

ANEXO B. CARACTERIZACION DE SEÑALES

IMPLEMENTACIÓN DE UN CANAL DE TELEVISIÓN EN EL TECNOPARQUE-SENA PARA LA GENERACIÓN DE CURSOS, PRÁCTICAS O LABORATORIOS DE TELEVISIÓN DIGITAL BAJO EL ESTÁNDAR DVB-T

ELABORADO POR:

**SANTIAGO MATEO GUERRERO ROMERO
CAMILA ALEJANDRA PLAZAS OVIEDO**

EN COLABORACIÓN DE:

**OSCAR MAURICIO GELVEZ
MARCO ANTONIO VEGA
EUGENIO MORENO RUIZ**

FACULTAD INGENIERÍA ELECTRÓNICA

BOGOTÁ, COLOMBIA

CONTENIDO

	Pág.
1. INTERCONEXIÓN	3
2. CARACTERIZACIÓN DE SEÑAL	6
2.1. Configuración de equipos para medición.	6
2.1.1. Configuración ETL.....	6
2.1.2. Configuración SFE	7
2.2. Medición del espectro	8
2.3. Medición del Diagrama de Constelación:	9
2.4. MER (f):	14
2.5. Desbalance I/Q:	15
2.6. Medición del Patrón de Eco:	16
2.7. Medición del Offset de Frecuencia SFN:	18
2.8. Tabla de medidas cualitativas de señal.....	20
3. REFERENCIAS	22

1. INTERCONEXIÓN

La presente guía brinda al estudiante la Interconexión entre equipos necesaria para la caracterización cualitativa de señales digitales bajo el estándar DVB-T.

Conexión necesaria para la visualización de vídeos guardados en memoria del SFE-BROADCAST TESTER [1]

Ilustración 1. Conexión Emisión / Analizador.



Fuente: Propia - <https://ve.class.posot.com/cable-coaxial-lmr-400-con-conector-n-macho-12-mts/>

Emplear el cable Coaxial LMR-400 de baja pérdida con tipo de conector BCN para realizar la conexión.

Ilustración 2. Conexión para visualización en el televisor.



Fuente: Propia.

La recepción está a cargo del decodificador el cual cuenta con una antena indoor antenna bzd 30. La conexión entre el decodificador y el televisor se realiza mediante el cable de video SCART.

Ilustración 3. Cable de video SCART



Fuente: <https://coisasuteis.net/es/cables/123-cable-scart-macho-de-21-pines-15m.html>

Ilustración 4. Resultado Emisión: Comercial USTA.



Fuente: Propia

En la ilustración 4. se puede ver el resultado de la emisión con la conexión tipo 1 en la cual se transmite un comercial de la Universidad Santo Tomás.

2. CARACTERIZACIÓN DE SEÑAL

En esta sección logrará identificar los pasos necesarios para realizar una correcta caracterización de una señal emitida, la guía cuenta con las siguientes medidas para este objetivo: [2]

- Mediciones del Espectro.
- Diagrama de Constelaciones.
- MER (Modulation Error Rate).
- Medición del Patrón de Eco.
- Medición del Offset de Frecuencia SFN.
- Tabla de medidas cualitativas de señal.

2.1. Configuración de equipos para medición.

Es necesario realizar una configuración previa a mediciones dentro de los equipos ETL y SFE, este proceso de medición se realiza tanto en los equipos del TecnoParque SENA como para los equipos de la Universidad Santo Tomás.

