

# Resultados de Laboratorio de Desempeño de Receptores ATSC frente al Desplazamiento Doppler

A. Ipiña, M. A. Hernández, J. Huerta, J. M. Matías

abraham\_ipi@comunidad.unam.mx, matias.unam@gmail.com

Universidad Nacional Autónoma de México, México  
Av. Universidad No. 3000, Coyoacán, Ciudad Universitaria, 04510  
Ciudad de México – México

**Resumen:** El estudio de diferentes escenarios en la recepción de televisión digital terrestre toma importancia por la transición de la televisión analógica a la televisión digital que se vive actualmente en México. ATSC es el estándar de televisión digital terrestre adoptado oficialmente por México y es el único estándar de radiodifusión que usa la modulación 8-VSB. Esta modulación es más sensible al multitrayecto que la OFDM, usual en otros sistemas de televisión digital. A pesar de que ATSC está diseñado para recepción estática, hay casos en los que los receptores están en movimiento (p.e. en autobuses) o casos en los que reflexiones de la señal en objetos en movimiento hacen que la señal que llega al receptor pueda tener desplazamiento Doppler. En este artículo se presentan los resultados de un estudio de laboratorio que aborda el desempeño de receptores comerciales de ATSC frente al desplazamiento Doppler.

**Palabras clave:** TDT, Televisión Digital Terrestre, ATSC, Desplazamiento Doppler, Receptores ATSC.

**Abstract:** The study of different scenes in the reception of terrestrial digital television is becoming important due to the transition from the analogue television to digital television currently happening in Mexico. ATSC is the terrestrial digital television standard adopted officially by Mexico and it is the only broadcasting standard that uses the 8-VSB modulation. This modulation is more sensitive to multipath than OFDM, typical in other digital television systems. Although ATSC is designed for static reception, there are cases in which the receivers are in movement (i.e. in buses) or cases in which signal reflections in moving objects make that arriving signal to the receiver could have Doppler shift. This paper presents a laboratory study results concerning the ATSC commercial receivers' performance to Doppler shift.

**Keywords:** DTT, Digital Terrestrial TV, ATSC, Doppler shift, Receivers ATSC.

## 1. Introducción

La televisión digital terrestre (TDT) comenzó en México en 2004 con la adopción del estándar ATSC (Advanced Television Systems Committee) [DOF04], [DOF14]. La transición de la televisión analógica a la digital concluyó el 31 de diciembre de 2015 [DOF14]. Debido a la adopción de esta nueva tecnología, es de vital importancia para México hacer estudios que contribuyan a la planeación de la infraestructura de transmisión de televisión digital del país, a la creación de reglamentación para el funcionamiento de redes SFN y a la evaluación, mejoramiento, y reglamentación de los receptores. Aunque ya hay redes SFN operando, actualmente hay un vacío de conocimiento y regulación de las redes SFN en México.

El estándar ATSC transmite video y audio de alta calidad con una tasa de aproximadamente 19.39 Mbits/s, en un canal de 6 MHz de ancho de banda [ATSC11]. El sistema opera con el método de modulación 8-VSB (8-Level Vestigial Sideband), que básicamente es una modulación ASK (Amplitude-Shift Keying) de 8 niveles modulada en AM (Amplitude Modulation) con una banda parcialmente eliminada. ATSC es el único sistema de TDT que no opera con la modulación OFDM, la cual es más robusta frente al multitrayecto en comparación con la modulación 8-VSB [Fischer09].

El estudio de laboratorio que se presenta, se llevó a cabo con el objetivo de determinar en qué medida el desplazamiento Doppler de la señal afecta al rendimiento de algunos de los receptores comerciales de ATSC

presentes en el mercado mexicano. Los escenarios probados en el laboratorio simulan situaciones reales, tales como, llevar un receptor en un auto en una vía rápida o recibir la señal en una zona cercana a un aeropuerto, es decir, en una población que se encuentre en los alrededores del aeropuerto, donde la señal ATSC estaría afectada por un eco en un avión con un alto desplazamiento Doppler. En este último caso, al receptor le llega la señal directa del transmisor sin desplazamiento Doppler, además de otra señal que se refleja en el avión, que, debido a su velocidad, produce un desplazamiento Doppler, y debido a su cercanía este eco tiene una amplitud importante.

