



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

J.142

(05/2000)

SERIE J: TRANSMISIONES DE SEÑALES
RADIOFÓNICAS, DE TELEVISIÓN Y DE OTRAS
SEÑALES MULTIMEDIOS

Mediciones de la calidad de servicio

**Métodos para la medición de parámetros
en la transmisión de señales de televisión
digital por cable**

Recomendación UIT-T J.142

(Anteriormente Recomendación del CCITT)

RECOMENDACIONES UIT-T DE LA SERIE J
**TRANSMISIONES DE SEÑALES RADIOFÓNICAS, DE TELEVISIÓN Y DE OTRAS SEÑALES
MULTIMEDIOS**

Recomendaciones generales	J.1–J.9
Especificaciones generales para transmisiones radiofónicas analógicas	J.10–J.19
Características de funcionamiento de los circuitos radiofónicos	J.20–J.29
Equipos y líneas utilizados para circuitos radiofónicos analógicos	J.30–J.39
Codificadores digitales para señales radiofónicas analógicas	J.40–J.49
Transmisión digital de señales radiofónicas	J.50–J.59
Circuitos para transmisiones de televisión analógica	J.60–J.69
Transmisiones de televisión analógica por líneas metálicas e interconexión con radioenlaces	J.70–J.79
Transmisión digital de señales de televisión	J.80–J.89
Servicios digitales auxiliares para transmisiones de televisión	J.90–J.99
Requisitos operacionales y métodos para transmisiones de televisión	J.100–J.109
Sistemas interactivos para distribución de televisión digital	J.110–J.129
Transporte de señales MPEG-2 por redes de transmisión de paquetes	J.130–J.139
Mediciones de la calidad de servicio	J.140–J.149
Distribución de televisión digital por redes locales de abonados	J.150–J.159

Para más información, véase la Lista de Recomendaciones del UIT-T.

**Métodos para la medición de parámetros en la transmisión
de señales de televisión digital por cable**

Resumen

La presente Recomendación especifica métodos objetivos para la medición de parámetros en la transmisión de señales de televisión digital por cable. La Recomendación es aplicable a señales de televisión digital por cable que utilizan modulación con modulación por desplazamiento de fase (PSK), modulación de amplitud en cuadratura (QAM) y multiplexación por división ortogonal de frecuencia (OFDM). La medición de la interferencia mutua entre señales de televisión analógica y digital se describe también en los apéndices.

Orígenes

La Recomendación UIT-T J.142, preparada por la Comisión de Estudio 9 (1997-2000) del UIT-T, fue aprobada por el procedimiento de la Resolución 1 de la CMNT el 18 de mayo de 2000.

PREFACIO

La UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) es el organismo especializado de las Naciones Unidas en el campo de las telecomunicaciones. El UIT-T (Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT) es un órgano permanente de la UIT. Este órgano estudia los aspectos técnicos, de explotación y tarifarios y publica Recomendaciones sobre los mismos, con miras a la normalización de las telecomunicaciones en el plano mundial.

La Conferencia Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (CMNT), que se celebra cada cuatro años, establece los temas que han de estudiar las Comisiones de Estudio del UIT-T, que a su vez producen Recomendaciones sobre dichos temas.

La aprobación de Recomendaciones por los Miembros del UIT-T es el objeto del procedimiento establecido en la Resolución 1 de la CMNT.

En ciertos sectores de la tecnología de la información que corresponden a la esfera de competencia del UIT-T, se preparan las normas necesarias en colaboración con la ISO y la CEI.

NOTA

En esta Recomendación, la expresión "Administración" se utiliza para designar, en forma abreviada, tanto una administración de telecomunicaciones como una empresa de explotación reconocida de telecomunicaciones.

PROPIEDAD INTELECTUAL

La UIT señala a la atención la posibilidad de que la utilización o aplicación de la presente Recomendación suponga el empleo de un derecho de propiedad intelectual reivindicado. La UIT no adopta ninguna posición en cuanto a la demostración, validez o aplicabilidad de los derechos de propiedad intelectual reivindicados, ya sea por los miembros de la UIT o por terceros ajenos al proceso de elaboración de Recomendaciones.

En la fecha de aprobación de la presente Recomendación, la UIT no ha recibido notificación de propiedad intelectual, protegida por patente, que puede ser necesaria para aplicar esta Recomendación. Sin embargo, debe señalarse a los usuarios que puede que esta información no se encuentre totalmente actualizada al respecto, por lo que se les insta encarecidamente a consultar la base de datos sobre patentes de la TSB.

© UIT 2001

Es propiedad. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse o utilizarse, de ninguna forma o por ningún medio, sea éste electrónico o mecánico, de fotocopia o de microfilm, sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

ÍNDICE

		Página
1	Alcance	1
2	Referencias informativas	1
3	Términos y definiciones.....	2
4	Abreviaturas.....	2
5	Métodos objetivos para mediciones de parámetros en la transmisión de señales de televisión digital por cable.....	4
5.1	Medición de extremo a extremo de señales de televisión moduladas PSK, QAM.....	4
5.1.1	Aislamiento mutuo entre accesos de salida del sistema	7
5.1.2	Respuesta en amplitud dentro de un canal.....	7
5.1.3	Potencia de la portadora de RF	8
5.1.4	Potencia de ruido de RF.....	8
5.1.5	Relación portadora/ruido (C/N).....	9
5.1.6	Tasa de errores en los bits (BER)	9
5.1.7	BER en función de E_b/N_0	11
5.1.8	Margen de ruido.....	12
5.1.9	Tasa de errores de modulación (MER).....	13
5.1.10	Relación señal/ruido (S/N)	15
5.1.11	Vector de errores previstos (TEV).....	15
5.1.12	Fluctuación de fase de RF.....	17
5.1.13	Ecos (plantilla un igualador de medición).....	18
	Anexo A – Medición de extremo a extremo de señales de televisión moduladas OFDM.....	21
A.1	Medición de extremo a extremo de señales de televisión OFDM	21
A.1.1	Aislamiento mutuo entre salidas del sistema.....	21
A.1.2	Nivel de señal	21
A.1.3	Anchura de banda de la portadora	22
A.1.4	Límite de la sincronización de la C/N	22
A.1.5	C/N en función de BER	23
A.2	Medición de la BER de señales de televisión OFDM.....	24
A.2.1	BER en función de la intermodulación.....	24
A.2.2	BER en función de ecos.....	25
A.2.3	BER en función de la modulación de zumbido	26
A.2.4	BER en función de la fluctuación de fase.....	27
	Apéndice I – Notas relativas a la medición.....	27
I.1	Unidades de medición de RF	27
I.2	Precauciones con respecto a la medición de potencia de la señal de RF	27
I.2.1	Mediciones efectuadas con potenciómetros	28

	Página
I.2.2 Mediciones efectuadas con un analizador de espectro	28
I.3 Precauciones con respecto a la medición de la potencia de ruido de RF	29
I.3.1 Con un potenciómetro	29
I.3.2 Con un analizador de espectro	29
I.4 Correcciones por ruidos con valores cercanos	29
I.5 Aproximación de mediciones de potencia media y de la relación portadora/ruido	30
I.5.1 Medición con un analizador de espectro que no incluye la capacidad de medición de la densidad de espectro	30
I.5.2 Medición con un analizador de espectro que incluye la capacidad de medición de la densidad de espectro	31
I.5.3 Medición con un analizador de espectro que incluye la capacidad de medición de la densidad de espectro con normalización a cualquier anchura de banda	31
I.5.4 Mediciones de la relación portadora/ruido en servicio	31
I.6 Otros procedimientos para efectuar mediciones de la potencia media	32
I.7 Mediciones BER antes del decodificador FEC (velocidad bruta y velocidad neta) ...	32
Apéndice II – Perturbaciones resultantes de armónicos para la medición del margen de ruido	34
Apéndice III – Interferencia mutua entre señales analógicas y digitales.....	38
III.1 Interferencia mutua entre señales analógicas y digitales.....	38
III.1.1 Interferencia de señales digitales QAM-64 a señales analógicas NTSC	38
III.1.2 Interferencia de señales analógicas NTSC a señales digitales QAM-64	38

Introducción

La televisión digital produce nuevas degradaciones que repercuten en la calidad de la imagen recibida. Se necesitan mediciones objetivas de los parámetros de transmisión para asegurar una calidad de servicio óptima.

Recomendación UIT-T J.142

Métodos para la medición de parámetros en la transmisión de señales de televisión digital por cable

1 Alcance

La presente Recomendación especifica métodos objetivos para la medición de parámetros en la transmisión de señales de televisión digital por cable. Se hace aquí referencia a la calidad de funcionamiento de extremo a extremo de las señales de televisión digital por cable desde el origen de la señal hasta el receptor del usuario. En el anexo A especifica también la medición de las señales de televisión moduladas por división ortogonal de frecuencia (OFDM) en redes de cable. Esta cadena de transmisión contiene el sistema de distribución por cable, consistente en cables totalmente coaxial o fibra óptica y coaxial (HPC, *hybrid fibre coaxial*) y puede también contener los enlaces de satélite, enlaces terrenales y/o enlaces de red de banda ancha que pueden suministrar fuentes para el extremo de cabecera del cable.

Dado que existen diversas mediciones muy distintas, específicas de sistemas de satélite, de microondas y terrenales, no parece ser este documento el lugar más conveniente para definir las.

Se recomienda que para todas las mediciones de la calidad de las señales suministradas por un sistema de televisión por cable sin transmodulación, donde la señal original proviene de un sistema de satélite (QPSK, BPSK, etc.), de un sistema terrenal (8-VSB o COFDM) o de un sistema de distribución multipunto de microondas, se tomen como referencia los correspondientes documentos del UIT-T relativos a estos sistemas que están o puedan estar disponibles.

2 Referencias informativas

Las siguientes Recomendaciones del UIT-T y otras referencias contienen disposiciones que, mediante su referencia en este texto, constituyen disposiciones de la presente Recomendación. Al efectuar esta publicación, estaban en vigor las ediciones indicadas. Todas las Recomendaciones y otras referencias son objeto de revisiones por lo que se preconiza que los usuarios de esta Recomendación investiguen la posibilidad de aplicar las ediciones más recientes de las Recomendaciones y otras referencias citadas a continuación. Se publica periódicamente una lista de las Recomendaciones UIT-T actualmente vigentes.

- UIT-T J.82 (1996), *Transporte de señales de televisión con velocidad binaria constante MPEG-2 en la red digital de servicios integrados de banda ancha.*
- UIT-T J.83 (1997), *Sistemas digitales multiprogramas para servicios de televisión, sonido y datos de distribución por cable.*
- UIT-T J.131 (1998), *Transporte de señales MPEG-2 en redes con jerarquía digital plesiócrona.*
- UTU-T J.132 (1998), *Transporte de señales MPEG-2 en redes con jerarquía digital síncrona.*
- UIT-T J.140 (1998), *Evaluación subjetiva de la calidad de imagen para sistemas de televisión digital por cable.*
- UIT-T P.910 (1999), *Métodos de evaluación subjetiva de la calidad vídeo para aplicaciones multimedia.*

3 Términos y definiciones

En esta Recomendación se definen los términos siguientes.

3.1 televisión por cable: Sistema de comunicaciones que distribuye señales radiodifundidas y no radiodifundidas, así como una multiplicidad de señales de satélite que originan la programación y otras señales por medio de cable coaxial y/o fibra óptica.

3.2 MPEG-2: Sistema de codificación de señales de audio y vídeo definido en ISO/CEI 13818 | UIT-T H.222 y H.262.

3.3 múltiplex: Un tren de todos los datos digitales que transporta uno o más servicios por un solo canal físico.

3.4 información de servicio (SI, *service information*): Datos digitales que describen el sistema de entrega, el contenido y el horario/temporización para difundir trenes de datos, etc. Incluye información específica de programa MPEG-2 junto con extensiones definidas independientemente.

3.5 tren de transporte (TS): TS es un tren de transporte.

3.6 aislamiento mutuo: La atenuación entre accesos de salida de sistemas especificados en cualquier frecuencia dentro de la gama del sistema investigado. Se especifica siempre, para cualquier instalación determinada, como el valor mínimo obtenido dentro de los límites de frecuencia especificados.

4 Abreviaturas

En esta Recomendación se utilizan las siguientes siglas.

8-VSB	Banda lateral residual -8 (<i>eight vestigial sideband</i>)
BER	Tasa de errores en los bits (<i>bit error rate</i>)
BPSK	Modulación por desplazamiento de fase binaria (<i>binary phase shift keying</i>)
BW	Anchura de banda (<i>bandwidth</i>)
C/N	Relación portadora/ruido (<i>carrier to noise ratio</i>)
CSO	Batido de segundo orden compuesto (<i>composite second order beat</i>)
CTB	Batido triple compuesto (<i>composite triple beat</i>)
CATV	Televisión por cable (<i>cable television</i>)
COFDM	Multiplexación por división ortogonal de frecuencia codificada (<i>coded orthogonal frequency division multiplex</i>)
CW	Onda continua (<i>continuous wave</i>)
dB	Decibelios (<i>decibels</i>)
dBc	Decibelios por debajo de una portadora utilizada como referencia (<i>decibels below a carrier used as reference</i>)
dBm	Decibelios relativos a 1 mW (<i>decibels referred to a 1 mW power</i>)
dB μ V	Decibelios relativos a un nivel de señal rms de 1 microvoltio (<i>decibels referred to a 1 microvolt rms signal level</i>)
dBmV	Decibelios referidos a un nivel de señal rms de 1 milivoltio (<i>decibels referred to a 1 millivolt rms signal level</i>)
DVB	Radiodifusión de vídeo digital (<i>digital video broadcasting</i>)

DVB-SI	Radiodifusión de vídeo digital – Información de servicio (<i>digital video broadcasting – service information</i>)
EB	Bloque con errores (<i>errored block</i>)
Eb	Energía por bit (<i>energy per bit</i>)
ES	Segundo con errores (<i>errored second</i>)
FEC	Corrección de errores hacia adelante (<i>forward error correction</i>)
GHz	Gigahertzios (10^9 Hz) [<i>Giga Hertz (10^9 Hz)</i>]
Hz	Hertzios (1 ciclo por segundo) [<i>Hertz (1 cycle per second)</i>]
I/Q	En fase/fase en cuadratura (<i>in-phase/quadrature-phase</i>)
kHz	kilohertzios (1000 Hz) [<i>kilo Hertz (100 Hz)</i>]
MATV	Televisión de antena colectiva (<i>master antenna television</i>)
MER	Tasa de errores de modulación (<i>modulation error ratio</i>)
MHz	Megahertzios (10^6 Hz) [<i>mega Hertz (10^6 Hz)</i>]
MMDS	Sistema de distribución multipunto multicanal (<i>multichannel multipoint distribution system</i>)
MPEG	Grupo de expertos en codificación de imágenes en movimiento (<i>motion picture experts group</i>)
MVDS	Sistema de distribución vídeo multicanal (<i>multichannel video distribution system</i>)
mW	Milivatio (<i>milliwatt</i>)
NM	Margen de ruido (<i>noise margin</i>)
No	Potencia de ruido normalizada a 1 Hz (<i>noise power normalized to 1 Hz</i>)
°	Grados Celsio (<i>degrees celsius</i>)
OFDM	Multiplexación por división ortogonal de frecuencia (<i>orthogonal frequency division multiplex</i>)
PRBS	Secuencia binaria pseudoaleatoria (<i>pseudo random binary sequence</i>)
PSI	Información específica de programa (<i>program specific information</i>)
PSK	Modulación por desplazamiento de fase (<i>phase shift keying</i>)
QEF	Cuasi sin errores (<i>quasi error free</i>)
QAM	Modulación de amplitud en cuadratura (<i>quadrature amplitude modulation</i>)
QPSK	Modulación por desplazamiento de fase cuaternaria (<i>quaternary phase shift keying</i>)
RF	Radiofrecuencia (<i>radio frequency</i>)
R-S	Reed-Solomon
RMS	Valor cuadrático medio (<i>root mean square</i>)
S/N	Relación señal/ruido (<i>signal to noise ratio</i>)
SDP	Periodo con muchas perturbaciones (<i>severely disturbed period</i>)
SES	Segundo con muchos errores (<i>severely errored second</i>)
SHF	Ondas centimétricas (<i>super high frequency</i>)
SI	Información de servicio (<i>service information</i>)

SMATV	Antena colectiva de televisión por satélite (<i>satellite master antenna television</i>)
TC8PSK	Modulación por desplazamiento de fase con codificación reticular-8 (<i>trellis coded 8 phase shift keying</i>)
TCM	Modulación codificada en rejilla (<i>trellis coded modulation</i>)
TEV	Vector de errores previstos (<i>target error vector</i>)
TS	Tren de transporte (<i>transport stream</i>)
UIT-R	Unión Internacional de Telecomunicaciones – Sector de Radiocomunicaciones
UIT-T	Unión Internacional de Telecomunicaciones – Sector de normalización de las Telecomunicaciones
Ut	Tiempo de indisponibilidad (<i>unavailable time</i>)
XM	Transmodulación (<i>cross modulation</i>)

5 Métodos objetivos para mediciones de parámetros en la transmisión de señales de televisión digital por cable

En la figura 5-1 se muestra una visión general del sistema de distribución por cable. Prescindiendo de la complejidad del sistema, sólo se especificará el método para la medición de parámetros de extremo a extremo. En la figura 5-2 se muestra el sistema SMATV/MATV como un subsistema del sistema de distribución por cable. La presente Recomendación es aplicable a cualquier sistema digital de distribución por cable (incluidos los sistemas de recepción individuales) que tienen una salida de cable coaxial y están destinados principalmente a señales de televisión y radiofónicas que funcionan entre 30 MHz y 2150 MHz.