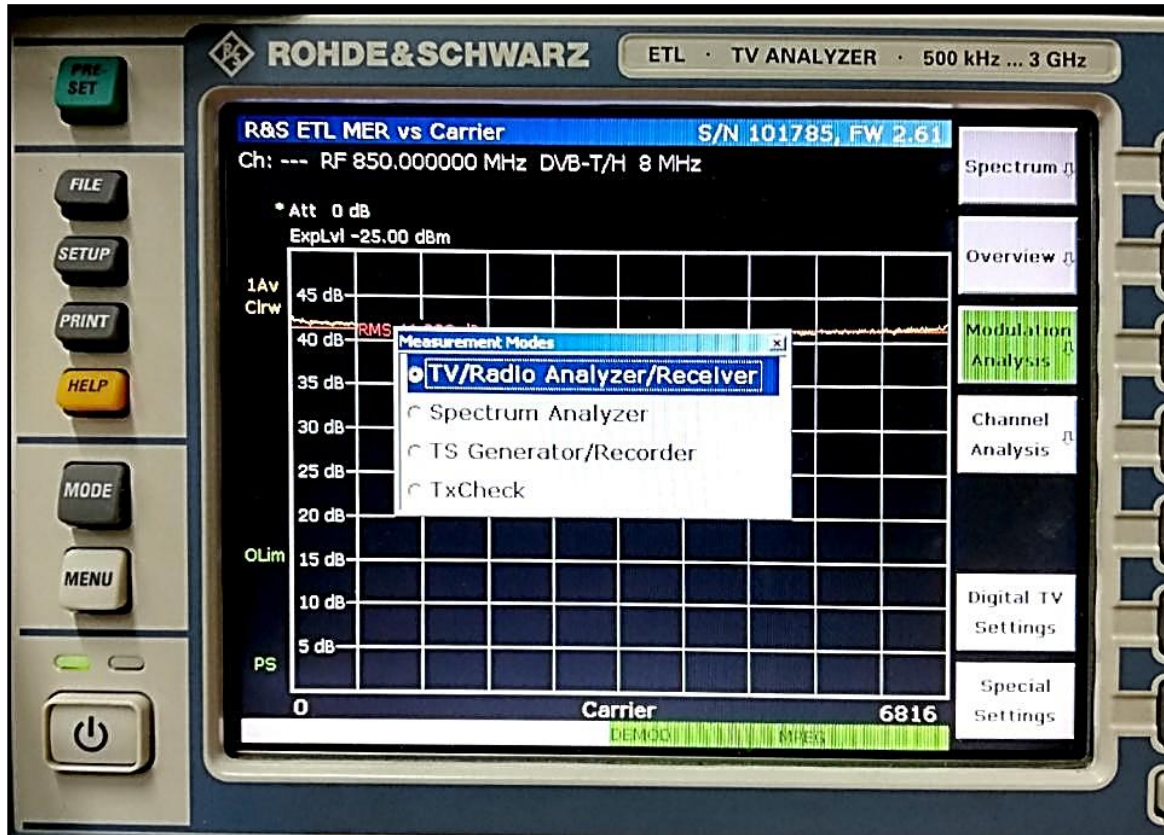
2.1.1. Configuración ETL

Para configurar el ETL se requiere ajustar el ancho de banda y la frecuencia central indicada o de transmisión como se ilustra en la Ilustración 5.

Ancho de banda: 8 MHz
Frecuencia Central: 850 MHz

- a. Prender el ETL TV Analyzer
- b. Oprimir el botón “Menu” Seleccionar TV/Radio Analyzer /Receiver
- c. Ajustar el ancho de banda y la frecuencia central indicada:

Ilustración 5. Configuración ETL.



Fuente: Propia.

2.1.2. Configuración SFE

Para la configuración del SFE se requiere ajustar los siguientes parámetros:

- Frecuencia central = 850 MHz.
- Estándar de transmisión = DVB-T/H.
- Ancho de banda del canal = 8 MHz.
- FFT mode = 8 KHz.

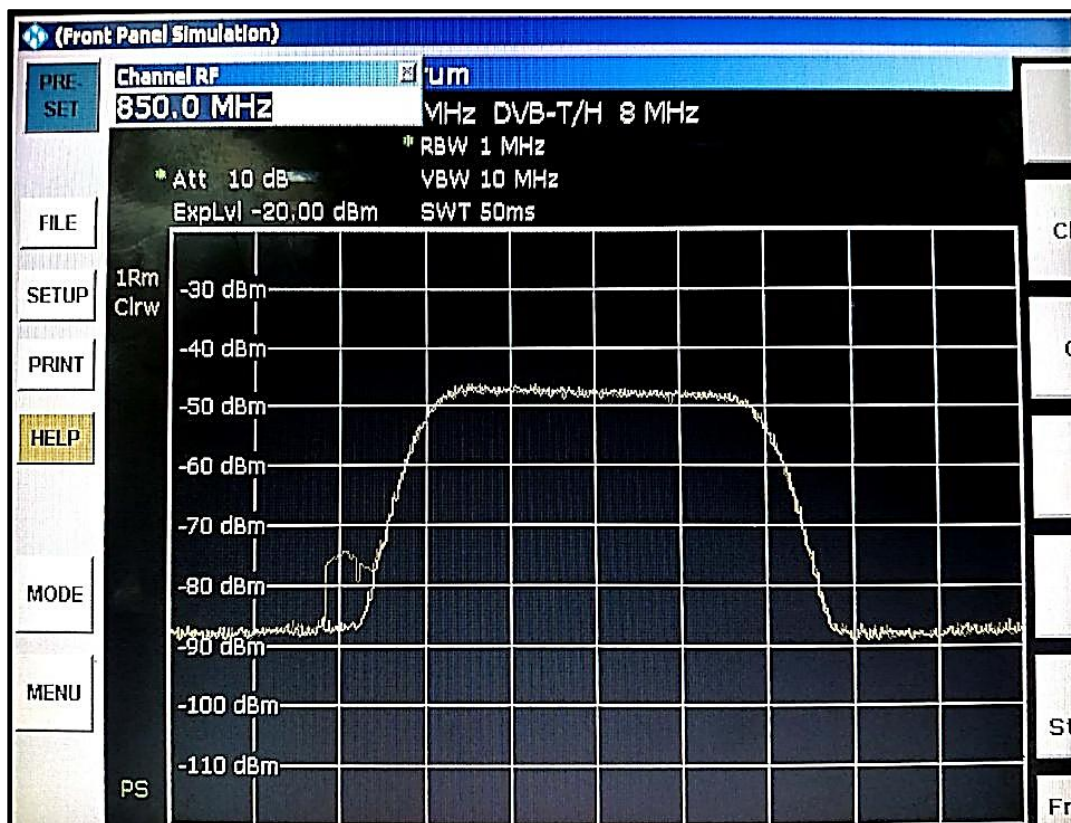
2.2. Medición del espectro

Esta medición permite la visualización del canal activo de medición, todos los parámetros son puestos por el estándar de modulación digital por defecto, mostrando el espectro claramente.

oprima “mode” y seleccionar TV/RADIO ANALYZER/RECEIVER

- Presione el botón “freq” y entre: 400MHz para la frecuencia central.
- Oprima el botón “Menú”.
- Oprima “Digital TV”.
- Oprima “meas” y luego “digital tv settings”, y compare los parámetros de modulación.
- Oprima sobre “spectrum”. El espectro de la señal de entrada es mostrado, y los valores de atenuación para los límites superior e inferior de la banda son mostrados.
- EN “digital TV”, Oprima: “meas” y luego “overview”, entonces se despliega una tabla con los parámetros de calidad de la transmisión y codificación de la señal TDT.

