



Evaluación de parámetros de calidad seleccionados de Cajas Decodificadoras para el estándar DTMB

Abdel Martínez Alonso¹, Rodney Martínez Alonso², Glauco Antonio Guillén Nieto³

1 LACETEL, Cuba, abdel@lacetel.cu.

2 LACETEL, Cuba, rodney@lacetel.cu.

3 LACETEL, Cuba, glauco@enet.cu.

RESUMEN / ABSTRACT

El despliegue de la Televisión Digital Terrestre es un proyecto integral de creación de infraestructura social, con la finalidad de mejorar el nivel de vida del pueblo. El cambio tecnológico de la Televisión Analógica a la Televisión Digital Terrestre comenzó en el mundo desde el año 1998. Es un cambio inevitable que cada país tiene que enfrentar y que se enmarca en el proceso de digitalización que ya ha tenido lugar en muchas otras tecnologías. Con el objetivo de determinar la norma más conveniente para Cuba fue necesario tomar en cuenta numerosos elementos de índole político, económico y tecnológico. El presente trabajo comprende la evaluación de los parámetros de calidad de cajas decodificadoras o STB (Del Inglés Set-Top Box) para el estándar DTMB. Esta norma se encuentra en fase de adopción para la transmisión de la señal de la Televisión Digital después de más de diez años de trabajo de una Comisión Técnica creada a tal efecto. Todos los experimentos han sido llevados a cabo según la recomendación UIT-R BT.2035-2: “Directrices y técnicas para la evaluación de sistemas de radiodifusión de televisión terrenal incluida la determinación de sus zonas de cobertura”. El objetivo de estas pruebas y ensayos es evaluar la calidad de funcionamiento de un sistema ante diversas configuraciones de transmisión y condiciones de recepción. Las pruebas realizadas incluyen mediciones de la calidad del funcionamiento del receptor en presencia de Ruido aleatorio, Variación del nivel de la señal RF (Margen Dinámico) e Interferencia por trayectos múltiples estáticos.

Palabras claves: *Televisión Digital Terrestre, STB, DTMB, Ruido Aleatorio, Margen Dinámico, Interferencia por Trayectos Múltiples Estáticos.*

Título en Inglés: EVALUATION OF DTMB STB SELECTED QUALITY PARAMETERS

The deployment of Digital Terrestrial Television is an essential project of social infrastructure creation. It intends to improve people's standard of living by introducing a state-of-the-art technology. Worldwide, the technological change of Analog Television into Terrestrial Digital Television started since 1998. It's an inevitable change that each country has to face and which is part of the digitalization process that already has taken place in many other technologies. In order to determine the most convenient standard for Cuba, it was necessary to take into account several aspects of political, economic and technological natures. This paper comprises the evaluation of Set-Top Box quality parameters for DTMB digital television signal broadcasting standard. DTMB is being adopted after more than ten years of work conducted by a Technical Committee created with this purpose. All the experiments have been carried out according to the UIT-R BT.2035-2 recommendation: “Guidelines and techniques for the evaluation of digital terrestrial television broadcasting systems including assessment of their coverage areas”.

The objective of Digital Terrestrial Television Broadcasting (DTTB) testing and trials is to evaluate the performance of an available system in a variety of transmission configurations and reception conditions. These tests include measurements of receiver performance in the presence of Random Noise, RF signal level Variation (Dynamic Range) and Static Multipath Interference.

Key words: Digital Terrestrial Television, STB, DTMB, Random Noise, Dynamic Range, Static Multipath Interference.

INTRODUCCION

Cuba se encuentra en fase de adopción de un estándar de Televisión Digital Terrestre (TDT). **LACETEL**, Instituto de Investigación y Desarrollo de Telecomunicaciones, desarrolla en la actualidad un proyecto de I+D+i para la absorción, reproducción e innovación de la tecnología de Televisión Digital Terrestre. Han sido definidos varios objetivos fundamentales a corto y mediano plazo a partir de asimilar, reproducir e innovar en esta nueva tecnología. Dentro de estos objetivos se encuentra la caracterización y evaluación de quipos comerciales para su posterior introducción al país.

Los procedimientos siguientes tienen por objetivo verificar la calidad de funcionamiento de una muestra de Cajas Decodificadoras para la recepción de señales de Televisión Digital Terrestre. Las características fundamentales de las unidades seleccionadas son:

- Norma DTMB, acorde al estándar GB 20600. 2006
- Ancho de banda del canal de radiofrecuencia de 6 MHz
- Banda de trabajo mínima de 470 MHz a 698 MHz

Estas pruebas incluyen mediciones de la calidad del funcionamiento del receptor en presencia de:

- Ruido aleatorio
- Variación de la potencia de la señal RF de entrada. Margen dinámico
- Interferencia por trayectos múltiples estáticos. [1]

Todos los experimentos han sido llevados a cabo según la recomendación UIT-R BT.2035-2: "Directrices y técnicas para la evaluación de sistemas de radiodifusión de televisión terrenal incluida la determinación de sus zonas de cobertura".

GENERALIDADES.

Caja decodificadora o STB.

Es un dispositivo de pequeño tamaño, diseñado para captar las señales transmitidas en formatos de Televisión Digital (DTMB, ATSC, DVB-T, ISDT-b) y convertirlas a formatos de Televisión Analógica (PAL, NTSC, SECAM). A la entrada del STB se conecta el bajante de la antena y su salida se acopla por lo general a un televisor analógico mediante las entradas de audio-video (A/V) que éste último debe poseer. Sus prestaciones, funcionalidad y formato varían en dependencia de la aplicación específica y del sector del mercado para el cual ha sido diseñado.

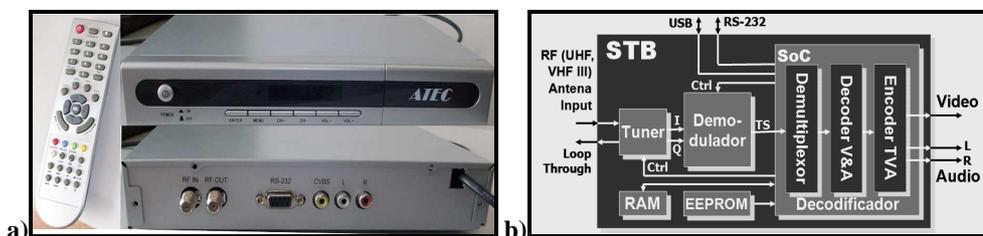


Figura 1. a) Caja Decodificadora o STB. b) Diagrama en Bloques de un STB básico.

Recomendación UIT-R BT.2035-2.

El objetivo de esta recomendación emitida por el Sector de Radiocomunicaciones de la UIT en Noviembre de 2008 es: evaluar la calidad de funcionamiento del sistema o sistemas de radiodifusión de Televisión Digital Terrestre (TDT) disponibles en diversas configuraciones de transmisión y condiciones de recepción. Éstas pueden incluir:

- Condiciones urbanas, suburbanas y rurales;
- Recepción en interiores y en exteriores;
- Recepción mediante receptores portátiles y móviles, en situaciones diversas. [1]

Aplicar consecuentemente la metodología para las pruebas y ensayos descrita en esta recomendación posibilita que, independientemente de los objetivos específicos por los que pudieran realizarse las pruebas en un momento determinado, los resultados puedan ser analizados por terceros con objetivos y por motivos diferentes. En consecuencia, se recomienda que todas las pruebas, mediciones y recopilaciones de datos, se realicen de acuerdo con los principios y procedimientos generales descritos, a fin de que el análisis y conclusiones que se deriven de dichos ensayos sean coherentes y comprensibles.