En futuros trabajos se tendrá en cuenta una ampliación de esa gama de frecuencias, de 5 a 3000 MHz.

Esta Recomendación establece los métodos básicos de medición de las características de funcionamiento de los sistemas de distribución digital por cable que tienen salidas de cable coaxial con el fin de evaluar la calidad de funcionamiento de esos sistemas y los límites de la misma.

5.1 Medición de extremo a extremo de señales de televisión moduladas PSK, QAM

Los métodos de medición enumerados a continuación se aplican a señales moduladas digitalmente PSK, QAM y OFDM. Para la transmisión de señales VSB por cable pueden ser necesarios otros métodos de medición que actualmente están en estudio:

- aislamiento mutuo entre salidas de sistema,
- respuesta en amplitud dentro de un canal,
- potencia de la portadora RF,
- potencia de ruido RF,
- relación portadora/ruido (C/N),
- tasa de errores en los bits (BER),
- BER en función de E_b/N_0 ,
- margen de ruido,
- tasa de errores de modulación (MER),
- relación señal/ruido (S/N),
- fluctuación de fase RF,
- ecos.

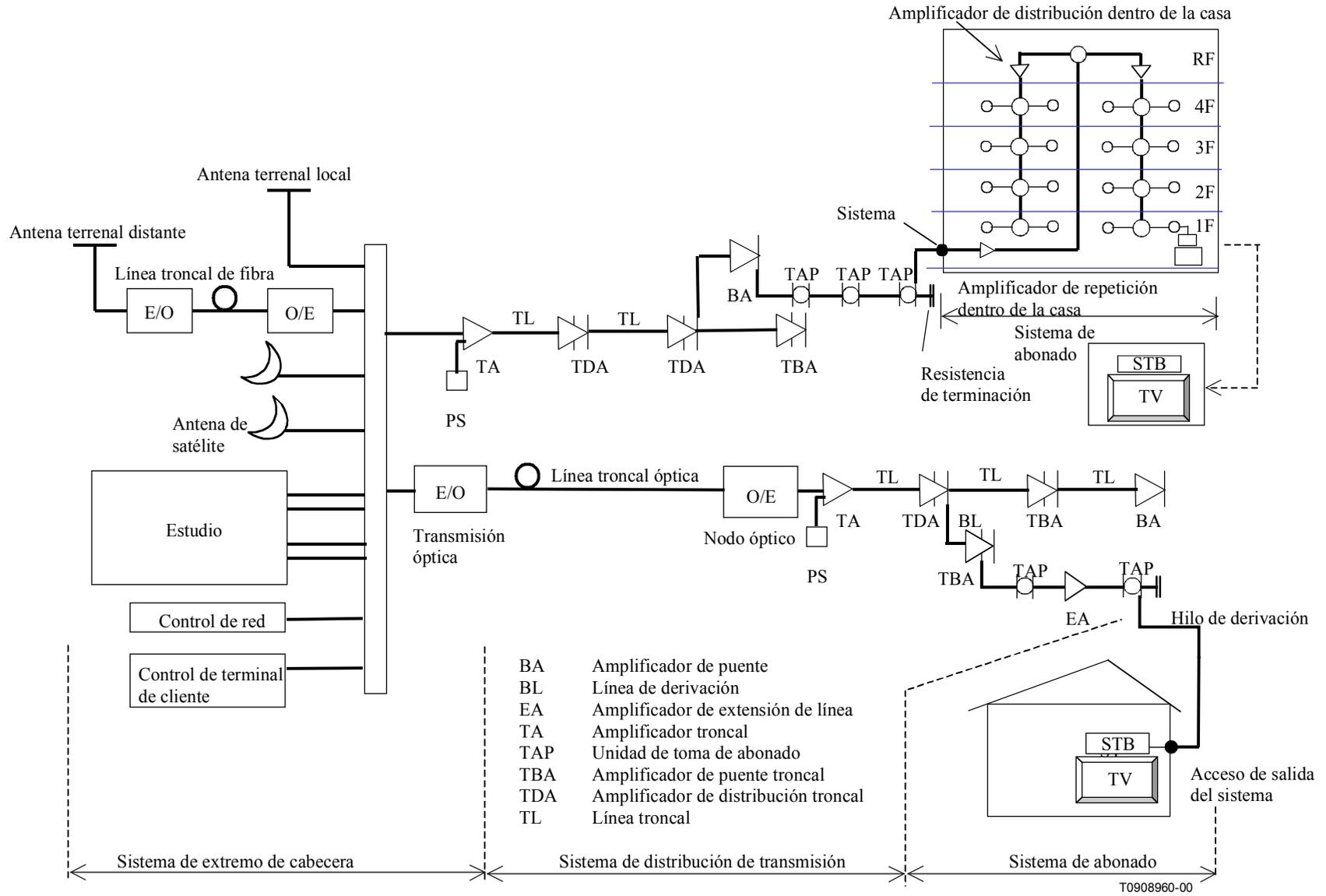


Figura 5-1/J.142 – Ejemplo de sistema de distribución por cable para señales de televisión y radiofónicas

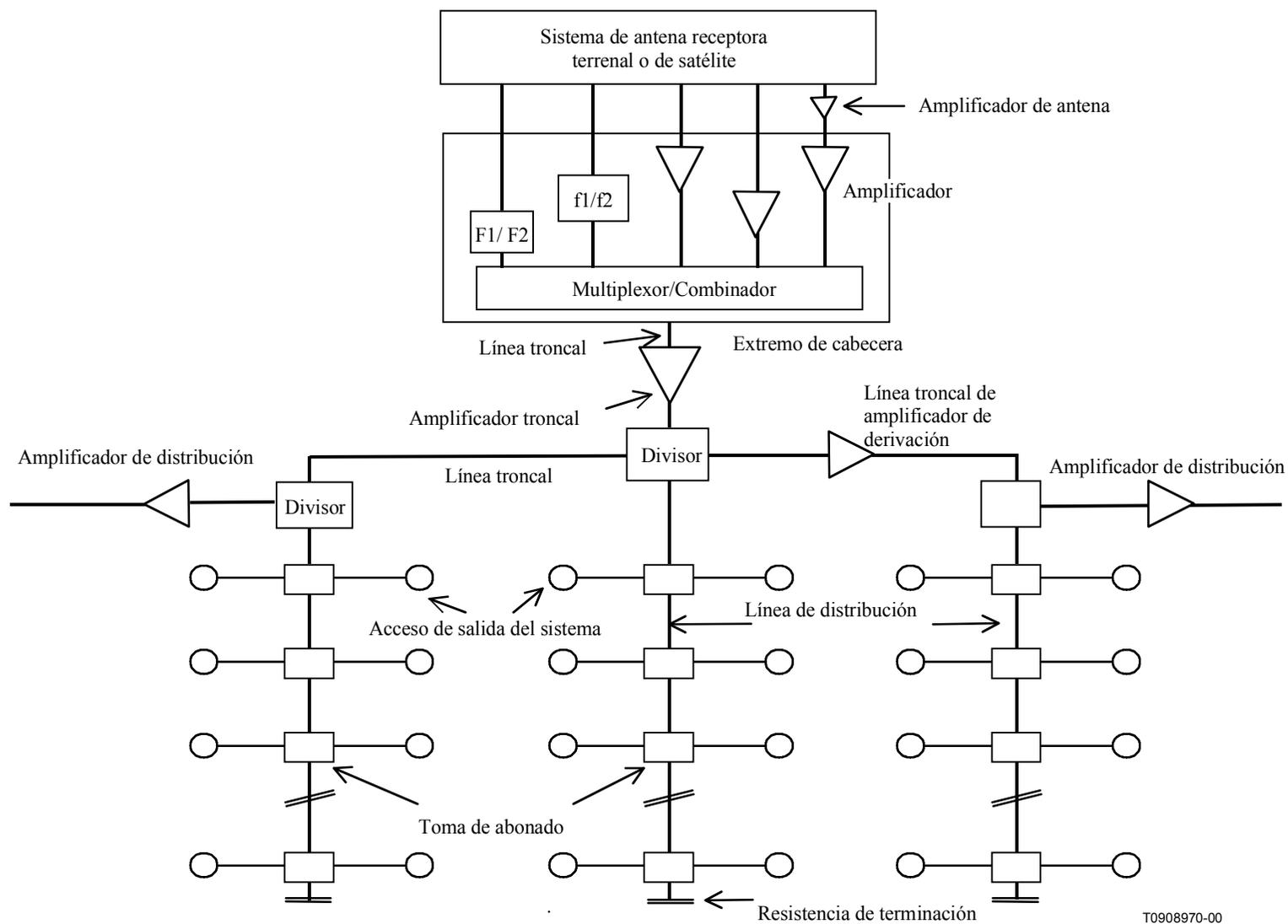


Figura 5-2/J.142 – Ejemplo de sistema de televisión de antena colectiva terrenal (MATV) o por satélite

Los métodos de medición de señales moduladas digitalmente son distintos de los métodos de modulación analógica por varias razones:

- a) excepto en el caso de la transmisión VSB, la portadora no está presente en la señal modulada y, por lo tanto, no puede medirse (por ejemplo, en sistemas con modulación PSK o QAM, como se indica en UIT-T J.83), o hay miles de portadoras moduladas (por ejemplo, en sistemas con OFDM, comprendidas portadoras piloto y modulación BPSK, QPSK y QAM);
- b) la señal modulada tiene un espectro uniforme en la anchura de banda y es similar al ruido;
- c) los parámetros que afectan la calidad de la señal recibida están relacionados con los errores en los bits y en las palabras introducidos por el canal (ruido, desigualdades de la respuesta en amplitud y de la respuesta de fase, ecos, etc.) antes de la demodulación y de la corrección de errores.

Los métodos de medición de señales moduladas digitalmente parten del supuesto de que:

- a) el tren de transporte (TS, *transport stream*) MPEG-2 es la señal de entrada y salida especificada para todos los sistemas de línea de base, es decir, de satélite, de cable, de antena colectiva de televisión por satélite (SMATV, *satellite master antenna television*), de distribución multipunto multicanal/distribución vídeo multicanal (MMDS/MVDS) y de distribución terrenal;
- b) las señales moduladas digitalmente recibidas por el satélite están moduladas en formato PSK, es decir, para el formato QPSK, y pueden ser distribuidas en el mismo formato en los sistemas de cable (sistemas SMATV);
- c) las señales moduladas digitalmente recibidas por el satélite se distribuyen en sistemas de televisión digital en formato QAM;
- d) las señales moduladas digitalmente recibidas de la radiodifusión terrenal en formato OFDM se distribuyen en sistemas SMATV/televisión por cable en el mismo formato OFDM;
- e) se disponga de una fuente de señal de banda de base I/Q para formatos PSK, QAM u OFDM, las interfaces son adecuadas y están accesibles y son compatibles con los documentos SI correspondientes;
- f) está disponible un receptor de referencia para formatos PSK, QAM u OFDM donde se indican las interfaces adecuadas;
- g) la aplicación del decodificador no afecte la coherencia de los resultados.

5.1.1 Aislamiento mutuo entre accesos de salida del sistema

En general, el aislamiento se medirá entre:

- a) salidas del sistema conectadas a tomas adyacentes de los abonados;
- b) salidas del sistema conectadas a la misma toma múltiple de los abonados;
- c) salidas del sistema de bucle adyacente.

Como para las señales moduladas analógicas, el método de medición se basa en la utilización de un generador de barrido.

5.1.2 Respuesta en amplitud dentro de un canal

El método descrito se aplica a la medición de la respuesta en amplitud de sistemas de distribución por cable en la gama de frecuencias de un canal entre dos puntos específicos dentro del sistema.

No obstante, cuando las señales de entrada al sistema son demoduladas en banda de base y, posteriormente, moduladas en las frecuencias de la portadora del sistema, no se incluirá la respuesta de ningún demodulador ni modulador. Si es necesario incluir las características de estos elementos, se realizará una evaluación separada utilizando las técnicas de prueba aplicables a cada equipo.

Si el sistema contiene un equipo, con frecuencias variables, entre la entrada de la antena y la salida del sistema en el que se van a realizar las pruebas, la calibración de ese equipo se efectuará en las frecuencias de salida, una vez que se haya verificado que la salida del generador de frecuencias también es uniforme en el canal de entrada.

Como para las señales moduladas analógicas, el método de medición se basa en la utilización de un generador de barrido.

5.1.3 Potencia de la portadora de RF¹

La potencia de RF de las portadoras moduladas digitalmente (potencia deseada) viene definida por la potencia media calculada por un medidor de potencia térmico. Puede medirse también con un analizador de espectro que integra la potencia espectral en la anchura de banda nominal del canal. (Se dispone de esta facilidad en varios modelos de analizadores de espectro.)

La anchura de banda de canal (BW, *bandwidth*) para señales PSK, QPSK y QAM se define como la velocidad de símbolos por $(1 + \alpha)$, donde el valor de α (alfa), exceso de anchura de banda del filtro, se define en cada aplicación. La anchura de banda para señales OFDM es la banda contenida entre las dos portadoras más exteriores.

La potencia de la portadora de RF se expresa en dBm (dB con respecto a 1 mW de potencia).

Puede utilizarse también un analizador de señales de vector, o cualquier otro dispositivo adecuado diseñado y calibrado para medir la potencia de RF de las señales moduladas digitalmente.

Deben tomarse ciertas precauciones al efectuar la medición de la potencia de la portadora de RF, véase I.2.

La medición puede efectuarse en la salida del sistema, en la salida del equipo de distribución (pasiva o activa), en la salida del extremo de entrada o en la salida de una unidad externa (receptor SHF) para recepción de satélite.

5.1.4 Potencia de ruido de RF

En todo sistema de transmisión el ruido está siempre presente y ocasiona importantes degradaciones en las señales transmitidas.

La potencia de ruido (o potencia no deseada) se define por la potencia media calculada por un medidor de potencia térmico. Puede medirse también con un analizador de espectro que integra la potencia espectral en la anchura de banda nominal del canal.

Para realizar la medición, la portadora del canal sometida a prueba debe estar desconectada (fuera de servicio). La anchura de banda para la medición de la potencia de ruido RF debe ser la misma que la utilizada para la potencia de portadora RF (véase la sección anterior).

La potencia de ruido de RF se expresa en dBm (dB con respecto a 1 mW de potencia).

Para medir la potencia de ruido de RF puede utilizarse también un analizador de señales de vector.

La medición puede efectuarse en la salida del sistema, en la salida del equipo de distribución (pasiva o activa), en la salida del extremo de entrada o en la salida de una unidad externa (receptor SHF) para recepción de satélite.

Deben tomarse ciertas precauciones al efectuar la medición de la potencia de ruido de RF véase I.3.

La anchura de banda del canal (BW) para señales PSK, QPSK y QAM se define como la velocidad de símbolos.

¹ Este término se utiliza por motivos de conveniencia aunque podría emplearse portadora suprimida.

5.1.5 Relación portadora/ruido (C/N)

La relación portadora/ruido se define como la diferencia en dB entre la potencia de la portadora de RF y la potencia de ruido de RF, medidas ambas en la forma descrita anteriormente.

En I.5 figura una explicación de un procedimiento aproximado.

5.1.6 Tasa de errores en los bits (BER)

La BER es el parámetro primario que describe la calidad de la transmisión digital. Se define como la tasa entre los bits con errores y el número total de bits recibidos.

