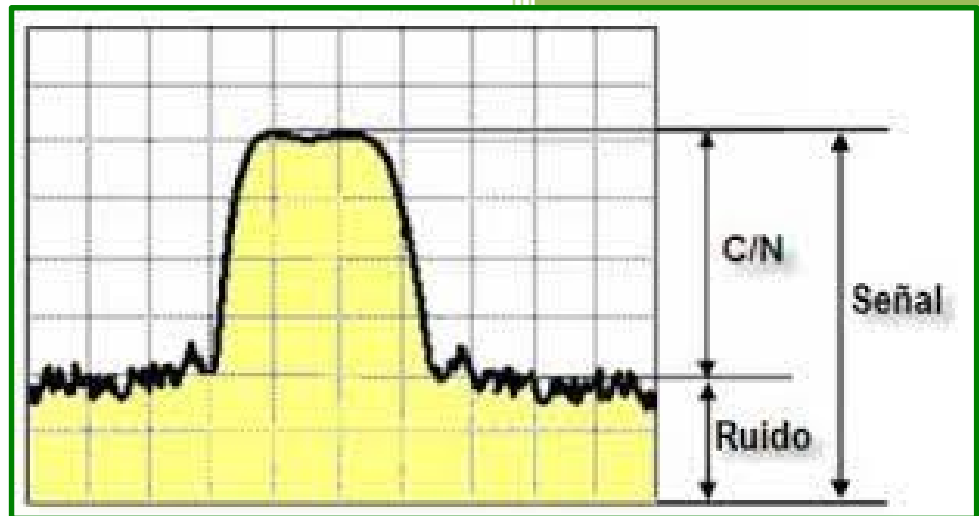


A2.7.

. Parámetros de calidad de la señal.



UD2

Transmisión de señales de
radio y TV terrestre

Índice

1. Parámetros de calidad de la señal	2
2. Nivel de potencia de un canal digital	2
3. Relación portadora-ruido C/N : Figura de ruido	3
Figura de ruido	5
4. Distorsión de la señal: relación de intermodulación	5
5. Interferencias: ecos	6
6. BER (Bit Error Rate)	8
7. MER (Modulation Error Rate)	9
8. Medida de la constelación	11
9. Información de estado del canal (CSI).	11

1. Parámetros de calidad de la señal

En las transmisiones de señal de televisión terrestre o de satélite, las medidas cuantitativas, como por ejemplo el nivel de señal, no garantizan la calidad de la imagen recibida, ya que también depende de otros factores, como el nivel de ruido o las interferencias.

En los sistemas digitales la calidad de la imagen siempre será óptima hasta que el decodificador sea incapaz de recuperar los errores de la señal, momento en el cual la imagen aparece pixelada y posteriormente desaparece de la pantalla.

Por ello, para garantizar la calidad de la imagen se precisa medidas específicas que evalúen los distintos parámetros de transmisión, que permitirán el ajuste de los sistemas para asegurar un funcionamiento correcto.

Estos parámetros en las transmisiones para la televisión digital serán:

- Nivel de potencia de un canal
- Relación portadora-ruido C/N en las tomas de usuario
- Distorsión de la señal: relación de intermodulación
- Interferencias: ecos
- BER (CBER y VBER)
- MER y constelaciones
- Información del estado del canal (CSI)

Para realizar estas medidas con el medidor de campo, este se debe configurar, si no lo está automáticamente con los parámetros adecuados. En España para el estándar DVB-T los parámetros son:

Ancho de banda	8 MHz
Modo de transmisión	8 k
Code Rate	2/3
Intervalo de guardia	1/4
Número de portadoras	6817
Ancho de banda efectivo	19,91 Mbps

2. Nivel de potencia de un canal digital

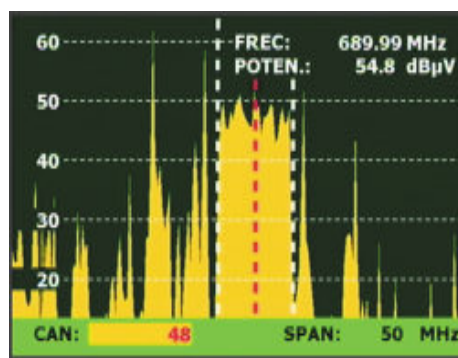
Conocer la potencia de un canal de transmisión es el primer paso para evaluar la calidad de una instalación.