INSTRUMENTOS Y EQUIPOS UTILIZADOS

Para la generación de señales de referencia y la medición de las mismas durante la realización de las pruebas se conformó un set de mediciones constituido por el siguiente instrumental:

- **Receptor Satelital DVB-S (fuente de señal de video).**
- **Codificador de video digital.**
- **Modulador DTMB.**
- **Generador de Señales (fuente de la señal de ruido aleatorio).**
- **Atenuador variable.**
- **Combinador de Señales.**
- **Analizador de Espectro.**
- **STB1.**
- **STB2.**
- **STB3.**
- **Power Passing Splitter.**
- **Telereceptor.**

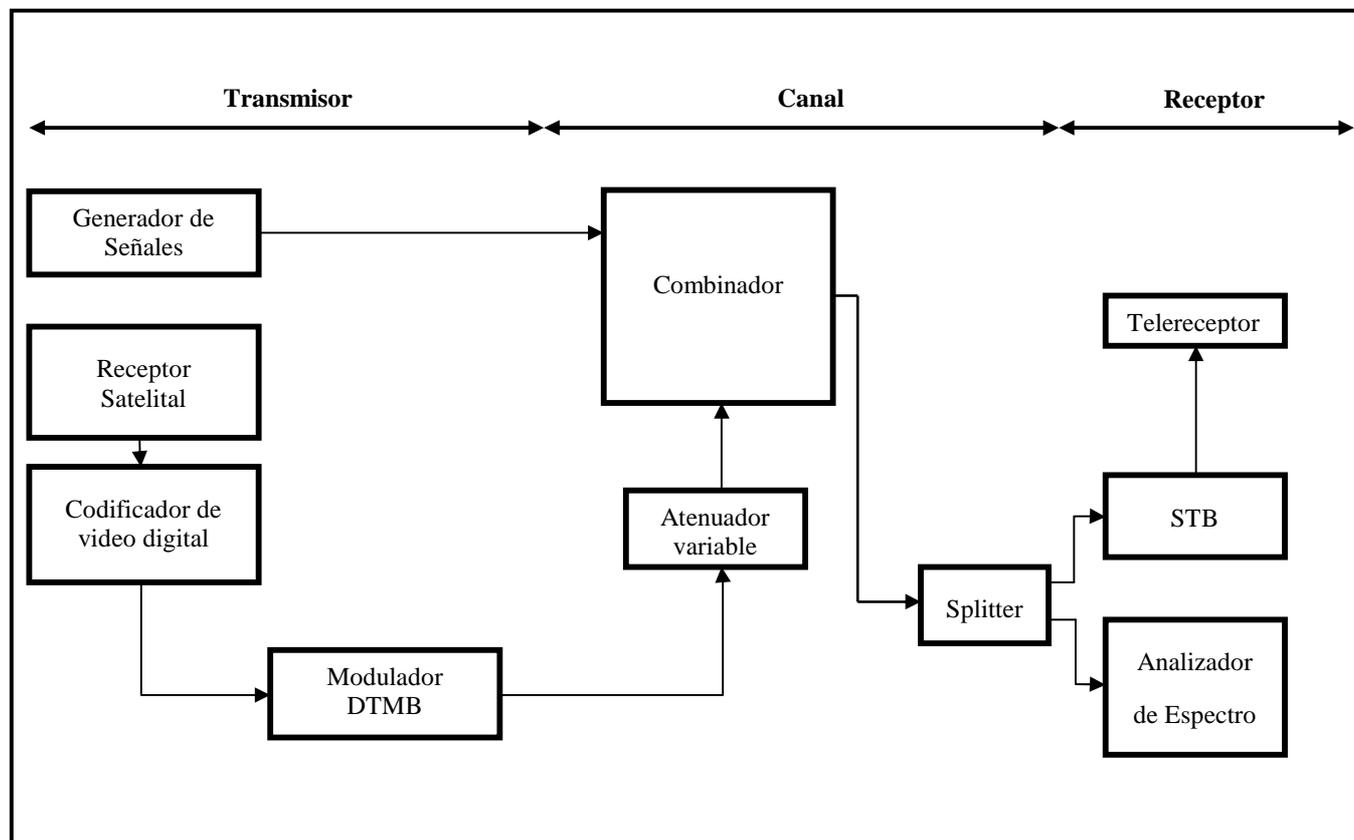


Figura 2. Diagrama en bloques del set de mediciones. Modelo UIT-R BT.2035-2. [1]

AJUSTES PARA LAS MEDICIONES

Para todas las mediciones los ajustes del analizador de espectro fueron:

- **Tipo de medición para la señal de TV digital:** *Channel Power* (ancho de la ventana de medición: 6MHz).
- **Span:** 12 MHz (para asegurar que se utiliza un número adecuado de muestras para calcular el *Channel Power*).
- **Detector:** Modo *Continuous*.
- **RBW:** 100kHz (Valor menor a 1/40 de la razón de símbolo para que cada punto de frecuencia del analizador contenga al menos de 35 a 40 símbolos asegurando un valor estadístico válido).
- **VBW:** 1MHz ($VBW=RBW*10$, asegurando que el filtro de video no cause un error en la medición mayor que 0.1dB).

Para la realización práctica de las pruebas (reducir el número de mediciones) se seleccionaron 10 modos típicos dentro las configuraciones establecidas en la norma GB20600-2006. [2]

Tabla I. Principales parámetros de los Modos Seleccionados. GB20600-2006.

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

Experimento 1: Degradación debido al ruido aleatorio.

El objetivo de estas pruebas es determinar la robustez de los receptores de TDT ante degradaciones producidas por ruido aleatorio.

La señal deseada de TDT se ajustará a cuatro niveles de potencia para tres frecuencias diferentes: 473 MHz (canal 14), 587 MHz (canal 33) y 695 MHz (canal 51). [1] La Tabla II muestra estos niveles.

Tabla II. Niveles de Potencia de la señal de RF.

Muy intenso	-24 dBm
Intenso	-28 dBm
Moderado	-53 dBm
Débil	-68 dBm

El nivel de ruido se aumentará hasta que se alcance el umbral de visibilidad (TOV, Threshold Of Visibility), registrándose entonces el valor de C/N. [1]

En el ámbito de las pruebas de laboratorio, se considera que se alcanza el TOV cuando un observador entrenado puede detectar algún tipo de perturbación en la imagen tras UN minuto de observación. [1]

Resultados obtenidos:

1. Se obtuvieron los gráficos del comportamiento ante degradaciones producidas por ruido aleatorio de las tres Cajas Decodificadoras incluidas en la muestra.
2. Se realizó un procesamiento matemático de los datos para obtener el comportamiento promedio del conjunto de las cajas decodificadoras para las frecuencias, configuraciones y niveles de señal evaluados.
3. Se obtuvieron los gráficos de las desviaciones del comportamiento de cada Caja Decodificadora con respecto al conjunto de la muestra.