Ilustración 6. Medición del Espectro.



Fuente: Propia.

Interpretación de señal:

El modo analizador de espectros permite comprobar rápidamente las señales presentes en la banda de frecuencias y realizar medidas al mismo tiempo, en este modo se puede observar las anomalías que pueda tener la señal.

2.3. Medición del Diagrama de Constelación:

Un Diagrama de Constelación es una representación de un esquema de modulación digital en el plano complejo. Los ejes real e imaginario suelen ser llamados I por In-phase y Q por cuadratura, el diagrama de constelaciones es un parámetro de calidad que no se expresa numéricamente, sino que es la representación gráfica de la obtención de símbolos digitales en un periodo de tiempo, cuando se habla de un canal de transmisión ideal se refiere a un canal de transmisión sin ruido ni interferencias, en el canal de transmisión ideal la representación del diagrama de constelaciones, los puntos se muestran bien definidos es decir sin dispersión, esta buena definición se da debido al impacto en la misma zona logrando un punto muy concentrado, existe dispersión cuando en la medición hay interferencias y ruido que no permiten la correcta lectura por parte del demodulador, de igual manera la probabilidad de ocurrencia de los puntos en el plano complejo I/Q se representan por diferentes colores e intensidades, los resultados de la constelación varían según el tipo de modulación 64QAM (Ilustración 7), 16QAM (Ilustración 8), QPSK (Ilustración 9). [3]

Esta medición muestra el diagrama de constelación de la modulación para la señal que se esté analizando, ya que el estándar DVB-T define una señal multiportadora, la constelación de un rango de portadoras seleccionadas se visualiza.

Tipos de modulación:

Entre los tipos de modulación más conocidos tenemos:

- TRANSMISIÓN POR DESPLAZAMIENTO DE FRECUENCIA (FSK)
- TRANSMISIÓN POR DESPLAZAMIENTO DE FASE BINARIA (BPSK)
- TRANSMISIÓN POR DESPLAZAMIENTO DE FASE CUATERNARIA (QPSK)
- MODULACIÓN DE AMPLITUD EN CUADRATURA (QAM)

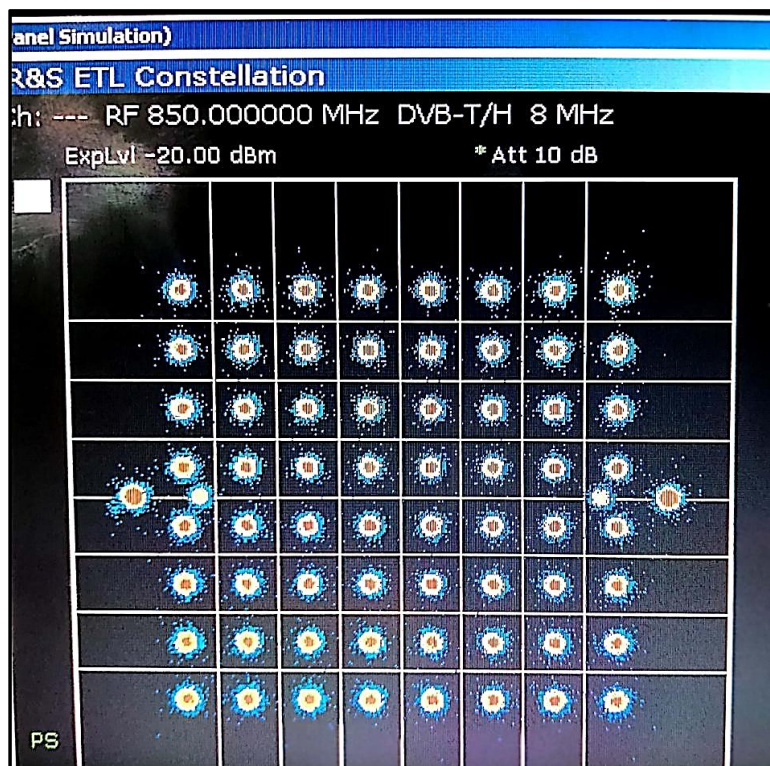
Para obtener esta medida se realizan los siguientes pasos:

- a. Oprima el botón: "Menú".
- b. Oprima el botón: "Digital TV".
- c. Oprima el botón: "Meas" y luego oprima: "Modulation Análisis".
- d. Oprima el botón: "Constant Diagram".

- Para desplegar una imagen de la constelación sin cambios temporales, oprima: "Freeze".
- para regresar a la constelación actualizada en tiempo real oprima: "Freeze" de nuevo.
- Para retener las muestras I/Q oprima: "Hold". Una sola muestra I/Q no se puede visualizar en esta configuración.
- Para cambiar el conteo de símbolos en DVB-T/H, oprima: "Symbol Count".