Las mediciones de la BER fuera de servicio se efectúan antes del decodificador FEC y miden el número total de errores recibidos. La medición se efectúa aplicando una secuencia binaria pseudoaleatoria (PRBS, *pseudo random binary sequence*) al modulador en el extremo de entrada.

Es posible efectuar mediciones en servicio con datos reales utilizando las capacidades de detección de errores de la parte corrección de errores R-S del decodificador FEC. Este método proporciona una medida estadística de la calidad de funcionamiento de la señal recibida.

En ambos tipos de medición, si se hace referencia a la BER medida, se indicará con los resultados la velocidad binaria bruta o la velocidad binaria neta. Se indicará también con los resultados el punto en el que se efectúa la medición de la BER.

5.1.6.1 Medición fuera de servicio de la BER bruta antes del decodificador FEC

Si las mediciones de la BER antes del decodificador FEC oscilan entre 10^{-2} y 10^{-4} , esa medición puede efectuarse en un lapso de tiempo razonable.

Este método de medición puede efectuarse cuando el equipo está fuera de servicio.

En la figura 5-3 se muestra la configuración de la prueba para medir la BER.

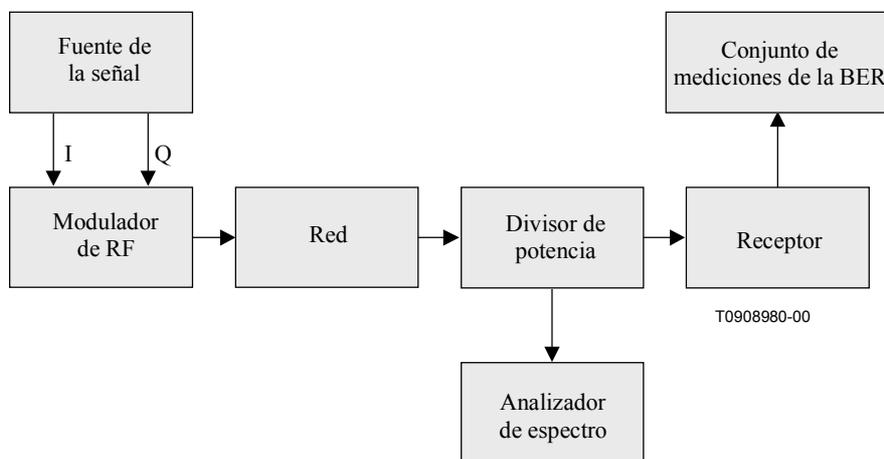


Figura 5-3/J.142 – Configuración de prueba para medir la BER

Activar la modulación y medir la BER, calculando los bits con errores durante un tiempo suficientemente prolongado para calcular como mínimo 100 bits con errores. Compárese este número con el número total de bits transmitidos en ese periodo (velocidad binaria bruta). Para más información sobre velocidades binarias bruta y neta, véase I.7.

5.1.6.2 Medición en servicio antes del decodificador FEC

A continuación se hace referencia a la medición de la BER bruta efectuada antes del decodificador FEC.

Si los errores que se producen en el decodificador FEC son aleatorios (sin ráfaga de errores) y tienen un nivel por debajo de 2×10^{-4} , se considera que la salida del decodificador R-S está casi exenta de errores (QEF). QEF significa que hay menos de un evento de error no corregido por hora de transmisión, la cual corresponde a una tasa de errores en los bits (BER) = 10^{-10} a 10^{-11} en la salida del decodificador R-S. En esta situación, la velocidad de errores no puede medirse tras la corrección de errores.

Para efectuar la medición, la salida del decodificador FEC (suponiendo que está exenta de errores) se codifica FEC hacia atrás y se retroalimenta para compararla con una versión retardada y almacenada en memoria intermedia del tren de transporte (TS) en la entrada del decodificador FEC. El número de bits erróneos se computa como la diferencia entre los dos TS (BER bruta teniendo en cuenta la sincronización, la alineación de trama y la codificación de los datos sin información útil para el usuario).

Este procedimiento se considera válido cuando no quedan errores sin corregir en el tren de transporte.

5.1.6.3 Medición en servicio después del decodificador FEC

A continuación se hace referencia a las mediciones efectuadas después del decodificador FEC.

En el caso de ráfagas de errores graves, el algoritmo de corrección de errores puede tener una sobrecarga y ser incapaz de corregir los errores en el paquete TS. Si es así, se colocará el bit `transport_error_indicator` (indicador de errores del tren de transporte) del paquete de transporte afectado.

Si se calcula el número de paquetes con errores comparándolos con el tiempo, se puede obtener una definición de los tipos de medición de errores siguientes:

Bloque con errores (EB, *errored block*)

Paquete de tren de transporte con al menos un error no corregible, que se indica mediante el conjunto de banderas `transport_error_indicator`.

Pérdida de sincronización

Aparición de dos o más bytes de sincronización corruptos consecutivos.

Periodo con muchas perturbaciones (SDP, *severely distributed period*)

Duración de la pérdida de sincronización o pérdida de señal.

Segundo con errores (ES, *errored second*)

Periodo de un segundo con uno o más bloques con errores.

Segundo con muchos errores (SES, *severely errored second*)

Periodo de un segundo que contiene más de un porcentaje específico de bloques con errores o, como mínimo, un SDP.

Este porcentaje debe estar sujeto al acuerdo de las partes que intercambian el tren de transporte.

Tiempo de indisponibilidad (U_t , *unavailable time*)

Periodo de tiempo no disponible que comienza cuando se inician 10 eventos SES consecutivos. Se considera que estos 10 eventos forman parte del tiempo no disponible.

Un periodo de tiempo disponible comienza cuando se inician 10 eventos no SES consecutivos. Se considera que estos 10 eventos forman parte del tiempo disponible.

5.1.7 BER en función de E_b/N_0

Este método se aplica a la medición de la tasa de errores en los bits (BER, *bit error ratio*) de señales moduladas digitalmente con formatos PSK o QAM. La medición de BER en función de E_b/N_0 permite que se trace un gráfico y que se compare con un gráfico teórico, que muestra la degradación del sistema en una gama de tasas de errores en los bits como la diferencia en E_b/N_0 entre los dos gráficos en una BER deseada. La BER residual en valores E_b/N_0 altos es un indicador de posibles problemas en la red. La gama BER que interesa es 10^{-7} a 10^{-3} .

La medición se realiza en la salida del sistema de una red de distribución de cable mientras que la señal modulada con el formato adecuado se aplica en la entrada del extremo de entrada o en la salida de la red de distribución, según la parte del sistema que se va a medir.

El extremo de entrada puede incluir convertidores de modulación (por ejemplo, del formato PSK al formato QAM).

Este método de medición puede efectuarse cuando el equipo está fuera de servicio.

En la figura 5-4 se muestra la configuración de prueba para medir la BER en función de E_b/N_0 .

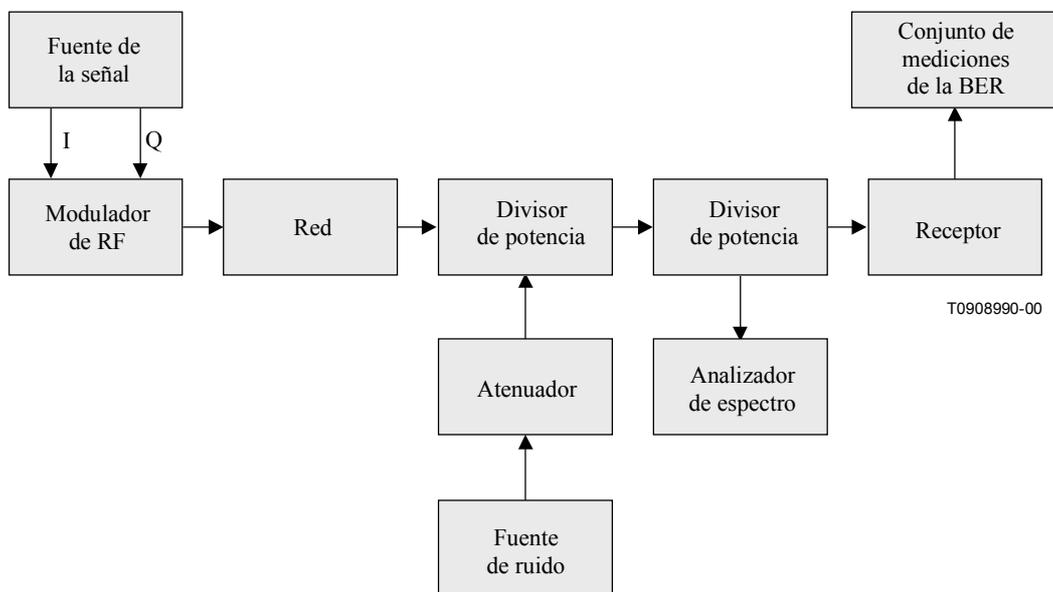


Figura 5-4/J.142 – Configuración de prueba para medir la BER en función de la relación E_b/N_0 y para medir el margen de ruido

Calcular E_b/N_0 a partir de la fórmula siguiente:

$$(E_b/N_0)_{dB} = (C/N)_{dB} - 10 \lg m$$

$$(E_b/N_0)_{dB} = (C/N)_{dB} + 10 \lg(BW_n) - 10 \lg(f_s) - 10 \lg m$$

donde:

f_s es la velocidad de símbolos

BW_n es la anchura de banda de ruido utilizada en la medición de la potencia de ruido RF.

m es el número de bits por símbolo que modula la portadora (PSK o QAM). Por ejemplo, ($m = 1$ para BPSK, $m = 2$ para QPSK y TC8PSK, $m = 4$ para QAM-16, $m = 6$ para QAM-64 y $m = 8$ para QAM-256).

El procedimiento de medición es el siguiente:

- Activar la modulación y el generador de ruido.
- Cambiar el ajuste del atenuador y medir la BER en la salida del receptor y E_b/N_0 en la entrada del receptor.
- Repetir el paso precedente para obtener una representación de la BER frente a E_b/N_0 .

Al medir una señal modulada QAM, tal como se describe en UIT-T J.83, en un sistema de televisión digital, el valor E_b/N_0 que hace referencia a la velocidad de bits neta puede calcularse utilizando la velocidad de código FEC e incluyendo cualquier otra pérdida de velocidad de los encabezamientos de sincronización o alineación de trama añadidos, R_{FEC} .

Si se utiliza el factor de conversión siguiente para el código RS(204, 184) del anexo A/J.83 y anexo C/J.83 (para más detalles véase I.7):

$$10 \lg_{10} (204/184) = +0,448 \text{ dB}$$

Si se utiliza el factor de conversión siguiente para el código del anexo B/J.83 (para más detalles, véase I.7):

$$10 \lg_{10} (1/R_{FEC}) = +0,512 \text{ dB (64-QAM)}$$

$$10 \lg_{10} (1/R_{FEC}) = +0,434 \text{ dB (256-QAM)}$$

Cuando se mide una señal PSK, BPSK o QAM procedente del satélite con código FEC convolucional adicional o una señal modulada OFDM, el valor E_b/N_0 que hace referencia al valor de la velocidad binaria neta puede calcularse teniendo en cuenta la velocidad de código interno y la velocidad RS. Si, por ejemplo, la velocidad de código interno es 3/4, el factor de conversión puede calcularse del modo siguiente:

$$10 \lg_{10} (4/3)(204/184) = +1.604 \text{ dB}$$

Se efectúa una representación de la BER medida en función de E_b/N_0 (dB). El punto en el que se efectuó la medición de BER se indicará con los resultados.

5.1.8 Margen de ruido

La finalidad de este método de medición es proporcionar una indicación de la fiabilidad del canal de transmisión. La medición del margen de ruido es una medida del margen de funcionamiento del sistema más útil que una medición de la BER directa debido a la inclinación de la curva de la BER en comparación con la relación E_b/N_0 .

La medición se realiza en la salida del sistema de una red de distribución de cable mientras que la señal modulada con el formato adecuado se aplica en la salida del extremo de entrada o en la entrada de la red de distribución, según la parte del sistema que se va a medir.

El extremo de entrada puede incluir convertidores de modulación (del formato PSK al formato QAM).

Este método de medición se debe aplicar cuando el equipo está fuera de servicio.

La configuración de la prueba para medir el margen de ruido es la misma que la de la prueba para medir la BER en función de la relación E_b/N_0 y se muestra en la figura 5-4.

El procedimiento de medición es el siguiente:

- Ajustar la señal de entrada para obtener el formato de modulación, la frecuencia de canal y el nivel de la señal deseados.
- Seleccionar las condiciones de funcionamiento adecuadas del equipo de medición.

- Medir y anotar como N_1 la C/N medida tal como se describe en 5.1.5.
- Añadir ruido a la señal modulada en la salida de la red de cable, hasta que la BER sea 1 en 10^{-4} .
- Medir y anotar como N_2 la C/N medida tal como se describe en 5.1.5.

Calcular el margen de ruido NM con la fórmula siguiente:

$$NM_{dB} = N_1 - N_2 \text{ (dB)}$$

El margen de ruido medido se expresa en dB. El punto de la interfaz en que se ha efectuado la medición de la BER se indicará con los resultados.

En el caso de transmisión de señales QAM-64, se informa que la curva de BER en función de C/N se aproxima a la curva teórica en el dominio de C/N relativamente baja, pero que dicha curva se aparta de la teórica en el dominio de C/N relativamente alta cuando existen una o más distorsiones monótonas de segundo y tercer orden dentro de la banda de transmisión. En el apéndice II se describen los resultados de las pruebas.

5.1.9 Tasa de errores de modulación (MER)

Este método de medición proporciona un análisis del "factor de calidad" de la señal recibida.

Se calcula ese factor para que incluya la degradación total de la señal que probablemente está presente en la entrada de los circuitos esenciales de un receptor comercial y se pueda de ese modo tener una indicación de la capacidad de ese receptor para decodificar correctamente la señal.

La medición se realiza en la salida de sistema de una red de distribución de cable mientras que la señal modulada con el formato adecuado se aplica en la entrada del extremo de entrada o en la entrada de la red de distribución, según la parte del sistema que se va a medir.

El extremo de entrada puede incluir convertidores de modulación (del formato PSK al formato QAM).

En la figura 5-5 se muestra la configuración de la prueba para medir la tasa de errores de modulación (MER, *modulation error ratio*).

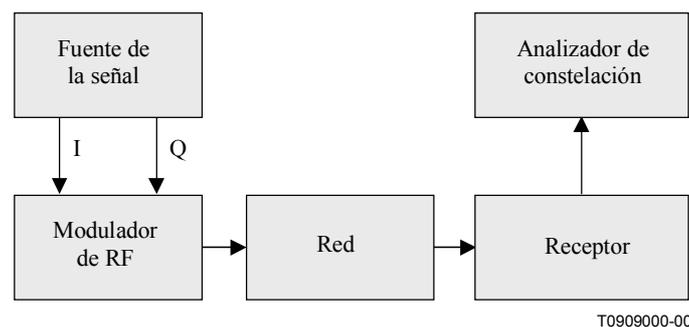


Figura 5-5/J.142 – Configuración de prueba para medir la tasa de errores de modulación (MER) y la fluctuación de fase

El procedimiento de medición es el siguiente:

- Ajustar la señal de entrada para obtener el formato de modulación, la frecuencia de canal y el nivel de señal deseados.
- Seleccionar las condiciones de funcionamiento adecuadas del equipo de medición.

Se restablecen la frecuencia de la portadora y la temporización de los símbolos, que elimina los errores de frecuencias y la rotación de fase. No se corrigen el desplazamiento de origen (causado por la portadora residual o el desplazamiento c.c.), el error en cuadratura y el desequilibrio de amplitud.

El analizador de constelación capta un registro de tiempo de N pares coordinados de símbolos recibidos $(I_j + \delta I_j, Q_j + \delta Q_j)$. N será significativamente mayor que los M puntos de símbolo.

El par de símbolos ideal es (I_j, Q_j) .

Para cada símbolo recibido, se adopta una decisión con respecto a qué símbolo se transmitió. El vector de error se define como la distancia desde la posición ideal del símbolo elegido (el centro de la "casilla de decisión") hasta la posición real del símbolo recibido.

La diferencia puede expresarse como vector $d_j = (\delta I_j, \delta Q_j)$.

En la figura 5-6 se muestra un ejemplo de representación del diagrama de constelación de un formato de modulación de 64 QAM y la distancia $(\delta I_j, \delta Q_j)$ para cada uno de los N símbolos recibidos en el punto i-ésimo de la posición ideal (I_j, Q_j) .