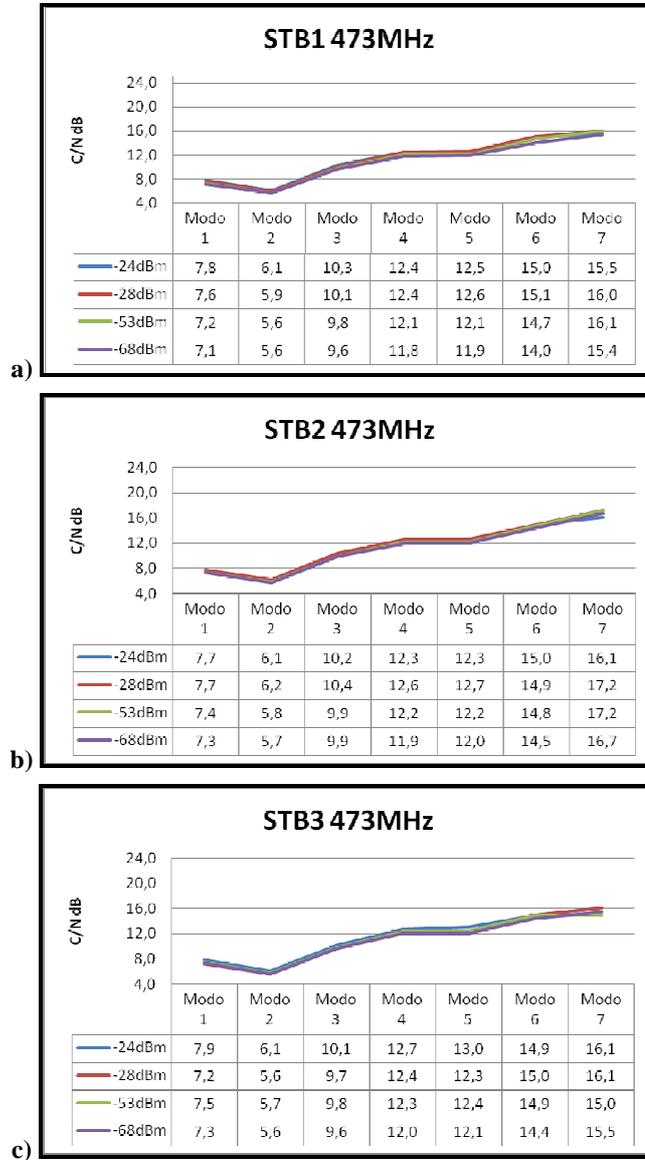


Figura 3. Comportamiento de los receptores ante degradaciones producidas por ruido aleatorio para diferentes niveles de señal, frecuencia 473 MHz. a) STB1. b) STB2. c) STB3.

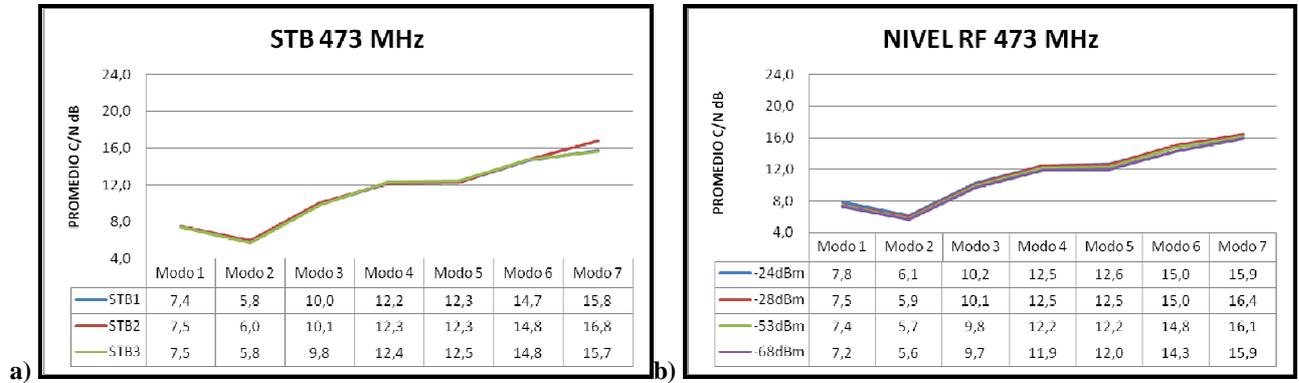


Figura 4. Comportamiento promedio de los receptores, frecuencia 473 MHz a) Promedio C/N para cada STB. b) Promedio C/N para cada Nivel de Señal de RF.

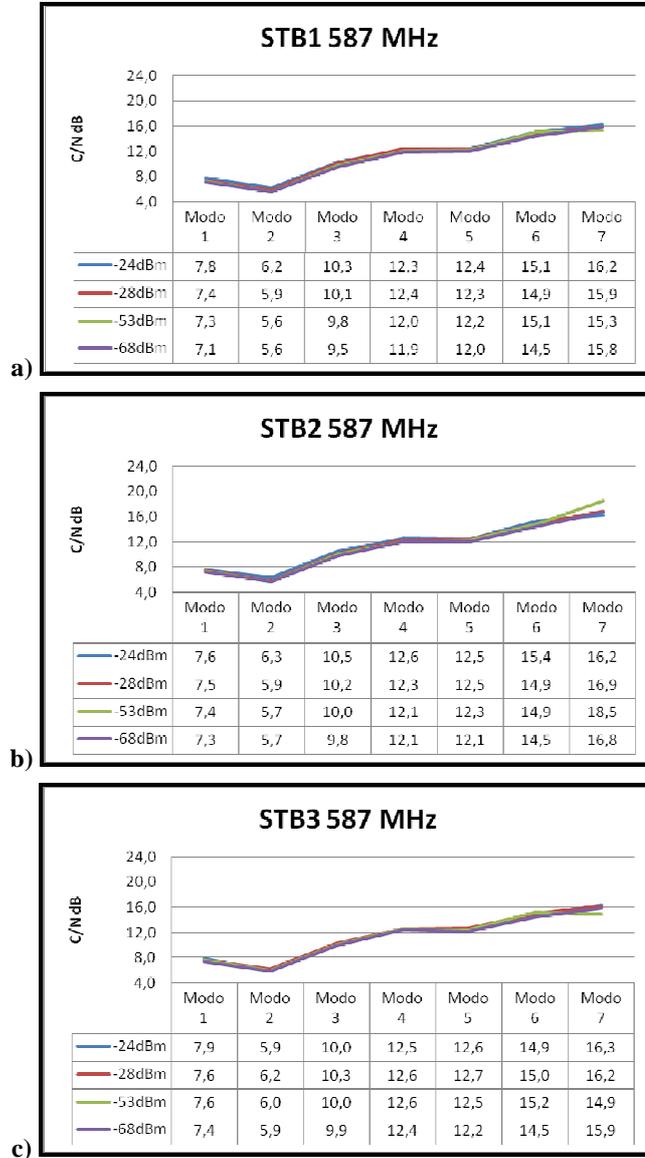


Figura 5. Comportamiento de los receptores ante degradaciones producidas por ruido aleatorio para diferentes niveles de señal, frecuencia 587 MHz. a) STB1. b) STB2. c) STB3.