64 QAM

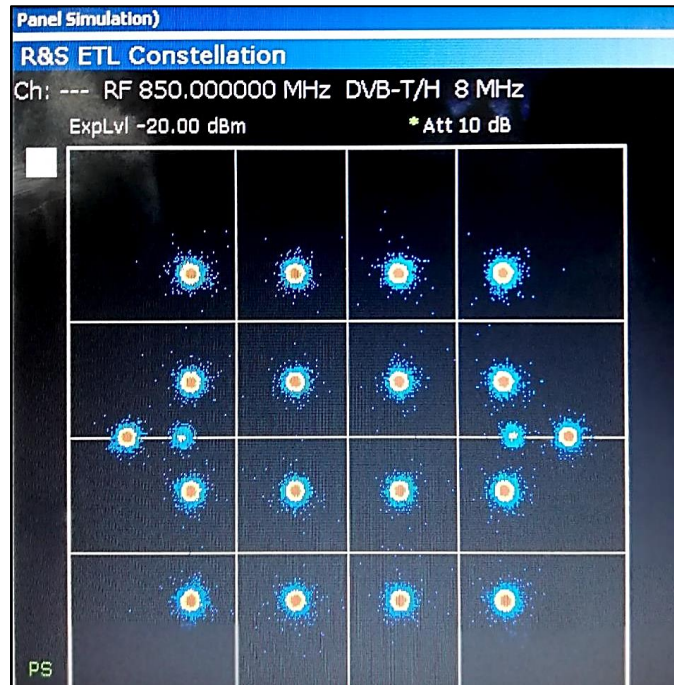
Ilustración 7. Diagrama de constelación modulación 64QAM.



Fuente: Propia.

16QAM

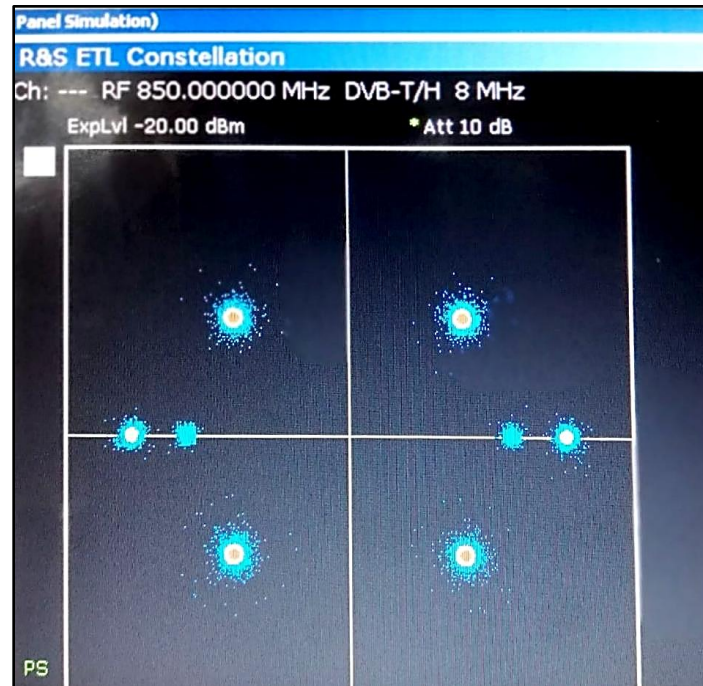
Ilustración 8. Diagrama de constelación modulación 16QAM.



Fuente: Propia.

QPSK

Ilustración 9. Diagrama de constelación modulación QPSK.

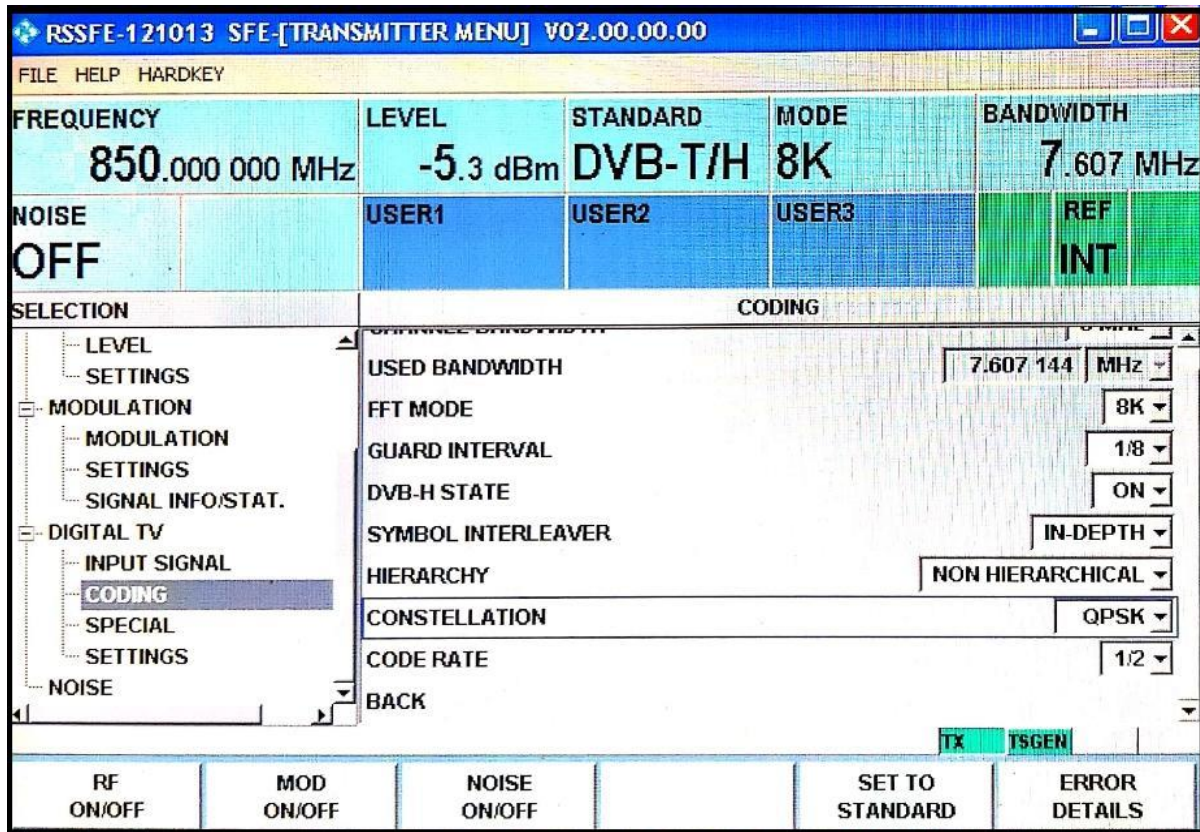


Fuente: Propia.