Aunque se habla de potencia de la señal, lo que se mide realmente es la tensión eléctrica existente en los extremos de una resistencia de 75 Ω y por ello se utilizan los dB μ V como unidad. Como existe una relación directa entre estos dos parámetros, de forma que a mayor potencia de señal, más grande será la tensión que se mida.

En señales analógicas el nivel de potencia está determinado por el valor de su portadora, sin embargo, en el interior de un canal digital existen miles de portadoras distribuidas uniformemente por toda la anchura del canal, por lo que para conocer el nivel de potencia, el medidor divide el canal en pequeños segmentos y analiza el valor de cada uno, calculando después el valor medio.

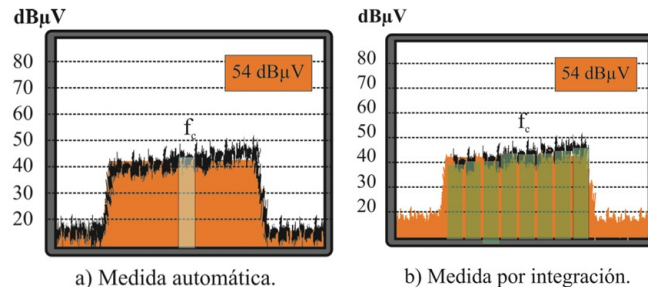
El reglamento establece los siguientes valores de nivel de potencia para los diferentes tipos de señal:

Tipo de canal	Nivel de señal	
COFDM-TV	47- 70	dB μ V
DAB-radio	30-70	dB μ V
FM- radio	40-70	dB μ V
QPSK – TV (satélite)	47-77	dB μ V
64QAM-TV (cable)	45-70	dB μ V

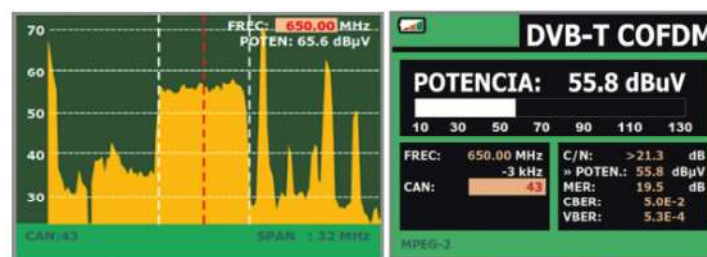


Para realizar la medida el medidor de campo puede utilizar dos métodos:

- **Automático.** Este método de medida se utiliza en el modo de TV. Como la señal en un canal digital está repartida por todo su ancho de banda, el equipo asume que la potencia del canal es uniforme. Como el ancho de banda del filtro utilizado en la medida es menor que el ancho de banda del canal, los medidores de campo realizan una corrección de manera automática cuando realizan la medida a la frecuencia central de la señal.



- **Integración en el modo espectro.** Este método realiza la medida por integración de toda la distribución espectral de la señal, es decir, va sumando el nivel de señal del filtro de medida, mientras se realiza el barrido de frecuencia. En este caso la medida es más precisa, ya que no se asume que el espectro es uniforme. Este método de medida se utiliza en el modo de analizador de espectros.

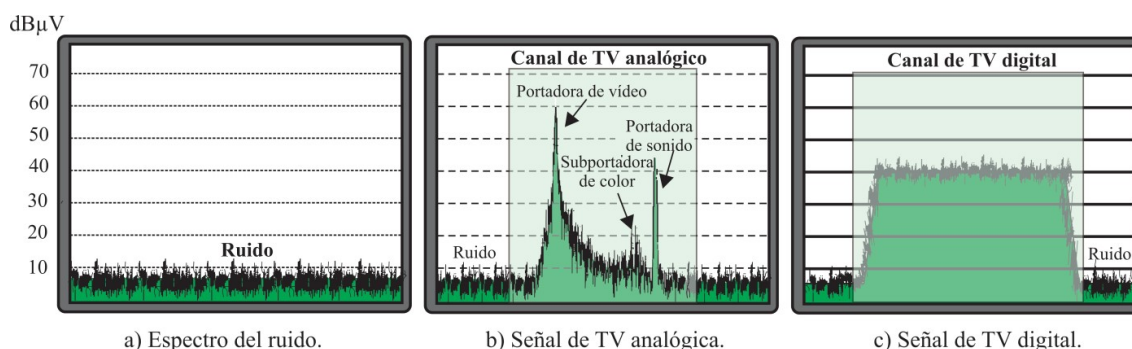
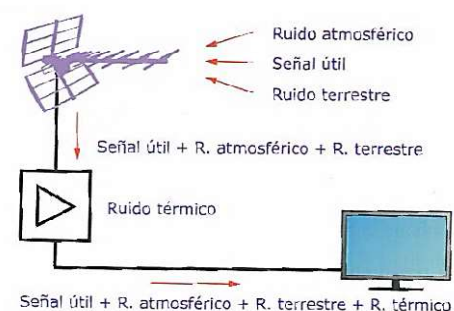