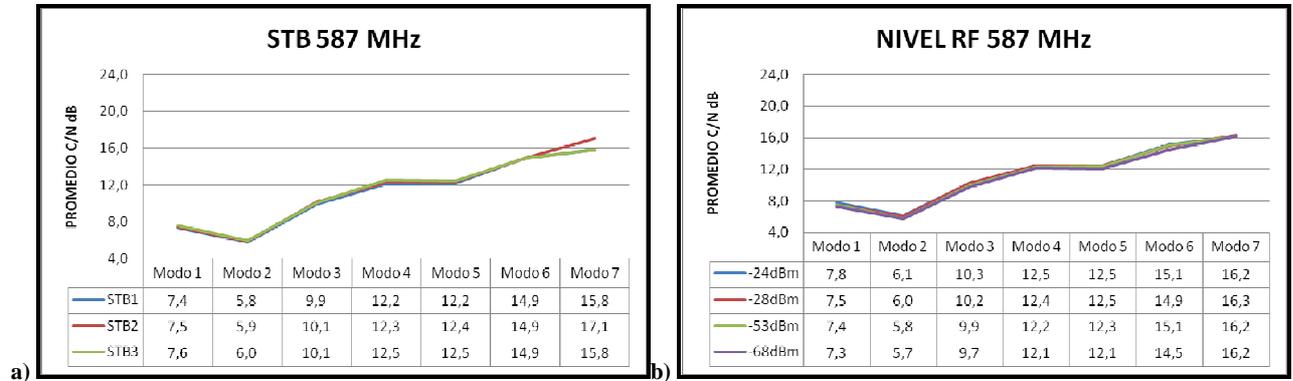


Figura 6. Comportamiento promedio de los receptores, frecuencia 587 MHz a) Promedio C/N para cada STB. b) Promedio C/N para cada Nivel de Señal de RF.

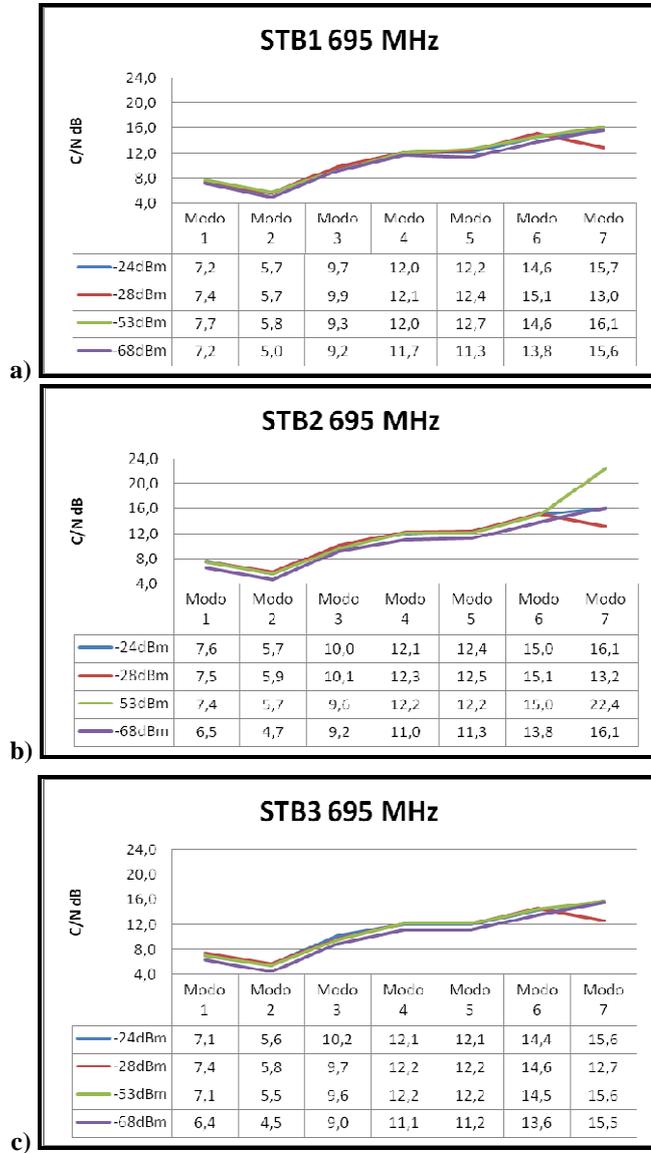


Figura 7. Comportamiento de los receptores ante degradaciones producidas por ruido aleatorio para diferentes niveles de señal, frecuencia 695 MHz. a) STB1. b) STB2. c) STB3.

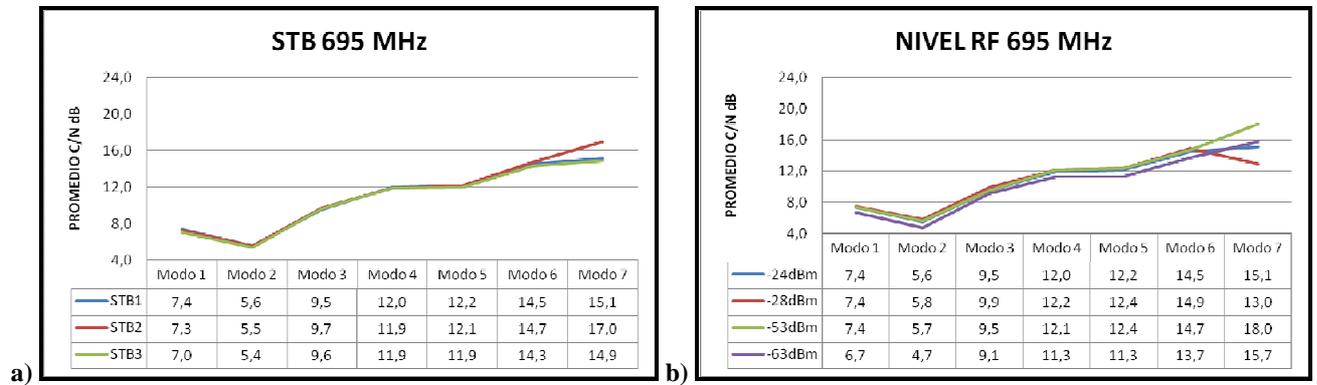


Figura 8. Comportamiento promedio de los receptores, frecuencia 695 MHz a) Promedio C/N para cada STB. b) Promedio C/N para cada Nivel de Señal de RF.

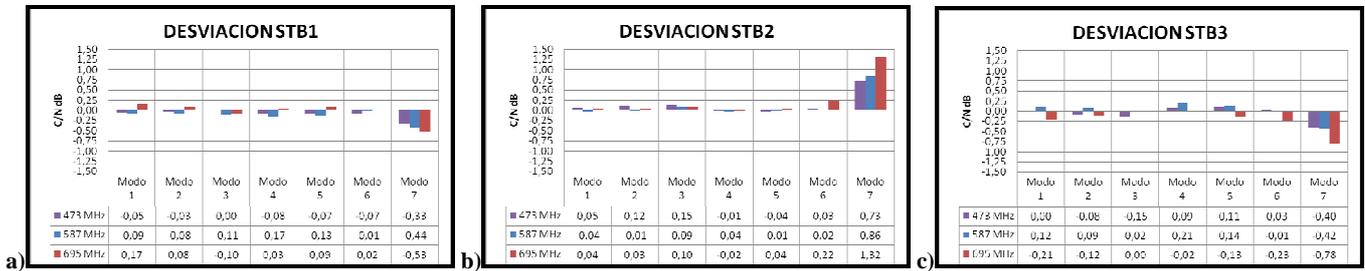


Figura 9. Desviación del valor de C/N medido con respecto al promedio de la muestra. a) STB1. b) STB2. c) STB3.