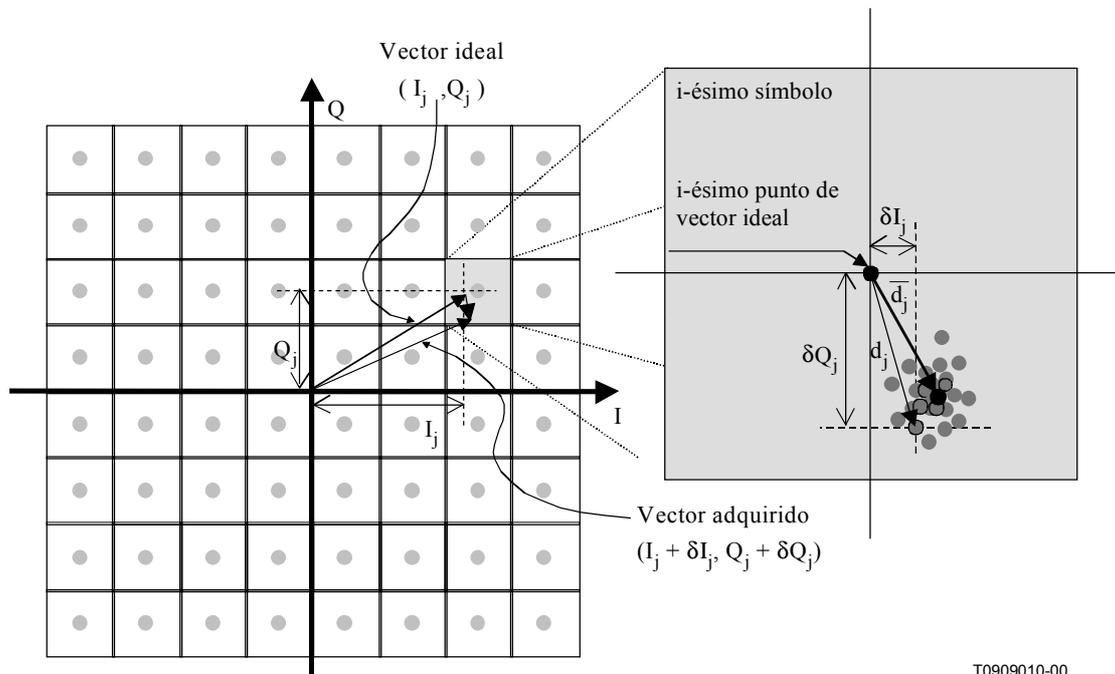


Figura 5-6/J.142 – Ejemplo de diagrama de constelación de un formato de modulación de 64 QAM con una imagen en aumento del punto i-ésimo que muestra las coordenadas del vector de error de símbolo

Para cada símbolo M aparece una nube de vectores de error.

La suma de los cuadrados de la magnitud de los vectores de símbolo ideal se divide por la suma de los cuadrados de las magnitudes de los vectores de error de símbolo. El resultado, expresado como relación de potencias en dB, se define como la tasa de errores de modulación (MER):

$$MER = 10 \lg_{10} \left\{ \frac{\sum_{j=1}^N (I_j^2 + Q_j^2)}{\sum_{j=1}^N (\delta I_j^2 + \delta Q_j^2)} \right\} \quad (\text{dB})$$

Antes de iniciar la medición, verificar el funcionamiento del modulador conectando el receptor con el analizador de constelaciones en la salida del generador de señales modulado por la fuente digital. Se tomará nota del diagrama de constelaciones presentado y se asumirá como la posición de referencia de la medición.

La tasa de errores de modulación medida (MER) se expresa en dB. La interfaz del receptor donde se ha efectuado la medición se indicará con los resultados.

5.1.10 Relación señal/ruido (S/N)

Este término se refiere a la señal demodulada observada tras el proceso de demodulación.

El ruido total es el ruido captado de la red de transmisión más el ruido incorporado en la señal modulada en la forma de ruido de amplitud, ruido de fase e interferencia entre símbolos y de otras degradaciones de modulación.

La medición de la relación señal/ruido se efectúa a partir de los datos de constelación tras la demodulación.

A partir de cada nube de vectores, correspondiente a un símbolo en la constelación, es posible obtener la distribución estadística. Tras eliminar los efectos de la distorsión en cuadratura, el desequilibrio de amplitud, el desplazamiento de origen, la portadora residual, las distorsiones no lineales, la fluctuación de fase y el interferente de onda continua (CW, *continuous wave*), se supone que la nube restante se debe al ruido gaussiano y es la base del cálculo de la relación señal/ruido.

Cuando se han suprimido todos los errores mencionados, se parte del supuesto de que la MER y la relación señal/ruido tendrán el mismo valor.

La relación S/N se define como:

$$S/N = MER = 10 \lg_{10} \left\{ \frac{\sum_{j=1}^N (I_j^2 + Q_j^2)}{\sum_{j=1}^N (\delta I_j^2 + \delta Q_j^2)} \right\} \quad (\text{dB})$$

5.1.11 Vector de errores previstos (TEV)

Como ayuda para reducir los errores anteriormente mencionados, el vector de errores previstos puede definirse del modo siguiente:

Para cada símbolo i de los puntos del símbolo M en el diagrama de constelaciones se calcula la distancia d_{ij} entre el punto del símbolo teórico y el punto correspondiente a la media de la nube de este punto del símbolo particular. Esta cantidad \bar{d}_i se denomina vector de errores previstos (TEV, *target error vector*) y puede observarse en la figura 5-7.

$$d_{ij} = (\delta I_{ij}, \delta Q_{ij})$$

Dado que las N_i muestras, entre las N muestras adquiridas, están asociadas a cada símbolo del índice "i"², el TEV se describe del modo siguiente:

$$\bar{d}_i = \frac{1}{N_i} \times \sum_{k=1}^{k=N_i} d_{ij}$$

donde k representa cada una de las "j" muestras asociadas al símbolo "i".

La diferencia de cada vector "j" de la muestra en el símbolo "i" al centro de la nube de vectores, se representa como sigue:

$$(\Delta I_{ij}, \Delta Q_{ij}) = d - \bar{d}$$

para cada símbolo "i" de los símbolos M de la constelación. Pueden utilizarse estas diferencias para calcular el valor RMS del ruido para cada símbolo.

TEV indica el nivel de distorsiones como, por ejemplo, la portadora residual, el desequilibrio de amplitud, el error en cuadratura, las distorsiones no lineales, etc.

En la figura 5-7 se muestra el TEV como la media de todos los vectores d_{ij} para cada símbolo de la constelación.

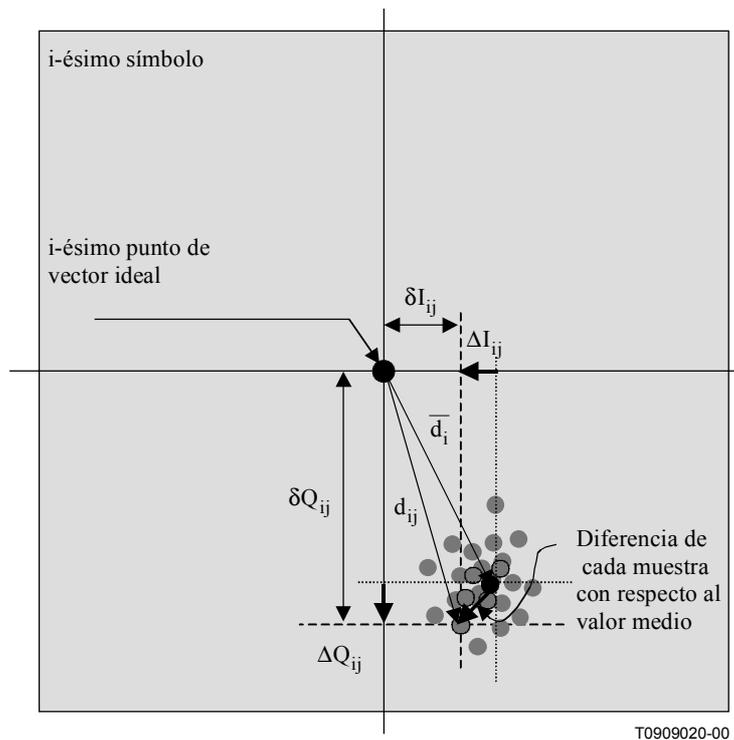


Figura 5-7/J.142 – Medición de la relación S/N mediante la constelación

² Obsérvese que en la fórmula dada para MER (5.1.9), el índice "j" varía de 1 a N. En esta fórmula "j" no representa el índice del símbolo, sino el índice de la muestra. Como en este cálculo se incluyen todos los símbolos, no es necesario distinguir uno de otro.

Para el TEV es conveniente determinar un índice para hacer una distinción entre símbolos, de modo que el índice "i" varíe de 1 a M. Asociado a cada símbolo "i" hay N_i muestras. Generalmente, N_i es distinta para cada símbolo aunque finalmente tiende a ser igual para cada uno ya que N es mucho mayor que M.

5.1.12 Fluctuación de fase de RF

Este método de medición proporciona una indicación de las fluctuaciones de fase o de frecuencias de un oscilador utilizado en el equipo dentro del sistema de distribución de cable (es decir, un convertidor de frecuencias). La utilización de ese tipo de oscilador con señales moduladas digitalmente puede dar como resultado incertidumbres de muestreo en el receptor porque la regeneración de la portadora no puede seguir las fluctuaciones de fase.

La medición se realiza en la salida del sistema de una red de distribución de cable mientras que la señal modulada con el formato adecuado se aplica en la entrada del extremo de entrada o en la entrada de la red de distribución, según la parte del sistema que se va a medir. El extremo de entrada puede incluir convertidores de modulación. Estos métodos de medición pueden efectuarse cuando el equipo está fuera de servicio.

En la figura 5-5 se muestra la configuración de la prueba para medir la fluctuación de fase.

El procedimiento de medición es el siguiente:

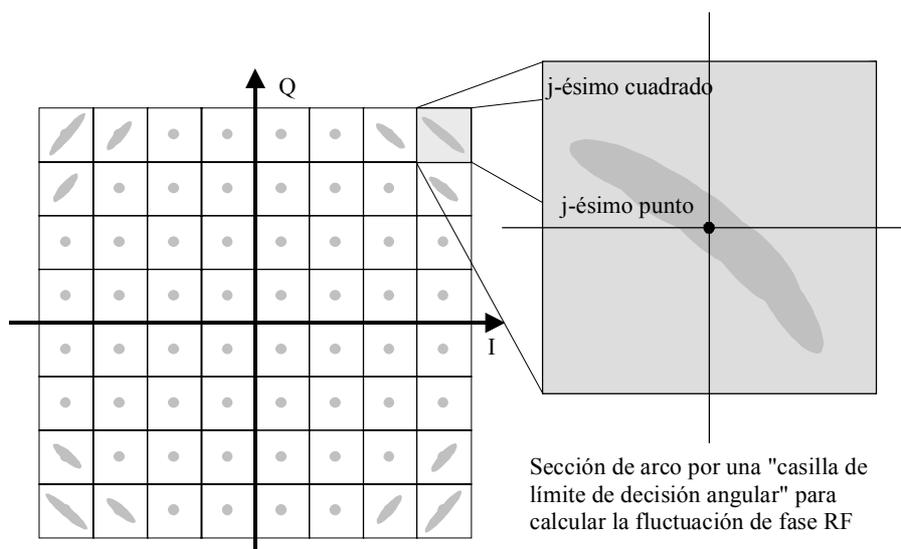
- Ajustar la señal de entrada para obtener el formato de modulación, la frecuencia de canal y el nivel de señal deseados.
- Seleccionar las condiciones de funcionamiento adecuadas del equipo de medición.

Se restablecen la frecuencia de la portadora y la temporización de los símbolos, que elimina los errores de frecuencias y la rotación de fase pero no la fluctuación de fase. No se corrigen el desplazamiento de origen (causado por la portadora residual o el desplazamiento de c.c.), el error en cuadratura y el desequilibrio de amplitud.

El analizador de constelación capta un registro de tiempo de N pares coordinados de símbolos recibidos ($I_j + \delta I_j, Q_j + \delta Q_j$). N será significativamente mayor que los M puntos de símbolo.

El par de símbolos ideal es (I_j, Q_j).

Los puntos de la señal afectados por la fluctuación de fase se disponen a lo largo de la línea curva que atraviesa el centro de cada casilla de límite de decisión, como se indica en la figura 5-8, de las cuatro "casillas de límites de decisión angulares".



T0909030-00

Figura 5-8/J.142 – Ejemplo de diagrama de constelación para un formato de modulación de 64 QAM donde se muestran las "casillas de límite de decisión angulares" para la medición de fluctuación de fase de RF

La fluctuación de fase puede calcularse mediante el siguiente procedimiento. Para cada símbolo recibido:

- Calcular el ángulo entre el eje I de la constelación y el vector correspondiente al símbolo recibido (I_{rcvd} , Q_{rcvd}):

$$\phi_1 = \arctan (Q_{\text{rcvd}}/I_{\text{rcvd}})$$

- Calcular el ángulo entre el eje I de la constelación y el símbolo y el vector correspondiente al símbolo ideal (I_{ideal} , Q_{ideal}):

$$\phi_2 = \arctan (Q_{\text{ideal}}/I_{\text{ideal}})$$

- Calcular el ángulo de error:

$$\phi_E = \phi_1 - \phi_2^3$$

A partir de estos ángulos de error N, calcular la fluctuación de fase RMS (PJ):

$$PJ = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \phi_{E_i}^2 - \frac{1}{N^2} \left(\sum_{i=1}^N \phi_{E_i} \right)^2}$$

Antes de iniciar la medición, verificar el funcionamiento del modulador conectado el receptor con el analizador de constelaciones en la salida del generador de señales modulado por la fuente digital. Se tomará nota del diagrama de constelaciones presentado y se asumirá como la posición de referencia de la medición.

La fluctuación de fase medida se expresa en grados.

5.1.13 Ecos (plantilla un igualador de medición)

Este procedimiento es para mediciones en servicio y utiliza las capacidades del filtro igualador adaptable incorporado en el receptor de medición.

Las modulaciones de orden superior, como la modulación de QAM-64, son muy sensibles a las distorsiones. La abertura del ojo es tan pequeña que cualquier perturbación puede degradar seriamente la recepción de la señal. Este problema aumenta si el factor de corte es bajo. En una red real, si no se realiza ningún procedimiento especial en el receptor, los ojos aparecen completamente cerrados y no es posible la sincronización. Para superar este problema, todos los receptores de cable, sean o no profesionales, están equipados con ecualizadores.

Algunas de las degradaciones más comunes de las redes de cable son los ecos que se producen debido a la desadaptación de impedancia del equipo, o a los efectos del filtrado. Estas degradaciones aparecen como perturbaciones de la respuesta en frecuencia (o respuesta en impulso) del canal, y son corregidas por el ecualizador que es una forma de filtro adaptable. Los ecualizadores son muy eficaces para corregir las distorsiones lineales pero no pueden combatir las distorsiones de naturaleza no lineal. Los ecualizadores pueden también evitar interferencias de frecuencias fijas, que son equivalentes a los productos de intermodulación de señales de televisión analógicas. Los ecualizadores tienen una gran influencia en los sistemas de recuperación de reloj o de portadora, ya que éstos pueden utilizar las señales ecualizadas. Por consiguiente, el comportamiento general del receptor depende del funcionamiento del ecualizador.

La mayoría de las mediciones definidas en esta Recomendación se realizan después de la ecualización. La primera razón es que la señal está también degradada antes de la ecualización para

³ Para efectuar esta medición, es necesario asegurar que la diferencia de fase se calcule para que sea $[-\pi/2, \pi/2)$ añadiendo o restando π , si es necesario.

obtener resultados de medición satisfactorios. Además, como la mayor parte de la degradación en ese punto podría suprimirse en cualquier receptor práctico, esas mediciones pueden no ser muy importantes. La consecuencia de todo esto es que los resultados de la medición dependen de la respuesta del ecualizador. Esto significa además que los equipos con distintas arquitecturas de ecualizador tendrán características de funcionamiento distintas. Esta situación no es aceptable desde el punto de vista de la medición, y ha llevado a formular la especificación del ecualizador.

La figura 5-9 representa una plantilla de sistemas de televisión digital por cable.