Los tipos de modulación son configurados directamente en el ETL.

- Menú "Digital TV"
- CODING
- CONSTELLATION

Ilustración 10. Configuración de los tipos de modulación.



Fuente: Propia.

Interpretación de Señal:

Se debe tener en cuenta que, al ser una interpretación cualitativa, para conocer cuál es la calidad de la transmisión, se tiene una gradación de colores, dicha gradación se puede ver como la cantidad de símbolos agrupados en una misma zona, la escala de colores está clasificada de la siguiente manera:

- Negro (Ausencia de símbolos)
- Azul y Amarillo (En orden ascendente)
- Rojo (Máxima densidad)

Una mayor dispersión de los símbolos indica mayor nivel de ruido o peor calidad de la señal. [4]

2.4. MER (f):

La razón de error de modulación es una medición de la relación señal a ruido (SNR) en una señal modulada digitalmente, así como SNR, MER es usualmente expresado en decibeles (dB). MER se calcula para un número de símbolos N, y se define así:

$$MER = \frac{\sum_{j=1}^N (\tilde{I}_j^2 + \tilde{Q}_j^2)}{\sum_{j=1}^N [(I_j - \tilde{I}_j)^2 + (Q_j - \tilde{Q}_j)^2]} \quad \text{Ecuación 1.}$$

Donde:

I_j Es el componente i del j-esimo símbolo recibido.

Q_j Es el componente Q del j-esimo símbolo recibido.

\tilde{I}_j Es el componente ideal i del j-esimo símbolo recibido.

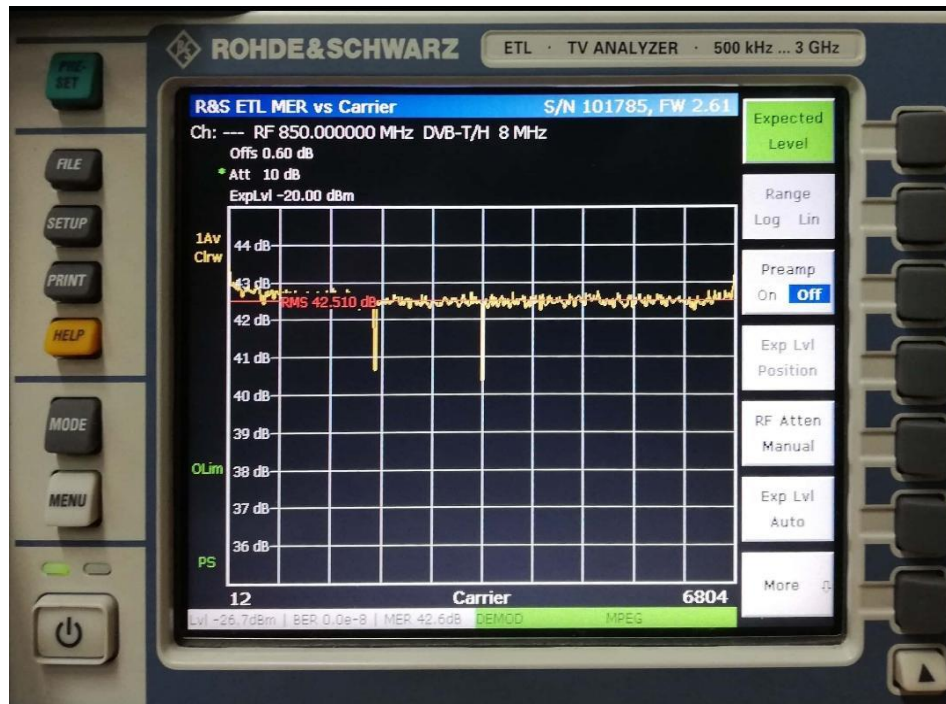
\tilde{Q}_j Es el componente ideal Q del j-esimo símbolo recibido.

La medición MER (f) muestra la curva de razón de error de modulación dependiente de la frecuencia, para dicho cálculo solo se utilizan las portadoras útiles, en la curva MER, el valor está basado en el rango de portadora seleccionado y se presenta en decibel.

Procedimiento:

- Presione el botón: "menu".
- Presione en botón: "Digital TV".
- Presione el botón: "Meas" y luego: "Modulación Análisis".
- Presione el botón MER (f).
- Para ajustar el eje Y oprima: "Auto Range".
- Para cambiar el signo de la curva MER (f), oprima: "MER Sing". si se pone esta opción en. "Neg": el resultado puede ser interpretado como una curva que muestra la interferencia.

Ilustración 11. Medición MER.



Fuente: Propia.

Interpretación de señal:

El MER es la representación numérica del vector error, es decir la diferencia entre la señal patrón que debería recibirse y la señal con errores que realmente se recibe. [4]

El valor de MER(f) el cual se interpreta entre más bajo sea el valor de MER(f) significa que hay mayor dispersión y en consecuencia más error. El valor MER(f) debería tener un valor superior a 35 dB indicando un mínimo de calidad de transmisión.