Conclusiones del experimento 1:

- Los STB incluidos en la muestra presentan un comportamiento similar ante degradaciones producidas por ruido aleatorio para las frecuencias, configuraciones y niveles de señal evaluados.
- La desviación máxima del valor medido para una Caja Decodificadora con respecto al conjunto de la muestra es de 1.32 dB. Este dato enfatiza el comportamiento similar ante degradaciones producidas por ruido aleatorio de los STB incluidos en las pruebas.
- Los valores de C/N medidos en las Cajas Decodificadoras incluidas en la muestra coinciden razonablemente con los reportados en mediciones previas realizadas por el Laboratorio Nacional para la Televisión Digital DTVNEL (China) para el funcionamiento de equipos receptores DTMB comerciales en presencia de Ruido aleatorio¹.

Experimento 2: Margen dinámico de la señal de RF de entrada.

Se debe comprobar la capacidad de los receptores para recibir señales, desde muy intensas a muy débiles. El nivel máximo y mínimo de señal de RF se determinará aumentando y disminuyendo respectivamente el nivel de potencia de la señal de RF a la entrada del receptor hasta que se alcance el nivel de TOV. Se registra en cada caso el valor del nivel de la señal medido con los instrumentos. [1]

Resultados obtenidos:

1. Se obtuvieron gráficos del comportamiento del Margen Dinámico de las tres Cajas Decodificadoras (de forma individual y en su conjunto) incluidas en la muestra para las frecuencias 473, 587 y 695 MHz de acuerdo a la recomendación UIT-R BT.2035-2 (11/2008).

¹ Dato: Laboratory Test Results for DTMB Receiver in 6 MHz Bandwidth. DTVNEL.

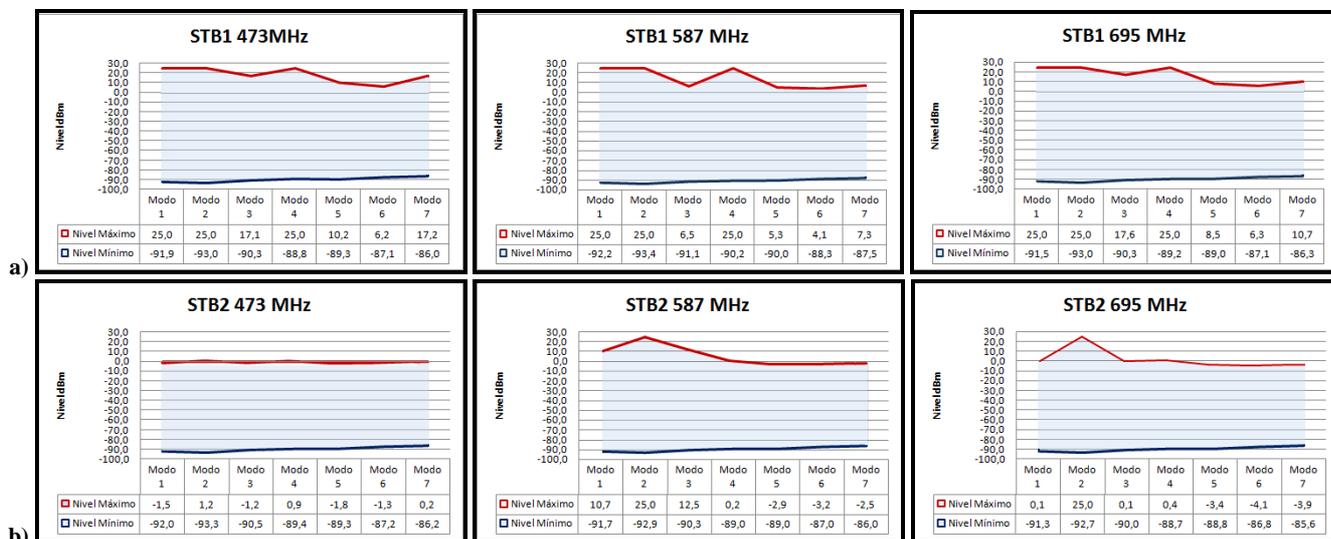


Figura 10. Margen Dinámico². a) STB1. b) STB2.

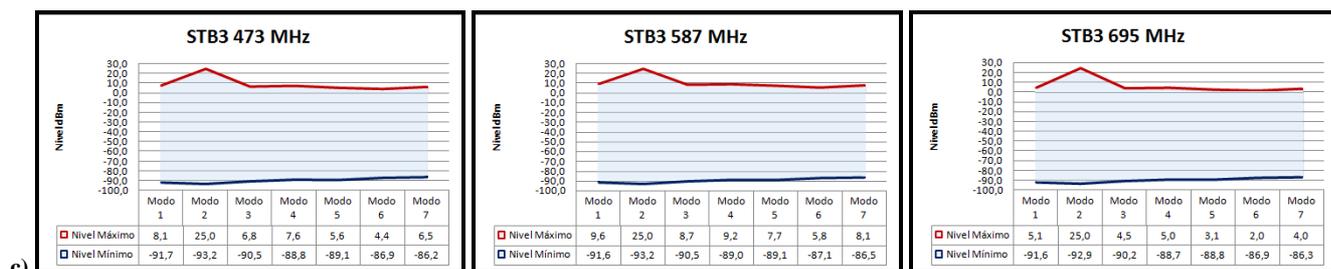


Figura 11. Margen Dinámico³. c) STB3.

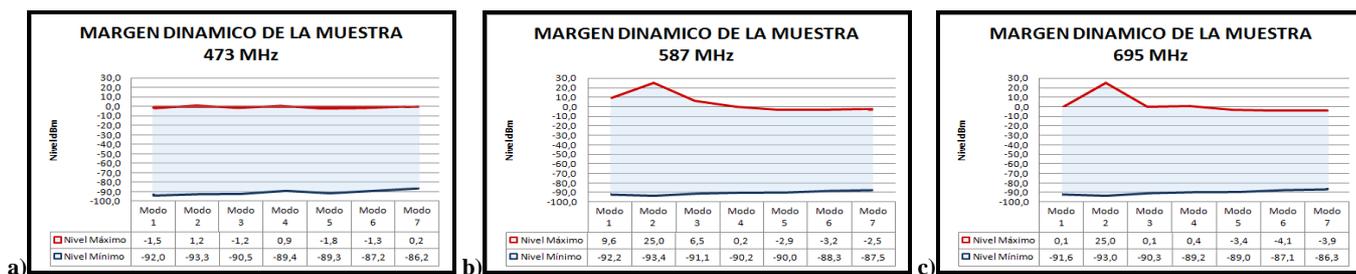


Figura 12. Margen Dinámico de la muestra. a) 473 MHz. b) 587 MHz. c) 695 MHz.

² En 25 dBm se alcanzó la máxima potencia de salida que el equipo Modulador DTMB es capaz de entregar en esa frecuencia. No resultó suficiente para alcanzar el TOV.

³ En 25 dBm se alcanzó la máxima potencia de salida que el equipo Modulador DTMB es capaz de entregar en esa frecuencia. No resultó suficiente para alcanzar el TOV.

Conclusiones del experimento 2:

- En todos los casos los receptores incluidos en la muestra presentan un Nivel Mínimo de Señal inferior a -83dBm, valor especificado para STB comerciales en mediciones previas realizadas por el Laboratorio Nacional para la Televisión Digital DTVNEL (China)⁴.
- El Nivel Mínimo de Señal tiene un comportamiento similar en los tres STB incluidos en la muestra para las tres frecuencias en que se realizaron las pruebas.
- El Nivel Máximo de Señal que soportan los STB evaluados varía significativamente en dependencia de la configuración DTMB empleada, pudiendo alcanzar valores superiores a 25 dBm en determinados casos mientras que en otros no sobrepasa -1dBm.