T0909040-00

Figura 5-9/J.142 – Plantilla de especificación de un ecualizador de medición

La especificación de un ecualizador es una tarea difícil porque existe un gran número de tipos de ecualizadores debido a la gama de algoritmos para la actualización de coeficientes, y a las distintas arquitecturas de filtro (basadas en el tiempo, en la frecuencia, en que sean recursivos o no recursivos). Además, la calidad de funcionamiento de los futuros equipos no debe estar limitada por ninguna especificación en vigor. Una solución conveniente es determinar la calidad de funcionamiento general del receptor con respecto a una perturbación corregida generalmente por ecualizador, en especial los ecos.

La especificación se debe definir de tal manera que las perturbaciones de referencia no afecten las mediciones. Se define luego el nivel de perturbación mínimo que tendrá que corregir el ecualizador. Una solución es establecer el nivel mínimo de un eco que no afectará la degradación de ruido equivalente de la señal entrante en más de 1 dB. Esta medición se realiza en el caso más desfavorable del desplazamiento de fase del eco.

En algunos casos, cuando se examina el receptor de un usuario en relación con su respuesta a las señales de la red, es conveniente que el equipo de medición disponga de un ecualizador cuyo funcionamiento se aproxime al del receptor del consumidor.

El eco se define como la relación nivel de señal deseada/no deseada (D/U , *desired/undesired signal level ratio*) en función del tiempo de retardo entre señales hacia adelante y hacia atrás. La configuración de prueba se muestra en la figura 5-10. El resultado se indicará en un gráfico con la relación D/U en el eje vertical axis y el tiempo de retardo en el eje horizontal.

El procedimiento de medición es el siguiente:

NOTA – Este procedimiento es para mediciones fuera de servicio y utiliza un analizador de red.

- Configurar el equipo de medición de acuerdo con la figura 5-10.
- Fijar el canal y el nivel de salida del equipo que mide la característica de transmisión (TCME, *transmission characteristic measuring equipment*).
- Fijar el nivel de la señal de entrada del TCME.
- Confirmar que todos los niveles de señales de entrada y de salida son apropiados.

Medir el tiempo de retardo de grupo y la relación D/U para trazar las características de eco.

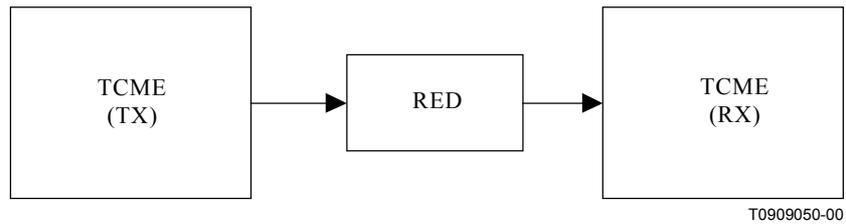


Figura 5-10/J.142 – Configuración de prueba para la medición de ecos

La figura 5-11 muestra un ejemplo de medición de ecos.

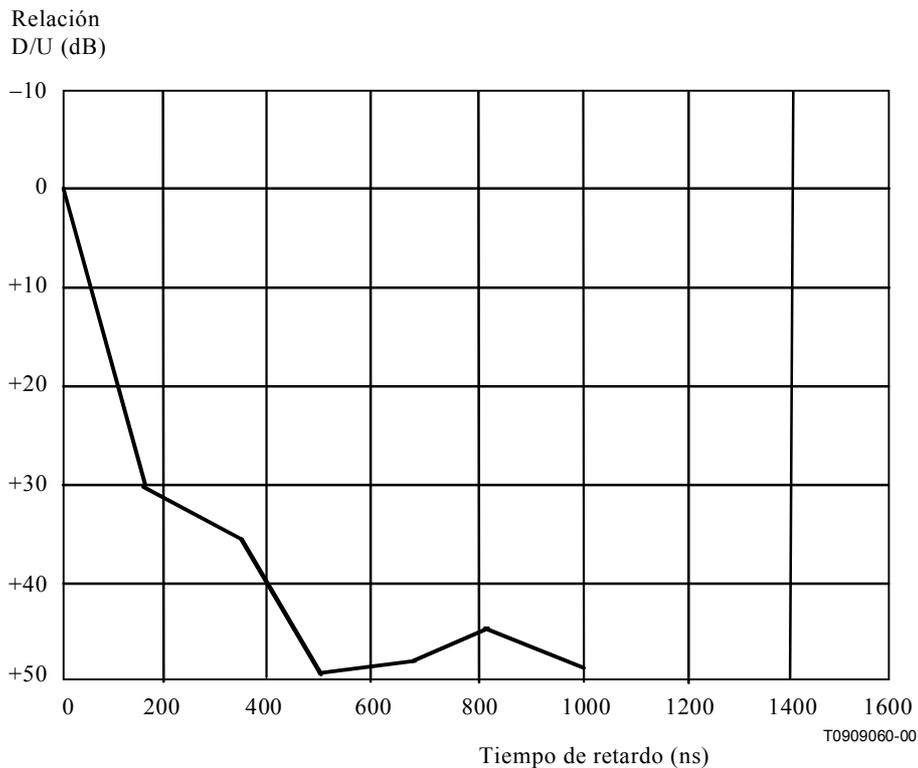


Figura 5-11/J.142 – Ejemplo de medición de ecos

ANEXO A

Medición de extremo a extremo de señales de televisión moduladas OFDM

En algunas circunstancias es posible que se desee distribuir señales de programas recibida de una cabecera de un sistema en cable, sin remodelarlas. Éste puede ser el caso de los sistemas MATV, y también de algunos sistemas de televisión por cable, en los cuales el costo de instalar un remodulador en el extremo de cabecera no parece estar justificado. En estos casos, y en aquellas regiones donde la televisión digital terrenal utiliza la modulación OFDM, puede ser necesario transportar las señales OFDM por una red de distribución CATV. Este anexo proporciona los métodos de medición de las señales de televisión OFDM que pueden ser transportadas por dichos sistemas.

A.1 Medición de extremo a extremo de señales de televisión OFDM

En esta cláusula especifica la medición de los parámetros de las señales de televisión OFDM. Todos los ítems de medición se pondrán en la condición "R-S ABIERTO".

A.1.1 Aislamiento mutuo entre salidas del sistema

Normalmente el aislamiento se medirá entre:

- a) salidas del sistema conectadas a tomas de abonados adyacentes;
- b) salidas del sistema conectadas a la misma toma múltiple de abonados,
- c) salidas del sistema en bucles adyacentes.

El método de medición se basa en el uso de un generador de barrido como para las señales moduladas analógicas.

A.1.2 Nivel de señal

OFDM es un sistema de multiportadoras en el cual cada portadora es modulada independientemente. La forma de onda de la señal recibida es similar a ruido blanco. Por tanto, en la medición del nivel de la señal con un analizador de espectro, se seleccionará cuidadosamente su anchura de banda de resolución. La configuración de la prueba se muestra en la figura A.1.

El procedimiento de medición es el siguiente:

- Configurar el equipo de medición de acuerdo con la figura A.1.
- Fijar el esquema PN ($2^{23}-1$) del generador de pseudoruido dentro del modulador OFDM.
- Fijar el nivel de señal y la frecuencia del convertidor ascendente.
- Confirmar que todos los niveles de las señales de entrada y de salida son apropiados.
- Medir el nivel de la señal OFDM con el analizador de espectro y el potenciómetro.

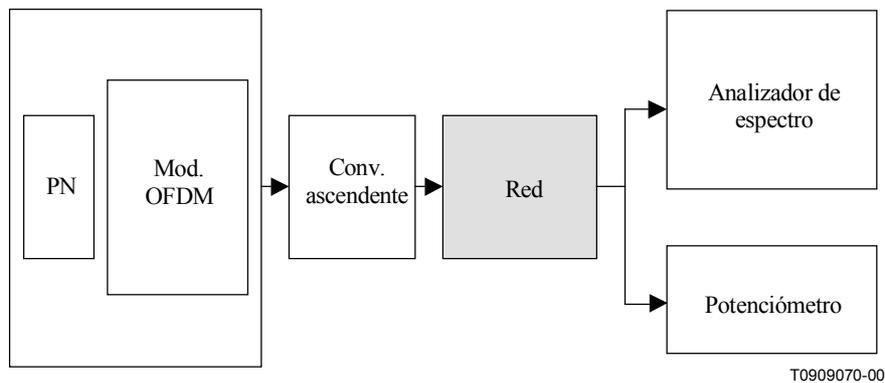


Figura A.1/J.142 – Medición del nivel de señal

A.1.3 Anchura de banda de la portadora

El sistema OFDM requiere múltiples portadoras, poco espacio entre las portadoras y una gran longitud de símbolos efectiva para mejorar su capacidad. En esta medición se seleccionará cuidadosamente la anchura de banda de resolución y la anchura de banda de la señal vídeo. La configuración de prueba se muestra en la figura A.2.

El procedimiento de medición es el siguiente:

- Configurar el equipo de medición de acuerdo con la figura A.2.
- Fijar el esquema PN ($2^{23}-1$) del generador de pseudoruido dentro del modulador OFDM.
- Fijar el nivel de señal y la frecuencia del convertidor ascendente.
- Confirmar que todos los niveles de las señales de entrada y de salida son apropiados.
- Medir la anchura de banda de la portadora OFDM con el analizador de espectro.

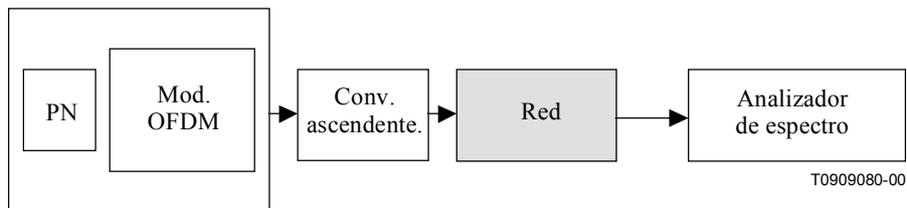


Figura A.2/J.142 – Medición de la anchura de banda de la portadora

A.1.4 Límite de la sincronización de la C/N

Dos símbolos (I y Q) de la misma información serán ortogonales entre sí en la transmisión de señales OFDM. La sincronización entre datos y reloj debe ser mantenida con seguridad en el proceso receptor.

En esta cláusula se describe la medición del límite de la sincronización en función de la C/N cuando se carga ruido gaussiano en las señales OFDM. La configuración de prueba se muestra en la figura A.3.

El procedimiento de medición es el siguiente:

- Configurar el equipo de medición de acuerdo con la figura A.3.
- Fijar el esquema PN ($2^{23}-1$) del generador de pseudoruido dentro del modulador OFDM.

- Fijar el nivel de señal y la frecuencia del convertidor ascendente y del convertidor descendente.
- Conectar el osciloscopio con el circuito de sincronización del receptor OFDM.
- Fijar el nivel de la señal de entrada y la anchura de banda de ruido del equipo de prueba de ruido de interferencia (NITE, *noise interference test equipment*).
- Confirmar que todos los niveles de señales de entrada y de salida son apropiados.
- Medir el punto de sincronización como límite de sincronización cambiando la relación C/N.

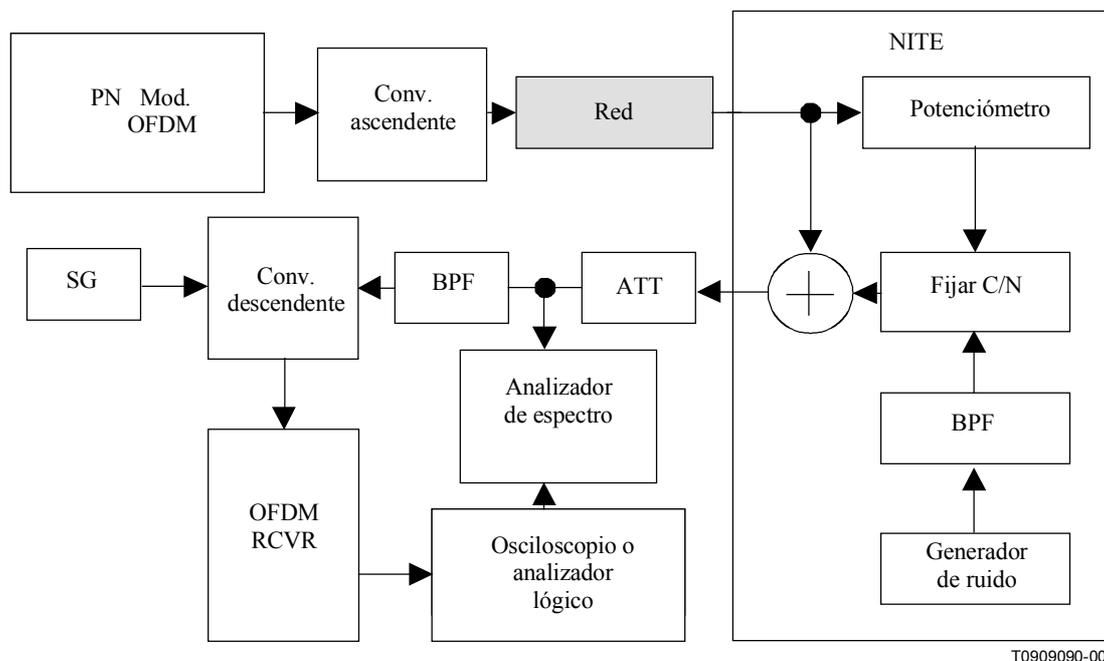


Figura A.3/J.142 – Medición del límite de sincronización de la relación C/N

A.1.5 C/N en función de BER

En esta cláusula se describe la medición de la tasa de errores en los bits (BER) cuando se carga ruido gaussiano en las señales OFDM. La configuración de prueba se muestra en la figura A.4.

El procedimiento de medición es el siguiente:

- Configurar el equipo de medición de acuerdo con la figura A.4.
- Fijar el esquema PN ($2^{23}-1$) del generador de pseudoruido dentro del modulador OFDM.
- Fijar el nivel de señal y la frecuencia del convertidor ascendente y del convertidor descendente.
- Fijar el nivel de señal y la anchura de banda de ruido del equipo de prueba de interferencia de ruido.
- Confirmar que todos los niveles de señales de entrada y de salida son apropiados.
- Medir la BER cambiando la relación C/N ratio. La gama de medición de la BER estará entre 10^{-1} y 10^{-8} .

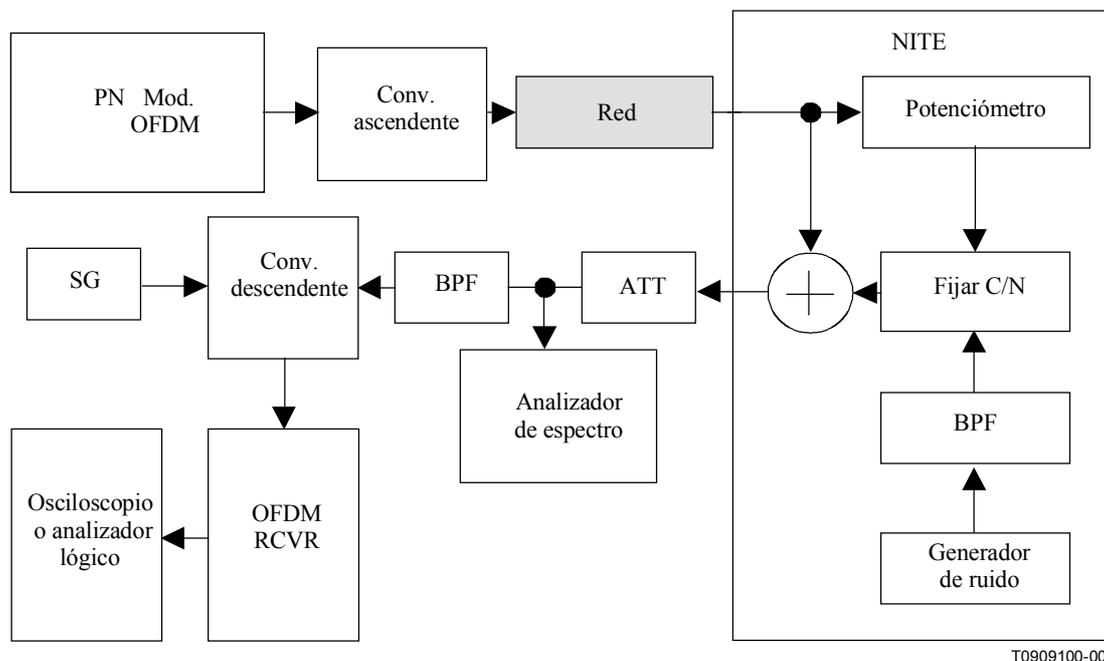


Figura A.4/J.142 – Medición de la C/N en función de la BER

A.2 Medición de la BER de señales de televisión OFDM

En la transmisión OFDM se puede producir la degradación de la BER debido a intermodulación si el sistema de transmisión tiene características no lineales. Por consiguiente, se han de medir cuidadosamente los parámetros relacionados con la no linealidad del sistema de transmisión. Todos los elementos de medición se pondrán en la condición "R-S ABIERTO".