3. Relación portadora-ruido C/N : Figura de ruido

Se define ruido como una parte indeseable de la señal que acompaña a la información útil que se transmite en toda comunicación. El ruido puede ser de origen externo o interno al sistema.

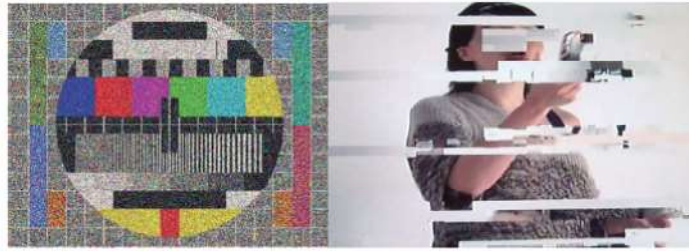
El **ruido externo** es debido a la emisión radioeléctrica de otras fuentes de distinta naturaleza y pueden agruparse en: ruido galáctico debido a la radiación en la banda de radiofrecuencia de las estrellas que forman la galaxia, emisión radioeléctrica de la tierra y de la atmosfera, ruido de origen atmosférico debido a las descargas eléctricas (rayos, relámpagos, etc.) y el ruido de origen humano e industrial, eléctrico, etc.

El **ruido interno** que es el debido a la propia antena y a todos los dispositivos que configuran la instalación de la red de distribución. Este ruido puede ser de distinta naturaleza pero el más significativo será el **ruido térmico** debido al movimiento aleatorio de las cargas eléctricas de un conductor.



A2.7. Parámetros de calidad de la señal.

El ruido en la televisión analógica se manifestaba en forma de nieve, en la tv digital produce una decodificación incorrecta de la señal COFDM, lo cual se traduce en anomalías en la imagen, congelación o desaparición momentánea de la imagen.

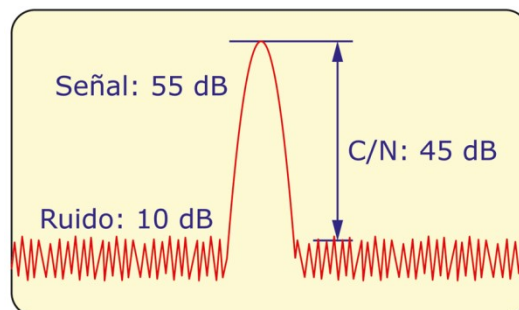


Para evaluar la calidad de una comunicación es mediante la llamada **relación portadora-ruido C/N** definida como la relación entre la potencia de señal útil recibida sin demodular (S) y la potencia de ruido (N)

$$C/N = S/N$$

Expresada en dB

$$C/N \text{ dB} = 10 \log S/N = S \text{ (dB}\mu\text{V)} - N \text{ (dB}\mu\text{V)}$$



El ruido limita la sensibilidad del receptor, por lo que a partir de ciertos niveles de ruido no es posible realizar una buena comunicación. Por ello la normativa da los siguientes valores como válidos para la relación C/N.

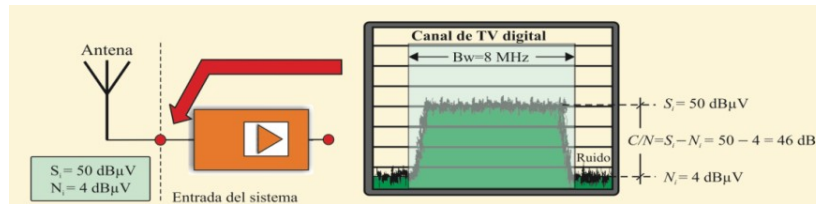
Tipo de canal	Relación portadora/ruido
COFDM-TV	≥25 dB
COFDM-DAB	≥18 dB
QPSK – TV (DVB-S)	>11 dB
QPSK – TV (DVB-S2)	>12 dB
64QAM-TV (cable)	≥28 dB

Las medidas de C/N se deben referir al ancho de banda del canal transmitido y **para poder medirlas correctamente se debe situar el canal en su frecuencia central.**

La medida de la relación portadora/ruido (C/N) es importante ya que un nivel de señal mayor no asegura una mejor calidad de la imagen.

Figura de ruido

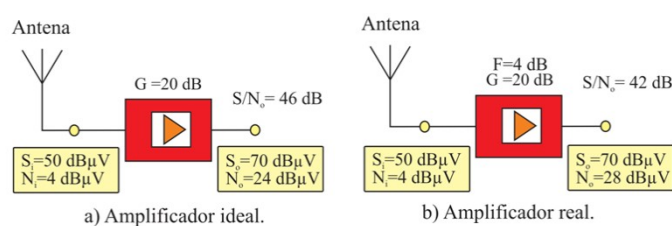
Todo elemento utilizado en un sistema introduce ruido. Así, tanto la antena como el cable y los amplificadores introducen ruido que empeora la calidad de la comunicación, es decir, disminuye la relación C/N .



Para evaluar el ruido que introduce un dispositivo se define la **figura de ruido (F)** que indica el nivel equivalente de ruido a la entrada del amplificador, de forma que el ruido equivalente total (N_T) a la entrada del amplificador depende del nivel de ruido real (N_i) expresado en $\text{dB}\mu\text{V}$ y del que introduce el dispositivo (F) expresado en dB :

$$N_T = N_i + F$$

De esta forma, a la salida de un amplificador se tiene una relación señal-ruido (C/N_o) que se puede evaluar en función del ruido equivalente en la entrada:



$$C/N_o = S_i - N_i - F = C/N_i - F$$

La figura de ruido está expresada en dB , pero tiene su término equivalente en unidades lineales, denominado **factor de ruido (f)**, de forma que:

$$F = 10 \times \log(f) \quad \text{por lo que } f = 10^{F/10}$$

4. Distorsión de la señal: relación de intermodulación

La distorsión de la señal se debe a la respuesta no lineal de los elementos activos de una instalación, sobre todo los amplificadores y dan lugar a efectos de intermodulación.

La intermodulación es la aparición de señales no deseadas por el batido de otras señales de diferente frecuencia que se produce generalmente cuando se amplifican señales en un amplificador.

La mayor parte de señales interferentes que se generan por la intermodulación no afectan al sistema, ya que caen fuera del ancho de banda del amplificador y, por tanto, quedan atenuadas por el filtro de salida. Pero otras pueden interferir en los canales de la misma banda de paso del amplificador, ya que aparece una interferencia que degrada la calidad de las señales de interés. La interferencia será mayor cuanto más grande sea el nivel de salida del amplificador, debido a su respuesta no lineal.

Existen diferentes maneras de evaluar el efecto de la distorsión no lineal y depende del tipo de señal que se amplifica (analógica o digital) y del ancho de banda del amplificador (monocanal o de banda ancha). El parámetro que permite evaluar la distorsión de una instalación es la relación de intermodulación (C/I), cuyos niveles permitidos por el reglamento son:

Tipo de canal	Relación intermodulación	
TV- AM	≥ 54	dB
TV-COFDM	≥ 30	dB
TV- QPSK	≥ 18	dB
TV -64QAM (cable)	≥ 35	dB

A2.7. Parámetros de calidad de la señal.

Este parámetro especifica la cantidad de señal interferente debido a intermodulación que puede soportar un canal de TV. Los canales digitales son más robustos a tal efecto.

En los sistemas de TV estos efectos se producen generalmente debido al batido de las frecuencias de un mismo canal entre sí (amplificadores monocanal) y por el efecto de estas con los otros canales (amplificadores de banda ancha)

La normativa ICT especifica que el nivel máximo de salida de los amplificadores es de 120 dBμV para canales analógicos y 113 dBμV para canales digitales en la banda de 47 a 862 MHz y de 110 dBμV para la banda de FI (950-2.100 MHz)

Por tanto, el parámetro que el fabricante de un amplificador para evaluar el fenómeno de al intermodulación es el nivel máximo de salida del amplificador. Si se supera este valor la relación portadora/interferencia de salida del amplificador será inferior al valor determinado por la normativa.

Por ello, en presencia de interferencias debidas a intermodulación es aconsejable disminuir el nivel de salida de los amplificadores utilizados, hasta que desaparezcan los efectos de la interferencia.

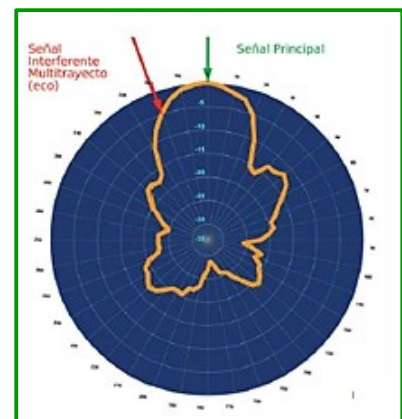


5. Interferencias: ecos

En las antenas receptoras, a menudo se reciben, junto a la señal directa, otras señales, reflejadas en objetos grandes, como edificios, montañas, etc., los llamados ecos multitrayecto o interferencias.

Existen dos tipos básicos de interferencias.

- **Espurio:** interferencias de frecuencia única de origen desconocido. La señal digital es bastante resistente a las interferencias de frecuencia única y un canal de TDT.
- **Interferencia de canal:** canal que interfiere en otro, generalmente debido a que un canal no deseado de la misma frecuencia que otro útil llega a la instalación.



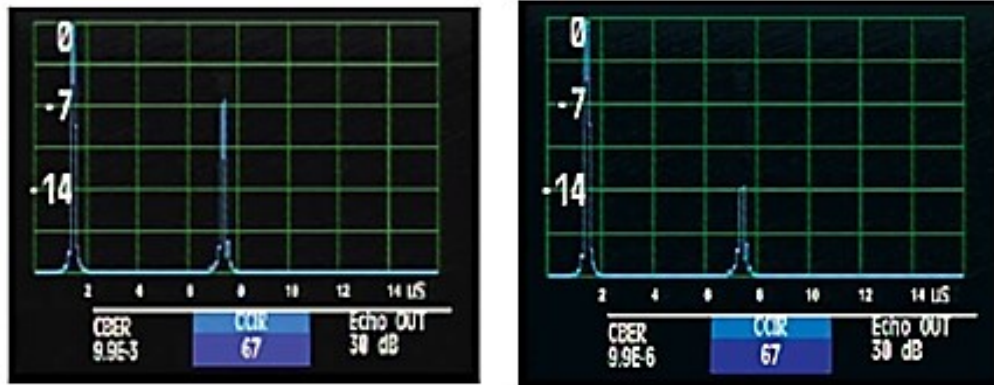
La norma DVB-T, que define el sistema de transmisión de la televisión terrestre, resuelve este inconveniente estableciendo un **intervalo de guarda**, de manera que durante ese periodo de tiempo el receptor no tiene en cuenta los ecos de las señales que recibe. Pero si el eco llega con un retardo superior al intervalo de guarda afectará a la calidad recibida, lo que hará en muchos casos imposible su recepción.

Los valores de intervalo de guarda son:

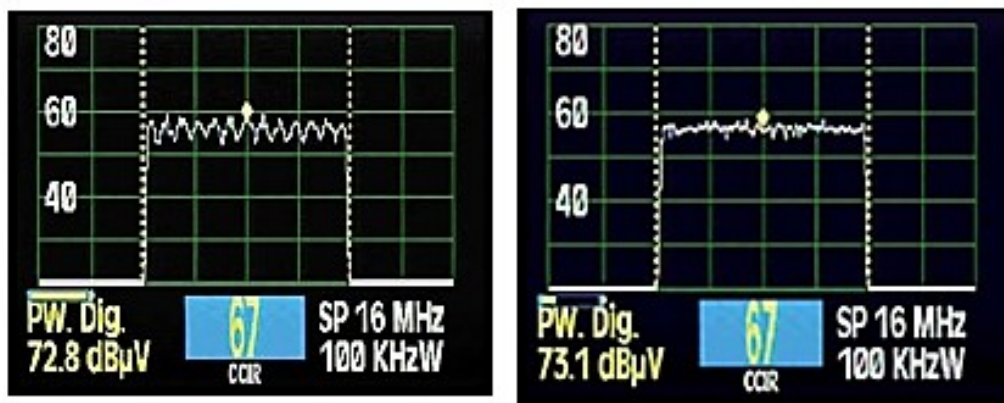
Interv. de guarda	Duración (μs)
1/4	224
1/8	112
1/16	56
1/32	28

En España el intervalo de guarda más utilizado es de 224 microsegundos.

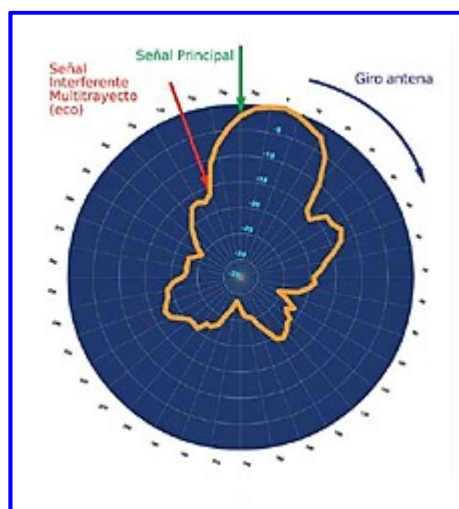
Para medir los ecos algunos medidores incorporan una función específica. Esta les permite representar la potencia con la que llegan estos ecos y el tiempo de retraso de la señal principal en μs o incluso la distancia a la que se ha producido, para facilitar la localización del origen del problema.



Otra manera de identificar los ecos es el rizado que puede llegar a adoptar la señal COFDM recibida. En la primera figura se puede observar el efecto de una señal COFDM con recepción de ecos (mayor rizado), frente a la segunda figura (mayor planicidad) en la que se ha minimizado el efecto.



Para reducir los efectos de los ecos se pueden emplear sistemas de captación más directivos o despuntar ligeramente la antena, aunque el resto de los parámetros de calidad empeoren, siempre que se mantengan en valores aceptables.



A2.7. Parámetros de calidad de la señal.

La normativa establece unos valores máximos de interferencias permitidas según la relación portadora/interferencia a frecuencia única, estos son:

Tipo de canal	Relación portadora/interferencia	
TV-AM	≥ 54	dB
COFDM-TV	≥ 10	dB
64QAM-TV (cable)	≥ 35	dB
QPSK – TV (DVB-S)	≥ 18	dB

6. BER (Bit Error Rate)

Una vez demodulada la señal de TV digital se somete a diversos procesos de corrección de errores a través del FEC (Forward Error Corrector). Este sistema aplica algoritmos a la señal corrigiendo los fallos, con el fin de que los datos sean interpretados correctamente por el decodificador MPEG, y se extraigan adecuadamente los servicios que contiene.

En todo proceso de comunicación existe el riesgo de que, a pesar de los sistemas de detección y corrección de errores, subsistan fallos irre recuperables por el sistema, que se convierten en pequeñas zonas de la imagen que permanecen congeladas durante un breve periodo de tiempo.

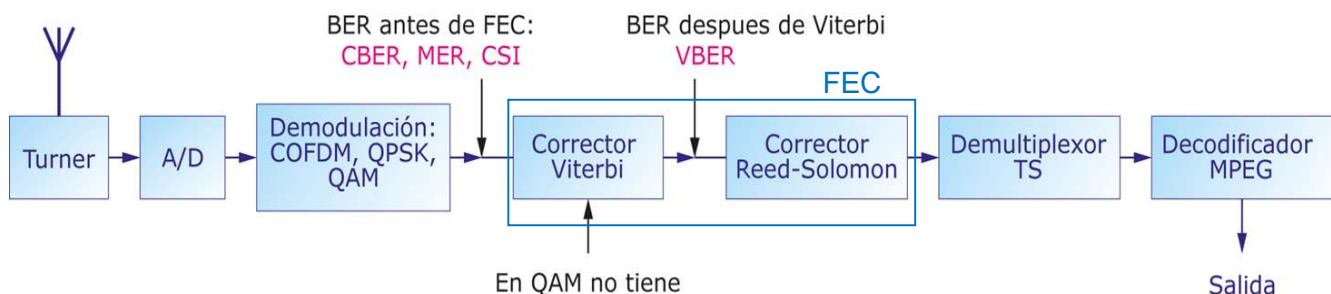
El parámetro que comprueba el buen funcionamiento de los sistemas de corrección de errores y de la calidad de la trama digital es la tasa de errores de bits (BER). Este factor analiza el número de fallos de la señal en relación con una hora de tiempo y asigna un valor proporcional a esta relación.