Normalmente la gráfica de MER(f) no debería mostrar ningún pico o cresta llamadas portadoras, lo que indica que cada pico que aparezca en la portadora central se interpreta como errores o problemas, afectando la calidad de la señal. [5]

2.5. Desbalance I/Q:

Las mediciones I/Q, determinan los desbalances al final del transmisor en cuanto a amplificación de las componentes. Simultáneamente la medición determina una desviación del ángulo ideal de rotación de fase de la señal portadora en la componente

Q de la modulación, esta nueva medición se llama (error de cuadratura o quadrature error).

Las siguientes relaciones se aplican a la hora de especificar la amplitud des-balanceada:

$$\frac{AI(f)}{db} = 20 \log_{10} \left\{ \frac{V_I(f)}{V_Q(f)} \right\} \quad \text{Ecuación 2.}$$

$$\frac{AI}{\%} = \left(\frac{V_I}{V_Q} - 1 \right) * 100 \text{ para } V_I \geq V_Q \quad \text{Ecuación 3.}$$

$$\left(1 - \frac{V_Q}{V_I} \right) * 100 \text{ para } V_Q \geq V_I \quad \text{Ecuación 4.}$$

Procedimiento:

- Oprima la tecla: “Menu”.
- Oprima: “Digital TV”.
- Oprima: “Meas” y luego: “Modulation Analsys”.
- Oprima: “I/Q Imbalanced”
- Para ajustar el eje Y oprima la tecla: “Auto Range”.

2.6. Medición del Patrón de Eco:

Esta medición muestra el perfil del eco de transmisión del canal. El eco puede ser ocasionado, por ejemplo, por reflexiones en edificios. Otros transmisores dentro de una red de frecuencia única pueden ser también interpretados como ecos y mostrados a la vez que la señal de referencia sea recibida.

Dos líneas verticales etiquetadas con “guard start” y “guard stop” indican el intervalo de guarda. El ETL posiciona la ventana de FFT para la demodulación de tal manera que la suma de los valores de potencia de todos los patrones de eco detectado está a su máximo.

Una línea horizontal etiquetada como “EchoDetectionThreshold” muestra una potencia de umbral determinado automáticamente para el usuario.

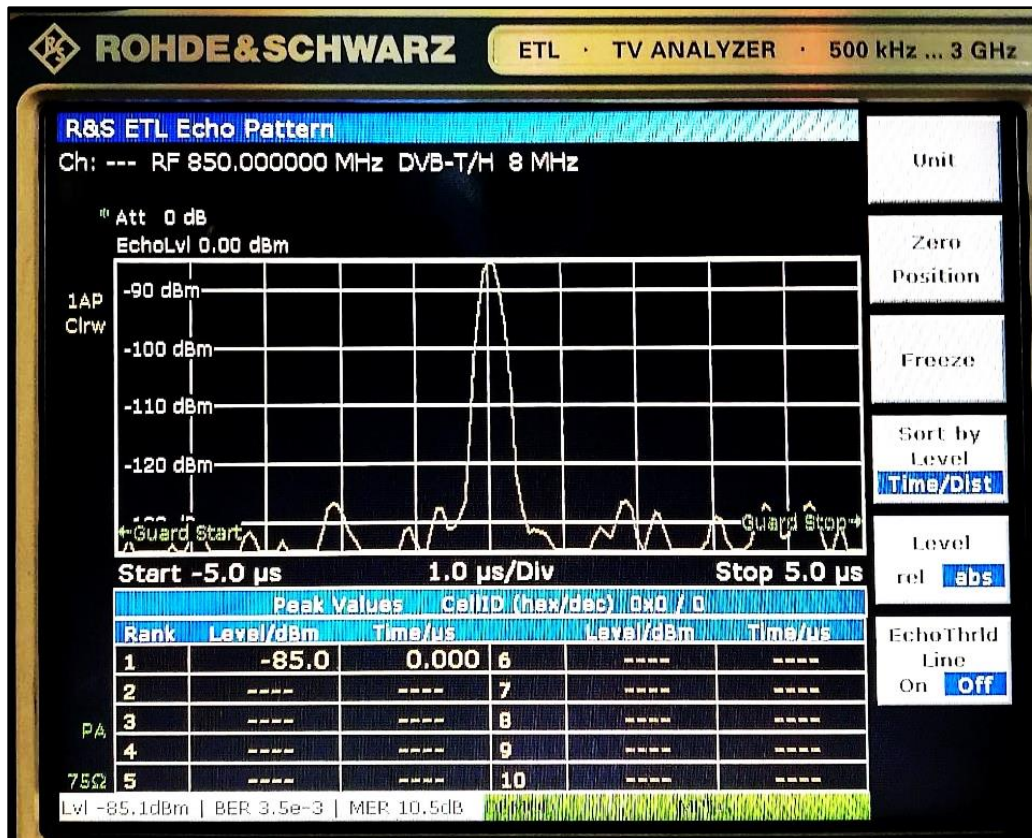
Una tabla debajo de la pantalla gráfica lista ya sean los diez caminos de eco más fuertes de acuerdo con el nivel de fuerza definido o los diez primeros caminos de eco de acuerdo con el retardo de tiempo (o distancia).

Procedimiento:

- Presione la tecla “MENU”.
- Presione el botón “Digital TV”.
- Presione la tecla “MEAS” y el botón “Channel Analysis”.
- Presione el botón “Echo Pattern”.

- e. Para ajustar el dominio del tiempo de medición, presione “More” y “Time Range”.
- f. Para ajustar las unidades del eje X, presione los botones “More” y “Unit”.

Ilustración 12. Medición patrón de eco.



