casos críticos, además de los filtros, medidas de mitigación que reducen la relación de protección requerida y, por lo tanto, también reducen los requisitos de ACS y ACLR, igualmente deben ser consideradas. Las tablas 9 y 11 muestran que los casos más graves de interferencia provienen de (i) las estaciones radiobase en las recepciones con amplificación de la señal de televisión, especialmente antenas colectivas y (ii) de terminales móviles LTE en los sistemas de recepción interna de TV Digital.

### 5.6.1 Estación radiobase LTE x Recepciones con amplificación de la señal de televisión

La especificación de filtros para permitir la coexistencia de los servicios en cuestión debe tener en cuenta lo que es factible en tamaño y costo de fabricación. Los estudios realizados en Japón, como se indica en la Parte B del Informe UIT-R BT.2247, presentan como límite práctico de filtros para las televisiones la atenuación máxima de 30 dB.

Aunque la adición de filtros en el receptor es una medida de mitigación necesaria tiene un impacto negativo en la recepción de la televisión, principalmente: (i) atenuación de la señal de TV en función de la pérdida de inserción de los filtros y (ii) degradación de la *Modulation Error Ratio* - MER, es decir, de la calidad de la señal. Por estar en el límite de la banda el canal 51 (692 a 698 MHz) es el más afectado, debiendo ser preservado por la especificación de filtros de recepción que aseguren su utilización para la radiodifusión sin reducir la cobertura.

Si el filtrado de las emisiones fuera de banda (OOBE) de la estación radiobase resaltado en rojo en la Tabla 11 no sean viables, técnicas adicionales de mitigación deben ser empleadas.



A diferencia del filtrado, estas técnicas buscan reducir los niveles de señal LTE en la entrada del receptor de TV a través de intervenciones en los respectivos sistemas irradiantes.

Para obtener un resultado de este tipo se puede cambiar la posición, altura, diagrama y dirección de las antenas de transmisión LTE. Del mismo modo, medidas similares se pueden aplicar en las residencias afectadas. Sin embargo, este proceso es más costoso y demorado, ya que implica en un análisis de caso por caso del escenario de interferencia pudiendo implicar el cambio de antenas o reemplazo de todo el sistema de recepción.

Un recurso adicional del efecto similar es la reducción de la potencia de la señal de banda ancha móvil y el aumento de la potencia de transmisión de TV Digital. Cómo la convivencia sin interferencias perjudiciales depende de la relación entre la potencia de la señal de televisión y de la señal de banda ancha móvil, en los lugares con señal de TV débil, el límite tolerable de interferencia también es menor.

### 5.6.2 Terminal móvil LTE x Recepción con antena interna

La interacción entre el terminal móvil y la recepción de televisión basada en antena interna representa un desafío para la convivencia. Los resultados de las relaciones de protección, medidos por la Universidad Mackenzie, así como las especificaciones de filtros y emisiones fuera de banda calculadas por la SET muestran que no es posible establecer un ambiente libre de interferencia perjudicial dentro de residencias que dependen de antena interna amplificada para la recepción de señal de televisión. El nivel de señal del terminal LTE varía de acuerdo a varios factores y, especialmente, en función de la potencia de la señal recibida de la estación radiobase pudiendo impactar de forma dinámica la recepción de la señal de TV.

Por otra parte, los estudios presentados por Japón a la comisión de estudios 6, SG6, de la ITU-R, la obtención de filtros con más de 10 dB de atenuación en 703 MHz, es decir, en la banda de guarda de 5 MHz, no es práctico. Por lo tanto, una posible alternativa es una revisión completa del sistema de recepción, eliminando la recepción de antena interna, y transformándola en recepción externa en las residencias o antena colectiva en los edificios afectados, sabiendo de antemano que eso es complejo y costoso, ya que requiere un estudio especializado, caso por caso, además de la preparación de una infraestructura y cableado que a menudo no existe.

Para permitir la convivencia, también es necesario observar la reducción de ACLR de los terminales LTE. Recientemente la CEPT decidió limitar las emisiones fuera de la banda de los terminales de usuario entre -40 y -46 dBm/8MHz para los canales IMT de 10MHz, con el *uplink* iniciado en 703MHz. Discusiones adicionales sobre el impacto en costo y desempeño de limitar las emisiones fuera de banda de los terminales de usuario a la luz de las actividades de investigación y desarrollo en marcha será objeto de debate en la próxima reunión de la CEPT sobre el tema, prevista para finales de abril. A pesar de insuficientes si aplicadas aisladamente, especificaciones de envolturas más rígidas contribuyen para reducir la incidencia de interferencia perjudicial y deben ser consideradas también para el caso brasileño.

Sin embargo, reconociendo que existe un límite de desempeño factible para el terminal, se propone de manera complementaria, el aumento de la banda de guarda, que permite reducir la potencia de señal interferente en frecuencias inferiores a 698 MHz y mejorar la viabilidad técnica y comercial de filtros para las televisiones con el rechazo necesario.