$$\text{BER} = \frac{\text{nº de bits erróneos}}{\text{nº de bits transmitidos}}$$

Por ejemplo un BER de $1,0 \text{ E-}5$ quiere decir 1 bit erróneo de cada 10.000 transmitidos o recibidos.

La cantidad de errores y, por lo tanto, la BER correspondiente, dependerá del lugar en que se realice la medida. Por tanto cada vez que se aplica una corrección de errores la tasa de errores varía, siendo necesario definir en qué punto de la cadena de recepción se debe realizar esta medida.

En el diagrama de bloques de un receptor de televisión digital se puede observar los puntos en los que los analizadores realizan las medidas.



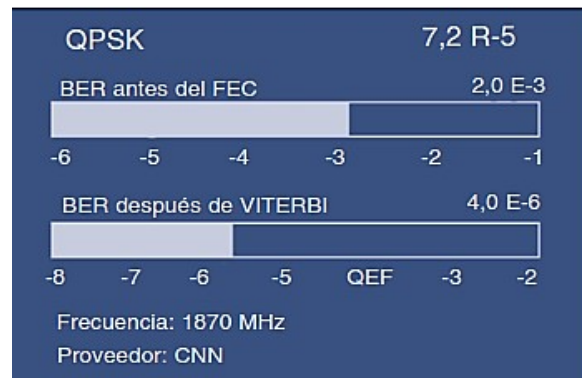
La señal que llega desde la antena se aplica, en primer lugar, a un sintonizador (TURNER), en el que se seleccionará el canal de radiofrecuencia que será procesado. A continuación, el demodulador interpretará las portadoras recibidas, y extraerá a partir de ellas los datos digitales que llegan desde la emisora. Esta trama digital recibida puede contener errores producidos durante la transmisión, que se corregirán en los siguientes bloques.

A2.7. Parámetros de calidad de la señal.

En receptores para televisión digital terrestre o satélite, la señal desmodulada se aplica en primer lugar a un decodificador de **tipo Viterbi** que realiza una primera corrección. Este bloque es configurable, según el grado de protección empleado en cada operador de televisión.

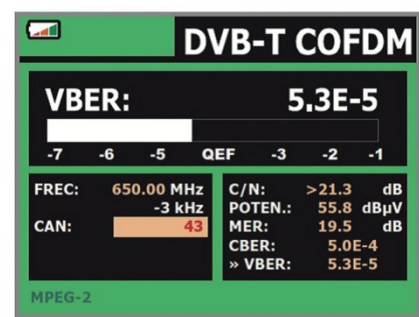
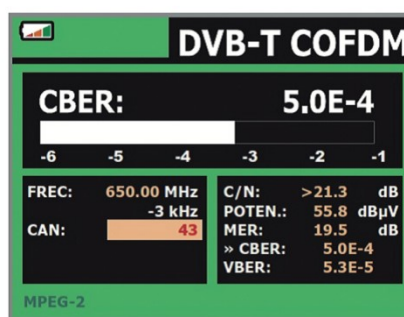
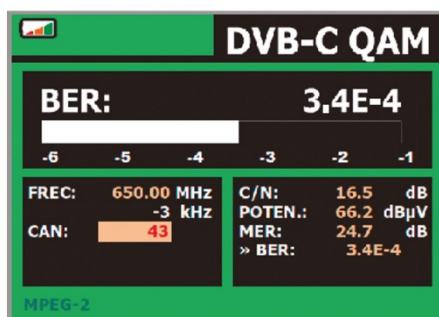
A continuación se encuentra un segundo corrector, de **tipo Reed-Solomon**, que tiene la capacidad de corrección fija, consiguiendo así un sistema mucho más efectivo. En transmisiones por cable, como el número de errores es menor, solo se pasa por el Reed-Solomon.

Si en un receptor digital de televisión se toma el valor de la BER a las salidas del demodulador y del corrector Viterbi se obtienen dos medidas distintas, cuya comparación permite comprobar la eficacia de los sistemas de corrección de errores.