Se han realizado estudios de laboratorio similares con el estándar ATSC, por ejemplo, en [Pickford98] se presentan los resultados de la medición del umbral de C/N cuando se tiene una señal reflejada con cierto desplazamiento Doppler. En [Mackenzie00], el objetivo de las pruebas fue determinar la degradación en la recepción cuando se tiene una señal reflejada en un objeto con movimiento, es decir, con desplazamiento Doppler.

El artículo está organizado en las siguientes secciones. En la sección 2 se plantean los objetivos y la definición de las pruebas de laboratorio. En la sección 3 se describe el equipamiento que se usó y la metodología que se siguió en las pruebas. En las secciones 4, 5 y 6 se presentan y analizan los resultados obtenidos en las pruebas. Por último, en la sección 7 se presentan las conclusiones obtenidas con el estudio.

## 2. Objetivos y definición de las pruebas de laboratorio

El objetivo general del estudio de laboratorio fue medir el desempeño de los receptores comerciales de ATSC frente al desplazamiento Doppler que se presenta en diferentes escenarios de recepción. Para ello se realizaron tres pruebas, denominadas: recepción en entorno urbano, efecto del desplazamiento Doppler sobre el umbral de C/N, y efecto de una señal reflejada con desplazamiento Doppler.

La simulación de las características de recepción reales se realiza por medio de un simulador de canal, que genera las señales con ecos, o desplazamientos Doppler controlados de acuerdo a las necesidades.

### 2.1. Recepción en Entorno Urbano

En esta prueba se comprobó la recepción utilizando modelos de canal típicos que caracterizan la recepción en un entorno urbano. Es importante resaltar que el estándar ATSC está definido para recepción fija, sin embargo, se realizó la prueba para evaluar los límites de funcionamiento de los receptores bajo prueba en estas condiciones.

Específicamente, se emplearon los modelos de canal TU6 (Typical Urban) y Pedestrian A y B. El modelo TU6 representa la recepción móvil en un entorno urbano, es decir, un ambiente entre calles con el receptor en un auto a velocidad moderada (que se definió de 50 km/h) mediante la definición de 6 trayectos [3GPP04]. Los modelos de canal "Pedestrian" representan a una persona caminando que va del exterior al interior de un edificio con un receptor portátil a una velocidad promedio (en esta prueba se definió de 3 km/h). El canal "Pedestrian A" es un caso con dispersión de retardos pequeña, es decir, ecos con retardos menores a 0.5 microsegundos y el "Pedestrian B" es similar, pero con dispersión moderada, es decir, ecos con retardos del orden de microsegundos. Ambos casos son distintos y muy probables [3GPP05], [UIT06].

En las tablas 1, 2 y 3 se muestran las características de los tres modelos de canal que se usaron, indicando el retardo relativo y la potencia relativa de cada trayecto (Tr.) del multitrayecto.

Tabla 1: Modelo de Canal TU6 [3GPP04].

	Tr. 1	Tr. 2	Tr. 3	Tr. 4	Tr. 5	Tr. 6
Retardo Relativo [ $\mu$ s]	0	0.2	0.6	1.6	2.4	5
Potencia Relativa [dB]	-3	0	-2	-6	-8	-10

Tabla 2: Modelo de Canal Pedestrian A [3GPP05].

	Tr. 1	Tr. 2	Tr. 3	Tr. 4
Retardo Relativo [ $\mu$ s]	0	0.11	0.19	0.41
Potencia Relativa [dB]	0	-9.7	-19.2	-22.8

Tabla 3: Modelo de Canal Pedestrian B [3GPP05].

	Tr. 1	Tr. 2	Tr. 3	Tr. 4	Tr. 5	Tr. 6
Retardo Relativo [ $\mu$ s]	0	0.2	0.8	1.2	2.3	3.7
Potencia Relativa [dB]	0	-0.9	-4.9	-8	-7.8	-23.9

### 2.2. Efecto del desplazamiento Doppler sobre el umbral de C/N

Esta prueba consistió en medir como varía el umbral de C/N de los receptores ante el desplazamiento Doppler en la señal recibida, sin la presencia de multitrayecto. Esta prueba simula un receptor en un automóvil en una carretera, donde la señal presenta cierto desplazamiento Doppler debido a la velocidad del vehículo, y el multitrayecto es despreciable por ser una zona sin grandes obstáculos.