Fuente: Propia.

Interpretación de señal:

Con el patrón de eco puede visualizar la respuesta en tiempo de un canal digital terrestre y por tanto permite detectar ecos que pueden aparecer debido a distintas razones, entre ellas las reflexiones que experimenta la señal sobre grandes superficies como edificios, montañas, entre otros. En ella se observa que para cada rebote de la señal se obtiene la potencia con la que llega con respecto a la señal principal, así como su retardo. Teniendo en cuenta que las señales viajan aproximadamente a 300.00 Km/s, significando que 100us equivalen a 30 Km, calculando de esta forma la distancia estimada de la procedencia de cada señal rebotada, se puede observar en pantalla cada uno de los rebotes ordenados en el tiempo los cuales pueden estar adelantados o retrasados a la señal principal. [6]

Con el fin de facilitar la interpretación de la gráfica el equipo de medición cuenta con las siguientes configuraciones:

- a. Para ajustar el camino de referencia del eco en el eje X (0 microsegundos), presione el botón “More” y “Zero Position”.
 - Max Level: El camino de ECO con la señal de más alto nivel es seleccionada.
 - Pre Echo: El camino de ECO más fácil es seleccionado para cuyo nivel de señal es al menos 15dB en comparación con el camino de eco con mayor nivel de señal (0 dB).
- b. Para cambiar el tipo de criterio de los caminos de eco en la tabla de valores pico (Peak Values), presione los botones “More” y “Sort by”.
- c. Para cambiar la intensidad en pantalla de todos los caminos de eco, presione “More” y “Level”.
- d. Para ajustar el tiempo visualizado o el rango de distancia, presione el botón “Time/Div”.
- e. Para ajustar la atenuación de la entrada, presione el botón “Adjust Attenuation”.

2.7. Medición del Offset de Frecuencia SFN:

La medición del offset de frecuencia SFN es parte de la medición del patrón de eco. En adición a la impresión de la magnitud del patrón de eco, los desfases de los pulsos de frecuencia del eco detectados pueden ser mostrados.

Con las redes de frecuencia simple, los diferentes transmisores pueden ser revisados en su frecuencia correcta de transmisión.

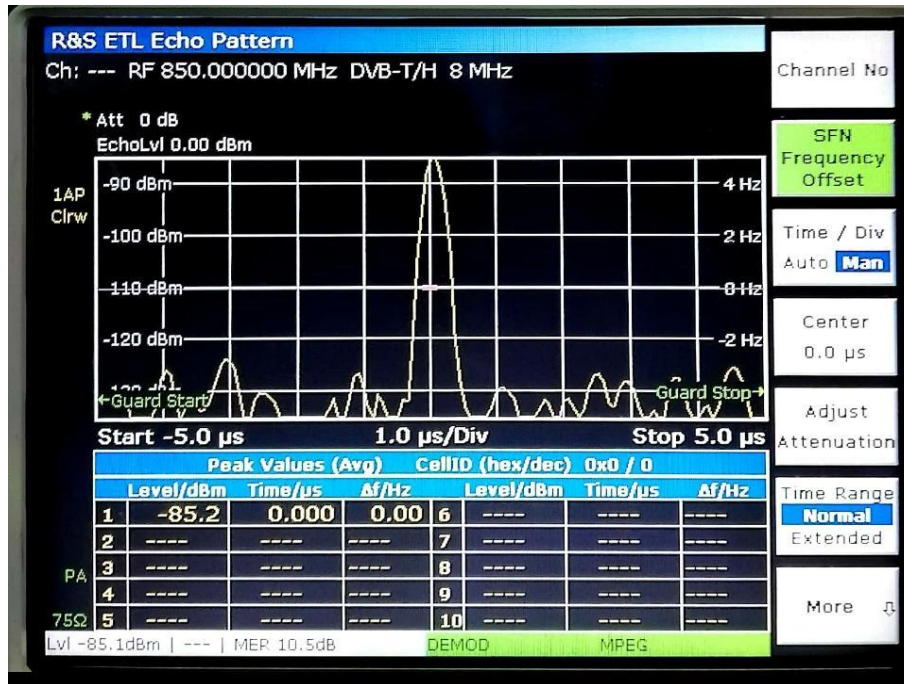
Los desfases de frecuencia son referenciados al pulso localizado en la posición cero del eje de tiempo/distancia. En consecuencia, este pulso siempre tiene un desfase de frecuencia referenciado a cero. Solamente los valores de desfase de frecuencia de los pulsos de eco que sean más fuertes que el eco en sí.

La ventana de detección acorde al nivel de fuerza es visualizada.

Procedimiento:

- a. Presione la tecla “MENU”.
- b. Presione la tecla “Digital TV”.
- c. Presione la tecla “MEAS”.
- d. Presione el botón “Channel Analysis”.
- e. Presione el botón “Echo Pattern”.
- f. Presione el botón “SFN Frequency Offset”.

Ilustración 13. Medición offset de frecuencia SFN.



Fuente: Propia.

Interpretación de señal:

En general en este tipo de mediciones se encuentra el mayor número de problemas de ecos esta medición consiste en un receptor ubicado en la zona de cobertura de varios emisores recibirá simultáneamente señal de todos ellos interpretándose como una señal con varios ecos.

En el diagrama de ecos SFN representa el momento en el que llegan las diferentes señales en una escala temporal. La señal principal se representa como una línea vertical de nivel 0 situada en el preciso instante en que comienza la pausa, o sea el intervalo de guardia.