Según el reglamento los valores mínimos que deben existir en la toma de usuario son:

COFDM-TV (BER)	9×10^{-5}
QPSK – TV (VBER)	9×10^{-5}
64QAM-TV (cable)(BER)	9×10^{-5}



7. MER (Modulation Error Rate)

Es la medida de la relación de modulación, es decir, mide los errores de fase y amplitud de las señales que se están recibiendo. Por tanto, mide la calidad de la modulación frente a los errores causados en la transmisión.

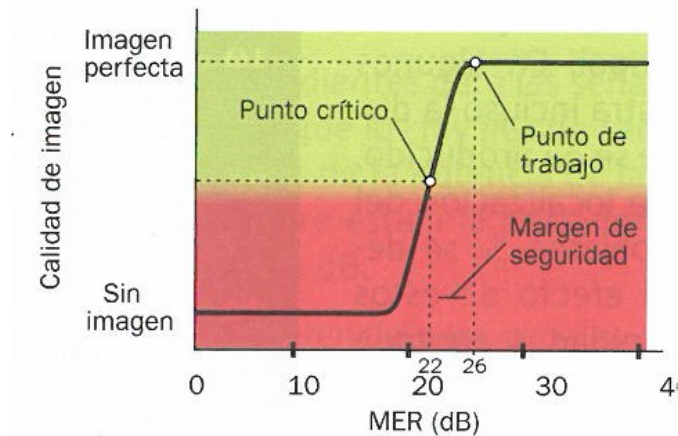
$$MER = \frac{\text{Potencia media símbolo caso ideal}}{\text{Potencia media de error}}$$

A2.7. Parámetros de calidad de la señal.

Asociada a esta medida está el **margen de seguridad** (MR) de la señal. En la figura se observa la calidad de la imagen en función de la variación de la MER para una señal de televisión digital terrestre. Aunque el valor exacto depende de cada receptor, se puede establecer el punto crítico de degradación de la imagen en un factor MER de 22 dB, es decir, por debajo de este valor la imagen se pixelará y se perderá el servicio.

Si la señal que se recibe presenta un MER de 26 dB, habrá un margen de seguridad de 4 dB hasta llegar a ese punto crítico, por lo que estaría asegurado la recepción incluso si la señal se degradara, como ocurre, por ejemplo, en caso de lluvia.

Por tanto cuanto mayor sea el factor MER más lejos se encontrará de la zona de funcionamiento crítico y por lo tanto, la transmisión será más segura.



Los valores mínimos de MER, que se miden en decibelios son:

Tipo de canal	Relación MER
COFDM-TV	22 (≥ 21) dB
QPSK – TV	8 dB
64QAM-TV (cable)	26 dB

Es un parámetro a tener muy en cuenta en localizaciones en las que la señal provenga de dos centros distintos y el nivel de señal recibida sea aproximadamente del mismo orden.

8. Medida de la constelación

Se define símbolo como la agrupación de n bits para su transmisión de manera conjunta.

La representación de todos los estados posibles de una modulación se denomina constelación. La constelación indica la amplitud (I) y la fase (Q) de cada uno de los símbolos de la modulación.

La visualización de la constelación proporciona un patrón visual, que permite apreciar de forma aproximada la calidad de la señal recibida.

Los medidores más avanzados permiten realizar comprobaciones de la precisión con que se reciben los símbolos de transmisión. Una vez sintonizados, se detectan las amplitudes y fases de las señales I y Q, representándolos sobre la pantalla del equipo de medida. Una rejilla sobre esta pantalla informará de los límites en los que se pueden mover los diferentes puntos, y se podrá tener una indicación visual de la calidad de recepción, en función del grado de nitidez que presente el gráfico.



9. Información de estado del canal (CSI).

Algunos medidores proporcionan un coeficiente de fiabilidad de la señal recibida, denominado **CSI** (*Channel State Information*). Se trata de un parámetro porcentual que sirve como medida complementaria de la calidad del sistema. Factores superiores al 50 por 100 permiten decodificar la trama digital, posibilitando la visualización de los programas que contiene.

Sin embargo, determinados servicios derivados de la interactividad del sistema (descargas de ficheros, navegación por Internet, etc.) pueden verse afectados ante valores bajos de este factor.