A.2.1 BER en función de la intermodulación

Varias distorsiones, principalmente armónicos de la línea de transmisión, pueden degradar la calidad de funcionamiento OFDM. En esta cláusula se describe la medición de la BER en función de CTB (batido triple compuesto), CSO (batido de segundo orden compuesto) y XM (transmodulación). La configuración de prueba se muestra en la figura A.5.

El procedimiento de medición es el siguiente:

- Configurar el equipo de medición de acuerdo con la figura A.5.
- Fijar el esquema PN ($2^{23}-1$) del generador de pseudoruido dentro del modulador OFDM.
- Fijar el nivel de señal y la frecuencia del convertidor ascendente y del convertidor descendente.
- Fijar los niveles de ruido de entrada y de salida, el esquema de medición y el periodo del equipo de medición de la BER.
- Fijar la frecuencia y el nivel del generador de señales multicanal
- Medir las distorsiones resultantes de armónicos a la salida del generador de armónicos.
- Medir la BER cambiando los niveles de los armónicos. La gama de medición de la BER estará entre 10^{-1} y 10^{-8} .

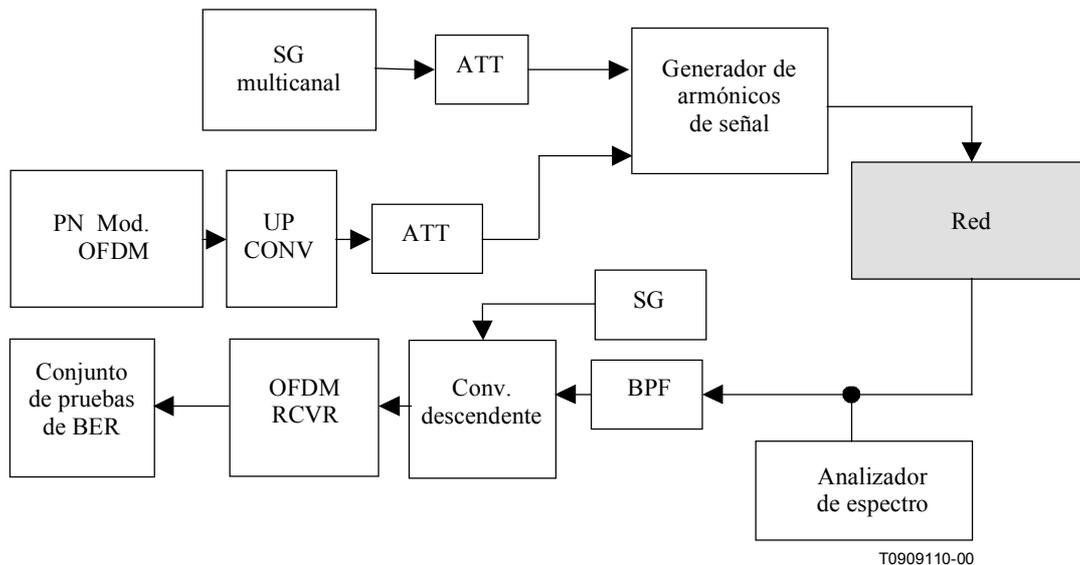


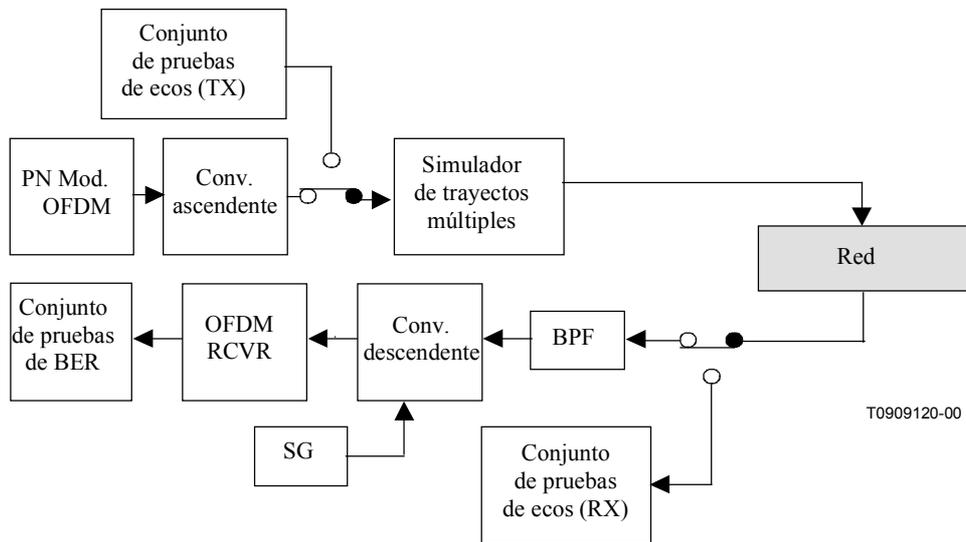
Figura A.5/J.142 – BER en función de la intermodulación

A.2.2 BER en función de ecos

En esta cláusula se describe la medición de la BER en función de ecos. La configuración de prueba se muestra en la figura A.6.

El procedimiento de medición es el siguiente:

- Configurar el equipo de medición de acuerdo con la figura A.6.
- Fijar el esquema PN ($2^{23}-1$) del generador de pseudorruído dentro del modulador OFDM.
- Fijar el nivel de señal y la frecuencia del convertidor ascendente y del convertidor descendente.
- Fijar los niveles de ruido de entrada y de salida, el esquema de medición y el periodo del equipo de medición de la BER.
- Fijar los niveles de las señales de entrada y de salida y los parámetros de eco del simulador de trayectos múltiples.
- Confirmar que todos los niveles de señales de entrada y de salida son apropiados.
- Medir la BER cambiando los parámetros de eco. La gama de medición de la BER estará entre 10^{-1} y 10^{-8} . Calcular la relación D/U cuando la BER alcanza 2×10^{-4} .



T0909120-00

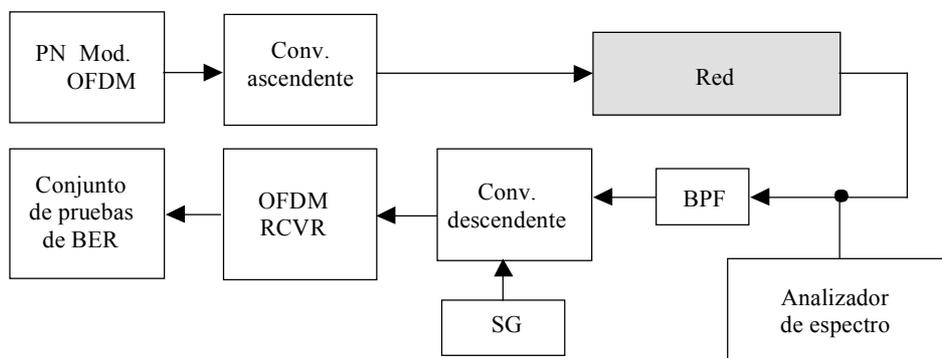
Figura A.6/J.142 – Medición de la BER en función de ecos

A.2.3 BER en función de la modulación de zumbido

En esta cláusula se describe la medición de la BER en función de la modulación de zumbido. La configuración de prueba se muestra en la figura A.7.

El procedimiento de medición es el siguiente:

- Configurar el equipo de medición de acuerdo con la figura A.7.
- Fijar el esquema PN ($2^{23}-1$) del generador de pseudoruido dentro del modulador OFDM.
- Fijar el nivel de señal y la frecuencia en el convertidor ascendente y en el convertidor descendente.
- Fijar los niveles de ruido de entrada y de salida, el esquema de medición y el periodo del equipo de medición de la BER.
- Confirmar que todos los niveles de señales de entrada y de salida son apropiados.
- Medir la BER cambiando el nivel de modulación de zumbido del amplificador. La gama de medición de la BER estará entre 10^{-1} y 10^{-8} .



T0909130-00

Figura A.7/J.142 – Medición de la BER en función de la modulación de zumbido

A.2.4 BER en función de la fluctuación de fase

En esta cláusula se describe la medición de la BER en función de la fluctuación de fase. La configuración de prueba se muestra en la figura A.8.

El procedimiento de medición es el siguiente:

- Configurar el equipo de medición de acuerdo con la figura A.8.
- Fijar el esquema PN ($2^{23}-1$) del generador de pseudorruído dentro del modulador OFDM.
- Fijar el nivel de señal y la frecuencia del convertidor ascendente y del convertidor descendente.
- Fijar los niveles de ruido de entrada y de salida, el esquema de medición y el periodo del equipo de medición de la BER.
- Confirmar que todos los niveles de señales de entrada y de salida son apropiados.
- Medir la BER cambiando el ruido de fase aplicado por el generador de señales conectado con el convertidor descendente. la gama de medición de la ber estará entre 10^{-1} y 10^{-8} .

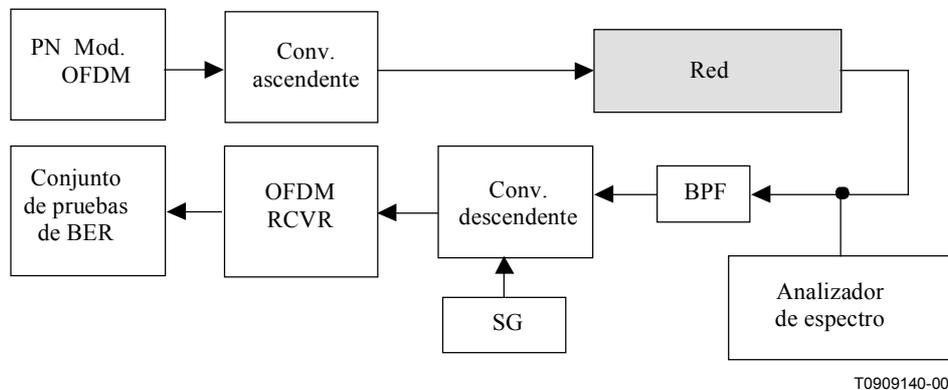


Figura A.8/J.142 – Medición de la BER en función de la fluctuación de fase

APÉNDICE I

Notas relativas a la medición

I.1 Unidades de medición de RF

Las mediciones del nivel de portadora utilizadas por la comunidad de la televisión por cable para las portadoras analógicas (un entorno de 75 ohmios) se expresan generalmente en dBm o dB μ V.

Para facilitar la comparación con las portadoras analógicas, es posible convertir el promedio de potencia medida en las portadoras digitales de dBm a dBmV añadiendo 48,75 dB al valor medido, o de dBm a dB μ V añadiendo 108,75 dB.

NOTA – La medición expresada en dBmV o dB μ V podría representar el nivel de una portadora sinusoidal no modulada equivalente que tiene la misma potencia que el valor dBm medido en un sistema de 75 ohmios.

I.2 Precauciones con respecto a la medición de potencia de la señal de RF

El operador o técnico que efectúa mediciones de potencia debe tener en cuenta varios hechos relacionados con los sistemas de televisión por cable y los instrumentos de medición que se utilizan.

I.2.1 Mediciones efectuadas con potenciómetros

Un potenciómetro es un instrumento de alta resolución y de precisión absoluta pero mide la potencia total presente en su entrada. Para medir la potencia de la portadora de RF de una señal modulada digitalmente es necesario seleccionar la medición de potencia dentro de la anchura de banda nominal del canal. No debe medirse cualquier potencia fuera de este canal, o debe ser muy baja con respecto a la potencia dentro del canal.

Al medir la salida de un solo canal, en el punto de la red en que únicamente está presente este canal (por ejemplo, antes del combinador en un extremo de entrada), los factores más importantes que deben evitarse son los siguientes:

- Los armónicos de la señal que pueden ser eliminados por un filtro adecuado.
- Las fugas en el canal adyacente. Son difíciles de eliminar aunque pueden estimarse los errores en la medición a causa de ellas. Si la potencia de fuga está más de 20 dB por debajo de la potencia total, puede estimarse que el error de medición no excederá 0,044 dB. Si la diferencia es de 10 dB, el error es aproximadamente de 0,46 dB (las diferencias por debajo de 10 dB causan errores correlativamente más altos).
- Otras señales parásitas provenientes de osciladores, etc. Pueden aplicarse los criterios indicados en los dos casos mencionados anteriormente (es decir, dependencia del desplazamiento de frecuencias del canal y nivel de potencia con respecto a la potencia deseada del canal).
- Ruido propio del canal. No puede evitarse pero, generalmente, es muy bajo con respecto a la potencia deseada.

La medición en presencia de canales adyacentes (por ejemplo, tras el combinador del extremo de entrada) es casi imposible debido al número de filtros requeridos, uno por canal, y también a la complejidad de cada filtro que debe ser plano dentro del canal sometido a medición y tener una alta atenuación para todos los demás canales que puedan estar presentes.

I.2.2 Mediciones efectuadas con un analizador de espectro

El analizador de espectro es un instrumento de alta selectividad, por lo cual puede efectuar mediciones en bandas de frecuencias muy estrechas. Generalmente, su extrema precisión se especifica en toda la gama de frecuencias de funcionamiento desde unos pocos kHz hasta algunos GHz y en toda la gama de temperatura de aproximadamente 50°C. En general, la gama espectral de precisión de amplitud varía entre ± 1 dB y ± 2 dB.

El analizador de espectro puede calibrarse en condiciones controladas para una anchura de banda y temperatura limitadas, lo que permite una precisión absoluta en el orden de 0,3 a 0,1 dB. La repetibilidad y resolución se encuentran también en la misma gama estrecha.

Al medir la salida de un solo canal en el punto de la red en que únicamente está presente este canal (por ejemplo, antes del combinador en un extremo de entrada), el analizador de espectro no tiene los problemas indicados en el caso de las mediciones efectuadas con potenciómetros. No obstante, cabe señalar que ni un analizador de espectro ni un potenciómetro pueden evitar las señales parásitas dentro de ese canal.

Para un analizador de espectro la medición efectuada en presencia de canales adyacentes (por ejemplo, tras el combinador del extremo de entrada o en cualquier punto en la red de distribución hasta la toma del usuario) no presenta ninguna dificultad. Esto se debe a la alta selectividad proporcionada por los filtros estrechos con factores de forma correctos (en la práctica, tan bajos como 5:1). Esta anchura de banda de medición estrecha significa también que generalmente la sensibilidad es muy alta en comparación con los instrumentos de banda ancha. También en este caso, como en el de las mediciones de un solo canal, no pueden evitarse el ruido, la interferencia o la intermodulación dentro de la anchura de banda nominal del canal y se considerarán como parte de la potencia deseada del canal. No obstante, si todas estas fuentes de potencia parásitas están más

de 15 dB por debajo de la potencia de señal RF del canal, no suponen una gran inexactitud en el resultado final.

I.3 Precauciones con respecto a la medición de la potencia de ruido de RF

El ruido suele ser difícil de medir, en especial cuando es bajo y comparable al ruido interno del instrumento de medición.

I.3.1 Con un potenciómetro

Al medir el ruido en la salida de un solo canal, en el punto de la red en que únicamente está presente este canal (por ejemplo, antes del combinador en un extremo de entrada), los factores más importantes que deben tenerse en cuenta son los siguientes:

- deben estar desconectadas la modulación y la portadora pero la etapa de RF del canal debe estar conectada;
- la señal debe ser eliminada por un filtro de la misma frecuencia central y la misma anchura de banda de ruido equivalente como la anchura de banda nominal del canal sometido a prueba.

NOTA – No es necesario que la forma de este filtro sea plana ni tan selectiva como en el caso de la medición tras el combinador del extremo de entrada;

- si el ruido medido tiene un valor cercano al umbral mínimo de ruido del potenciómetro, deben aplicarse los factores de corrección. (Véase más adelante la sección sobre correcciones por ruidos con valores cercanos);
- la medición en presencia de canales adyacentes (por ejemplo, tras el combinador del extremo de entrada) es casi imposible debido al número de filtros requeridos, uno por canal y también a la complejidad de cada filtro que debe ser plano dentro del canal sometido a medición y tener una alta atenuación para todos los demás canales que puedan estar presentes.