Experimento 3: Interferencia provocada por trayectos múltiples estáticos.

Se medirá la calidad de funcionamiento del receptor de TDT para dos combinaciones de trayectos múltiples representativos de varios entornos de recepción. El objetivo de la prueba de trayectos múltiples es medir la robustez de las Cajas Decodificadoras en presencia de reflexiones de la señal al propagarse en el medio. [1]

Para cada prueba, se aumentará el nivel de ruido hasta que se alcance el TOV, registrándose entonces el valor de C/N y el indicador de calidad del STB. Todas las pruebas de trayectos múltiples se realizarán con un nivel de la señal de RF ajustado a un valor moderado (-53 dBm). Nótese que por coherencia con los valores de C/N, el nivel de potencia de la señal será el resultado de la combinación de la señal principal y las de eco. [1]

Se emplean perfiles de canales multitrayecto de Rayleigh y Rician.

La presencia de objetos reflectores y dispersores en el entorno produce múltiples versiones de la señal transmitida. Estas llegan a la antena receptora desplazadas, una respecto a la otra, en el tiempo y orientación espacial. Los tiempos de propagación de las ondas son distintos y dependen fundamentalmente de las características del entorno. El modelado de cada uno de los entornos debe realizarse teniendo en cuenta múltiples consideraciones estadísticas. [3]

Una distribución de Rayleigh caracteriza un entorno en el cual la línea de visibilidad directa entre el transmisor y el receptor se ve interrumpida por obstáculos. Por el contrario, una distribución de Rician caracteriza una trayectoria con visibilidad directa. El canal principal tiene un nivel de energía superior al resto de las señales multitrayecto captadas por el receptor. [3]

⁴ Dato: DTMB: Terrestrial Digital Transmission Standard. DTVNEL.

Tabla III. Perfiles Multitrayecto. a) Rayleigh. b) Rician.

Trayecto	Amplitud Relativa (dB)	Demora (µs)	Fase (grados)
1	-7.8	0.518650	336.0
2	-24.8	1.003019	278.2
3	-15.0	5.422091	195.9
4	-10.4	2.751772	127.0
5	-11.7	0.602895	215.3
6	-24.2	1.016585	311.1
7	-16.5	0.143556	226.4
8	-25.8	0.153832	62.7
9	-14.7	3.324886	330.9
10	-7.9	1.935570	8.8
11	-10.6	0.429948	339.7
12	-9.1	3.228872	174.9
13	-11.6	0.848831	36.0
14	-12.9	0.073883	122.0
15	-15.3	0.203952	63.0
16	-16.5	0.194207	198.4
17	-12.4	0.924450	210.0
18	-18.7	1.381320	162.4
19	-13.1	0.640512	191.0
20	-11.7	1.368671	22.6

Trayecto	Amplitud Relativa (dB)	Demora (µs)	Fase (grados)
Principal	0	0	0
Eco 1	-19.2	0.518650	336.0
Eco 2	-36.2	1.003019	278.2
Eco 3	-26.4	5.422091	195.9
Eco 4	-21.8	2.751772	127.0
Eco 5	-23.1	0.602895	215.3
Eco 6	-35.6	1.016585	311.1
Eco 7	-27.9	0.143556	226.4
Eco 8	-26.1	3.324886	330.9
Eco 9	-19.3	1.935570	8.8
Eco 10	-22.0	0.429948	339.7
Eco 11	-20.5	3.228872	174.9
Eco 12	-23.0	0.848831	36.0
Eco 13	-24.3	0.073883	122.0
Eco 14	-26.7	0.203952	63.0
Eco 15	-27.9	0.194207	198.4
Eco 16	-23.8	0.924450	210.0
Eco 17	-30.1	1.381320	162.4
Eco 18	-24.5	0.640512	191.0
Eco 19	-23.1	1.368671	22.6

Resultados obtenidos:

1. Se obtuvieron los gráficos del comportamiento de las tres Cajas Decodificadoras incluidas en la muestra en condiciones de afectación de la señal por multitrayecto estático para las frecuencias 473, 587 y 695 MHz de acuerdo a la recomendación UIT-R BT.2035-2 (11/2008).
2. Se obtuvieron gráficos comparativos del comportamiento de la Figura de Mérito C/N en condiciones de afectación de la señal por multitrayecto estático empleando perfiles de canales de Rayleigh y Rician.
3. Se obtuvieron gráficos comparativos del comportamiento de la Figura de Mérito C/N en condiciones de afectación de la señal por multitrayecto estático y sin presencia reflexiones de la señal al propagarse en el medio.
4. Se obtuvieron los gráficos de las desviaciones del comportamiento de cada Caja Decodificadora con respecto al conjunto de la muestra.

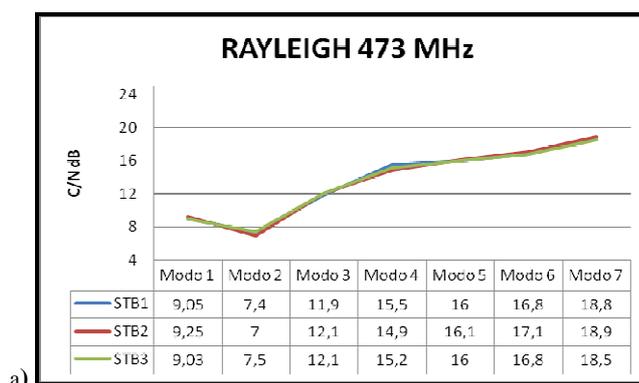


Figura 13. Afectación de la señal por multitrayecto estático. Rayleigh. C/N medido para el TOV. a) 473 MHz.

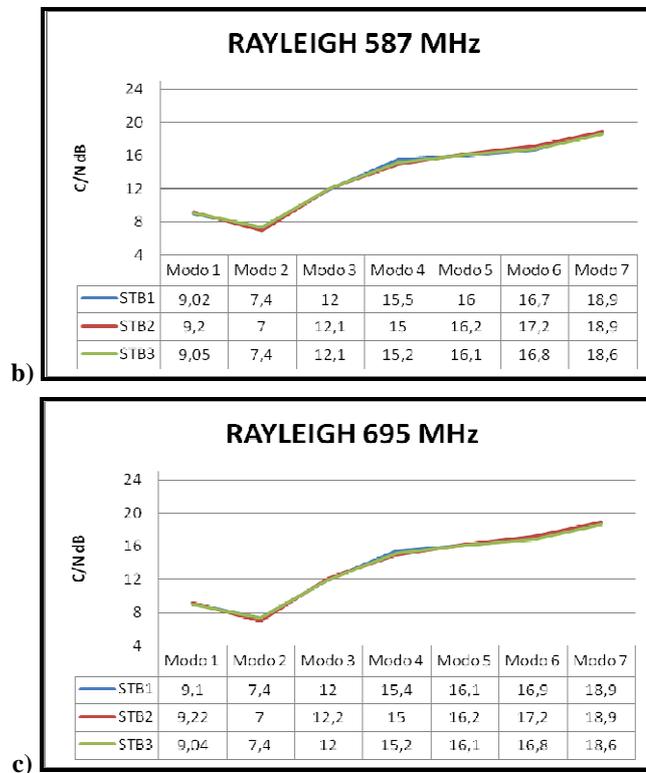


Figura 13. Afectación de la señal por multitrayecto estático. Rayleigh. C/N medido para el TOV. b) 587 MHz. c) 695 MHz.

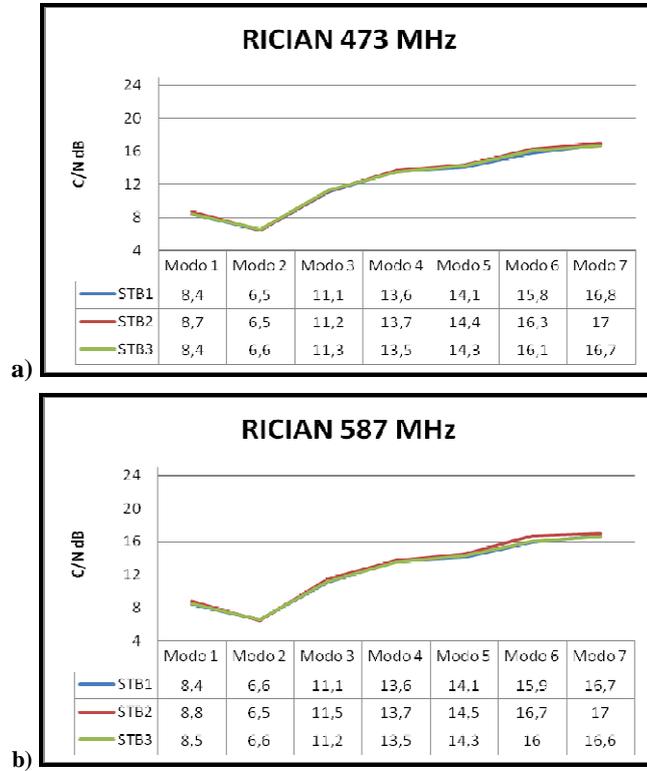


Figura 14. Afectación de la señal por multitrayecto estático. Rician. C/N medido para el TOV. a) 473 MHz. b) 587 MHz.

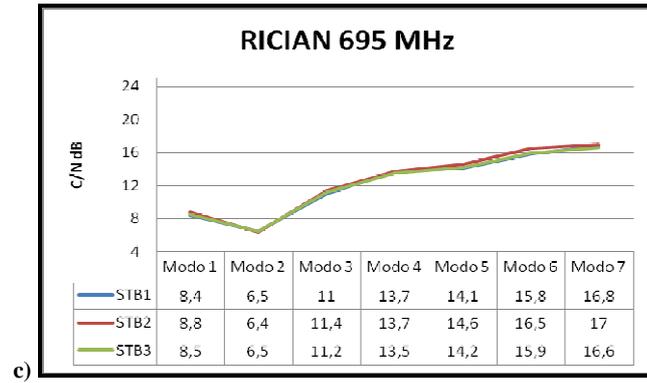


Figura 14. Afectación de la señal por multitrayecto estático. Rician. C/N medido para el TOV. c) 695 MHz.

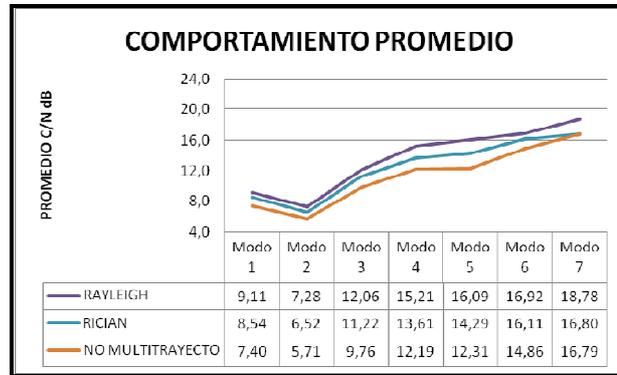


Figura 15. Comportamiento promedio de los receptores en condiciones de afectación de la señal por multitrayecto estático y en condiciones de bajas reflexiones.

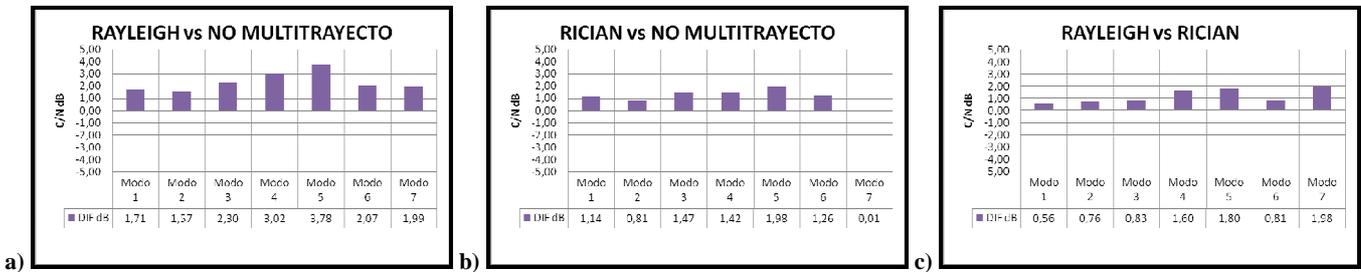


Figura 16. Gráfica comparativa. C/N medido en condiciones de afectación de la señal por multitrayecto estático y en condiciones de bajas reflexiones. Nivel de Señal: -53 dBm. a) Rayleigh vs No multitrayecto. b) Rician vs No multitrayecto. c) Rayleigh vs Rician.

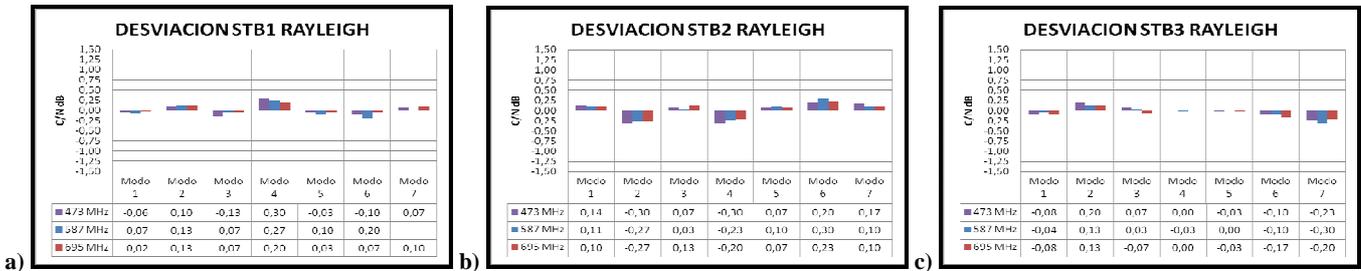


Figura 17. Desviación del valor de C/N medido con respecto al promedio de la muestra. Rayleigh. a) STB1. b) STB2. c) STB3.

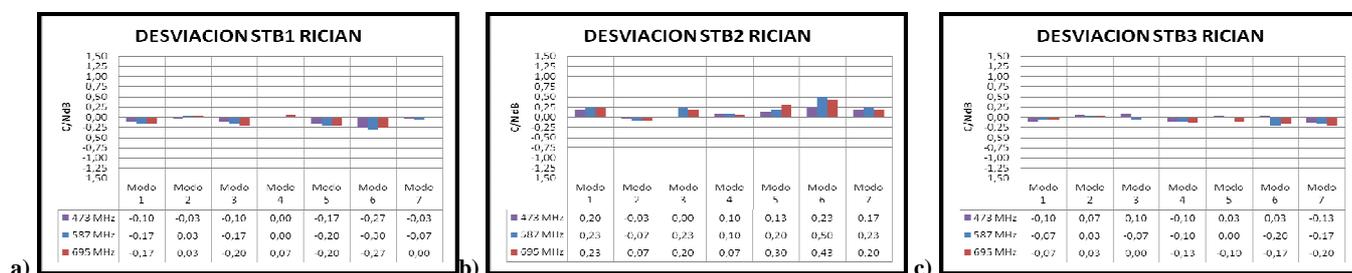


Figura 18. Desviación del valor de C/N medido con respecto al promedio de la muestra. Rician. a) STB1. b) STB2. c) STB3.

Conclusiones del experimento 3:

1. En condiciones de afectación de la señal por multitrayecto estático, los STB incluidos en la muestra necesitan trabajar con una relación Señal a Ruido superior a la de operación en condiciones de bajas reflexiones. Esto implica que en zonas muy urbanizadas, con reflexiones de la señal producto de los obstáculos del terreno, el equipo necesita recibir una potencia superior de la señal de RF para garantizar la misma calidad de recepción.
2. Como era esperado, en condiciones de afectación de la señal por multitrayecto estático empleando un perfil de canal de Rayleigh, los STB incluidos en la muestra necesitan trabajar con una relación Señal a Ruido siempre superior a la de operación siendo afectado empleando un perfil de canal de Rician (visibilidad directa).
3. Los STB incluidos en la muestra presentan un comportamiento similar en condiciones de afectación de la señal por multitrayecto estático para las frecuencias y configuraciones evaluadas.
4. La desviación máxima del valor medido para una Caja Decodificadora con respecto al conjunto de la muestra es de 0.3 dB para una distribución de Rayleigh y de 0.5dB para un perfil multitrayecto de Rician. Este dato enfatiza el comportamiento similar de los STB incluidos en las pruebas en condiciones de afectación de la señal por multitrayecto estático.
5. Los valores de C/N medidos en condiciones de afectación de la señal por multitrayecto estático coinciden razonablemente con los reportados en mediciones previas realizadas por el Laboratorio Nacional para la Televisión Digital DTVNEL (China)⁵.

CONCLUSIONES

1. Se midieron y registraron los parámetros de calidad para cada STB de la muestra en presencia de:
 - Ruido aleatorio.
 - Variación de la potencia de la señal RF de entrada. Margen dinámico.
 - Interferencia por trayectos múltiples estáticos.
2. Fueron obtenidos a partir de los datos registrados los gráficos de comportamiento de los parámetros evaluados. Dichas representaciones gráficas facilitan el posterior análisis de la información por terceras personas, potenciando la difusión del conocimiento adquirido durante el proceso de asimilación de la tecnología.
3. Los valores obtenidos coinciden razonablemente con los reportados en mediciones previas realizadas por el Laboratorio Nacional para la Televisión Digital DTVNEL (China) para el funcionamiento de equipos receptores DTMB comerciales.
4. Se lograron aplicar satisfactoriamente los procedimientos para ensayos y pruebas recogidos en la recomendación UIT-R BT.2035-2. Se ha garantizado la coherencia en los resultados mostrados, posibilitando el análisis posterior para la toma de decisiones durante el despliegue de la Televisión Digital Terrestre en Cuba.
5. Los datos presentados podrán ser empleados para la determinación de las Zonas de Cobertura de los distintos transmisores que serán instalados a lo largo de todo el país durante las diferentes etapas del despliegue de la Televisión Digital Terrestre.

⁵ Dato: Laboratory Test Results for DTMB Receiver in 6 MHz Bandwidth. DTVNEL.

6. El presente trabajo tributa directamente al proceso de Transferencia Tecnológica de la Televisión Digital Terrestre, facilitando el soporte necesario en cuanto a la creación de una plataforma para Pruebas de Laboratorio sobre el equipamiento de TVD en proceso de introducción o introducido al país, de acuerdo a las normas y estándares internacionales.

RECOMENDACIONES

1. Sugerir a la Dirección de Regulaciones y Normas del Ministerio de Comunicaciones incluir los parámetros de calidad evaluados en las próximas versiones de las “Especificaciones técnicas y de operación mínimas que tienen que cumplimentar las Cajas Decodificadoras empleadas para la recepción de la Televisión Digital en Cuba”.
2. Emplear los datos obtenidos para la determinación de las zonas de cobertura de los distintos transmisores instalados en la Zona de Demostración para la Televisión Digital en La Habana.
3. Realizar pruebas que incluyan mediciones de la calidad de funcionamiento del receptor en presencia de:
 - Interferencia por trayectos múltiples dinámicos
 - Interferencia cocanal
 - Interferencia de canal adyacente inferior y superior
 - Ruido impulsivo
 - Ruido de fase. [1]
4. Extender la aplicación del procedimiento expuesto a otros modelos de equipos receptores.
5. Realizar pruebas de campo a las Cajas Decodificadoras incluidas en la muestra según los planes para pruebas de campo de la recomendación UIT-R BT.2035-2.

REFERENCIAS

1. **SECTOR DE RADIOCOMUNICACIONES UIT:** “Informe UIT-R BT.2035-2: Directrices y técnicas para la evaluación de sistemas de radiodifusión de Televisión Digital Terrestre incluida la determinación de sus zonas de cobertura.”, Serie BT, Servicio de radiodifusión (televisión), Noviembre 2008.
2. **STANDARIZATION ADMINISTRATION OF THE PEOPLE'S REPUBLIC OF CHINA:** “GB 20600. 2006: Estructura de Trama, Codificación de Canal y Modulación para la radiodifusión de Televisión Digital Terrestre”, Agosto 2006.
3. **LEÓN CASTILLO JUAN F.:** “Decodificador Esférico de Complejidad Reducida para Sistemas de Comunicación MIMO,” Posgrado en Ingeniería Electrónica, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, 2012.
4. **DTVNEL:** “Laboratory Test Results for DTMB Receiver in 6 MHz Bandwidth”, R.P.C., Agosto 2012.
5. **DTVNEL:** “DTMB: Terrestrial Digital Transmission Standard”, R.P.C., Marzo 2013.
6. **LACETEL:** “Relación entre los parámetros que indica el STB HDMB-2000/T y la Potencia del Canal DTMB”. La Habana. [En línea]. Disponible en: <http://www.lacetel.cu>.
7. **UNIQUE BROADBAND SYSTEMS LTD.:** “DVU 5000 Universal Modulator Instruction Manual”. No. 50863-40-M01, Rev. 01, Noviembre 2012.
8. **ADVANCEDDIGITAL INC:** “NOVUS - H.264 HD/SD Standalone Encoder User Manual”. Version 2.05, 2012.
9. **COMAG HANDELS AG:** “Equipo Sat digital para camping SL 65/12.” Versión 1.4 ES, Enero 2008.
10. **AGILENT TECHNOLOGIES:** “Agilent E8267D PSG Vector Signal Generator Data Sheet”. Literature number 5989-0697EN, Junio 2011.

AUTORES

Abdel Martínez Alonso, Máster en diseño de Sistemas Electrónicos, LACETEL, La Habana, Cuba, abdel@lacetel.cu

Rodney Martínez Alonso, Ingeniero en Telecomunicaciones y Electrónica, LACETEL, La Habana, Cuba, rodney@lacetel.cu

Glauco Antonio Guillén Nieto, Doctor en Ciencias Técnicas, Director General, *LACETEL*, La Habana, Cuba, glauco@enet.cu