Los ecos a su vez se representarán con líneas verticales situadas a una cierta distancia del eco principal, el resto de los ecos serán de menor intensidad obteniendo quedar retardados o avanzados respecto al principal. A los ecos retardados se les conoce como POST ECOS mientras que a los adelantados se les conoce como PRE-ECOS. [7]

2.8. Tabla de medidas cualitativas de señal.

Las tablas de medidas cualitativas corresponden a un resumen de las mediciones realizadas por el equipo ETL en la cual nos brindan los rangos característicos de la señal. Dicha tabla cuenta con indicativo de colores verde (valor medido en el rango aceptable para transmisión) y Rojo (valores por fuera del rango).

En la tabla se aprecia los siguientes valores:

- Nivel.
- Calidad de Modulación.
- BER.
- Offset de frecuencia de portadora y Offset de tasa de bits.

Para obtener las medidas en el ETL se debe seguir el siguiente procedimiento

Procedimiento:

- a. Oprima: "Menu".
- b. Oprima la letra "Digital TV".
- c. Oprima: "Meas" y luego oprima: "Modulation Analysis".
- d. Oprima: "Modulation Errors".

Ilustración 14. Tabla de medidas cualitativas de señal.

Pass	Limit	<	Results	<	Limit	Unit
Level	-60.0		-39.1		10.0	dBm
Constellation			16 QAM NH / normal			
MER (rms)	24.0		36.9		----	dB
MER (peak)	10.0		19.1		----	dB
EVM (rms)	----		1.06		4.40	%
EVM (peak)	----		8.28		22.00	%
BER before Viterbi			7.3e-9(338/1K00)		1.0e-2	
BER before RS			0.0e-9(431/1K00)		2.0e-4	
BER after RS			0.0e-8(285/1K00)		1.0e-10	
Packet Error Ratio			0.0e-6(285/1K00)		1.0e-8	
Packet Errors			0		1	/s
Carrier Freq Offset	-30000.0		323.5		30000.0	Hz
Bit Rate Offset	-100.0		0.4		100.0	ppm
MPEG Ts Bitrate			11.058828			MBit/s
PS						
16 QAM NH (16NH)	FFT 8k (8k)	GI 1/8 (1/8)	1/2,1/2 (1/2,1/2)		Cell ID 0	
TRF Rec 0.0.0.0	INT N (N)	MPE Freq Off/Off	Time Sl Off/Off		1.2.1	

Fuente: Propia.

Interpretación de señal:

Nivel: Valor que representa la potencia promedio de la señal digital modulada.

Calidad de Modulación: La tasa de error de modulación (MER) y el error de vector de magnitud (EVM) son empleados para la valoración de calidad de los puntos de constelación con respecto al valor teórico de la señal.

Entre mayor sean estos valores mejor será la calidad de la señal.

Bit error ratios (BERs): Para los sistemas de transmisión DVB-T/ DVB-H, existen dos mecanismos de protección de errores: el decodificador Viterbi y el decodificador Reed-Solomon, ambas técnicas son empleadas para detectar y corregir los errores en los bits durante la transmisión. Bajo óptimas condiciones estos valores deben ser iguales a cero.

Offset de frecuencia de portadora y Offset de tasa de bits: El Offset de frecuencia de portadora es la diferencia existente entre las frecuencias medida y asignada en el equipo con lo cual se puede determinar los errores de oscilación, adicional entregar las medidas correspondientes a:

- Frecuencia de separación entre las portadoras individuales
- El periodo entre símbolos
- Tamaño absoluto del intervalo de guarda

Los límites que presenta el Offset de tasa de bits es de ± 20 ppm para asegurar una operación sin errores. [5]

3. REFERENCIAS

- [1] R. & SCHWARZ, «ROHDE & SCHWARZ SFE,» [En línea]. Available: https://www.rohde-schwarz.com/pk/manual/r-s-sfe-broadcast-tester-getting-started-manuals-gb7_78702-28468.html.
- [2] R. & S. G. & C. KG, «R&S®ETL-K470 CDR Signal Analysis Software,» 2019. [En línea]. Available: https://scdn.rohde-schwarz.com/ur/pws/dl_downloads/pdm/cl_manuals/user_manual/1346_8926_01/VSE_K470_ETL_CDR_UserManual_en_01.pdf.
- [3] M.E. [En línea]. Available: M. E. [En línea]. Available: <https://sites.google.com/site/cursodetelecomavanzada/unidad-4..>
- [4] A. K. Florido, «MEDICIÓN DE LA CALIDAD DE LA SEÑAL DE LOS CANALES DE TELEVISIÓN PÚBLICA EN LA LOCALIDAD DE CIUDAD BOLÍVAR,» 22 Mayo 2018. [En línea]. Available: <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/13394/1/FloridoAngaritaKarenNatalia2018.pdf>.
- [5] R. & SCHWARZ, «Quality Measurements on Digital and Analog TV Transmitters Using the R&S®ETL,» [En línea]. Available: https://scdn.rohde-schwarz.com/ur/pws/dl_downloads/dl_application/application_notes/7bm67/7BM67_1E.pdf. [Último acceso: 2020].
- [6] J. P. S. Cristina Gracia Bobi, «Medidas de calidad de señales DVB-T,» [En línea]. Available: http://oa.upm.es/38458/1/PFG_CRISTINA_GRACIA_BOBI_JAVIER_PLATAS_SENTIS.pdf. [Último acceso: 2020].
- [7] PROMAX, «PROMAX,» [En línea]. Available: <https://www.promax.es/esp/noticias/206/Analisis-de-ecos-dinamicos/>. [Último acceso: 2020].