I.3.2 Con un analizador de espectro

El analizador de espectro, debido a su alta selectividad, puede efectuar de inmediato mediciones en aplicaciones de un solo canal o de múltiples canales.

Al medir el ruido de un canal es necesario tener en cuenta los siguientes factores:

- deben estar desconectadas la modulación y la portadora, pero la etapa de RF del canal debe estar conectada;
- puede ocurrir también que, si se va a medir el ruido del sistema de distribución, la etapa de RF del canal tenga que estar también desconectada;
- si el ruido medido tiene un valor cercano al umbral mínimo de ruido del potenciómetro, deben aplicarse los factores de corrección. (Véase más adelante la sección sobre correcciones por ruidos con valores cercanos.)

I.4 Correcciones por ruidos con valores cercanos

El umbral de ruido del instrumento de medición puede medirse conectando en su entrada una carga resistiva del mismo valor que su impedancia de entrada (en las aplicaciones de televisión por cable este valor es generalmente 75 ohmios).

Cuando en la entrada del instrumento se aplica una señal de ruido externa con la misma potencia que el umbral mínimo de ruido interno, el trazado del analizador de espectro, o la lectura del instrumento que sea, aumenta en 3 dB. Por consiguiente, el valor del ruido aplicado es igual a la lectura menos un término de corrección, que depende del incremento en la lectura. En el ejemplo mencionado anteriormente, el término de corrección es 3 dB.

Si la diferencia entre la lectura en el umbral mínimo de ruido y el valor de medición real se llama "D", expresado en dB, el término de corrección puede calcularse mediante la fórmula siguiente:

$$\text{Corrección}_{\text{dB}} = -D + 10 \log [10^{(D/10)} - 1]$$

En el cuadro I.1 figuran algunos términos de corrección para ciertos valores de D:

Cuadro I.1/J.142 – Términos de corrección para ciertos valores del cuadro I.1

D_{dB}	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Término de corrección	-16,43	-13,47	-11,76	-10,56	-9,64	-8,89	-8,27	-7,74	-7,28	-6,87
D_{dB}	1,5	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Término de corrección	-5,35	-4,33	-3,01	-2,20	-1,65	-1,26	-0,97	-0,75	-0,58	-0,46
D_{dB}	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Término de corrección	-0,359	-0,283	-0,223	-0,176	-0,140	-0,110	-0,080	-0,069	-0,055	-0,044

Varios analizadores de espectro actualmente disponibles introducen automáticamente este término de corrección según el valor de la medición de ruido con respecto al umbral mínimo de ruido adecuado. A fin de asegurar la fiabilidad de la medición, algunos instrumentos introducen correcciones inferiores a un valor de D igual a 2 dB, pero no es así cuando es más bajo, debido a la incertidumbre causada por un factor de corrección demasiado grande.

Por ejemplo, si el resultado de la medición del umbral del ruido es -160 dB/Hz y el ruido medido en una red es -156 dB/Hz, el aumento es de 4 dB y la corrección resultante es -2,2 dB. Esto da como resultado un valor corregido de ruido externo de -158,2 dB/Hz.

I.5 Aproximación de mediciones de potencia media y de la relación portadora/ruido

El espectro de una señal modulada digitalmente es similar al del ruido de forma tal que la medición de la potencia puede calcularse utilizando la densidad de potencia aplicada a la anchura de banda total del canal.

En general, el espectro es uniforme en la mayor parte del canal.

Cuando el analizador de espectro no tiene la capacidad de integrar toda la potencia por la anchura de banda del canal, puede efectuarse una medición aproximada de la potencia total.

El método descrito a continuación es válido para la potencia de la portadora y para la potencia del ruido dentro del canal.

Cuando sea necesario, deberán añadirse correcciones por ruidos con valores cercanos.

Debido a las hipótesis mencionadas, los valores obtenidos con el método que figura a continuación son aproximadas y no deben utilizarse para la aceptación del sistema a menos que ambas partes estén de acuerdo en la metodología.

I.5.1 Medición con un analizador de espectro que no incluye la capacidad de medición de la densidad de espectro

La medición se efectúa en un punto cercano al centro del espectro utilizando una anchura de banda de resolución, como mínimo, 10 veces más estrecha que la anchura de banda del canal. Este método parte del supuesto de que el nivel dentro del canal es un ruido de características uniformes con el mismo nivel que el existente en el punto medido.

Debe tenerse en cuenta la respuesta en amplitud del espectro de ruido dentro del canal. Si no es un espectro uniforme, hay que tener cuidado de no efectuar la medición en el punto máximo o en el punto mínimo.

Calcúlese la potencia de portadora mediante la siguiente expresión:

$$C = C_N + 10 \lg_{10} (BW/RBW) - k + 2,5 \text{ dB}$$

donde:

- C es la potencia media de la portadora en las mismas unidades que C_N .
- C_N es el nivel de portadora en dB μ V, dBmV o dBm, medido en el punto de medición seleccionado. (Se mide como si fuera ruido).
- BW es la anchura de banda del canal.
- RBW es la anchura de banda de resolución del analizador de espectro. (En las mismas unidades que para BW.)
- k es un factor de corrección para la forma del filtro del analizador de espectro.

El término 2,5 dB representa la corrección de 1,05 dB para la detección de la envoltura de banda estrecha más la corrección de 1,45 dB para la amplificación logarítmica del analizador de espectro.

El factor de corrección (k) depende del equipo de medición utilizado y debe ser suministrado por el fabricante u obtenido por calibración. El valor del factor de corrección k para un analizador de espectro típico es de aproximadamente 1,2 dB, cuando la anchura de banda de resolución se define a un nivel de -6 dB. No se utiliza ningún factor de corrección k cuando el factor de resolución es -3 B.

I.5.2 Medición con un analizador de espectro que incluye la capacidad de medición de la densidad de espectro

Los factores de corrección no son necesarios si el equipo de medición puede ajustarse para que presente el nivel de ruido en unidades de dBm/Hz. En este caso, puede obtenerse C a partir de la fórmula siguiente:

$$C = C_N + 10 \lg_{10} (BW)$$

donde:

- C es la potencia media de la portadora en las mismas unidades de C_N .
- C_N es el nivel de portadora normalizado en dB μ V/Hz, dBmV/Hz o en dBm/Hz.
- BW es la anchura de banda del canal en Hz.

I.5.3 Medición con un analizador de espectro que incluye la capacidad de medición de la densidad de espectro con normalización a cualquier anchura de banda

Ciertos analizadores de espectro existentes permiten una normalización directa de la medición a cualquier valor de anchura de banda. El valor de la normalización se ajusta a la anchura de banda nominal del canal. La medición se efectúa directamente colocando el marcador de medición en el punto del espectro del canal que interesa.

Cabe indicar que en todos estos casos el punto de medición se selecciona en un punto cercano al centro del espectro con características de ruido. El resultado es únicamente una aproximación debido a la hipótesis de que existe un espectro uniforme a través de la banda del canal.

I.5.4 Mediciones de la relación portadora/ruido en servicio

Cuando se necesitan mediciones en servicio, puede efectuarse una aproximación para obtener una evaluación de la relación portadora/ruido.

Suponiendo que la potencia pueda representarse por el nivel medido en el centro del canal con un analizador de espectro que utiliza un marcador, es posible suponer una segunda aproximación aceptando que el ruido en la separación entre canales es representativo del ruido existente dentro del canal (esto implica suponer que el umbral mínimo de ruido es uniforme a lo largo del canal y de sus partes adyacentes).

Teniendo en cuenta las hipótesis mencionadas, es posible colocar uno de los marcadores en el centro superior del canal sometido a medición y un segundo marcador con un valor mínimo en la ranura entre el canal medido y el canal superior o inferior adyacente. La diferencia entre los marcadores representa el valor C/N aproximado.

Debido a las hipótesis formuladas, los valores obtenidos de esta forma son aproximados y no se deben utilizar para la aceptación del sistema.

I.6 Otros procedimientos para efectuar mediciones de la potencia media

Existen otros instrumentos que miden la potencia media dentro de la anchura de banda del canal sometido a prueba que son válidos mientras el resultado sea independiente de la forma espectral de potencia de la señal medida y que su calibración pueda trazarse para un potenciómetro.

Estos instrumentos utilizan un filtro de paso de banda con la anchura de banda nominal del canal y calculan el valor eficaz de la tensión para calcular la potencia media del canal.

I.7 Mediciones BER antes del decodificador FEC (velocidad bruta y velocidad neta)

Si los errores son aleatorios, puede esperarse que estén igualmente distribuidos por los 188 bytes netos por paquete de información así como por los 16 bytes de información FEC de R-S (Reed-Solomon). De este modo, la velocidad bruta y la velocidad neta serán iguales.

No obstante, si la PRBS (secuencia binaria pseudoaleatoria) está contenida únicamente en la carga útil de los paquetes TS, y si esta carga útil (184 bytes, después de descontar el encabezamiento) es la única que se tiene en cuenta para calcular los bits erróneos recibidos y están relacionados con los 204 bytes totales por paquete recibidos para calcular la BER bruta, la BER neta de un sistema de televisión digital por cable puede calcularse multiplicando la BER bruta por el cociente entre el total de bytes recibidos y los bytes de carga útil, es decir, $204/184$ ó 1,108. Si está expresado en dB, este valor representa 0,448 dB.

(La BER para errores computados en 184 bytes de carga útil contenidos dentro de 204 bytes recibidos debe multiplicarse por un factor de corrección de $204/184$ para igualarla con la BER para errores computados en 184 bytes de carga útil que están contenidos dentro de 184 bytes recibidos.)

Para la recepción de satélite, incluida la FEC convolucional adicional, la velocidad binaria neta puede calcularse multiplicándola por la tasa de código FEC utilizada en la transmisión. La tasa de código FEC puede ser $1/2$, $2/3$, $3/4$, $5/6$ ó $7/8$.

Para la codificación concatenada, como la que figura en el anexo B/J.83, la velocidad binaria neta puede calcularse multiplicándola por la velocidad de código concatenado FEC total, incluidos los encabezamientos de alineación de trama y sincronización. La corrección de errores hacia adelante (FEC, *forward error connection*) está formada por un código de bloque externo concatenado y un código reticular interno. Se utiliza un código de bloque Reed-Solomon (R-S) con alineación de trama, intercalación y aleatorización seguido por una modulación con código reticular (TCM, *trellis coded modulation*) con precodificación diferencial y codificación convolucional binaria transformada. Esta definición de codificación FEC concatenada produce una velocidad de codificación global determinada por los pasos de codificación individuales que aumentan los contenidos de los símbolos de canal QAM más allá de la información al usuario de entrada. La velocidad de codificación global que relaciona la velocidad de símbolos QAM de canal y la velocidad binaria de información de entrada se obtiene del modo siguiente.

El código de bloque externo está formado por un código de bloque R-S. En general, un código R-S se define por un campo finito $GF(2^m)$ que transporta símbolos de información K en una palabra de código de símbolo N, donde N es mayor que K y cada símbolo está formado por m bits. La relación entre velocidad de información de entrada y velocidad codificada de salida se define como la velocidad de código, que es menor o igual a uno. Por consiguiente, la redundancia adicional de los símbolos del síndrome N-K provoca una pérdida de velocidad a través del código R-S, definida como la velocidad de código R-S R_{RS} dada por:

$$R_{RS} = \frac{K}{N}$$

Las palabras de código R-S son posteriormente intercaladas y aleatorizadas, y constituyen operaciones cuya velocidad no aumenta (velocidad igual a uno). Las palabras de código R-S intercaladas y aleatorizadas se agrupan en bloques de palabras de código L para formar una trama FEC. A cada trama de palabra de código L se adjunta una secuencia de sincronización de trama de s bits. Esta palabra de sincronización de s bits adicional produce una pérdida de velocidad de trama R_{Frame} dada por:

$$R_{Frame} = \frac{[L \cdot N \cdot m]}{[L \cdot N \cdot m + s]}$$

Las tramas resultantes se proporcionan como entrada al código reticular interno. Los grupos reticulares se forman estableciendo una serie de tramas de entrada para formar grupos de cinco símbolos QAM de q bits por símbolo, donde cada uno de los dos bits en los cinco símbolos QAM es codificado por un codificador convolucional de 1/2 velocidad binaria y que, posteriormente, se transforma en 4/5 de la velocidad binaria. Por consiguiente, dos de cada uno de los q bits en el grupo reticular de cinco símbolos QAM son codificados con 4/5 de la velocidad binaria para un total de 10 bits codificados, y los restantes q-2 bits en cada grupo reticular de 5 símbolos QAM no son codificados. Por lo tanto, la velocidad de código reticular $R_{Trellis}$ se obtiene del modo siguiente:

$$R_{Trellis} = \frac{5(q-2) + 5(2)(4/5)}{5q} = \frac{[5q-2]}{5q}$$

La velocidad de código FEC concatenada global, R_{FEC} , viene dada por el producto de la velocidad de código de cada uno de los procedimientos de codificación descritos:

$$R_{FEC} = R_{RS} R_{Frame} R_{Trellis}$$

Reemplazando las velocidades de código mencionadas anteriormente, se obtiene:

$$R_{FEC} = \frac{K}{N} \cdot \frac{[L \cdot N \cdot m]}{[L \cdot N \cdot m + s]} \cdot \frac{[5q-2]}{5q}$$

La velocidad binaria de información R_I se obtiene de la velocidad binaria de canal R_C multiplicada por la velocidad de código FEC concatenado:

$$R_I = R_C R_{FEC}$$

donde la velocidad binaria de canal es q veces la velocidad de símbolo de canal con q bits por símbolo QAM.

La tabulación de las relaciones obtenidas precedentemente corresponden tanto al formato QAM-64 como al formato QAM-256, tal como se indica en el cuadro I.2.

Cuadro I.2/J.42

Parámetro	Símbolo	Formato QAM-64	Formato QAM-256
Símbolos de código RS	N	128	128
Símbolos de información RS	K	122	122
Bits/símbolos RS	m	7	7
Palabras de código de trama FEC	L	60	88
Bits de sincronización de trama FEC	s	42	40
Bits/símbolos QAM	q	6	8
Velocidad de código RS	R_{RS}	0,9531250	0,9531250
Velocidad de trama	R_{frame}	0,9992194	0,9994930
Velocidad de código reticular	$R_{trellis}$	0,9333333	0,9500000
Velocidad de código concatenado FEC	R_{FEC}	0,8888889	0,9050097
Velocidad de símbolo de canal	R_S	5,056941 Msps	5,360537 Ms/s
Velocidad binaria de canal	R_C	30,34165 Mbps	42,88430 Mb/s
Velocidad binaria de información	R_I	26,97035 Mbps	38,81070 Mb/s

APÉNDICE II**Perturbaciones resultantes de armónicos para la medición del margen de ruido**

En la transmisión de señales QAM-64 por una red de televisión en cable, cuando existe una o más distorsiones del segundo y tercer armónicos en la banda de transmisión, se observa que la característica de BER en función de la C/N se aproxima a la curva teórica en el dominio de C/N relativamente baja, aunque los valores medidos se apartan de los teóricos en el dominio de C/N alta, cuyo fenómeno se denomina "efecto de piso".

Las figuras II.1 y II.2 son ejemplos de BER en función de la C/N que podrían ser observados usualmente en sistemas transmódulos QAM-64, donde existen una o más perturbaciones monótonas. Cabe señalar que se genera intencionalmente cada perturbación a la línea de transmisión para acentuar el "efecto de piso" con una relación C/N relativamente más alta.

El cuadro II.1 muestra las perturbaciones monótonas añadidas a la línea de transmisión. La figura II.3 muestra la configuración de prueba de la medición.