### 2.3. Efecto de una señal reflejada con desplazamiento Doppler

El objetivo de esta prueba fue medir la tolerancia del receptor a una señal reflejada en un objeto con movimiento, designada como eco, la cual presenta un desplazamiento Doppler relacionado con la velocidad del objeto. La prueba representa la recepción fija cerca de un aeropuerto, carretera o autopista, donde los objetos en movimiento que reflejan la señal serían aviones o vehículos grandes como camiones o autobuses.

## 3. Metodología y equipamiento

En esta sección se aborda el equipamiento que se utilizó en las pruebas y, una descripción de la metodología que se siguió.

### 3.1. Equipamiento

El equipamiento de laboratorio que se usó en las pruebas consta principalmente de cuatro partes: un generador de señal ATSC, un cable coaxial, adaptadores usados para las conexiones, y receptores comerciales de ATSC.

El SFE ® es un generador de señales multiestándar de la marca R&S ®, y es el generador ATSC que se utilizó para reproducir señales de ATSC en los receptores. La característica más importante de este equipo, relacionada con las pruebas del estudio, es el simulador de canal, que permite específicamente, simular las condiciones del multitrayecto y desplazamiento Doppler de acuerdo al canal. Es decir, puede generar una señal ATSC con varios ecos (multitrayecto), cada uno con diferentes características de retardo, amplitud, desplazamiento Doppler y otros.

Por otro lado, se utilizaron 6 receptores comerciales como equipos bajo prueba debido a que la calidad de recepción de la señal ATSC depende en gran medida de la tecnología que esté implementada en cada receptor, principalmente del ecualizador de canal.

Los modelos de los receptores fueron elegidos tomando en cuenta su calidad de recepción y su costo. Los receptores se seleccionaron considerando, entre otras cosas, un estudio de PROFECO sobre receptores de

ATSC [Revista15] y una encuesta hecha entre la comunidad de la Facultad de Ingeniería de la UNAM que tenía por objeto conocer los modelos de receptores más comprados. Se trataba de seleccionar los receptores más representativos, y a su vez, con diferentes características de recepción.

Por ello, se decidió usar receptores de diferentes marcas (con la idea de probar diferentes tecnologías de recepción) y modelos de gamas alta, baja y media. Es importante mencionar que el receptor A es publicitado para utilizar en un automóvil.

En la tabla 4 se presentan los receptores elegidos.

Tabla 4: Receptores Seleccionados para el Estudio [Huerta15].

Receptor	Pantalla	Gama	Precio (MXN)
A	7"	Baja	\$1000 - \$4000
B	19"	Baja	
C	32"	Promedio	\$4001- \$9000
D	40"	Promedio	
E	42"	Alta	\$9001- \$13000
F	32"	Alta	

### 3.2. Metodología

En las tres pruebas se utilizó un nivel de señal designado como "fuerte" (-28dBm) [ATSC10] y se utilizó el canal 18 de TDT (494-500 MHz). Dado que los receptores comerciales no ofrecen datos objetivos sobre la calidad de la recepción (como el BER o el MER), se usó un criterio subjetivo con observadores. Se estableció el criterio de Umbral de Visibilidad (TOV o Threshold of Visibility) con la presencia de dos errores de audio y/o video en un minuto [Salehian10].

En la prueba de Recepción en Entorno Urbano, se midió el umbral de C/N con base en el TOV de cada receptor en cada modelo de canal definido. Para ello se usó el SFE, el cual es capaz de añadir ruido Gaussiano a la señal ATSC que genera.

En la segunda prueba, se midió el umbral de C/N de cada receptor con base en el TOV, para diferentes valores de desplazamiento Doppler de la señal. En este caso se midió la recepción de una sola señal, es decir, sin multitrayecto.

En la última prueba se sometió a los receptores a señales con dos trayectos (un trayecto principal y un eco). Se midió el TOV en función de la relación de potencia de los dos trayectos, ante diferentes retardos y diferentes atenuaciones entre ellos. Se probó con diferentes desplazamientos Doppler en el eco, que sería provocado por diferentes velocidades del objeto en movimiento que reflejaría dicho eco. En todos los casos, la señal eco fue considerada como la señal con menor potencia. Por ello, existen dos escenarios dependiendo de la relación de tiempos de recepción de las señales: si el eco se recibe antes que la señal principal, el escenario se denomina pre-eco; y en caso contrario, se denomina post-eco. Finalmente, las velocidades que se probaron fueron 3, 25, 50, 120 y 400 km/h, que corresponden a 1.38, 11.50, 23.00, 55.22 y 184.07 Hz de Desplazamiento Doppler

respectivamente. Las frecuencias y velocidades fueron calculadas con la siguiente formula [Rohde12]:

$$v = \frac{f_d \cdot c}{f_c}$$

Donde v es la velocidad promedio,  $f_d$  es la frecuencia Doppler, c es la velocidad de la luz y  $f_c$  es la frecuencia central del canal, en este caso 497 MHz.

### 4. Resultados de recepción en entorno urbano

Los resultados de esta prueba se pueden resumir de forma sencilla. Ninguno de los receptores funcionó con ninguno de los tres modelos de canal (TU6, Pedestrian A y Pedestrian B). Este resultado era esperado para la mayoría de los receptores, ya que el estándar ATSC está definido para recepción fija. Sin embargo, el receptor A se publicita para llevar en auto, por lo que se esperaba un mejor desempeño en recepción móvil (modelo de canal TU6). Es decir, ATSC no funciona para recepción portátil (Pedestrian) ni para recepción móvil en entorno urbano.

### 5. Resultados del efecto del desplazamiento Doppler sobre el Umbral de C/N

En la figura 1 se presenta el umbral de C/N frente a diferentes valores de desplazamientos Doppler de la señal ATSC recibida para cada receptor bajo prueba. La prueba se realizó hasta un desplazamiento Doppler de 100 Hz, que corresponde a una velocidad de 217 km/h para una frecuencia de señal de 497 MHz.

En general, el valor del umbral de C/N se mantiene prácticamente constante ante cualquier desplazamiento Doppler para los 6 receptores. Esto indica que los receptores presentan alta robustez ante el movimiento, cuando la señal que les llega es fuerte, y sin multitrayecto. Todos los receptores, excepto el receptor F, presentaron un umbral de C/N mejor que 14.9 dB, que es el valor mínimo recomendado por ATSC [ATSC06]. Este resultado concuerda con la prueba 1 de [Pickford98], el cual tiende al mismo valor.

Este resultado es sorprendente, ya que se esperarían mayores problemas con recepción en movimiento. Lo más probable, es que la portadora de la señal de ATSC sirva de referencia a los receptores para que ajusten, a través del ecualizador, el desplazamiento Doppler de la señal recibida, para demodularla correctamente. Sin embargo, la señal debe tener poco multitrayecto para ser recibida correctamente, ya que, como se ha visto en la prueba anterior, el multitrayecto impide la recepción en movimiento.

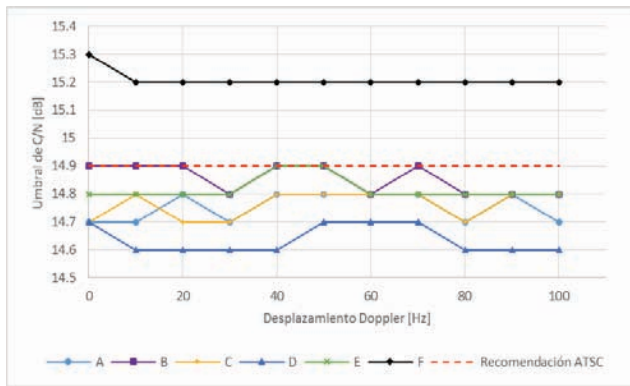


Figura 1: Umbral de C/N en función del desplazamiento Doppler.

## 6. Resultados del efecto de una señal reflejada con desplazamiento Doppler

En las figuras 2, 3, 4, 5 y 6 se presentan los resultados de esta prueba. En el eje vertical está el nivel de E/D, que es la relación de potencia entre la señal principal (D, directa) y la señal reflejada (E, eco). En el eje horizontal se presentan los diferentes retardos del eco. Los retardos negativos corresponden a pre-eco y los positivos corresponden a post-eco.

Cada gráfica corresponde a un diferente desplazamiento Doppler del eco, relacionado a la velocidad del objeto que refleja la señal y referidos al canal 18 de TDT (494-500 MHz). Para cada retardo o desplazamiento Doppler del eco, la gráfica indica el valor máximo de potencia relativa del eco que permite una correcta recepción de la señal (TOV). Lo deseable sería que el receptor sea capaz de recibir cuando E=D, ya que este es el peor caso (es la máxima amplitud del eco).

En todas las gráficas se incluye una línea discontinua con el desempeño recomendado por ATSC [ATSC10]. Hay que tener en cuenta que este desempeño está definido para un eco con un desplazamiento Doppler de 0.05 Hz.

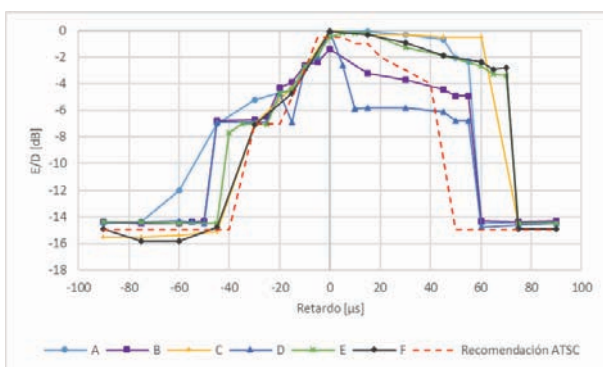


Figura 2: TOV para un eco con desplazamiento Doppler de 1.38 Hz (velocidad de 3 km/h en el canal 18).

En la figura 2 se observa el comportamiento de los receptores a una velocidad de 3 km/h. Al compararla con la recomendación de ATSC se observa que los receptores, en el escenario de pre-eco, cumplieron la recomendación. Además, los receptores B y D en la región del post-eco no cumplen con la recomendación, viéndose muy afectados por el desplazamiento Doppler.

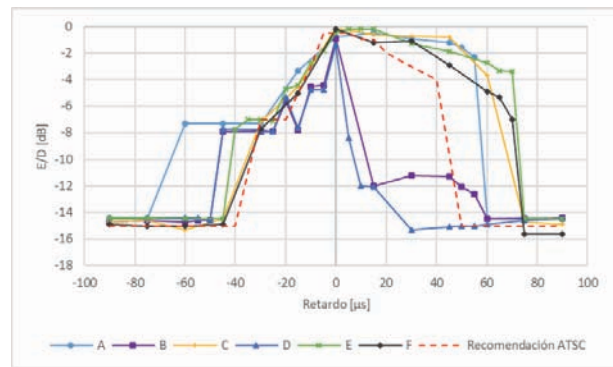


Figura 3: TOV para un eco con desplazamiento Doppler de 11.50 Hz (velocidad de 25 km/h en el canal 18).

En la figura 3 con una velocidad de 25 km/h; en los receptores B y D en la región de post-eco hay una degradación considerable, recortando así el rango de recepción de la señal. Todos los receptores se encuentran en el límite de la recomendación en la región de pre-eco, mientras los receptores A, C, E y F presentan un buen desempeño en post-eco, superior a lo recomendado de ATSC.

En la figura 4 con una velocidad de 50 km/h, los receptores B y D presentan una degradación grave tanto en pre-eco como en post-eco. Los receptores E y F presentan una degradación considerable con retardos mayores a 60 μs. En la región de pre-eco los receptores siguen en el límite.

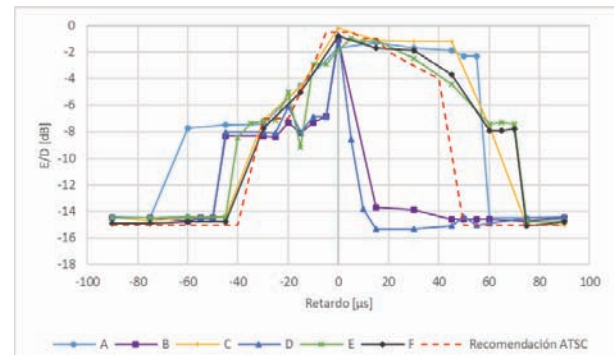


Figura 4: TOV para un eco con desplazamiento Doppler de 23.00 Hz (velocidad de 50 km/h en el canal 18).

En la figura 5 se muestra el rendimiento de los receptores a una velocidad de 120 km/h. La degradación en los receptores B y D es mayor en las dos regiones. Los receptores restantes se encuentran ligeramente por debajo de la recomendación de ATSC.

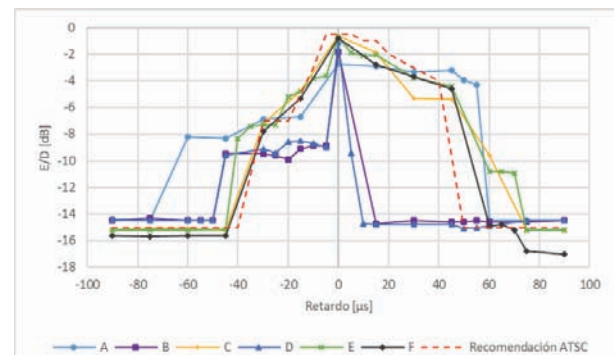


Figura 5: TOV para un eco con desplazamiento Doppler de 55.22 Hz (velocidad de 120 km/h en el canal 18).

En la figura 6 se muestra los resultados para una velocidad de 400 km/h. Esto es algo que puede ocurrir en las cercanías de los aeropuertos. Todos los receptores están por debajo de la recomendación de ATSC en las dos regiones. Se puede decir, que prácticamente ningún receptor recibe correctamente si la relación D/E está por encima de -15 dB.

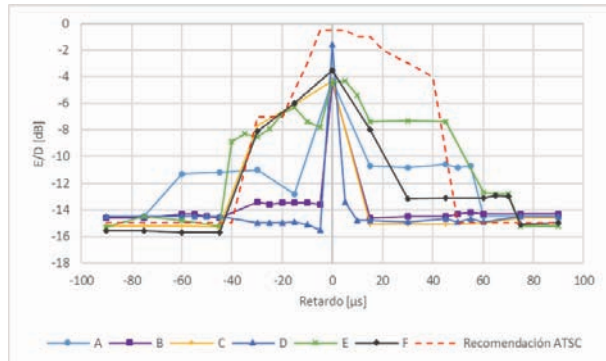


Figura 6: TOV para un eco con desplazamiento Doppler de 184.07 Hz (velocidad de 400 km/h en el canal 18).

En esta prueba se ha demostrado que hay receptores (el B y el D) que son muy sensibles a un eco con desplazamiento Doppler, y presentan problemas incluso con desplazamientos muy bajos (velocidad de 3 km/h). Los demás receptores presentan un desempeño aceptable incluso a 120 km/h, lo cual indica que no tendrían problemas en las cercanías de autopistas. A 400 km/h todos los receptores presentan un mal desempeño, lo cual indica el problema de ATSC para ser recibida en las cercanías de los aeropuertos.

En los resultados de la prueba 6 de [Mackenzie00], se observa una degradación grave a partir de los 20 Hz, esto concuerda con las mediciones de este estudio, en las cuáles a partir de los 23 Hz se observa una degradación considerable en las mediciones.

## 7. Conclusiones

En este artículo se presentaron los resultados de un estudio de laboratorio donde se analizó el desempeño de receptores ATSC ante señales con desplazamiento Doppler. A continuación, se resumen las principales conclusiones del estudio.

Ningún receptor funcionó ante los modelos de canal de recepción TU6, que representa recepción en movimiento en entorno urbano, y Pedestrian A y B, que representan recepción portátil. Este resultado era esperado ya que el estándar ATSC no está diseñado para recepción móvil, aunque hay que hacer constar que uno de los receptores se vende para recepción en automóviles.

Por otro lado, el umbral de C/N de los receptores, sin condiciones de multitrayecto pero con desplazamiento Doppler, se mantuvo prácticamente constante, y aproximado a la recomendación de ATSC de 14.9 dB. Es decir, si es posible la recepción móvil siempre y cuando la señal recibida sea fuerte y sin multitrayecto. El desplazamiento Doppler máximo evaluado fue de 100 Hz, que corresponde a una velocidad de 217 km/h a una frecuencia de 497 MHz.

También se evaluó la tolerancia de los receptores cuando, además de la señal que llega directa al receptor estático, hay un eco con desplazamiento Doppler debido a una reflexión en un objeto en movimiento.

Al ir aumentando la velocidad del objeto, los receptores bajaron su rendimiento gradualmente hasta estar por debajo de la Recomendación ATSC para eco estático. Dos receptores, denominados como el B y el D, ya notan el efecto a una velocidad de 3 km/h, y empeoran radicalmente su desempeño con velocidades tan bajas como 25 km/h. Esto indica que tendrían problemas de recepción cerca de cualquier calle o carretera transitada. Los otros 4 receptores tienen un buen desempeño hasta los 120 km/h, donde empiezan a presentar problemas. Estos receptores no deberían tener problemas al estar situados en las cercanías de vías transitadas.

A 400 km/h todos los receptores tienen grandes problemas en la recepción, evidenciando que la recepción cerca de aeropuertos puede ser muy problemática.

## Agradecimientos

Este trabajo se realizó dentro del Proyecto REFUTV. Proyecto apoyado por el Fondo Institucional del CONACYT. Proyecto conjunto CONACYT-CDTI N° 189235. Este proyecto se realiza gracias a la colaboración de EGATEL S.L., TELBOR S.A. de C.V y la Facultad de Ingeniería de la UNAM.

## Referencias bibliográficas

- [3GPP04] *3<sup>rd</sup> Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Networks; Deployment aspects (Release 6)*, 3GPP TR 25.943 v6.0.0, diciembre de 2004.
- [3GPP05] *3<sup>rd</sup> Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; High Speed Downlink Packet Access: UE Radio Transmission and Reception (FDD) (Release 5)*, 3GPP TR 25.890 v1.0.0, mayo de 2005.
- [ATSC06] *ATSC Guide to Use of the ATSC Digital Television Standard*, Advanced Television System Committee (ATSC), Doc. A/54A, diciembre de 2006.
- [ATSC10] *ATSC Recommended Practice: Receiver Performance Guidelines*, Advanced Television System Committee (ATSC), Doc. A/74, Abril de 2010.
- [ATSC11] *ATSC Digital Television Standard – Part 2: RF Transmission System Characteristics*, Advanced Television System Committee (ATSC), Doc. A/53: Part 2, diciembre de 2011.
- [DOF04] Diario Oficial de la Federación. Art. 4 y 5: Acuerdo por el que se Adopta el Estándar Tecnológico de Televisión Digital Terrestre y se Establece la Política para la Transición a la Televisión Digital Terrestre en México. México, 2 de julio de 2004.
- [DOF14] Diario Oficial de la Federación. Art IV: Política para la Transición Digital Terrestre. México, 11 de septiembre de 2014.

- [Fischer09] W. Fischer, *Tecnologías para la Radiodifusión Digital de Video y Audio. Una Guía Práctica para Ingenieros, Segunda Edición*, Lima: Rohde&Schwarz, 2009.
- [Huerta15] J. Huerta, M. A. Hernández, J. M. Matías, R. A. Zavaleta, A. Ipiña, "Parámetros de Desempeño de Receptores ATSC 8-VSB bajo los Lineamientos de la Recomendación A/74 de ATSC", VII Congreso Internacional de Computación y Telecomunicaciones COMTEL, Lima, Perú, 23 a 26 de septiembre de 2015.
- [Mackenzie00] Mackenzie, Abert and Set "Digital Television Systems - Brazilian Testes - Final Report", ABERT/SET, 5 de Febrero de 2000.
- [Pickford98] N. Pickford, *Results Summary for Australian 7MHz Laboratory tests of DVB-T and ATSC DTTB modulation systems*, Department of Communications and The Arts, junio de 1998.
- [Revista15] Revista del Consumidor en Línea 2015. <http://revistadelconsumidor.gob.mx>.
- [Rohde12] Rohde & Schwarz *A/74:2010 ATSC Receiver Performance Testing, Application Note*, septiembre de 2012.
- [Salehian10] K. Salehian, Yiyan Wu, and G. Gagnon. "Performance of the Consumer ATSC-DTV Receivers in the Presence of Single or Double Interference on Adjacent/Taboo Channels." *Broadcasting, IEEE Transactions on*, 56(1):1-8, marzo de 2010.
- [UIT06] UIT, *Sector de Radiocomunicaciones Recommendation ITU-R M.1225 Guidelines for Evalutaion of Radio Transmission Technologies for IMT-2000*, Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), Sector de Radiocomunicaciones, 1997.