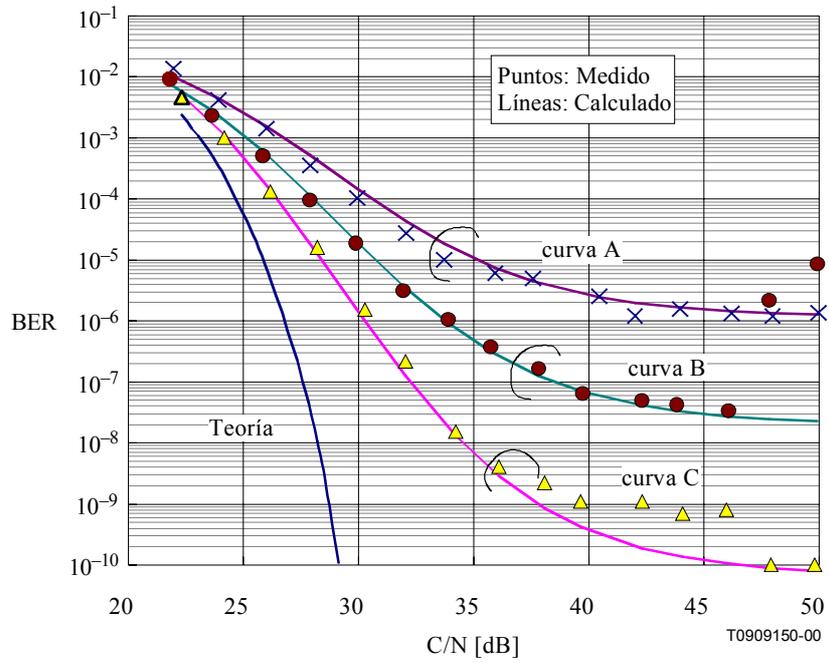


Figura II.1/J.142 – BER medida en función de la relación C/N con una perturbación de un solo tono

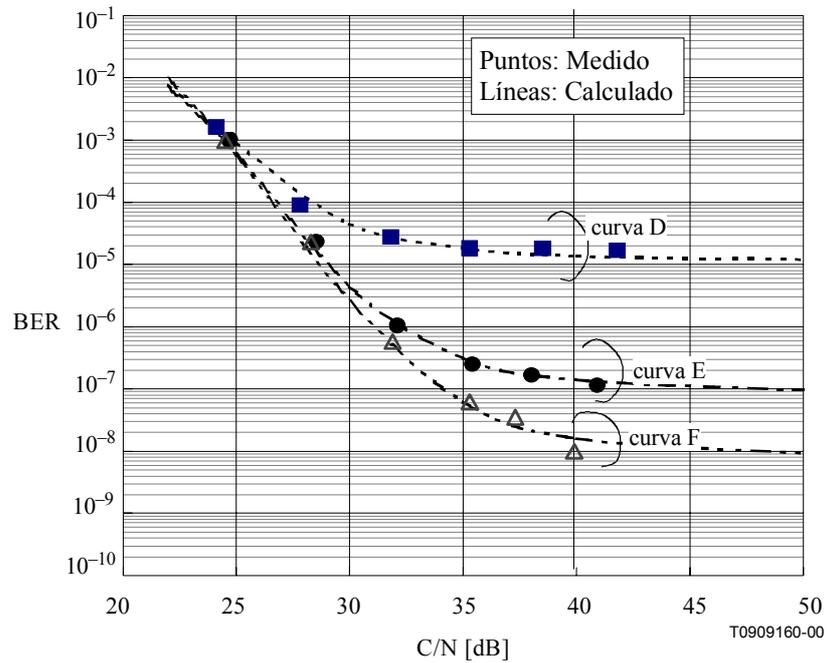


Figura II.2/J.142 – BER medida en función de la relación C/N con una perturbación de cinco tonos

Cuadro II.1/J.142 – Perturbaciones monótonas añadidas a la línea de transmisión QAM-64

		Condiciones de perturbaciones de tono (C: potencia media de QAM, I: nivel p-p)
Fig. II.1	Curva A	Perturbación monótona con C/I = -26,3 dB y ruido blanco con C/N variable
	Curva B	Perturbación monótona con C/I = -31,3 dB y ruido blanco con C/N variable
	Curva C	Ruido blanco solamente con C/N variable
Fig. II.2	Curva D	5 perturbaciones monótonas con C/I = -50,2, -62,2, -56,6, -60,4 y -56,5 dB y ruido blanco con C/N variable
	Curva E	5 perturbaciones monótonas con C/I = -55, -64,5, -60,8, -64,8 y -61 dB y ruido blanco con C/N variable
	Curva F	5 perturbaciones monótonas con C/I = -57,3, -66,3, -63,1, -66,2 y -63,5 dB y ruido blanco con C/N variable C/N

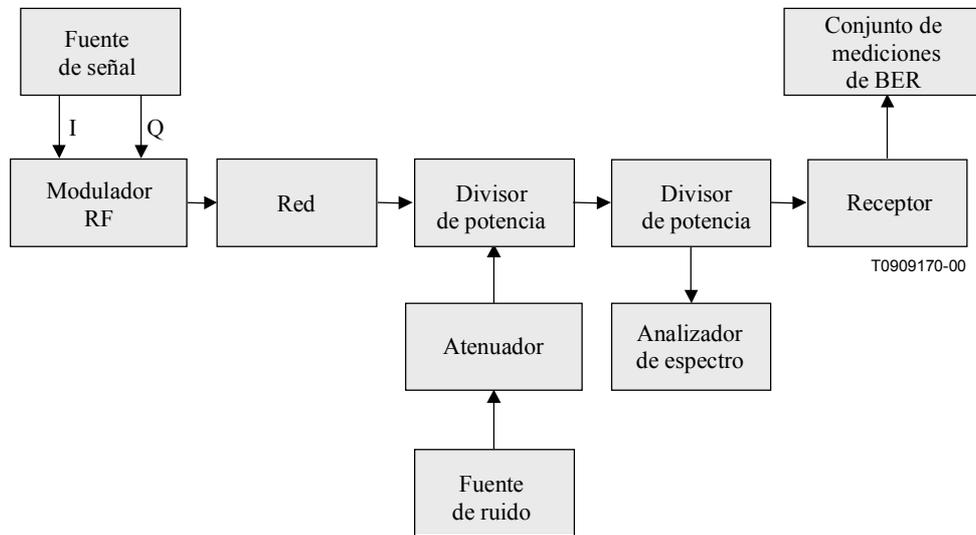


Figura II.3/J.142 – Configuración de prueba de la medición

Considerando estas perturbaciones, N1 se mide y se anota cuando la BER se mantiene fija con el mismo valor, en este caso $BER = 1 \times 10^{-5}$, y después N2 se mide y se anota con la misma condición. Los resultados se muestran en los cuadros II.2 y II.3. En estas mediciones, N1 significa la relación C/N cuando sólo existe ruido blanco y N2 la relación C/N cuando se añaden perturbaciones con ruido blanco.

Cuadro II.2/J.142 – Margen de ruido de las curvas A, B y C

	N1 = C/N	BER	N2 medido	Margen de ruido
Curva A	35 dB	1×10^{-5}	31 dB	4 dB
Curva B	31 dB	1×10^{-5}	27,5 dB	3,5 dB
Curva C	28 dB	1×10^{-5}	23 dB	5 dB

Cuadro II.3/J.142 – Margen de ruido de las curvas D, E y F

	N1 = C/N	BER	N2 medido	Margen de ruido
Curva D	mejor que 50 dB	1×10^{-5}	28 dB	mayor que 22 dB
Curva E	28,5 dB	1×10^{-5}	27 dB	1,5 dB
Curva F	28 dB	1×10^{-5}	27 dB	1 dB

Si se compara la curva C del cuadro II.2 (perturbación de un solo tono) con la curva F del cuadro II-3 (perturbación de cinco tonos), los valores medidos de N2 son 23 dB y 27 dB, y el margen de ruido calculado (NM) son 5 dB y 1 dB respectivamente, a pesar de las mismas condiciones de prueba ($N1 = 28$ dB y $BER = 1 \times 10^{-5}$). Esta diferencia significa que el método de prueba del margen de ruido con ruido blanco solamente no puede representar siempre el margen exacto del sistema.

Desde un punto de vista diferente: se supone una C/N fija a 40 dB (E_b/N_o) en este caso, los siguientes cuadros II.4 y II.5 se obtienen a partir de las curvas A a F.

Cuadro II.4/J.142 – BER, N2 y NM medidos con el método de perturbación de un solo tono

	N1 = C/N (E_b/N_o)	BER	N2 medido	Margen de ruido
Curva A	40 dB	7×10^{-5}	31 dB	9 dB
Curva B	40 dB	3×10^{-7}	27,5 dB	12,5 dB
Curva C	40 dB	5×10^{-10}	23 dB	17 dB

Cuadro II.5 – BER, N2 y NM medidos con el método de perturbación de cinco tonos

	N1 = C/N (E_b/N_o)	BER	N2 medido	Margen de ruido
Curva D	40 dB	9×10^{-4}	28 dB	12 dB
Curva E	40 dB	3×10^{-7}	27 dB	13 dB
Curva F	40 dB	5×10^{-10}	27 dB	13 dB

Estos cuadros muestran que el método de prueba con ruido blanco sólo puede tomar diferentes valores en presencia de perturbaciones monótonas. La diferencia significa que el método de prueba de margen de ruido con ruido blanco es muy afectado por la presencia de perturbaciones monótonas o productos combinados que suele contener la línea de transmisión.

Asimismo, no siempre es apropiado aplicar la relación E_b/N_o a sistemas de televisión por cable cuando existen una o más perturbaciones monótonas con ruido blanco. En vez de utilizar E_b/N_o , parece apropiado utilizar el método de prueba de potencia de ruido total, aunque el método adecuado queda en estudio.

NOTA – El método de prueba del margen de ruido con ruido blanco puede ser aplicable a sistemas de televisión por cable totalmente digitales, cuando no existen portadoras analógicas y sólo hay portadoras dispersas. Este apéndice puede ser útil para la prueba de margen de ruido en la condición mixta de sistemas analógicos y digitales en los cuales existen inevitablemente perturbaciones de tonos con señales QAM.

APÉNDICE III

Interferencia mutua entre señales analógicas y digitales

III.1 Interferencia mutua entre señales analógicas y digitales

En este apéndice se describe la medición de parámetros para la interferencia mutua entre señales analógicas NTSC y señales de televisión digitales (con modulación QAM-64). Se prevé la coexistencia de señales analógicas y digitales durante algún tiempo antes de que comiencen los servicios totalmente digitales. Se debe continuar el estudio de la interferencia mutua entre señales analógicas y digitales, salvo para los sistemas QAM-64.

III.1.1 Interferencia de señales digitales QAM-64 a señales analógicas NTSC

En esta cláusula se describe la medición de la interferencia producida por señales digitales QAM-64 a señales analógicas NTSC. La configuración de prueba se muestra en la figura III.1.

El procedimiento de medición es el siguiente:

- Configurar el equipo de medición de acuerdo con la figura III.1.
- Fijar las señales analógicas de vídeo y audio NTSC para evaluación.
- Fijar la relación de modulación de las señales vídeo y audio del modulador NTSC-VSB-AM
- Fijar el esquema PN ($2^{23}-1$) del generador de pseudorruído y conectar con el modulador QAM-64.
- Fijar el nivel y las frecuencias de señal (canal adyacente superior o inferior al canal digital) del convertidor ascendente.
- Confirmar que todos los niveles de señales de entrada y de salida son apropiados.

Medir la S/N de las señales de vídeo y de audio cambiando la relación D/U. Confirmar la interferencia a las señales de vídeo y de audio con el analizador A/V y el monitor de televisión.

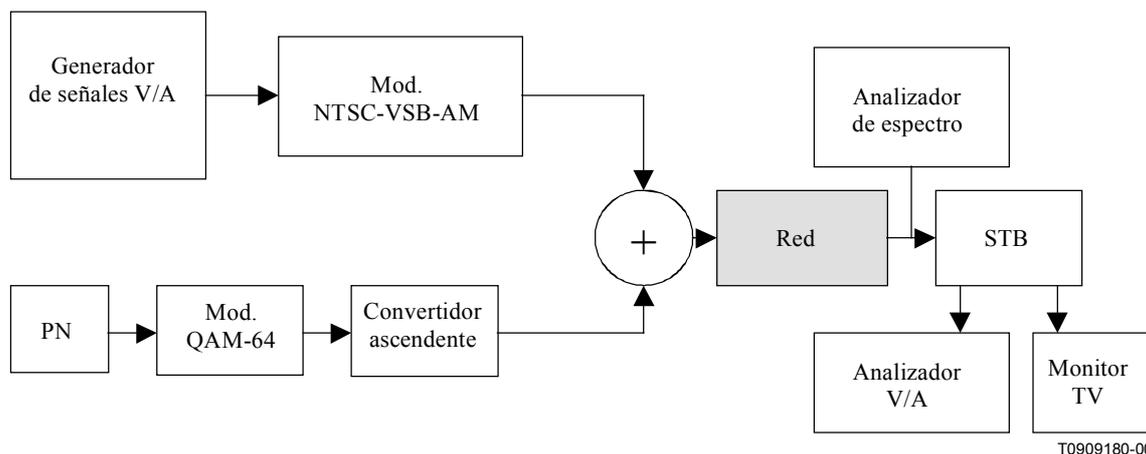


Figura III.1/J.142 – Medición de interferencia de señales digitales a señales analógicas

III.1.2 Interferencia de señales analógicas NTSC a señales digitales QAM-64

En esta cláusula se describe la medición de la interferencia producida por señales analógicas NTSC a señales digitales QAM-64. La configuración de prueba se muestra en la figura III.2.

El procedimiento de medición es el siguiente:

- Configurar el equipo de medición de acuerdo con la figura III.2.
- Fijar el esquema PN ($2^{23}-1$) del generador de pseudorruído y conectar con el modulador QAM-64.
- Fijar el nivel de señal y la frecuencia (canal adyacente superior o inferior al canal analógico) del convertidor ascendente y del convertidor descendente.
- Fijar los niveles de las señales de vídeo y audio de los generadores de señales.
- Confirmar que todos los niveles de señales de entrada y de salida son apropiados.

Medir la BER del canal digital cambiando la relación D/U.

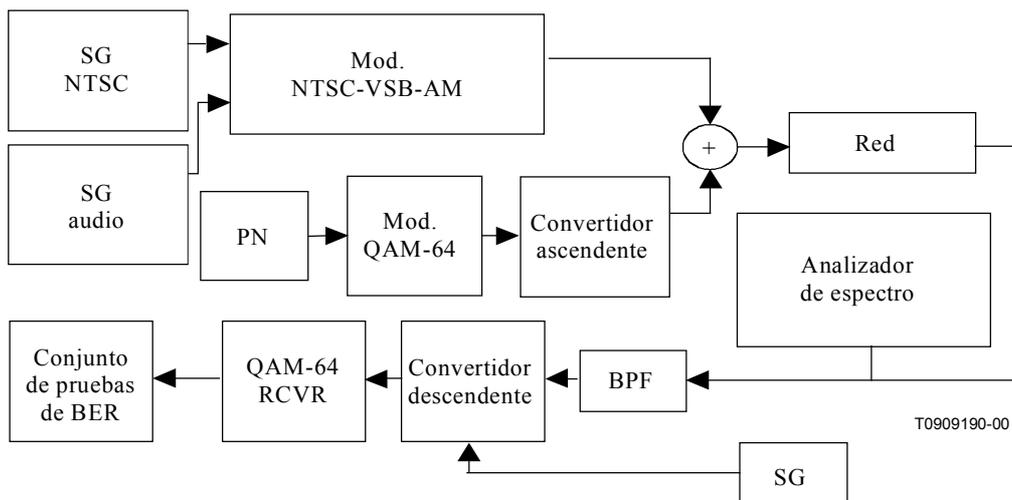


Figura III.2/J.142 – Medición de interferencia de señales analógicas NTSC a señales digitales QAM-64

SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

Serie A	Organización del trabajo del UIT-T
Serie B	Medios de expresión: definiciones, símbolos, clasificación
Serie C	Estadísticas generales de telecomunicaciones
Serie D	Principios generales de tarificación
Serie E	Explotación general de la red, servicio telefónico, explotación del servicio y factores humanos
Serie F	Servicios de telecomunicación no telefónicos
Serie G	Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales
Serie H	Sistemas audiovisuales y multimedios
Serie I	Red digital de servicios integrados
Serie J	Transmisiones de señales radiofónicas, de televisión y de otras señales multimedios
Serie K	Protección contra las interferencias
Serie L	Construcción, instalación y protección de los cables y otros elementos de planta exterior
Serie M	RGT y mantenimiento de redes: sistemas de transmisión, circuitos telefónicos, telegrafía, facsímil y circuitos arrendados internacionales
Serie N	Mantenimiento: circuitos internacionales para transmisiones radiofónicas y de televisión
Serie O	Especificaciones de los aparatos de medida
Serie P	Calidad de transmisión telefónica, instalaciones telefónicas y redes locales
Serie Q	Conmutación y señalización
Serie R	Transmisión telegráfica
Serie S	Equipos terminales para servicios de telegrafía
Serie T	Terminales para servicios de telemática
Serie U	Conmutación telegráfica
Serie V	Comunicación de datos por la red telefónica
Serie X	Redes de datos y comunicación entre sistemas abiertos
Serie Y	Infraestructura mundial de la información y aspectos del protocolo Internet
Serie Z	Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación