

UIT-R

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

Informe UIT-R SM.2157
(09/2009)

Métodos de medición para los sistemas de telecomunicaciones de transmisión de datos a alta velocidad por líneas de transporte y distribución de energía eléctrica

Serie SM
Gestión del espectro



Prólogo

El Sector de Radiocomunicaciones tiene como cometido garantizar la utilización racional, equitativa, eficaz y económica del espectro de frecuencias radioeléctricas por todos los servicios de radiocomunicaciones, incluidos los servicios por satélite, y realizar, sin limitación de gamas de frecuencias, estudios que sirvan de base para la adopción de las Recomendaciones UIT-R.

Las Conferencias Mundiales y Regionales de Radiocomunicaciones y las Asambleas de Radiocomunicaciones, con la colaboración de las Comisiones de Estudio, cumplen las funciones reglamentarias y políticas del Sector de Radiocomunicaciones.

Política sobre Derechos de Propiedad Intelectual (IPR)

La política del UIT-R sobre Derechos de Propiedad Intelectual se describe en la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/ISO/CEI a la que se hace referencia en el Anexo 1 a la Resolución UIT-R 1. Los formularios que deben utilizarse en la declaración sobre patentes y utilización de patentes por los titulares de las mismas figuran en la dirección web <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/es>, donde también aparecen las Directrices para la implementación de la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/ISO/CEI y la base de datos sobre información de patentes del UIT-R sobre este asunto.

Series de los Informes UIT-R

(También disponible en línea en <http://www.itu.int/publ/R-REP/es>)

Series	Título
BO	Distribución por satélite
BR	Registro para producción, archivo y reproducción; películas en televisión
BS	Servicio de radiodifusión sonora
BT	Servicio de radiodifusión (televisión)
F	Servicio fijo
M	Servicios móviles, de radiodeterminación, de aficionados y otros servicios por satélite conexos
P	Propagación de las ondas radioeléctricas
RA	Radio astronomía
RS	Sistemas de detección a distancia
S	Servicio fijo por satélite
SA	Aplicaciones espaciales y meteorología
SF	Compartición de frecuencias y coordinación entre los sistemas del servicio fijo por satélite y del servicio fijo
SM	Gestión del espectro

Nota: Este Informe UIT-R fue aprobado en inglés por la Comisión de Estudio conforme al procedimiento detallado en la Resolución UIT-R 1.

Publicación electrónica
Ginebra, 2010

© UIT 2010

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse por ningún procedimiento sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

INFORME UIT-R SM.2157

Métodos de medición para los sistemas de telecomunicaciones de transmisión de datos a alta velocidad por líneas de transporte y distribución de energía eléctrica

(Cuestión UIT-R 218/1)

(2009)

Cometido

Cada vez hay más demanda la utilización del acceso de banda ancha a Internet en todo el mundo. Los sistemas de telecomunicaciones por líneas de transporte y distribución de energía eléctrica (PLT) pueden proporcionar un medio de obtener dicho acceso. Estos sistemas son emisores involuntarios de radiaciones de radiofrecuencia y tales emisiones pueden provocar interferencia a los receptores de radiocomunicaciones. El trayecto de acoplamiento de la interferencia a los receptores víctima puede ser por medio de las emisiones radiadas o por medio de las emisiones conducidas.

Algunas administraciones ya han adoptado o están desarrollando métodos o procedimientos para medir dichas emisiones radiadas o emisiones conducidas, o ambas, procedentes de los sistemas de telecomunicaciones por líneas de transporte y distribución de energía eléctrica. El presente Informe es una recopilación de estos métodos y procedimientos. Véanse los Anexos 1 a 6.

Otras administraciones están evaluando dichos métodos de medición. Puede que esas administraciones deseen considerar los métodos descritos en los Anexos a este Informe.

Además, el Comité Internacional Especial de Perturbaciones Radioeléctricas (CISPR), que establece límites y métodos de medición para las perturbaciones de radiofrecuencia procedentes de varios tipos de fuentes, también han estado trabajando sobre métodos de medición de emisiones conducidas procedentes de sistemas de telecomunicaciones por líneas de transporte y distribución de energía eléctrica.

1 Emisiones involuntarias procedentes de sistemas PLT

Los módems PLT están diseñados para comunicarse entre sí mediante señales transmisoras y receptoras a través de las líneas de alimentación de energía eléctrica. En consecuencia, por regla general, la potencia de la señal se concentra en las proximidades de dos cables de la línea de alimentación. Sin embargo, si estos dos cables no están perfectamente equilibrados, la potencia de la señal puede tener fugas en la línea de alimentación en forma de emisión radiada. El desequilibrio en estas líneas de distribución de energía eléctrica viene provocado por las diversas cargas conectadas a las líneas, tales como dispositivos eléctricos o electrónicos, y muchas líneas de derivación conectadas en paralelo con las líneas de alimentación de energía eléctrica básicas, tales como circuitos para sistemas de iluminación con sus conmutadores. Además, las líneas de derivación pueden causar resonancia en ciertas frecuencias dando lugar a un desequilibrio en la corriente de señal las líneas. Por consiguiente, las emisiones radiadas procedentes por las líneas de energía eléctrica pueden ser provocadas por el desequilibrio de las corrientes de señal que fluyen a través del sistema PLT, incluidos factores tales como los módems PLT, el montaje de las líneas de energía y las diversas cargas. Las corrientes desequilibradas en un sistema PLT pueden variar con el tiempo y la frecuencia. Por lo tanto, los niveles de emisiones radiadas por un sistema PLT dependen fundamentalmente de la potencia de la señal de los módems PLT, pero pueden cambiar de manera muy significativa con el tiempo, la frecuencia y el emplazamiento (y posiblemente con otros factores tales como la presencia de objetos reflectantes cerca de las líneas de alimentación de energía eléctrica).

2 Medición de las emisiones PLT

Existen dos categorías distintas de medición de las emisiones PLT: medición de las emisiones radiadas y medición de las emisiones conducidas.

2.1 Medición de las emisiones radiadas

Los campos electromagnéticos radiados por un sistema PLT normalmente se miden a lo largo de las líneas de alimentación de energía eléctrica o fuera del recinto equipado con sistemas PLT. Generalmente, los resultados de las mediciones de intensidad de campo dependen en gran medida de la distancia y dirección de la medición con relación a las fuentes radiantes y de la polarización y la altura de la antena utilizada. En la banda de ondas decamétricas, se utiliza una antena de bucle o una antena monopolo para medir el campo magnético o el campo eléctrico, respectivamente.

Sin embargo, es difícil convertir mutuamente los datos de medición entre la intensidad de campo magnético y la intensidad de campo eléctrico, especialmente para distancias inferiores a aproximadamente $\lambda/2\pi$, debido a que puede que no sea aplicable un factor de conversión de 377Ω .

Las mediciones de emisiones radiadas se realizan normalmente *in situ* donde puede aparecer interferencia a los servicios de radiocomunicaciones. No obstante, como se ha indicado en el punto anterior, cabe señalar que los resultados pueden variar con el tiempo, la frecuencia y el emplazamiento.

A fin de minimizar la probabilidad de que los sistemas PLT causen interferencia, la reglamentación y las normas nacionales exigen efectuar mediciones de las emisiones radiadas, como muestran los Anexos 1 (UIT-T), 2 (Estados Unidos de América) y 3 (Alemania). El Anexo 4 describe los trabajos que se están llevando a cabo en Brasil para realizar una correlación entre las mediciones de emisiones radiadas efectuadas con distintos tipos de antena. Los factores fundamentales para medir las emisiones radiadas son las características del receptor de medición y la antena que se utiliza (como se indica en los Anexos 3 y 4). Además, la distancia de medición, la altura de la antena y la influencia de los objetos reflectantes situados en las proximidades de los puntos de medición también son factores importantes. El Anexo 6 presenta los métodos utilizados por el Centro de Investigación de Comunicaciones de Canadá para llevar a cabo mediciones de emisiones de radiofrecuencia radiadas y conducidas procedentes de dispositivos PLT que funcionan en un entorno residencial. Los resultados de estas mediciones aparecen en el Informe UIT-R SM.2158.

2.2 Medición de las emisiones conducidas

Al contrario de lo que sucede en medición de las emisiones radiadas, la medición de las emisiones conducidas puede llevarse a cabo en las pruebas de autorización de los equipos.

Como se describe en el § 1 la radiación involuntaria procedente de un sistema PLT se debe al desequilibrio de las corrientes (modo común) que se transforman a partir de las corrientes de la señal equilibradas (modo diferencial) debido al desequilibrio y la resonancia del sistema PLT. Por lo tanto, las mediciones se efectúan sobre las componentes equilibrada y desequilibrada de la tensión o corriente de la señal conducida en la línea de alimentación de energía eléctrica. Sin embargo, en situaciones reales, los datos de la medición pueden estar dispersos en una gama extremadamente amplia debido a que el desequilibrio en los módems PLT, las líneas de energía y los equipos conectados varía significativamente con el tiempo y la frecuencia así como a causa de los diversos montajes y los objetos cercanos a las líneas de energía. En consecuencia, en las pruebas de conformidad de los módems PLT se utiliza normalmente una red denominada «red de estabilización de impedancia» para simular las características representativas de las condiciones reales de la línea de alimentación de energía eléctrica.

Para controlar la posible interferencia provocada por otros tipos de equipos eléctricos/electrónicos, tales como ordenadores personales y electrodomésticos, siempre se exige realizar mediciones de emisiones conducidas para demostrar la conformidad por con los límites pertinentes establecidos por diversas normas, tales como las normas CISPR, especialmente en las gamas de frecuencias inferiores a 30 MHz. De la misma forma, pueden efectuarse mediciones de emisiones conducidas a los módems PLT para las pruebas de autorización de equipos. En el Anexo 5 (Japón) se indican las medidas requeridas de las corrientes de señal en modo común que fluyen a través de un módem sometido a prueba cuando se conecta a una red de estabilización de impedancia (ISN). Como las características de la ISN están estrictamente especificadas como una carga fija al módem, las corrientes de la señal en modo diferencial también vienen restringidas por los límites de las corrientes en modo común. Los factores clave en las mediciones de emisiones conducidas son las características del receptor de medición y de la ISN utilizados.

Los requisitos de protección para los servicios de radiocomunicaciones deben tener en cuenta el nivel de energía de radiofrecuencia radiada por los sistemas PLT en el espacio libre así como las emisiones conducidas por los sistemas PLT que comparten circuitos de energía eléctrica comunes con el equipo receptor. Sin embargo, no existe una correspondencia perfectamente definida entre la energía de radiofrecuencia radiada por los sistemas PLT y los valores de corriente conducida medidos en los accesos de salida de estos sistemas PLT o la potencia entregada a las líneas de energía por los módems PLT. Este Informe incluye un método para medir las emisiones conducidas pero no considera si deben utilizarse las emisiones conducidas o las emisiones radiadas para regular los sistemas PLT.

2.3 Otros textos pertinentes del UIT-R

Recomendación UIT-R SM.1753 – Método para medir el ruido radioeléctrico

Recomendación UIT-R P.372-9 – Ruido radioeléctrico.

Report ITU-R SM.2055 – Radio noise measurements.

Report ITU-R SM.2155 – Man-made noise measurements in the HF range.

Anexo 1

Medición de las emisiones perturbadoras con arreglo a lo dispuesto en la Recomendación UIT-T K.60¹

A1.1 Consideraciones generales

Para obtener los máximos valores en las lecturas de las emisiones perturbadoras, debe garantizarse que la parte de la red de telecomunicaciones evaluada funciona con los máximos niveles de señal en ese emplazamiento y en el modo previamente identificado como el causante de la máxima intensidad de campo perturbadora de RF. Si el sistema es interactivo, será importante verificar la presencia de señales de trayecto de retorno (ascendente), si se encuentran en la misma gama de frecuencias a la que se refiere la reclamación.

¹ El objeto de esta Recomendación es orientar a las administraciones cuando se plantean presentar quejas de interferencia entre sistemas de telecomunicaciones y no tiene por objetivo establecer requisitos de cumplimiento o recomendaciones para la protección del espectro radioeléctrico.

Las mediciones en interiores están especialmente sujetas a incertidumbres debido a las reflexiones o a tendidos de cable desconocidos, por ejemplo. Es importante determinar con precisión el valor máximo de la emisión y tener en cuenta los posibles factores que influyen en el mismo.

Aunque la medición del campo radiado tiene el inconveniente de una incertidumbre en las mediciones relativamente elevada y dificultades de ubicación, este método puede aplicarse tanto en interiores como en exteriores. Además, al llevar a cabo mediciones en interiores, debe prestarse especial atención a las posibles reflexiones. En algunos casos, la intensidad de campo puede ser el doble del valor calculado.

A1.2 Normalización de los resultados de las mediciones a la distancia de medición normalizada

Las restricciones espaciales (que aparecen, por ejemplo, al realizar mediciones en interiores) pueden exigir una disminución de la distancia de medición por debajo de la distancia de medición normalizada. La distancia de medición elegida deberá ser lo mayor posible, pero en ningún caso inferior a 1 m. En caso de mediciones en exteriores, también puede ser necesario utilizar una distancia de medición superior a la distancia normalizada.

Si es preciso utilizar una distancia de medición superior o inferior a la distancia de medición normalizada, deberán elegirse tres puntos de medición distintos y accesibles situados a lo largo del eje de medición. La distancia entre esos puntos debe ser lo mayor posible y en cada uno de ellos hay que medir el nivel de intensidad de campo perturbador. Las condiciones locales y la mensurabilidad de la intensidad de campo perturbador serán los factores determinantes.

A continuación, los resultados de la medición se representarán en un diagrama que muestre el nivel de intensidad de campo ($\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})$) en función del logaritmo de la distancia de medición. La línea que une los resultados de la medición representa la pendiente de la intensidad de campo a lo largo del eje de medición. Si esta pendiente no puede determinarse, deben elegirse puntos de medición adicionales. El nivel de intensidad de campo a la distancia de medición normalizada puede leerse en el diagrama utilizando una prolongación rectilínea de la línea de conexión.

No es posible normalizar los resultados de las mediciones si en el emplazamiento de medición se desconoce la distancia real al cable de la red de telecomunicaciones.

A1.3 Medición de las emisiones perturbadora en la gama de frecuencias de 9 kHz a 30 MHz

A1.3.1 Introducción

En la gama de frecuencias de 9 kHz a 30 MHz, debe medirse y evaluarse la componente magnética de la emisión perturbadora radiada.

Se requiere un sistema de medición calibrado conforme a la norma CISPR 16-1-1, compuesto de un receptor de medición de perturbaciones radioeléctricas (o un analizador de espectro adecuado), junto con una antena de bucle asociada para medir las componentes del campo magnético, y de un trípode.

También pueden utilizarse, si es necesario, otros equipos especializados tales como antenas de bucle resonante.

Para agilizar la medición, debe emplearse en primer lugar un detector de cresta. Si el ruido de fondo hace imposible realizar esta sencilla medición, se utilizará un detector de cuasicresta y se aplicarán los niveles de cuasicresta.

Se recomienda que tanto el receptor de medición como la antena de bucle tengan fuentes de alimentación independientes sin conexión a tierra (por ejemplo, baterías), especialmente en el caso de mediciones en interiores, a fin de minimizar los posibles bucles de corriente de tierra que podrían afectar dichas mediciones.

A1.3.2 Procedimiento de medición

La antena de bucle deberá montarse en un trípode a una altura de 1 m (a partir del borde inferior del bucle) y se situará en el emplazamiento de medición donde previamente se haya determinado que aparece el máximo valor de intensidad de campo perturbador, de manera que se encuentre a la distancia de medición normalizada.

Se sintoniza el receptor de medición a la frecuencia perturbadora, debe determinarse el tipo de detector requerido y debe orientarse la antena de bucle de manera que se obtenga la máxima lectura.

La medición de los campos magnéticos radiados por las redes de telecomunicaciones en la gama de frecuencias de hasta 30 MHz puede resultar complicada debido a la presencia de diversas emisiones de RF deseadas de alto nivel procedentes de servicios de radiocomunicaciones. Teniendo esto presente, puede que sea necesario identificar algunas frecuencias (denominadas en adelante «frecuencias silenciosas») atribuidas próximas a las frecuencias de los servicios de radiocomunicaciones afectados, con valores bajos de intensidad de campo de manera que el ruido de fondo y cualquier señal ambiente se encuentren por debajo de los límites aplicables. Siempre que sea posible este margen debe ser superior a 6 dB. Este procedimiento debe realizarse sin modificar la posición de la antena y, de forma ideal, con la red de telecomunicaciones desconectada.

Si la red no puede desconectarse, puede seguirse el siguiente procedimiento alternativo:

- Se orienta la antena de bucle para obtener el mínimo acoplamiento con la emisión de la red y se verifica que el ruido de fondo y cualquier señal ambiente se encuentran por debajo del límite aplicable; siempre que sea posible, este margen debe ser superior a 6 dB.
- Se orienta la antena de bucle para obtener el máximo acoplamiento y a continuación se aumenta la distancia de medición comprobando que se reduce la intensidad de campo medida de conformidad con el § 7.2 de la Recomendación UIT-T K.60.

Las frecuencias silenciosas o la gama de frecuencia identificadas se utilizarán para medir la emisión perturbadora. El operador del receptor de medición debe evaluar los niveles de ruido de fondo de manera subjetiva en cada una de estas frecuencias. Utilizando la anchura de banda de medición y el detector especificados, debe registrarse el nivel de intensidad de campo perturbador más elevado ($\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})$) observado durante un periodo de 15 s. Debe ignorarse todo valor de cresta aislado de breve duración.

A1.4 Medición de las emisiones perturbadoras en la gama de frecuencias de 30 MHz a 3 000 MHz

A1.4.1 Introducción

Debe medirse y evaluarse la componente eléctrica de la emisión perturbadora radiada.

Normalmente, dicha componente eléctrica se medirá como intensidad de campo eléctrico (en $\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})$) a la distancia de medición normalizada.

A1.4.2 Equipo de medición

Se necesita un equipo de medición calibrado de conformidad con la norma CISPR 16-1-1, compuesto por un receptor de medición de perturbaciones radioeléctricas (o un analizador de espectro adecuado) junto con un dipolo de banda ancha asociado, una biconica, una antena logperiódica, o una antena de bocina, o una antena similar con polarización lineal, cada una de ellas adecuada para medir las componentes eléctricas del campo electromagnético, y de un mástil de antena.

Para agilizar la medición, debe utilizarse en primer lugar un detector de cresta. Si el ruido de fondo hace imposible realizar esta sencilla medición, se empleará un detector de cuasicresta y se aplicará el nivel de cuasicresta. Por encima de 1 GHz, no existe ningún detector de cuasicresta por lo que sólo deben utilizarse detectores de cresta.

A1.4.3 Medición de la intensidad de campo eléctrico perturbador

La antena de medición deberá ir montada en el mástil situado en el emplazamiento de medición donde se haya detectado previamente el máximo valor de la intensidad de campo perturbador, de manera que se encuentre a la distancia de medición normalizada.

Las restricciones espaciales (que aparecen, por ejemplo, durante mediciones en interiores) pueden exigir una disminución de la distancia de medición. En este caso, la distancia de medición elegida debe ser mayor o igual a 1 m. Para realizar la medición, la antena se orientará de manera que se obtenga el máximo acoplamiento con la fuente perturbadora sin ninguna exploración de altura.

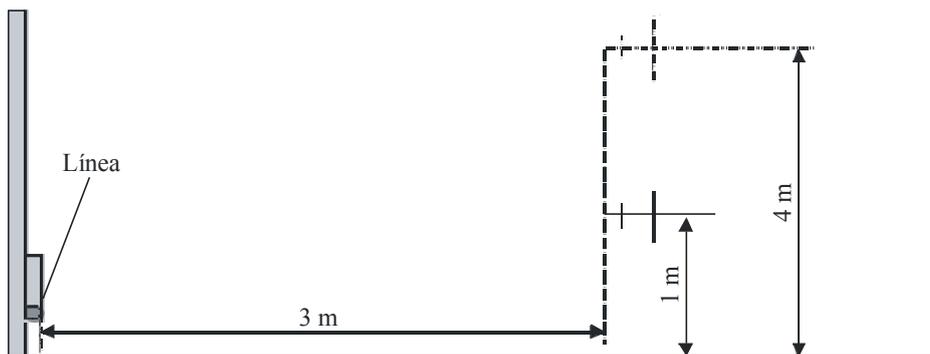
Debe sintonizarse el receptor de medición o el analizador de espectro a la frecuencia perturbadora, debe determinarse el tipo de detector requerido y debe realizarse la medición. A fin de determinar la máxima intensidad de campo perturbador en RF, en el emplazamiento de la medición especificada y en los puntos de medición, se variará la dirección, la altura y la polarización (horizontal y vertical) de la antena de medición. Debe determinarse la componente eléctrica de la intensidad de campo perturbador observando la indicación del receptor de medición durante un periodo de unos 15 s y registrando posteriormente su máxima indicación. No deben tenerse en cuenta los valores de cresta aislados que puedan aparecer.

Si la antena y la red de telecomunicaciones están situadas al mismo nivel, la altura de antena se variará entre 1 m y 4 m (o el máximo permitido por el techo) a fin de determinar la máxima intensidad de campo. Al variar la altura de la antena, ésta no debe situarse a menos de 0,5 m de objetos reflectantes (por ejemplo, paredes, techos, estructuras metálicas, etc.). La variación de la altura de la antena puede estar restringida por las condiciones del local (véase la Fig. 1).

En el caso de mediciones en exteriores, la altura de la antena variará entre 1 m y 4 m.

FIGURA 1

Variación de la altura de la antena



Anexo 2

Métodos de medición aplicables a las emisiones radiadas por los sistemas de telecomunicaciones por líneas de transporte y distribución de energía eléctrica en Estados Unidos de América

A2.1 Definiciones

Sistema de corriente portadora: Sistema, o parte de un sistema, que transmite energía de radiofrecuencia por conducción a lo largo de líneas de energía eléctrica. Un sistema de corriente portadora puede diseñarse de tal forma que las señales se reciban directamente por conducción mediante conexión a las líneas de energía eléctrica (radiador involuntario) o se reciban por el aire debido a la radiación de las señales de radiofrecuencia procedentes de las líneas de energía eléctrica (radiador intencionado).

PLT de acceso: Sistema de corriente portadora que funciona como radiador involuntario en frecuencias entre 1 705 kHz y 80 MHz en líneas de media tensión (MV) o de baja tensión (LV) para proporcionar comunicaciones de banda ancha y situadas en el lado de suministro de los puntos del servicio público de la interconexión con los locales de abonado.

Las líneas de media tensión transportan entre 1 000 y 40 000 V desde una subestación y pueden ser aéreas o subterráneas; las líneas de baja tensión transportan tensiones bajas, por ejemplo 240/120 V, desde un transformador de distribución a un local de abonado.

PLT doméstico: Sistema de corriente portadora que funciona como radiador involuntario en frecuencias comprendidas entre 1 705 kHz y 80 MHz en líneas de baja tensión que no son propiedad ni son explotadas o controladas por un suministrador del servicio de energía eléctrica. Ello incluiría redes cerradas en los locales de abonado y redes en los locales de abonado que forman conexiones con sistemas de banda ancha a través de cables eléctricos (BPL) de acceso.

A2.2 Principios generales de medición para PLT de acceso y PLT doméstico

- 1) Las pruebas deberán llevarse a cabo fijando al máximo nivel la potencia de los equipos sometidos a prueba.
- 2) Las pruebas se realizarán utilizando el máximo factor de actividad de inyección de RF (velocidad de ráfagas). Los modos de prueba o el software de prueba pueden emplearse para las transmisiones de enlace ascendente y enlace descendente.
- 3) Las mediciones deben efectuarse en un emplazamiento de prueba donde el nivel de la señal ambiente sea 6 dB inferior al límite aplicable (véase la norma CISPR-16-1-4 – Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods, Ed. 1.1, 2004-05, § 5 y 8).
- 4) Si la velocidad de ráfagas de las comunicaciones de datos es al menos 20 ráfagas/s, deberán utilizarse mediciones de cuasicresta. Si dicha velocidad es de 20 ráfagas/s o inferior, las mediciones deberán realizarse utilizando un detector de cresta.
- 5) Para frecuencias por encima de 30 MHz, se utiliza una antena sensora de campo eléctrico tal como una antena bicónica. La señal deberá maximizarse para alturas de antena comprendidas entre 1 y 4 m y polarizaciones horizontal y vertical, de conformidad con la norma CISPR 16-1-4 – Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods, Ed. 1.1, 2004-05, § 4 procedures. Para mediciones de PLT de acceso únicamente, como alternativa a la variación de la altura de antena entre 1 y 4 m, estas mediciones pueden efectuarse a la altura de 1 m siempre que los valores de intensidad

de campo medidos se incrementen un factor de 5 dB para tener en cuenta los efectos de la altura.

- 6) Para frecuencias por debajo de 30 MHz, se utiliza un bucle magnético activo o pasivo. La antena de bucle magnético debe situarse a 1 m de altura con su plano orientado verticalmente y maximizando el valor de la emisión girando la antena 180 grados en torno a su eje vertical. Cuando se utilicen bucles magnéticos activos debe tomarse la precaución de evitar que las señales ambiente sobrecarguen el analizador de espectro o el preamplificador de antena.
- 7) Deberán indicarse los seis valores de emisión radiada más elevados con respecto al límite e independientes de la polarización de la antena, como se indica en la norma CISPR 22 – Information technology equipment – Radio disturbance characteristics – Limits and methods of measurement, Ed. 5, 2004-05, § 8.
- 8) Deben probarse todos los modos de funcionamiento incluidas todas las bandas de frecuencia de funcionamiento.

A2.3 Principios de medición del PLT de acceso

a) Entorno de prueba

- 1) El equipo sometido a prueba incluye todos los dispositivos electrónicos PLT; por ejemplo, acopladores, inyectores, extractores, repetidores, reforzadores de potencia, concentradores y líneas aéreas o subterráneas de media tensión del servicio público de distribución de energía eléctrica.
- 2) Deberán realizarse pruebas *in situ* en tres instalaciones típicas para líneas aéreas y tres instalaciones típicas para líneas subterráneas.

b) Principios de medición de emisiones radiadas para instalaciones de líneas aéreas

- 1) Las mediciones deben realizarse normalmente a una distancia de separación horizontal de 10 m de la línea aérea. Si es necesario, debido a las emisiones ambiente, las mediciones pueden realizarse a una distancia de 3 m. Deben efectuarse correcciones de la distancia utilizando un factor de extrapolación de 20 dB/década para frecuencias de 30 MHz o superiores a la distancia especificada y un factor de extrapolación de 40 dB/década para frecuencias por debajo de 30 MHz a la distancia especificada.
- 2) Las pruebas deberán efectuarse a distancias de 0, 1/4, 1/2, 3/4 y 1 longitud de onda por debajo de la línea desde el punto de inyección PLT de la línea de potencia. La separación en longitudes de onda se basa en la frecuencia de mitad de banda utilizada por el equipo sometido a prueba. Además, si esta frecuencia rebasa la frecuencia más baja inyectada en la línea de energía eléctrica por más de un factor de dos, la prueba deberá extenderse en pasos de 1/2 longitud de onda en la frecuencia de mitad de banda hasta que la distancia sea igual o superior a 1/2 longitud de onda de la frecuencia más baja inyectada (por ejemplo, si el dispositivo inyecta frecuencias de 3 a 27 MHz, la longitud de onda correspondiente a la frecuencia de mitad de banda de 15 MHz es 20 m y la longitud de onda correspondiente a la frecuencia inyectada más baja es 100 m. Las mediciones deben realizarse a 0, 5, 10, 15 y 20 m por debajo de la línea, correspondientes a valores entre cero y una longitud de onda en la frecuencia de mitad de banda. Como esta frecuencia rebasa la mínima frecuencia por más de un factor de dos, son necesarias mediciones adicionales a intervalos de 10 m hasta que la distancia por debajo de la línea desde el punto de inyección sea igual o superior a la mitad de 100 m. Por consiguiente, son necesarios puntos de medición adicional a 30, 40 y 50 m por debajo de la línea desde el punto de inyección).
- 3) La prueba deberá repetirse para cada componente PLT de acceso (inyector, extractor, repetidor, reforzador de potencia, concentrador, etc.).

- 4) La corrección en distancia a la medición de la línea aérea deberá basarse en la distancia de alcance oblicuo que es la distancia de visibilidad directa desde la antena de medición a la línea aérea. Las correcciones de la distancia de alcance oblicuo se efectúan utilizando un factor de extrapolación de 20 dB/década para frecuencias de 30 MHz o superiores a la distancia especificada y un factor de extrapolación de 40 dB/década para frecuencias por debajo de 30 MHz a la distancia especificada. (Por ejemplo, si la medición se efectúa a una distancia horizontal de 10 m con una altura de antena de 1 m y la altura de la línea de potencia PLT es 11 m, la distancia de alcance oblicuo es 14,1 m (10 m de distancia vertical y 10 m de distancia horizontal. A frecuencias por debajo de 30 MHz, las mediciones se extrapolan a la distancia de referencia de 30 m requerida substrayendo el valor $40 \log(30/14,1)$ o 13,1 dB de los valores medidos. Para frecuencias por encima de 30 MHz, la corrección utiliza un factor $20 \log$).

NOTA 1 – En los casos en que los dispositivos de PLT de acceso están acoplados con líneas de potencia de baja tensión (por ejemplo, enchufes domésticos o reforzadores de potencia de módem) se aplican los procedimientos de línea aérea indicados anteriormente a lo largo de las líneas de baja tensión.

c) Principios de medición de emisiones radiadas para instalaciones de línea subterránea

Las instalaciones de línea subterránea son aquellas en las que el dispositivo PLT está montado o adosado en la carcasa de un transformador montado sobre losa o en una caja de conexión montada en el suelo, acoplado directamente sólo a los cables subterráneos.

- 1) Las mediciones deben realizarse normalmente para una distancia de separación de 10 m desde el transformador de potencia del suelo que contiene los dispositivos PLT. Si es necesario, debido a las emisiones ambiente, las mediciones pueden realizarse a una distancia de 3 m. Las correcciones de distancia deben efectuarse utilizando un factor de extrapolación de 20 dB/década para frecuencias de 30 MHz o superiores a la distancia especificada y un factor de extrapolación de 40 dB/década para frecuencias por debajo de 30 MHz a la distancia especificada.
- 2) Las mediciones deberán realizarse en posiciones alrededor del perímetro del transformador de potencia en el suelo donde se produce el máximo valor de las emisiones. Las mediciones se efectuarán para un mínimo de 16 ángulos radiales en torno al equipo sometido a prueba (o el transformador en el suelo que contiene los dispositivos PLT). Si se sospecha la existencia de diagramas de radiación directivos, deberán examinarse ángulos acimutales adicionales.

A2.4 Principios de medición PLT domésticos

- 1) Es necesario realizar pruebas *in situ* del dispositivo PLT doméstico.
- 2) Si es posible, el dispositivo deberá probarse también en un entorno de laboratorio, como un periférico de ordenador, para las emisiones radiadas y conducidas mediante los procedimientos de medición establecidos en la norma CISPR 22 – Information technology equipment – Radio disturbance characteristics – Limits and methods of measurement, Ed. 5, 2004-05, § 8.

a) Entorno de prueba y principios de medición de emisiones radiadas para las pruebas *in situ*

- 1) El equipo sometido a prueba incluye módems PLT domésticos utilizados para transmitir y recibir señales PLT en líneas de baja tensión, dispositivos de interfaz de ordenador asociados, cableado de edificios y líneas aéreas o subterráneas que establecen la conexión los servicios eléctricos.

- 2) Las pruebas *in situ* se realizarán con el equipo sometido a prueba instalado en un edificio sobre una pared exterior en la planta baja o en el primer piso. La prueba se efectuará en tres instalaciones típicas que deberán incluir una combinación de edificios con líneas aéreas y líneas subterráneas. Los edificios no deberán tener aluminio u otros laterales metálicos o cables apantallados (por ejemplo, cables instalados a través de un conducto o cable eléctrico BX).
 - 3) Las mediciones se realizarán en emplazamientos situados alrededor del perímetro del edificio donde se producen los máximos valores de la emisión.
 - 4) Las mediciones deben efectuarse normalmente a una distancia de separación de 10 m del perímetro del edificio. Si es necesario, debido a las emisiones ambiente, las mediciones pueden realizarse a una distancia de 3 m. Las correcciones de distancia se introducen utilizando un factor de extrapolación de 20 dB/década para frecuencias de 30 MHz o superiores a la distancia especificada y un factor de extrapolación de 40 dB/década para frecuencias inferiores a 30 MHz a la distancia especificada.
- b) Principios de medición adicionales para pruebas *in situ* con líneas aéreas**
- 1) Además de las pruebas en los radiales en torno al edificio, se deben llevar a cabo pruebas en tres posiciones a lo largo de la línea aérea que conecta el edificio (es decir, el cable de servicio). Se recomienda realizar estas mediciones comenzando a una distancia de 10 m por debajo de la línea desde la conexión al edificio. Si esta prueba no puede efectuarse debido a la insuficiente longitud del cable de servicio, deberá incluirse en el informe técnico una declaración que explique la situación y la configuración de prueba utilizada.
 - 2) Las mediciones deben realizarse normalmente a una distancia de separación horizontal de 10 m desde la línea aérea que conecta el edificio. Si es necesario, debido a las emisiones ambiente, las mediciones pueden realizarse a una distancia de 3 m. Las correcciones de distancia deben introducirse utilizando un factor de extrapolación de 20 dB/década para frecuencias de 30 MHz o superiores a la distancia especificada y un factor de extrapolación de 40 dB/década para frecuencias por debajo de 30 MHz a la distancia especificada.
 - 3) La corrección de distancia para las mediciones de línea aérea deberá basarse en la distancia de alcance oblicuo que es la distancia de visibilidad directa desde la antena de medición hasta la línea aérea. Las correcciones de distancia de alcance oblicuo se efectúan utilizando un factor de extrapolación de 20 dB/década para frecuencias de 30 MHz o superiores a la distancia especificada y un factor de extrapolación de 40 dB/década para frecuencias inferiores a 30 MHz a la distancia especificada.
- c) Principios de medición para pruebas de periféricos de ordenador**
- 1) La velocidad de datos deberá fijarse a la máxima velocidad utilizada por el dispositivo sometido a prueba. Para simular el tráfico de datos pueden emplearse modos de prueba o software de prueba.
 - 2) Las mediciones de las emisiones conducidas deberán realizarse de conformidad con la norma CISPR 22 – Radio disturbance characteristics – Limits and methods of measurement, Ed. 5, 2004-05, § 5.
 - 3) En el caso de dispositivos PLT domésticos que funcionan como radiadores involuntarios por debajo o por encima de 30 MHz, las emisiones radiadas por el periférico del ordenador deberán medirse en un emplazamiento de prueba de zona abierta (OATS) de conformidad con el procedimiento de medición establecido en la norma CISPR 16-1-4 – Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods, Ed. 1.1, 2004-05, § 5.

Anexo 3

Especificación de las mediciones de campos perturbadores procedentes de sistemas y redes de telecomunicaciones en la gama de frecuencias de 9kHz a 3 GHz en Alemania

A3.1 Introducción general

A3.1.1 Alcance

Este texto indica procedimientos para realizar mediciones *in situ* de emisiones perturbadoras no deseadas causadas por instalaciones y redes de telecomunicaciones. Se realizan mediciones de emisiones perturbadoras no deseadas en el espectro de radiofrecuencias causadas por la utilización de frecuencias para la transmisión de información en el interior y a lo largo de conductores. En el caso de señales de banda ancha, puede ser necesaria la utilización de una portadora auxiliar, lo que exige descripciones adicionales del procedimiento de medición.

Las redes en cuestión incluyen WAN, LAN y CATV así como las tecnologías recientemente desarrolladas en el área de acceso a las telecomunicaciones que utilizan las líneas de transporte y distribución de energía eléctrica (PLT) y las redes de telefonía (xDSL).

Este documento no indica procedimientos para la medición de emisiones procedentes de equipos eléctricos a fin de efectuar las pruebas de conformidad de acuerdo con la ley sobre compatibilidad electromagnética de Alemania (EMVG).

Las aplicaciones radioeléctricas que pueden resultar afectadas por las emisiones perturbadoras de RF incluyen, entre otras, a los receptores de señales de frecuencias patrón y señales horarias, los receptores de los servicios de radiocomunicaciones móviles, los servicios de radiodifusión sonora y de TV, los servicios fijos, los teléfonos sin cordón y los equipos radioeléctricos para los servicios de radioaficionados.

La protección contra las emisiones perturbadoras de RF no deseadas radiadas por redes de telecomunicaciones se aborda específicamente en el número 15.12 del RR y aparece en el Artículo 4 (2) de la Directiva del Consejo 2004/108/EG de 15 de diciembre de 2004 (Directiva EMC).

Esta especificación no cubre las disposiciones para medir emisiones procedentes de dispositivos eléctricos o electrónicos en el marco de las pruebas de conformidad de equipos de acuerdo con la EMVG o FTEG de Alemania.

A3.1.2 Gama de frecuencias

El presente texto es aplicable a la gama de frecuencias de 9 kHz a 3 GHz.

A3.1.3 Procedimientos de medición

El presente texto establece métodos de medición de las emisiones perturbadoras de RF no deseadas que acompañan a las señales deseadas por cable procedentes de redes e instalaciones de telecomunicaciones.

A3.1.4 Límites

Los límites de las emisiones perturbadoras no deseadas procedentes de instalaciones y redes de telecomunicaciones se indican en el Apéndice 1 del Anexo 3 al presente texto.

A3.2 Definiciones y abreviaturas

En este texto se aplican las siguientes definiciones:

Punto de referencia de antena: Centro geométrico de la antena o punto de referencia a que se refiere el procedimiento de calibración de la antena.

Factor de ponderación del detector: Diferencia de indicación obtenida por un detector de cuasicresta y un detector de cresta para una señal específica.

Intensidad de campo de perturbador: Intensidad de campo producida en un emplazamiento determinado por una perturbación electromagnética, medida en condiciones especificadas (IEC – IEV 161-04-02).

NOTA – En este texto, sólo se consideran las componentes de las señales deseadas por cable que pueden causar emisiones perturbadoras no deseadas en forma de campos.

Perturbación electromagnética: Cualquier fenómeno electromagnético que pueda degradar el comportamiento de un dispositivo, equipo o sistema (IEC – IEV 161-01-05).

Emisión: Fenómeno mediante el cual emana energía electromagnética de una fuente (IEC – IEV 161-01-08).

Cobertura mínima: A efectos de esta especificación, se indica la cobertura mínima si en el emplazamiento de la medición puede verificarse la mínima intensidad de campo necesaria para la aplicación o servicio radioeléctrico pertinente.

Perturbación de radiofrecuencia: Perturbación electromagnética con componentes dentro de la gama de radiofrecuencias (IEC – IEV 161-01-13).

Red de telecomunicaciones: Conjunto de equipos técnicos (líneas de transmisión, equipos de conmutación y cualquier otro equipo indispensable para asegurar el funcionamiento adecuado de la red de telecomunicaciones) a los que está conectado el equipo terminal de telecomunicaciones mediante la terminación adecuada.

Instalación de telecomunicaciones: Cualquier equipo o sistema técnico capaz de enviar, transmitir, conmutar, recibir, gobernar o controlar como mensajes identificables las señales electromagnéticas u ópticas.

NOTA – Si en lo sucesivo se hace referencia únicamente a redes de telecomunicaciones, la información correspondiente también es aplicable a las instalaciones de telecomunicaciones.

Emisión perturbadora no deseada: Componentes de señales deseadas causadas por corrientes o tensiones por cable radiadas involuntariamente por el conductor y que pueden interferir con las comunicaciones radioeléctricas a través de acoplamientos inductivos o capacitivos (campo cercano) o de la propagación de ondas electromagnéticas (campo lejano).

Emisión no deseada: Señal que puede degradar la recepción de una señal deseada (IEC – IEV 161-01-03).

Señal deseada: La señal deseada comprende el espectro de frecuencias requerido para la comunicación en los conductores y a lo largo de los mismo.

A3.3 Principios para la preparación de las mediciones y su comportamiento

A3.3.1 Consideraciones generales

Será esencial recopilar toda la información técnica necesaria para entender de manera completa los parámetros de funcionamiento y el tendido de la red de telecomunicaciones que requiere medición. Por ejemplo, el operador de la red de telecomunicaciones debe proporcionar las especificaciones y parámetros correspondientes de la compatibilidad electromagnética de los cables y el hardware de

conexión. En todos los casos la información obtenida debe verificarse mediante una investigación preliminar como se indica a continuación, a fin de suprimir las mediciones de emisiones no deseadas procedentes de redes de telecomunicaciones reguladas por otras normas distintas a las que van a aplicarse.

A3.3.2 Características de comportamiento de las redes de telecomunicaciones

Las características básicas de comportamiento necesarias son: distribución de la amplitud espectral y características de frecuencia de las señales deseadas por cable y modos de funcionamiento que provocan los máximos niveles de emisiones perturbadoras de RF en todas las frecuencias de interés o en alguna particular.

También puede ser necesario determinar si las variaciones de amplitud espectral pueden derivar del control dinámico de potencia y si las características del espectro de frecuencias pueden variar dependiendo de la velocidad de transferencia de datos determinada.

Estos parámetros pueden calcularse más adecuadamente para una elevada relación $(S+N)/N$ mediante una abrazadera de corriente y un receptor de medición con exploración automatizado y pantalla de presentación panorámica que supervisa la corriente conducida en la interfaz de alimentación (o terminación) de la línea de telecomunicaciones. Probablemente será necesaria la cooperación con el operador de telecomunicaciones para preparar el sistema de la forma necesaria.

Durante una etapa de investigación preliminar también es preciso aclarar si las emisiones no deseadas observadas son emisiones perturbadoras no deseadas como se define en el § A3.2 u otras emisiones no deseadas procedentes de equipos electrónicos conectados a la red que no pertenecen a la señal deseada por cable. Las emisiones perturbadoras no deseadas observadas dentro de la banda de frecuencias de la señal deseada por cable deberán satisfacer las disposiciones de NB 30 si no han sido identificadas como otras emisiones no deseadas.

A3.3.3 Selección de los puntos de medición

La selección de los puntos de medición dependerá de los motivos de la medición. Dichos motivos pueden ser la investigación de unas quejas de interferencia o la verificación del cumplimiento de los límites.

A3.3.3.1 Investigación de las quejas de interferencias radioeléctricas

Para investigar de la interferencia, el punto de medición inicial (en interiores o exteriores) debe encontrarse en la parte de la línea de transmisión más próxima al receptor radioeléctrico interferido y/o la antena del dispositivo víctima de la interferencia.

A3.3.3.2 Verificación del cumplimiento de las normas por parte de las instalaciones y redes de telecomunicaciones

Para realizar las pruebas de conformidad, la topología de la instalación o red de telecomunicaciones determinará en lugar donde deben realizarse las mediciones iniciales. Este punto o puntos deben estar situados donde la experiencia demuestra que cabe esperar a valor más elevado de la emisión perturbadora. Para la mayoría de los sistemas interactivos estos puntos se encontrarán, por ejemplo, en cada extremo de la línea de transmisión, en cada amplificador intermedio que pueda instalarse o en los puntos de discontinuidad de impedancia o de fuga en la línea de transmisión.

En cada caso (es decir, el caso del § A3.3.3.1 y § A3.3.3.2) será necesario utilizar un receptor portátil con un indicador de nivel de señal u otra técnica de trazado adecuada para identificar y registrar el emplazamiento exacto donde se producen los máximos niveles de emisiones perturbadoras radiadas.

Será preciso medir la señal deseada con una relación $(S+N)/N$ apropiada a fin de determinar la forma de onda. Esa «huella» de la señal puede extraerse midiendo la corriente conducida en un punto accesible de la línea de transmisión (véase el § A3.3.2).

A3.3.4 Distancia de medición

A3.3.4.1 Verificación del cumplimiento de las normas por parte de las instalaciones y redes de telecomunicaciones

Para las mediciones en interiores y exteriores, la distancia de medición normalizada d es 3 m. Esta distancia es la separación entre el punto de referencia de la antena de medición y la parte más cercana de la red de telecomunicaciones.

A3.3.4.1.1 Determinación de la distancia de medición para mediciones en interiores

Si la parte de la red de telecomunicaciones sujeta a investigación es inaccesible, estando situada en el interior o detrás de una pared, conducto o estructura similar, la distancia de medición d se tomará desde el borde frontal de la pared o conducto.

Si para mediciones en interiores en la gama de frecuencias hasta 30 MHz no se dispone de un espacio libre de 3 m entre la red de telecomunicaciones y la antena de medición, la distancia de medición indicada anteriormente puede reducirse hasta 1 m. En este caso se aplican las disposiciones de los § A3.4.2.2 y A3.5.2.3.

A3.3.4.1.2 Determinación de la distancia de medición para mediciones en exteriores

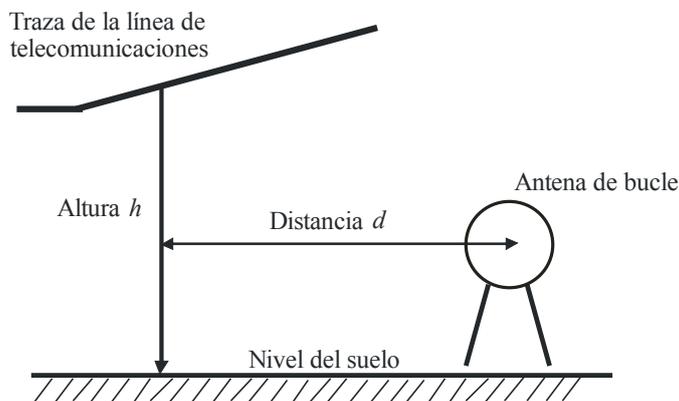
En el caso de mediciones realizadas fuera de un edificio u otra estructura que contenga equipos o cables de redes de telecomunicaciones, la distancia de medición d se determinará a partir de la pared externa del edificio o estructura pertinente.

Si la parte de la red de telecomunicaciones que va a medirse está enterrada, la distancia de medición d se tomará desde la línea que representa la proyección vertical en la red de telecomunicaciones sobre la superficie del suelo.

Si la parte de la red de telecomunicaciones que va a medirse se encuentra por encima de la antena de medición, la distancia de medición d se tomará desde la línea que representa la proyección vertical de la red de telecomunicaciones sobre la superficie del suelo.

Este principio se muestra en la Fig. 2.

FIGURA 2
Representación de la distancia de medición d desde la proyección vertical de la traza de la línea de telecomunicaciones sobre el suelo



Si para mediciones en exteriores no es posible ubicar la antena de medición a una distancia de 3 m debido a las condiciones locales, deberá aplicarse el método de medición especificado en el § A3.4.2.3 para las mediciones en la gama de frecuencias hasta 30 MHz.

Si la porción de cable de telecomunicaciones que va a medirse se encuentra significativamente por encima de la altura del mástil de antena disponible (por ejemplo, más de 10 m de altura sobre el suelo), deberá aplicarse el método de medición especificado en el § A3.4.2.3 para mediciones en la gama de frecuencias hasta 30 MHz y el nivel de potencia de perturbación de RF radiado se medirá de conformidad con el § A3.7 de la presente especificación, en la gama de frecuencias por encima de 30 MHz.

A3.3.4.2 Investigación de quejas sobre interferencias radioeléctricas

No se define ninguna distancia de medición específica para identificar la fuente de interferencia. Si dicha fuente se identifica, la parte pertinente de la instalación o red de telecomunicaciones se mide siguiendo los principios establecidos en el § A3.3.4.1. Debido a razones específicas, se permiten desviaciones con respecto a estos principios si es necesario.

A3.3.5 Límites de las emisiones perturbadoras permisibles procedentes de instalaciones y redes de telecomunicaciones

Los límites (junto con las correcciones necesarias) figuran en el Apéndice 1 del Anexo 3 al presente texto.

Obsérvese que los límites de intensidad de campo indicados en dicho Apéndice 1 del Anexo 3 son límites de cresta. No obstante, para minimizar la incertidumbre derivada de la utilización del detector de cresta, en las mediciones se utiliza un detector de cuasicresta.

Para permitir una comparación directa entre los niveles de cuasicresta medidos y los límites de cresta, será necesario utilizar un factor de ponderación en el detector de cuasicresta que se añadirá a las lecturas del nivel de cuasicresta. Este factor de ponderación dependerá de la anchura de banda de medición y de la arquitectura de la señal de la red de telecomunicaciones que se está investigando.

A menos que ya se conozca el factor de ponderación de cuasicresta y haya sido acordado con el operador de la red de telecomunicaciones, deberá establecerse durante la etapa de investigación preliminar. Esto resulta más fácil y se logra más precisión utilizando una abrazadera de corriente para medir la red de telecomunicaciones en un punto que proporcione una señal deseada limpia con una relación $(S + N)/N$ de al menos 20 dB.

En la gama de frecuencias de 30 MHz a 1 000 MHz el factor de ponderación de cuasicresta también puede determinarse ubicando la antena en las proximidades de la fuente de radiación.

En la gama de frecuencias de 1 000 MHz a 3 000 MHz no es necesario corregir los resultados de la medición porque en todos los casos se utiliza un detector de cresta.

A3.4 Mediciones de la emisión de perturbación en la gama de frecuencias de 9 kHz a 30 MHz

A3.4.1 Equipo de medición

Se necesita utilizar el siguiente equipo de medición, especificado en la publicación 16-1 del CISPR:

- un sistema de medición calibrado que consta de un receptor de medición de perturbación radioeléctrica y una antena de bucle asociada para la medición de las componentes de campo magnético, con trípode, y

- un sistema de medición calibrado que consta de un receptor de medición de perturbación radioeléctrica y una abrazadera de corriente asociada para la medición de las corrientes de alta frecuencia en los conductores,

respectivamente.

En la gama de frecuencias de 9 kHz a 150 kHz, deberá utilizarse una anchura de banda de medición de 200 Hz y el detector de cuasicresta.

En la gama de frecuencias de 150 kHz a 30 MHz, deberá utilizarse una anchura de banda de medición de 9 kHz y el detector de cuasicresta.

Si es necesario, también pueden utilizarse otros equipos especializados tales como antenas de bucle resonante o antenas para el campo eléctrico. Para toda medición que pueda ser necesaria de la intensidad de campo eléctrico debe utilizarse un dipolo activo como el que se describe en el Apéndice 5 del Anexo 3 o un dipolo similar.

Para minimizar la posibilidad de que los bucles de corriente de tierra afecten a la medición se recomienda que tanto el receptor de medición como la antena de bucle tengan fuentes de alimentación independientes sin conexión a tierra (por ejemplo, baterías) particularmente en el caso de mediciones en interiores.

A3.4.2 Método de medición

A3.4.2.1 Consideraciones generales

Como se especifica en el Apéndice 1 del Anexo 3, la intensidad de campo magnético medida se convierte con una impedancia intrínseca de 377Ω en intensidad de campo eléctrico.

Esta conversión puede efectuarse automáticamente en varios equipos de medición.

Deberá tenerse en cuenta que el sistema de telecomunicaciones funciona con sus máximos niveles de señal normales y en el modo, caso de existir, previamente identificado como el que produce los máximos niveles de campo perturbador. Si el sistema es interactivo, será especialmente importante verificar la presencia de señales de trayecto de retorno (ascendente) si dichas señales se encuentran en la misma gama de frecuencias a la que se refiere la reclamación de interferencia.

Si van a realizarse mediciones a una sola frecuencia o en una banda de frecuencias estrecha únicamente (por ejemplo, en casos de interferencia), la antena debe ajustarse de manera que se obtenga el máximo acoplamiento a la red de telecomunicaciones investigada.

Si van a realizarse mediciones en un gran número de frecuencias o en una gama de frecuencias de barrido, deben realizarse mediciones separadas con la antena ajustada en cada una de las tres direcciones ortogonales, X, Y y Z. Los datos de cada medición deben almacenarse y para cada frecuencia deberá calcularse la intensidad de campo efectiva, utilizando una ecuación (A3-1).

$$\frac{E_{eff}}{V/m} = \sqrt{\frac{E_X^2}{(V/m)^2} + \frac{E_Y^2}{(V/m)^2} + \frac{E_Z^2}{(V/m)^2}} \quad (A3-1)$$

Esta tarea se facilita leyendo los datos de cada medición introduciéndolos en una hoja de cálculo y determinando a continuación automáticamente el valor de E_{eff} .

Para disminuir el tiempo de medición, se recomienda empezar con una preexploración en la gama de frecuencias correspondiente utilizando el detector de cresta seguida de otra medición de los máximos valores de intensidad de campo de perturbación determinados utilizando el detector de cuasicresta.

Para la antena de bucle, la distancia de medición d es la separación entre su centro geométrico y la red de radiotelecomunicaciones y para el dipolo activo, la distancia de medición d es la separación entre el punto de referencia del dipolo y la red de telecomunicaciones.

La antena de bucle debe montarse en un trípode a una altura de 1 m (del borde inferior del bucle) en el emplazamiento donde previamente se haya determinado que aparece la máxima intensidad de campo perturbador, de manera que se encuentre a la distancia de medición prescrita de la red de telecomunicaciones.

Se sintoniza el receptor de medición a la frecuencia necesaria, se determina el detector requerido y se orienta la antena de bucle para obtener la máxima indicación de la señal de la red de telecomunicaciones, o en las direcciones ortogonales X, Y y Z, y posteriormente se calcula la intensidad de campo eficaz.

La medición de los campos magnéticos radiados por las redes de telecomunicaciones en las gamas de frecuencias de hasta 30 MHz puede resultar complicada debido a la presencia de diversas emisiones de radiofrecuencia deseadas de alto nivel procedentes de servicios de radiocomunicaciones. Teniendo esto en cuenta puede ser necesario identificar algunas gamas de frecuencia con valores bajos de intensidad de campo en los huecos entre las transmisiones radioeléctricas, de manera que el ruido de fondo y cualquier señal ambiente se encuentren por debajo del límite aplicable especificado en el Apéndice 1 del Anexo 3. Esto debe hacerse sin alterar la posición de la antena e idealmente con la red de telecomunicaciones desconectada.

Si la red no puede desconectarse, pueden seguirse el siguiente procedimiento alternativo:

- Se orienta la antena de bucle para obtener el mínimo acoplamiento con la emisión de la red y se verifica que el ruido de fondo y cualquier señal ambiente se encuentran por debajo del límite aplicable indicado en el Apéndice 1 del Anexo 3.
- Se orienta la antena de bucle para obtener el máximo acoplamiento y a continuación se aumenta la distancia de medición comprobando que se reduce la intensidad de campo medida.

El número de frecuencias silenciosas o la gama de frecuencias requeridas dependerá de si se tiene la intención de realizar medidas de conformidad globales o si va a investigarse una reclamación de interferencia a menor escala. Para las pruebas de conformidad globales, es preferible utilizar el mayor número posible de gamas de frecuencias silenciosas separadas lo más uniformemente posible a lo largo de todo el espectro de señal deseada del servicio de telecomunicaciones investigado. Un gráfico de frecuencias para toda la gama de frecuencias que va a medirse ayudará a identificar rápidamente las frecuencias silenciosas que pueden ser adecuadas para el análisis subsiguiente. Los barridos a lo largo de la gama de frecuencia observada pueden realizarse con un detector de cresta en pasos de valor mitad de la anchura de banda de medición.

Para investigar las reclamaciones de interferencia unas pocas frecuencias silenciosas en torno a la frecuencia de reclamación deben ser suficientes. Pueden identificarse y medirse utilizando sintonía manual.

En ambos casos, las frecuencias silenciosas o la gama de frecuencias identificada se utilizará para medir la emisión perturbadora no deseada. El operador del receptor de medición debe evaluar los niveles de ruido de fondo de manera subjetiva en cada una de estas frecuencias. Utilizando la anchura de banda de medición y el detector especificados, debe registrarse el nivel más elevado de intensidad de campo perturbador ($\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})$) observado durante un periodo de 15 s. Deben ignorarse los valores de cresta aislados de breve duración.

Con la red de telecomunicaciones en funcionamiento, las mediciones deberán repetirse en todas las frecuencias silenciosas previamente identificadas utilizando el mismo procedimiento especificado anteriormente. Los resultados se registrarán y se calculará la diferencia entre los niveles medidos con la red de telecomunicaciones en funcionamiento normal y con dicha red desconectada.

Si el nivel de ruido ambiente sigue siendo mayor que el límite, puede utilizarse una abrazadera de corriente para verificar la diferencia calculada. (Este método de prueba aún es objeto de estudio.)

A3.4.2.2 Medición a una distancia inferior a 3 m

En caso de mediciones realizadas a una distancia inferior a 3 m, la distancia de medición se determina como la línea recta entre el tramo del cable de telecomunicaciones (o su proyección sobre el nivel del suelo) y el límite exterior de la antena de bucle.

Si no es posible satisfacer la distancia de medición normalizada de 3 m, por ejemplo debido a condiciones del local dentro del edificio, las mediciones pueden efectuarse a menores distancias pero nunca inferiores a 1 m.

En este caso, se aplica el mismo método de medición que para las mediciones realizadas a 3 m y los resultados se corregirán utilizando el factor de conversión indicado en la ecuación (A3-2):

$$E_{dist} = E_{med} + 20 \log \frac{d_{med}}{d_{norm}} \quad (A3-2)$$

donde:

- E_{med} : resultado de la medición (dB(μ V/m))
- E_{dist} : resultado de la medición corregido (dB(μ V/m))
- d_{med} : distancia de medición (m)
- d_{norm} : distancia de medición normalizada (3 m).

A3.4.2.3 Medición a una distancia superior a 3 m

Si debido a las condiciones locales debe elegirse una distancia de medición superior a 3 m, deben determinarse dos puntos de medición ubicados en el eje de medición perpendicular al tramo de cable de telecomunicaciones. Como orientación, la distancia entre los dos puntos debe ser lo mayor posible. El nivel de intensidad de campo perturbador deberá medirse como se describe en el § A3.4.2.1. A este respecto son fundamentales las condiciones locales y la mensurabilidad de la intensidad de campo de perturbador.

Los resultados de la medición (dB(μ V/m)) deben representarse en un diagrama relativo al logaritmo de la distancia. La línea recta que une los resultados de la medición representa la disminución en la intensidad de campo en el eje medido. Si la reducción del nivel de intensidad de campo no puede determinarse, deberán elegirse puntos de medición adicionales. El nivel de intensidad de campo a la distancia de medición normalizada de 3 m se determina a partir del diagrama utilizando la línea de conexión.

A3.4.3 Medición de la intensidad de campo eléctrico

La intensidad de campo eléctrico se mide en los casos de interferencia únicamente cuando se supone que la emisión perturbadora se trata predominantemente de campo eléctrico. Puede ser el caso si el límite de la intensidad de campo magnético no ha sido rebasado pero no obstante se produce interferencia en los equipos de recepción radioeléctricos que utilizan una antena de campo eléctrico.

El procedimiento de medición es el mismo que se utiliza para la intensidad de campo perturbador magnético. La antena necesaria se describe en el Apéndice 5 del Anexo 3.

A3.5 Medición de la emisión perturbadora en la gama de frecuencias de 30 MHz a 3 000 MHz

A3.5.1 Equipo de medición

Es necesario utilizar el siguiente equipo de medición (de conformidad con la norma CISPR 16-1):

- sistema de medición calibrado consistente en un receptor de medición de perturbación radioeléctrica junto con un dipolo de banda ancha asociado a una antena log periódica asociada, cada uno de ellos adecuado para realizar mediciones de la componente eléctrica del campo, y un mástil de antena.

NOTA 1 – Los resultados de la medición obtenidos mediante el sistema de medición calibrado descrito anteriormente no necesitan ninguna corrección posterior incluso aunque las mediciones se hayan realizado en condiciones de campo cercano.

Los requisitos de los receptores y antenas de medición de perturbación radioeléctrica se describen en la Publicación 16-1 del CISPR.

Para la gama de frecuencias comprendida entre 30 MHz y 1 000 MHz, deberá utilizarse una anchura de banda de medición de 120 kHz y un detector de cuasicresta.

Para la gama de frecuencias de 1 000 MHz a 3 000 MHz, deberá utilizarse una anchura de banda de medición de 1 MHz y un detector de cresta.

A3.5.2 Métodos de medición

A3.5.2.1 Consideraciones generales

Deberá tenerse en cuenta que el sistema de telecomunicaciones funciona en sus máximos niveles de señal normales y en el modo (si existe más de un modo de funcionamiento) previamente identificado como el causante del máximo nivel de campo perturbador de RF. Si el sistema es interactivo, será especialmente importante verificar la presencia de señales en trayecto de retorno (ascendente), si se encuentran en la misma gama de frecuencias a la que se refiere la reclamación de interferencia.

Para disminuir la duración de las mediciones se recomienda en primer lugar realizar un barrido en la gama de frecuencias que va a examinarse utilizando un detector de cresta y posteriormente medir con un detector de cuasicresta únicamente en las frecuencias donde se han registrado anteriormente las máximas indicaciones de niveles de intensidad de campo perturbador de RF.

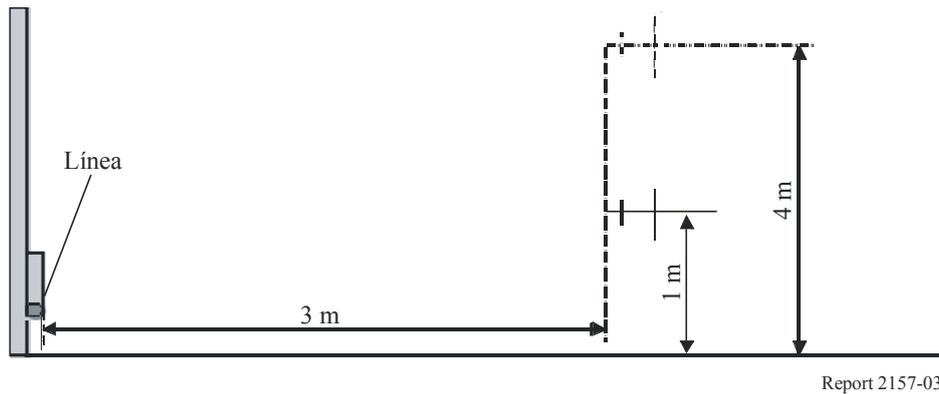
Esta distancia de medición d es la distancia entre la parte de la red de telecomunicaciones que va a examinarse y el transformador simétrico-asimétrico («balun») en el caso de un dipolo de banda ancha, o el punto de referencia de la antena en caso de una antena log periódica.

A3.5.2.2 Medición a 3 m de distancia (distancia normalizada)

La distancia de medición es 3 m. En el punto de medición especificado, deberán variarse la dirección, la altura y la polarización (horizontal y vertical) de la antena de medición a fin de medir el máximo valor de intensidad de campo perturbador de RF.

Si la antena y la red de telecomunicaciones están situadas en un mismo nivel de plano del suelo, la altura de la antena deberá variar entre 1 m y 4 m con objeto de determinar la máxima intensidad de campo. Al variar la altura de la antena ésta no deberá ubicarse más cerca de 0,5 m de objetos reflectantes (por ejemplo, paredes, techos, estructuras metálicas, etc.). La variación en la altura de la antena puede estar restringida debido a condiciones del local (véase la Fig. 3).

FIGURA 3
Variación de la altura de antena



Si, por ejemplo en el caso de una medición en exteriores, el soporte de la antena no se encuentra en el mismo nivel del plano del suelo que la línea o el tramo de telecomunicaciones, deberá variarse la altura de la antena dando lugar a una gama de variación comparable a la del párrafo precedente.

A3.5.2.3 Medición a una distancia inferior a 3 m

Las mediciones para verificar el cumplimiento de las normas por parte de las instalaciones y redes de telecomunicaciones en la gama de frecuencias por encima de 30 MHz se realizan únicamente en exteriores. En este caso, la distancia de medición puede elegirse para que sea 3 m (distancia normalizada) o superior a 3 m.

Si durante la investigación de las reclamaciones de interferencias radioeléctricas recibidas fuese necesario realizar mediciones en interiores para identificar las fuentes perturbadoras y no puede lograrse una separación de 3 m debido a condiciones del local, las mediciones pueden realizarse a una distancia inferior pero nunca menor de 1 m. La distancia de medición es la separación entre el conductor y el punto de referencia de la antena. Para realizar la medición la antena deberá orientarse de tal forma que se obtenga el máximo acoplamiento con la fuente perturbadora sin ninguna exploración de altura. En este caso, los resultados de la medición deberán corregirse utilizando el factor de conversión indicado en la ecuación (A3-3):

$$E_{dist} = E_{med} + 20 \log \frac{d_{med}}{d_{norm}} \quad (A3-3)$$

donde:

E_{med} : resultado de la medición (dB(μ V/m))

E_{dist} : resultado de la medición corregido (dB(μ V/m))

d_{med} : distancia de medición (m)

d_{norm} : distancia de medición normalizada (3 m).

NOTA 1 – Los resultados de la medición obtenidos mediante el sistema de medición calibrada (véase el § A3.5.1) no necesitan ninguna corrección posterior aunque las mediciones se hayan realizado posiblemente en condiciones de campo cercano.

A3.5.2.4 Medición a una distancia superior a 3 m

Si las condiciones del local exigen una distancia de medición de más de 3 m, la potencia perturbadora de RF radiada deberá medirse de conformidad con el método de sustitución especificado en el § A3.6.

A3.5.3 Determinación de la intensidad de campo eléctrico

La componente eléctrica de la intensidad de campo perturbador debe determinarse observando la indicación del receptor de medición a lo largo de un periodo de unos 15 s registrando posteriormente su máxima indicación. Los valores de cresta aislados que puedan aparecer ocasionalmente deben descartarse.

Si el método de medición proporciona resultados en términos de niveles de tensión de RF únicamente, el nivel de la intensidad de campo perturbador puede calcularse a partir del nivel de tensión de RF medido a la entrada de la antena del receptor de medición mediante la ecuación (A3-4):

$$E_{dist} = V_{rec} + a_c + AF \quad (A3-4)$$

donde:

- E_{dist} : nivel de intensidad de campo perturbador calculado (dB(μ V/m))
- V_{rec} : nivel de tensión de RF medido (dB(μ V)) en el puerto de entrada de la antena del receptor de medición (a 50 Ω)
- a_c : atenuación del cable de medición (dB)
- AF : factor de antena² de la antena de medición (dB).

NOTA 1 – Para calcular los niveles de intensidad de campo perturbador, deberá utilizarse en todos los casos el factor de antena relativo a la antena de medición (espacio libre, de acuerdo con la declaración del fabricante o el informe de calibración), independientemente de la distancia de medición realmente utilizada.

A3.6 Medición de la potencia perturbadora de RF radiada entre 30 MHz y 3 000 MHz

A3.6.1 Equipo de medición

Los requisitos de los receptores de medición de perturbación radioeléctrica, de las anchuras de banda de medición, y de los detectores y antenas utilizados para la medición de la potencia perturbadora de RF radiada se describen en la Publicación 16-1 del CISPR.

A3.6.2 Distancia de medición

La medición de las componentes eléctricas del campo electromagnético está sujeta a incertidumbres inherentes debido a las reflexiones en el dieléctrico o los empalmes conductores y debido también a los elementos parásitos que se encuentran en el entorno del emplazamiento de medición. Las mediciones realizadas en condiciones de campo cercano pueden dar lugar a otras incertidumbres, algunas de las cuales pueden descartarse determinando la potencia perturbadora de RF radiada de la fuente de interferencia en las mismas condiciones ambiente utilizando una antena de sustitución.

La potencia perturbadora de RF radiada deberá medirse a una distancia que proporciona condiciones de campo lejano con respecto a la fuente de la perturbación radiada. Para radiadores similares a dipolos, la condición de campo lejano se cumple plenamente cuando la distancia de medición adecuada se calcula y se utiliza de conformidad con la ecuación (A3-5):

$$d \geq 4\lambda \quad (A3-5)$$

o cuando la distancia de medición d es igual o mayor de 30 m (en la mayoría de los casos prácticos, el cumplimiento de la condición $d \geq \lambda$ ya es suficiente).

² Factor de antena de acuerdo con la declaración del fabricante o el informe de calibración (para la distancia normalizada, si se dispone).

A3.6.3 Ubicación de la antena de medición

La medición de la potencia perturbadora radiada deberá realizarse únicamente en el campo lejano como se describe en el § A3.6.2. Sujeto a esta condición, el punto de medición para las emisiones radiadas no deseadas procedentes de la red de telecomunicaciones (y la potencia perturbadora radiada equivalente simulada posteriormente mediante la antena de sustitución) será el emplazamiento donde aparece la máxima intensidad de campo perturbador identificado como se describe en § A3.3.3.

A3.6.4 Ubicación de la antena de sustitución

Inicialmente, la antena de sustitución deberá situarse a 1 m de la fachada frontal del edificio que alberga la red de telecomunicaciones.

El emplazamiento debe elegirse de manera que una línea imaginaria entre la antena de sustitución y la antena de medición sea perpendicular a la dirección del cable de la red de telecomunicaciones o de la fachada del edificio que alberga la red de telecomunicaciones.

A3.6.5 Método de medición

A3.6.5.1 Medición de las emisiones perturbadoras de RF radiadas

En el punto de medición elegido de conformidad con el § A3.6.3, deberá modificarse la dirección, la altura y la polarización de la antena de medición para identificar los máximos niveles de emisión radiada no deseada procedente de la red de telecomunicaciones. La antena de medición se debe dejar en esa posición una vez determinado y registrado el máximo valor del nivel de intensidad de campo perturbador.

NOTA 1 – No es necesario realizar una medición de sustitución si la intensidad de campo perturbador medida de conformidad con el § A3.5 en condiciones de campo lejano, tras su conversión a nivel intensidad de campo a la distancia normalizada de 3 m utilizando la ecuación (A3-2), rebasa el límite correspondiente (Apéndice 1 del Anexo 3) más de 20 dB.

A3.6.5.2 Medición de sustitución

Durante el funcionamiento de la antena de sustitución, su frecuencia de funcionamiento no deberá ser ocupada por otros servicios o aplicaciones de radiocomunicaciones terrenales.

Al llevar a cabo las pruebas de conformidad en las instalaciones y redes de telecomunicaciones, deberán utilizarse las frecuencias adecuadas en las bandas de frecuencias ICM o en las frecuencias destinadas a estos efectos.

Al investigar los casos de reclamaciones de interferencias radioeléctricas, tras identificar la fuente perturbadora, debe desconectarse la parte correspondiente de la red de telecomunicaciones o, al menos debe desactivarse temporalmente el servicio de telecomunicaciones que provoca la perturbación y no debe ocuparse la frecuencia del servicio o aplicación radioeléctrico deseado afectado por la interferencia. De no ser posible, la frecuencia de funcionamiento o la antena de sustitución deben modificarse lo menos posible para suprimir las emisiones no deseadas de la red de telecomunicaciones y/o evitar emisiones en frecuencias ya ocupadas por aplicaciones o servicios de radiocomunicaciones terrenales.

La antena de sustitución deberá ubicarse en su emplazamiento especificado (véase el § A3.6.4) y se alimentará mediante un generador de señal de RF sin modular.

NOTA 1 – Para la gama de frecuencias por debajo de 150 MHz, se utiliza una antena dipolo de banda ancha como antena de sustitución. Para frecuencias más elevadas se emplea una antena dipolo de media longitud de onda sintonizada o una antena log periódica. Para facilitar una óptima adaptación, deberá conectarse un atenuador de 10 dB al punto de alimentación de la antena de sustitución. A fin de suprimir la radiación a

través del cable de antena, se fijarán agrupaciones de 3 núcleos de ferrita a lo largo de todo el cable de antena a distancias comprendidas entre 30 y 50 cm.

La antena de sustitución se alimentará mediante el generador de señal de RF con un nivel de potencia de RF constante. La altura de la antena (1 a 4 m), su distancia al edificio y la orientación de su plano de polarización se modificarán a fin de obtener la máxima lectura en el receptor de medición. Posteriormente, deberá ajustarse el nivel de RF del generador de señal para que de la misma lectura sobre el receptor de medición que la registrada previamente para la emisión radiada no deseada procedente de la red de telecomunicaciones (véase el § A3.6.5.1).

A3.6.5.3 Cálculo de la potencia perturbadora de RF radiada

El nivel de la potencia perturbadora de RF radiada eficaz se calcula mediante la ecuación (A3-6).

$$p_U = u_S - a_S - a_c - c_r + G_D + 4 \quad \text{dB} \quad (\text{A3-6})$$

donde:

- p_U : nivel de potencia perturbadora de RF radiada calculada (dB(pW))
- u_S : nivel de tensión a la salida del generador de señal de RF (dB(μ V)) a 50 Ω
- a_S : pérdidas de inserción del atenuador en el punto de alimentación de antena (dB)
- a_c : pérdidas de inserción del cable de antena que conecta el generador de señal y la antena de sustitución (dB)
- c_r : factor de conversión para transformar el nivel de potencia de RF en el punto de alimentación de un dipolo sintonizado de media longitud de onda (la antena de sustitución) en la correspondiente potencia perturbadora de RF radiada eficaz:

$$c_r = 10 \log Z_{Fp} \text{ dB}(\Omega) \quad (\text{A3-7})$$

para una impedancia en el punto de alimentación de $Z_{Fp} = 50 \Omega$, el factor de conversión resultante es $c_r = 17 \text{ dB}$. Las pérdidas de inserción del transformador simétrico-asimétrico («balun») se consideran despreciables

- G_D : ganancia de la antena de sustitución con respecto al dipolo sintonizado de media longitud de onda
- 4 dB: factor de corrección para tener en cuenta las reflexiones en las paredes frente a las cuales se realiza la medición.

A3.7 Procesamiento de los resultados de medición obtenidos y comparación con los límites especificados

A3.7.1 Corrección de los resultados de las mediciones obtenidos con un detector de cuasicresta

Los resultados de la medición obtenidos con un detector de cuasicresta deberán corregirse siempre añadiendo el factor de ponderación de cuasicresta.

Si la relación $(S + N)/N$ es superior a 20 dB, no es necesario introducir ninguna corrección adicional en estos resultados. Si dicha relación es inferior a 20 dB y el valor de N viene determinado por el ruido, posiblemente los resultados de la medición deben corregirse mediante el parámetro ΔU , como se indica en el Apéndice 2 del Anexo 3.

NOTA 1 – Para cualquier corrección razonable de los resultados de la medición, la relación $(S + N)/N$ deberá ser superior a 2 dB.

Si la relación $(S + N)/N$ es inferior a 20 dB, los resultados de la medición no se corrigen y en ese caso se aplica la incertidumbre de medición más elevada especificada en el Apéndice 3 del Anexo 3, Cuadro 3.

A3.7.2 Corrección de los resultados de la medición obtenidos con un detector de cresta

Si la relación $(S + N)/N$ es superior a 20 dB, no es necesario introducir ninguna corrección adicional en los resultados de la medición obtenidos. Si dicha relación es inferior a 20 dB, y N viene determinado fundamentalmente por el ruido, los resultados de la medición pueden corregirse de conformidad con el método descrito en el Apéndice 4 del Anexo 3.

A3.7.3 Tratamiento de la incertidumbre en la medición

Para la prueba de conformidad, se aplican las disposiciones sobre incertidumbre en la medición en favor de la red de telecomunicaciones y en contra del servicio de comunicaciones radioeléctricas. La mitad de la incertidumbre en la medición pertinente se sustrae del resultado de la medición y este valor deberá compararse con el límite especificado.

Para investigar los casos de reclamaciones relativas a interferencias radioeléctricas, la incertidumbre en la medición no se tiene en cuenta en el resultado de la medición.

La incertidumbre en la medición deberá registrarse en el Informe de prueba.

A3.7.4 Comparación de los resultados de la medición con los límites especificados

Los resultados de la medición, posiblemente corregidos de conformidad con las disposiciones del § A3.7.1 o del § A3.7.2, deberán compararse posteriormente con los límites especificados correspondientes relativos a las emisiones radiadas no deseadas admisibles que figuran en el Apéndice 1 del Anexo 3.

Apéndice 1 del Anexo 3

Ejemplos de límites de emisiones radiadas no deseadas procedentes de instalaciones y redes de telecomunicaciones en las gamas de frecuencias que contienen las frecuencias de seguridad

CUADRO 1

Ejemplos de límites de emisiones radiadas no deseadas

Gama de frecuencias (MHz)	Límite de intensidad de campo perturbador (valores de cresta (dB(μ V/m)))	Distancia de medición (m)	Anchura de banda de medición
0,009-0,15	40 a $20 \cdot \log(f/\text{MHz})$	3	200 Hz
0,15-1	40 a $20 \cdot \log(f/\text{MHz})$	3	9 kHz
1-30	40 a $8,8 \cdot \log(f/\text{MHz})$	3	9 kHz
30-1 000	27 ⁽¹⁾	3	120 kHz
1 000-3 000	40 ⁽²⁾	3	1 MHz

⁽¹⁾ Corresponde a una potencia radiada aparente equivalente de RF de 20 dB(pW).

⁽²⁾ Corresponde a una potencia radiada aparente equivalente de RF de 33 dB(pW).

Disposiciones acordadas

En la gama de frecuencias 30-3 000 MHz, los límites de la intensidad de campo perturbador y su correspondiente potencia perturbadora de RF radiada representan el mismo potencial perturbador únicamente si la perturbación de RF radiada está generada por un solo radiador puntual a una distancia de 3 m.

Los límites se especifican en términos de intensidad de campo eléctrico. En la gama de frecuencias por debajo de 30 MHz estos límites también se aplican, convertidos mediante la impedancia de propagación de las ondas en el espacio libre de 377Ω , a la intensidad de campo magnético medida de conformidad con el § A3.4.

Para mediciones en exteriores a una distancia de 3 m, los resultados de la medición deberán corregirse mediante el factor pertinente C indicado en el Cuadro 2.

Para mediciones en interiores, los resultados de la medición siempre se corregirán mediante el citado factor C del Cuadro 2.

CUADRO 2

Factor de corrección C para tener en cuenta las diferencias en la propagación de las ondas electromagnéticas en espacio libre y en campo libre

Gama de frecuencias (MHz)	Factor de corrección para		
	Mediciones en exteriores a una distancia de 3 m		Mediciones en interiores
	C (dB), polarización vertical	C (dB), polarización horizontal	C (dB)
30-40	-3	+2	-3
> 40-50	-3	± 0	-3
> 50-80	-3	-2	-3
> 80-3 000	-3	-3	-3

Estos factores de corrección C tienen en cuenta la diferencia entre la intensidad de campo en espacio libre y en campo libre³.

Para comparar los resultados de la medición con los límites especificados en el Cuadro 1 se aplica la siguiente ecuación:

$$E_{corr} = E_{dist} + C \quad (A1)$$

donde:

- E_{dist} : nivel de intensidad de campo perturbador medido (dB(μ V/m)), y
 E_{corr} : nivel de intensidad de campo perturbador corregido (dB(μ V/m)) utilizado para efectuar la comparación con los límites especificados.

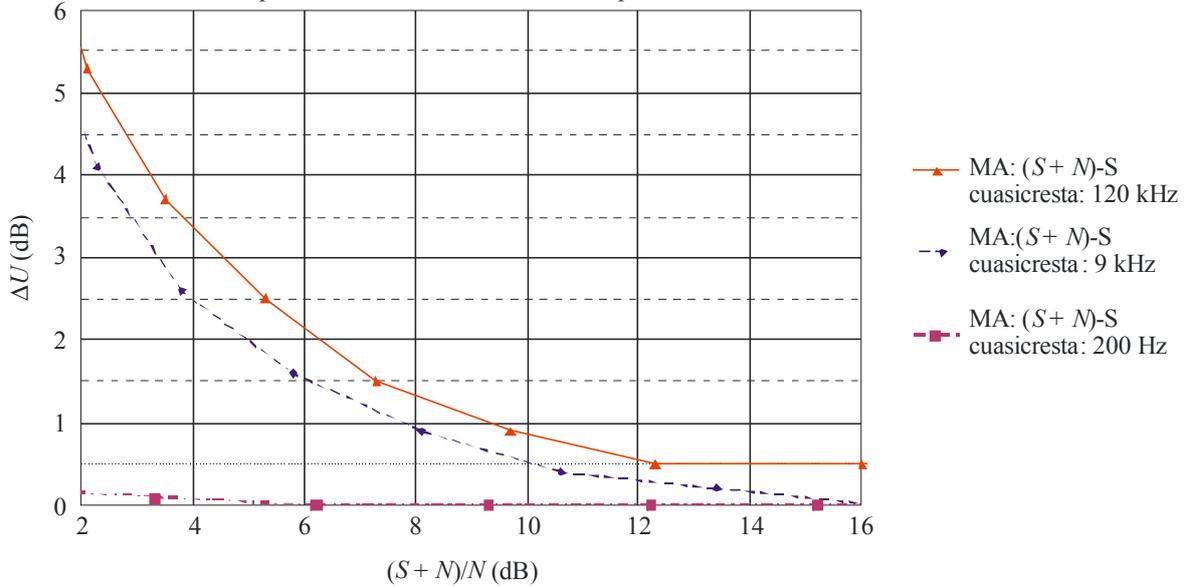
³ Medición realizada en un emplazamiento de prueba con un plano de tierra conductor ideal.

Apéndice 2 del Anexo 3

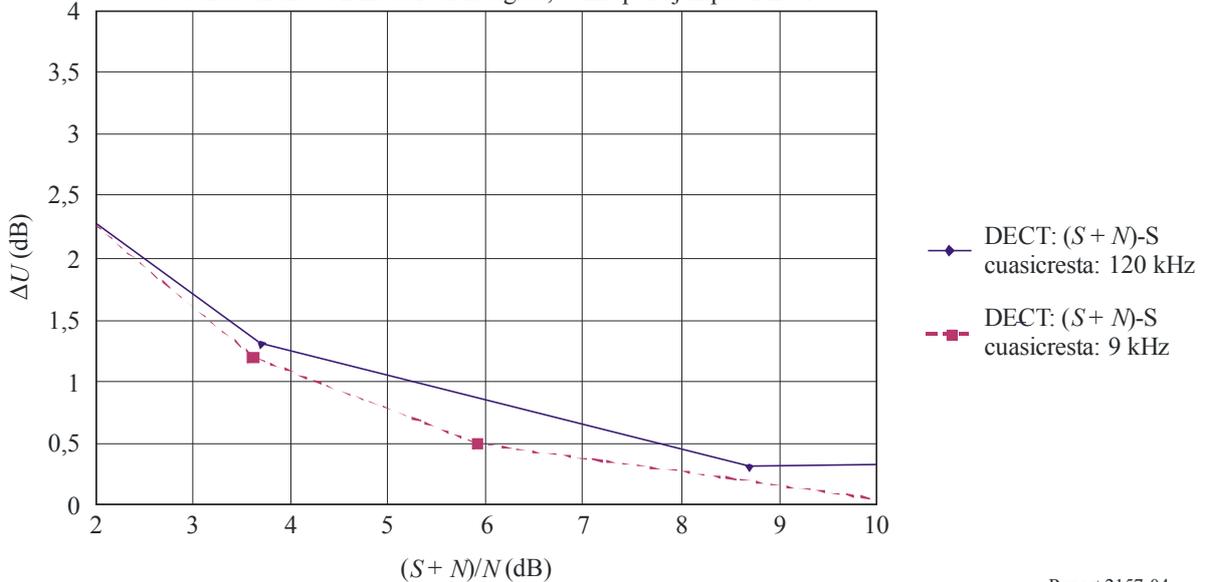
FIGURA 4

Corrección de las lecturas obtenidas con detectores de cuasicresta en el caso de pequeños valores de la relación $(S + N)/N$

Diferencia ΔU del valor medido en función de la relación $(S + N)/N$
para señales con modulación en amplitud



Diferencia ΔU del valor pedido en función de $(S + N)/N$ para señales
de banda ancha con modulación digital, como por ejemplo DECT



Report 2157-04

Leyenda:

$(S + N)/N$: relación señal más ruido/ruido (dB)

$(S + N)/S$: relación señal más ruido/señal (dB)

U : incremento del nivel de la señal debido a la superposición de señales (dB)

Corrección que debe aplicarse:

$$U_{med.} = U_{indicación} - \Delta U$$

Apéndice 3 del Anexo 3

Determinación de la incertidumbre en la medición

A3.A3.1 Incertidumbre en la medición que aparece durante las mediciones de intensidad de campo

En el Cuadro 3 figuran las contribuciones de las componentes individuales del sistema de medición a la incertidumbre en la medición total. Se han obtenido de acuerdo con los principios descritos en la publicación CISPR/A.

CUADRO 3

Contribuciones de las componentes individuales del sistema de medición a la incertidumbre en la medición durante mediciones de intensidad de campo en las gamas de frecuencias hasta 1 000 MHz (se están considerando gamas de frecuencias hasta 3 GHz)

Gama de frecuencias	Medición de			
	Intensidad de campo magnético	Intensidad de campo eléctrico		
		< 30 MHz	30-300 MHz	300-1 000 MHz
Componente del sistema de medición	Contribución (dB)			
Lectura del receptor	0,1	0,1	0,1	0,1
Atenuación: antena del receptor	0,1	0,1	0,2	0,2
Factor de antena	1,0	1,0	2,0	2,0
Receptor				
Tensión de la onda sinusoidal	1,0	1,0	1,0	1,0
Respuesta en amplitud al impulso	1,5	1,5	1,5	1,5
Frecuencia de repetición de impulsos	1,5	1,5	1,5	1,5
Desadaptación entre la antena y el receptor	–	–	0,7	0,7
Antena				
Interpolación de la frecuencia del factor de antena	–	–	0,5	0,3
Desviaciones de la altura de antena	–	–	1,0	0,3
Diferencia de directividad	–	–	0	1,0
Ubicación del centro de fase	–	–	0	1,0
Polarización cruzada/equilibrio	–	–	0,9	0,9
Emplazamiento				
Repetibilidad en el emplazamiento	2,0	2,0	3,0	3,0
Distancia de separación	0,3	0,3	0,3	0,3
Entorno	3,0	3,0	5,0	5,0
Total (dB)	5,1	5,1	7,7	7,8

Los resultados de la medición obtenidos presentan una incertidumbre en la medición inherente total como muestra el Cuadro 3.

A3.A3.2 Incertidumbre en la medición en el caso de pequeños valores de la relación $(S + N)/N$

Si, durante las mediciones, el valor de la relación $(S + N)/N$ es pequeño, una incertidumbre en la medición de unos 3 dB, debida al detector de cuasicresta, pasa a ser significativa con el siguiente resultado:

CUADRO 4

Contribución del detector de cuasicresta para pequeñas relaciones $(S + N)/N$

	Medición de			
	Intensidad de campo magnético	Intensidad de campo eléctrico		
Gama de frecuencias	< 30 MHz	< 30 MHz	30-300 MHz	300-1 000 MHz
Componente del sistema de medición	Contribución (dB)			
Detector de cuasicresta	3	3	3	3
Total (dB)	6,2	6,2	8,4	8,5

Los resultados de la medición obtenidos presentan una incertidumbre en la medición inherente total como muestra el Cuadro 4.

A3.A3.3 Incertidumbre en la medición que aparece durante las mediciones de potencia perturbadora de RF radiada

Si durante las mediciones, la relación $(S + N)/N$ es superior o igual a 20 dB, los resultados obtenidos presentan una incertidumbre en la medición inherente total de 8 dB.

Si, durante las mediciones, la relación $(S + N)/N$ es superior a 6 dB e inferior a 20 dB, los resultados obtenidos presentan una incertidumbre en la medición inherente total de 9 dB.

Apéndice 4 del Anexo 3

Corrección de las lecturas obtenidas con detectores de cresta o detectores de valores medios en el caso de pequeñas relaciones $(S + N)/N$

(De acuerdo con los principios establecidos en la publicación CISPR/A)

A3.A4.1 Explicación del problema

Durante las mediciones de las instalaciones y redes de telecomunicaciones llevadas a cabo *in situ*, las condiciones de intensidad de campo ambiente a menudo no se adaptan a las recomendaciones de la Publicación 16-1 del CISPR para emplazamientos de prueba en zona abierta.

La emisión perturbadora no deseada a menudo está situada en las gamas de frecuencia ya ocupadas por otras intensidades de campo ambiente y no puede medirse y evaluarse con el receptor de medición CISPR debido al insuficiente margen entre la frecuencia de la propia perturbación y otra intensidad de campo ambiente o a causa de la superposición de ambas intensidades de campo. En esos casos, el receptor de medición no puede discriminar entre las emisiones radiadas no deseadas procedente de la red de telecomunicaciones y otras intensidades de campo ambiente.

A continuación se describe un método de medición modificado que hace posible distinguir entre las emisiones radiadas no deseadas procedentes de redes de telecomunicaciones y otras intensidades de campo ambiente presentes.

A3.A4.2 Método de medición

A3.A4.2.1 Consideraciones generales

En la práctica pueden aparecer las siguientes combinaciones de emisiones perturbadoras radiadas no deseadas e intensidades de campo ambiente:

CUADRO 5

Combinaciones de emisiones perturbadoras radiadas e intensidades de campo ambiente

Tipo de emisión perturbadora procedente de la instalación/red sometida a prueba	Tipo de intensidad de campo ambiente que se encuentra en condiciones <i>in situ</i>
Banda estrecha	Banda estrecha
	Banda ancha
Banda ancha	Banda estrecha
	Banda ancha

Durante la medición de las emisiones perturbadoras radiadas no deseadas deben resolverse dos problemas:

- en primer lugar, las emisiones perturbadoras procedentes de la instalación o red de telecomunicaciones deben diferenciarse de otras intensidades de campo ambiente; y
- en segundo lugar debe hacerse una distinción entre las emisiones de banda estrecha y de banda ancha.

Para ello, los modernos receptores de medición y analizadores de espectro ofrecen varias anchuras de banda de medición y tipos de detectores. Estas características pueden utilizarse para el analizar el espectro de frecuencia de la señal suma recibida, para discriminar entre los espectros de frecuencia causados por las emisiones perturbadoras y las intensidades de campo ambiente, las emisiones de banda estrecha y banda ancha y para medir (o al menos estimar) la emisión perturbadora.

A3.A4.2.2 Método de medición de las emisiones perturbadoras considerando la presencia de intensidades de campo ambiente de banda estrecha

Dependiendo del tipo de emisión perturbadora procedente de la instalación o la red, la medición se basa en:

- el análisis del espectro de la señal suma con una anchura de banda inferior a la especificada en la Publicación 16-1 del CISPR para el receptor de medición;
- la especificación de una anchura de banda adecuada para identificar una emisión perturbadora de banda estrecha próxima a otras intensidades de campo ambiente;
- la utilización del detector de cresta, si la emisión perturbadora está modulada en amplitud, o la utilización de un detector de valor medio;
- el aumento de la relación señal/ruido disminuyendo la anchura de banda de medición en caso de que una emisión perturbadora de banda estrecha aparezca dentro de otro receptor de intensidad de campo ambiente de banda ancha; y
- la consideración de la superposición de la emisión perturbadora y de la intensidad de campo ambiente si no es posible la separación de ambas.

A3.A4.2.3 Método de medición de las emisiones perturbadoras considerando la presencia de intensidades de campo ambiente de banda ancha

En este caso, la medición se basa en:

- el análisis del espectro de la señal suma con una anchura de banda para el receptor de medición de acuerdo con la Publicación 16-1 del CISPR;
- la medición con una anchura de banda estrecha (en el caso de emisiones perturbadoras del tipo de banda estrecha la disminución de la anchura de banda al receptor provoca un incremento en la relación señal/ruido);
- la utilización del detector de valor medio, en el caso de emisiones perturbadoras del tipo de banda estrecha;
- la consideración de la superposición de la emisión perturbadora y la intensidad de campo ambiente, si la separación de ambas no es posible.

A3.A4.3 Corrección de los resultados de la medición en caso de superposición

Si en la misma gama de frecuencias aparecen una emisión perturbadora y otra señal presente en el emplazamiento de la medición, se produce una superposición de estas señales en la parte de recepción de RF receptor de medición de la perturbación radioeléctrica, lo que da lugar posteriormente a un aumento de la lectura del resultado de la medición. El aumento puede analizarse como sigue:

- el nivel de la intensidad de campo ambiente E_a (dB(μ V)) deberá medirse con la fuente perturbadora desconectada;
- el nivel de intensidad de campo resultante E_r (dB(μ V)) deberá medirse con la fuente perturbadora conectada;
- la relación de amplitud d entre los niveles medidos se calculará como sigue:

$$d = E_r - E_a \quad (\text{A4-1})$$

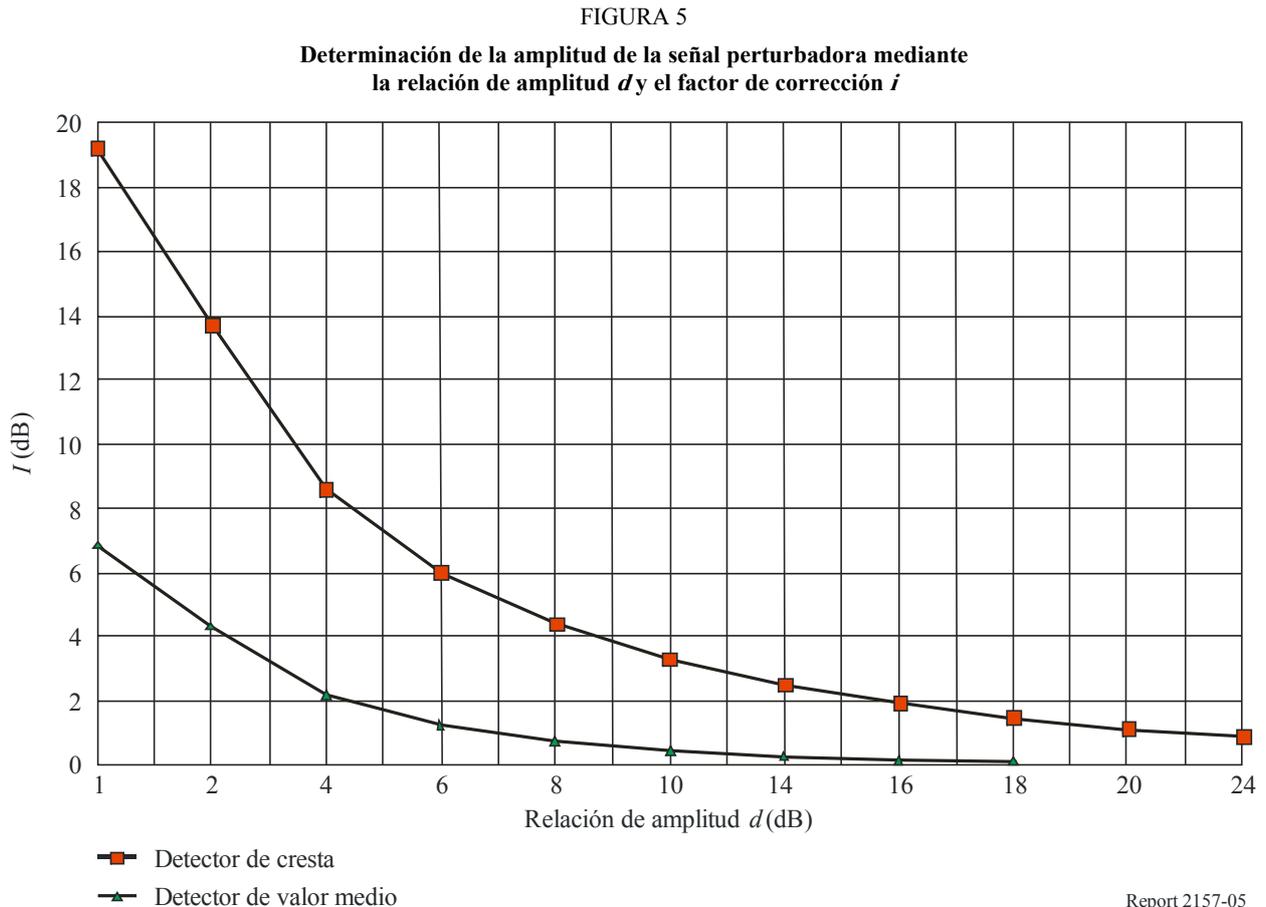
La relación de amplitud d representa el incremento de la lectura causado por la superposición de las señales.

Esta lectura incrementada se corrige sustrayendo el factor de corrección I de la lectura E_r :

$$E_i = E_r - I \quad (\text{A4-2})$$

El nivel corregido obtenido de la lectura E_i , que representa el resultado de la medición, deberá registrarse en el informe de prueba.

El factor de corrección I puede obtenerse gráficamente a partir del diagrama de la Fig. 5



Apéndice 5 del Anexo 3

Medición de las componentes de intensidad de campo eléctrico en la gama de frecuencias hasta 30 MHz; requisitos para un dipolo activo

Un dipolo activo adecuado para realizar mediciones de intensidad del campo eléctrico en la gama de frecuencias de 9 kHz a 30 MHz debe tener las siguientes características y parámetros:

- longitud total del dipolo: $< 0,50 \text{ m}$
- equilibrio del dipolo: $\leq 1 \text{ dB}$
- factor de antena: $\leq 20 \text{ dB/m}$
- impedancia de salida: 50Ω

Anexo 4

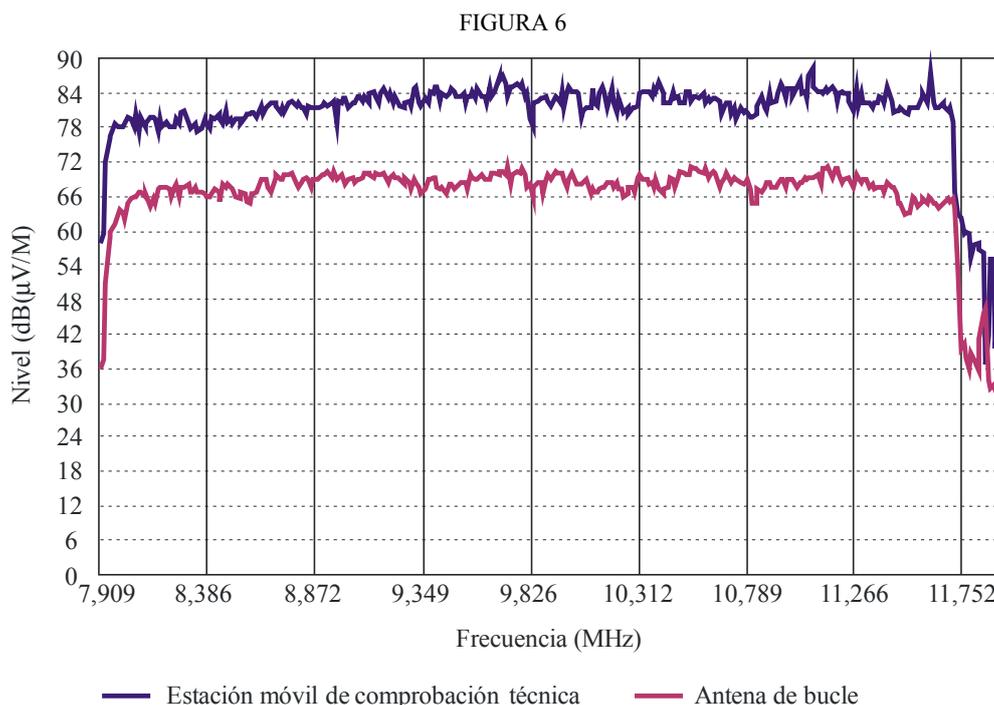
Correlación de la antena monopolo de la estación móvil de comprobación técnica con la antena de bucle en Brasil

Los sistemas de telecomunicaciones por líneas de transporte y distribución de energía eléctrica (PLT) son emisores involuntarios de radiaciones de RF y pueden provocar interferencia perjudicial a los receptores radioeléctricos. Este documento describe los estudios realizados en Brasil sobre mediciones de interferencia causada por sistemas de telecomunicaciones de alta velocidad de transmisión de datos por líneas de transporte y distribución de energía eléctrica basadas en un método alternativo que utiliza una antena monopolo instalada en una estación móvil de comprobación técnica. Los resultados deben ser coherentes con los métodos y resultados establecidos en la Recomendación UIT-T K.60 y en los Documentos FCC-04-245. Dichas referencias se utilizaron en este trabajo.

Las pruebas se realizaron en la banda 7-12 MHz que cuenta con varios servicios de telecomunicaciones. La ventaja que presenta este método de investigación es la utilización de funciones automatizadas de una estación móvil de comprobación técnica para realizar las mediciones.

Este método alternativo se comparó con el método tradicional, que utiliza una antena de bucle conectada a un analizador de espectro para efectuar las mediciones. Los resultados mostraron una aparición de errores sistemáticos. Las pruebas preliminares pusieron en evidencia que el rechazo por polarización cruzada tiene una influencia muy significativa sobre el sistema de medición de la estación móvil de comprobación técnica. Sin embargo, introduciendo un factor de corrección los errores podían minimizarse.

La Fig. 6 compara las mediciones obtenidas utilizando ambos métodos. Puede observarse una diferencia aproximada de 12 dB.



Actualmente, el método que utiliza la estación móvil de comprobación técnica puede emplearse para realizar una evaluación cualitativa, adecuada para realizar periódicamente comprobaciones técnicas del espectro, o para obtener aproximaciones de primer orden en evaluaciones cuantitativas. El análisis de las incertidumbres y de las estadísticas de error será objeto de nuevos estudios.

Anexo 5

Métodos de medición utilizados en Japón para llevar a cabo las pruebas de conformidad

A5.1 Red eléctrica artificial (AMN)

La AMN tendrá las características especificadas en la publicación CISPR 16-1-2.

A5.2 Red de estabilización de impedancia (ISN)

A5.2.1 ISN1

La ISN1 tendrá las siguientes características en la gama de frecuencias de 150 kHz a 30 MHz:

- a) Tendrá los puertos de entrada necesarios para un equipo sometido a prueba PLT, una fuente de alimentación y un plano de tierra de referencia metálico. La fuente de alimentación también está conectada al equipo asociado (AE) para establecer la comunicación con el equipo sometido a prueba.
- b) La impedancia de modo común vista por el equipo sometido a prueba (EUT) deberá ser $25 \pm 3 \Omega$ con una fase de $0 \pm 20^\circ$.
- c) La impedancia de modo diferencial vista desde el puerto del equipo sometido a prueba deberá ser de $100 \pm 10 \Omega$ con una fase de $0 \pm 25^\circ$.
- d) La atenuación de conversión longitudinal (LCL) medida en el puerto del equipo sometido a prueba deberá ser de 16 ± 3 dB.
- e) Para evitar que la corriente de la señal del AE perturbe los resultados de la medición, las corrientes de modo diferencial del AE deberán atenuarse al menos 20 dB.
- f) Para evitar que la corriente del modo común del AE perturbe las mediciones, deberá atenuarse al menos 35 dB.

A5.2.2 ISN2

La ISN2 tendrá las características de la red de estabilización de impedancia (ISN) para el puerto de telecomunicaciones especificadas en la publicación CISPR 22.

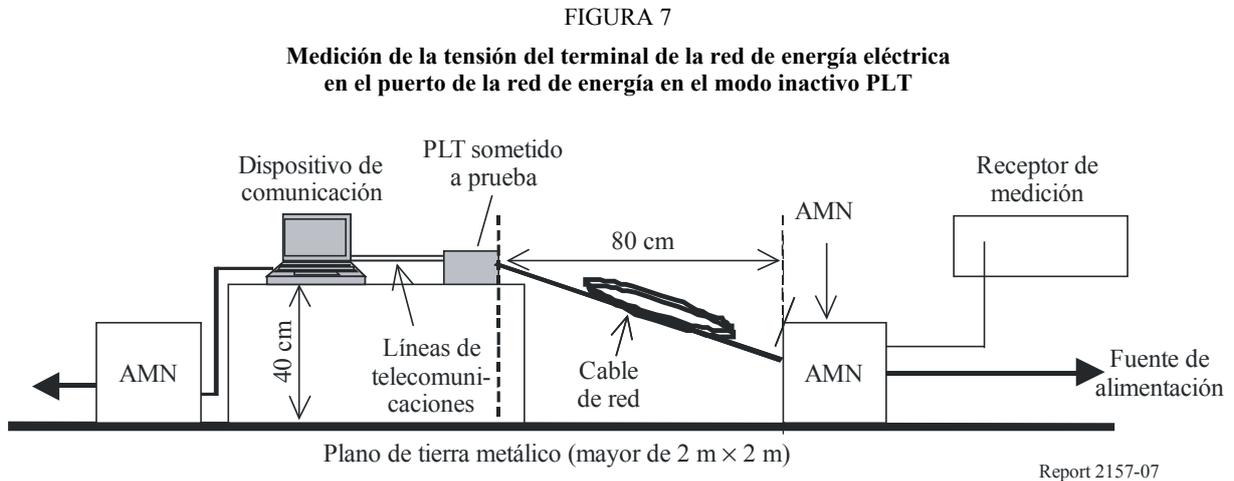
A5.3 Sonda de corriente

La sonda de corriente para medir la corriente de modo común PLT deberá satisfacer los requisitos especificados en la publicación CISPR 16-1-2.

A5.4 Disposiciones de la medición para las pruebas de conformidad

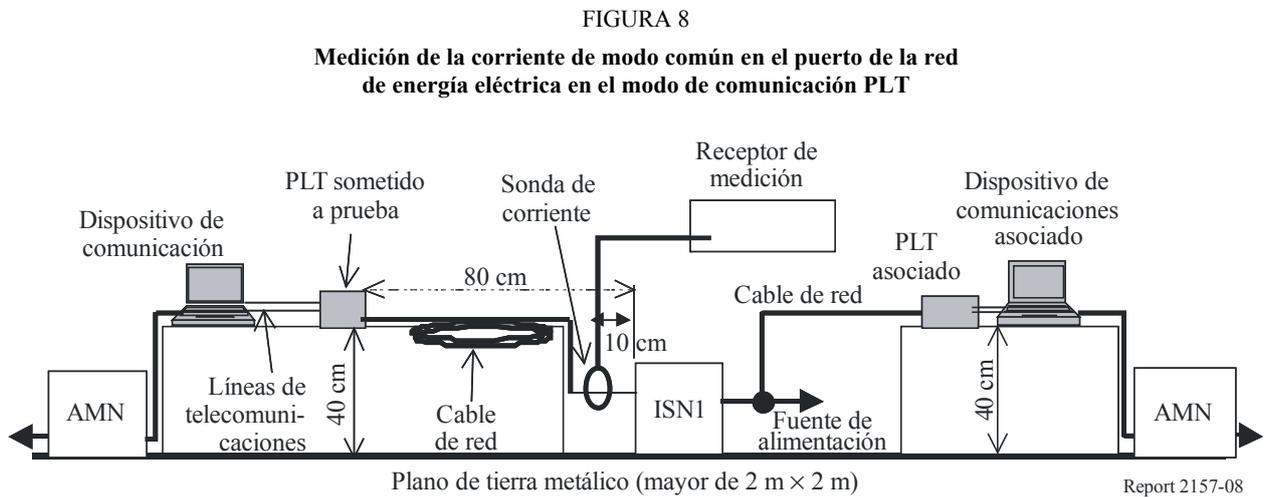
A5.4.1 Medición de la tensión del terminal de la red de energía eléctrica del puerto de la red de energía eléctrica en el modo inactivo PLT

Véase la Fig. 7.



A5.4.2 Medición de la corriente en modo común del puerto de red de energía eléctrica en el modo de comunicación PLT

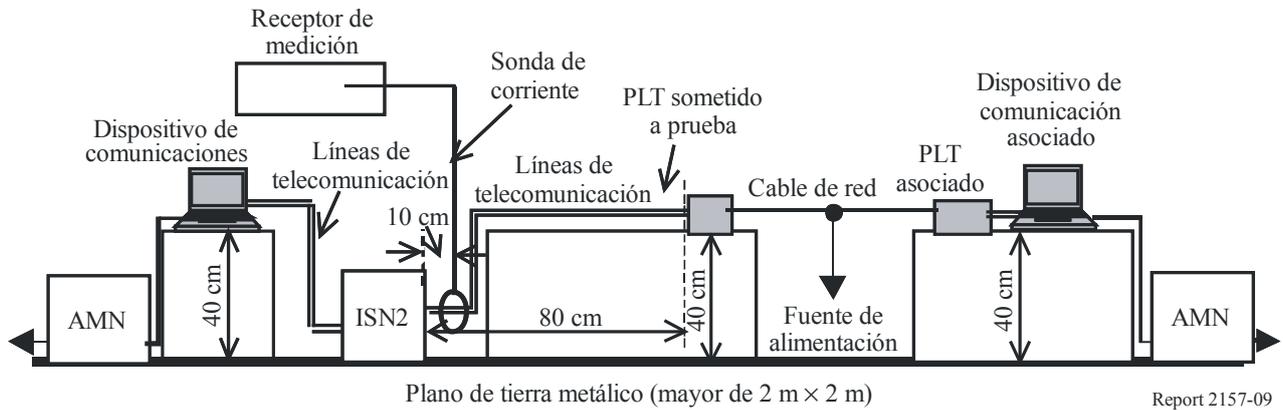
Véase la Fig. 8.



A5.4.3 Medición de la corriente en modo común en el puerto de telecomunicaciones del modo de comunicación PLT

Véase la Fig. 9.

FIGURA 9
Medición de la corriente en modo común en el puerto de telecomunicaciones del modo de comunicación PLT

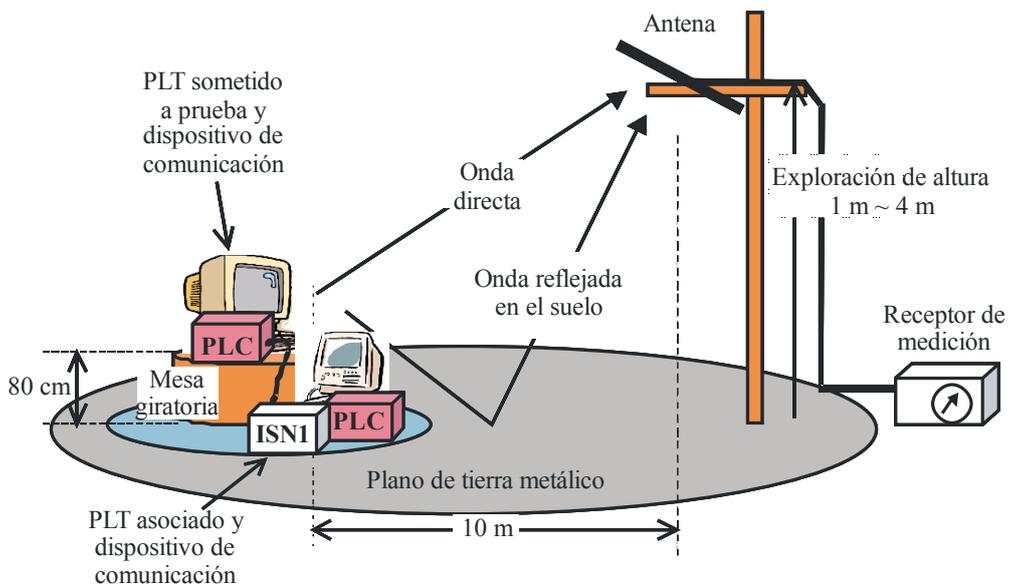


Report 2157-09

A5.4.4 Medición de la emisión radiada en el modo de comunicación PLT

Véase la Fig. 10.

FIGURA 10
Medición de la emisión radiada



PLC = Comunicación por línea de potencia

Report 2157-10

Anexo 6

Metodología de prueba utilizada por el Centro de Investigación de Comunicaciones (Canadá) para determinar las emisiones de RF procedentes de dispositivos PLT

La North American Broadcasters Association (NABA) (Asociación de Organismos de Radiodifusión de América del Norte) contrató a la Canadian Communications Research Centre (CRC) (Centro de Investigación de Comunicaciones de Canadá) para que llevara a cabo mediciones de emisiones de RF procedentes de dispositivos de sistemas de telecomunicaciones por líneas de transporte y distribución de energía eléctrica (PLT) que funcionaban en un entorno residencial. El Anexo 6 describe procedimiento de prueba para medir las emisiones de RF a fin de determinar la posible interferencia causada por los dispositivos PLT a los servicios de radiodifusión que funcionan en un entorno residencial. Las pruebas fueron llevadas a cabo por CRC entre noviembre de 2008 y enero de 2009.

En el § A6.1 se describe la evaluación de laboratorio de los dispositivos PLT cuyo objetivo era caracterizar las emisiones conducidas de estos dispositivos como punto de referencia para medir las radiaciones electromagnéticas. El § A6.2 presenta la metodología de pruebas en funcionamiento real.

A6.1 Evaluación en laboratorio

Los dispositivos PLT se evalúan en el laboratorio antes de la prueba de funcionamiento real. El objetivo fundamental de estas pruebas es caracterizar y comparar todos los dispositivos PLT según los siguientes criterios:

- gama de frecuencias de funcionamiento;
- potencia conducida en la gama de frecuencias de funcionamiento especificada por el fabricante;
- potencia conducida hasta 110 MHz;
- forma general del espectro;
- cuantificación de las diferencias de emisiones radiadas entre el modo de transferencia de datos y el modo inactivo;
- cuantificación de la diferencia entre las mediciones realizadas utilizando un detector de cresta y un detector de cuasicresta.

Además, la evaluación de laboratorio permitió comprender el funcionamiento de estos dispositivos, más específicamente:

- el procedimiento de medición práctico y la forma de funcionamiento del dispositivo;
- el estudio del funcionamiento en modo transferencia de datos y en modo inactivo de los dispositivos PLT;
- la cuantificación del nivel de potencia de salida de los dispositivos PLT.

La caracterización en laboratorio se realiza en dos partes. La primera parte de esta caracterización consiste en evaluar la utilización de un detector de cuasicresta para la prueba de funcionamiento real. La detección de cuasicresta se emplea normalmente para medir las emisiones radiadas electromagnéticas en la frecuencia de funcionamiento de los dispositivos PLT. Sin embargo, unos trabajos anteriores con un detector de cuasicresta demostraron que este tipo de detector es apropiado para medir señales de banda estrecha y no lo es para medir señales de banda amplia de los

dispositivos PLT. La primera parte de este punto explica este tema y determina la relación entre las mediciones efectuadas utilizando detectores de cresta y de cuasicresta.

La segunda parte de la evaluación de laboratorio caracteriza y compara los dispositivos PLT que utilizan mediciones de potencia conducida.

A6.1.1 Montaje de las pruebas de laboratorio

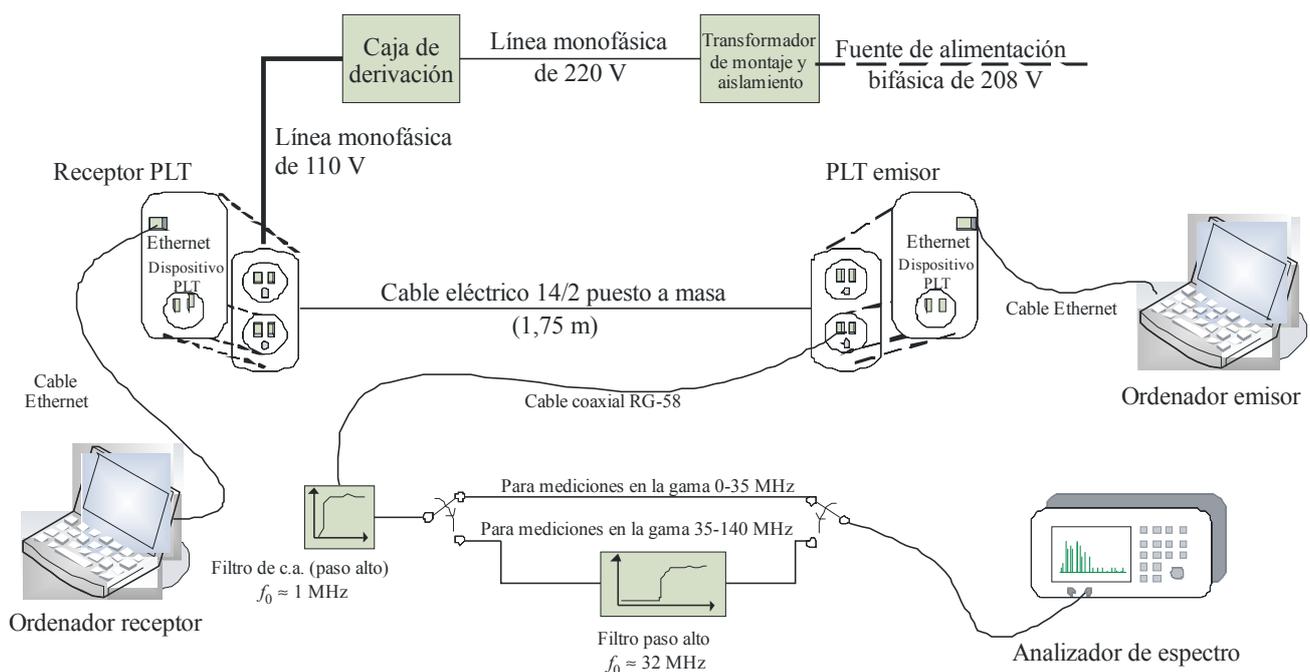
En la Fig. 11 se representa el montaje de laboratorio para realizar la medición de la potencia conducida. La fuente eléctrica de c.a. es una fuente de alimentación bifásica de 208Vc.a./2 aplicada a través de un transformador por etapas y una caja de derivación para aislar y convertir la c.a. en una tensión monofásica de 110-120 V. Dos tomas, utilizadas para conectar los pares de dispositivos PLT, se unen con un cable eléctrico 14/2 puesto a masa de 1,75 m. Se asigna un ordenador a cada dispositivo PLT para la transferencia de datos. Un ordenador envía un gran fichero a un ordenador receptor.

La medición de la potencia se realiza utilizando un analizador de espectro sintonizado con una anchura de banda de resolución de 9 kHz y utilizando un detector de cresta. Para medir la señal conducida en los dispositivos PLT con el analizador de espectro, se requiere un filtro de c.a. a fin de eliminar la componente de c.a. de 110-120 V. Se trata de un filtro LC paso alto de segundo orden adaptado con una frecuencia de corte de 1 MHz.

A fin de medir bajos niveles de señal de los dispositivos PLT por encima de 30 MHz con una mejor precisión, se utiliza un filtro paso alto para atenuar las portadoras de la señal PLT principal presentes en la gama de frecuencias de funcionamiento, lo cual es necesario con objeto de medir las emisiones hasta de 110 MHz sin producir una sobrecarga en el analizador de espectro. Como muestra la Fig. 11, se utilizaron dos montajes de laboratorio; uno sin el filtro paso alto y otro con él. El filtro paso alto tiene una frecuencia de corte a -3 dB de 32 MHz. Sólo se realizaron mediciones por encima de 35 MHz y se registraron utilizando este filtro paso alto. La anchura de banda de resolución para estas mediciones es 120 kHz.

FIGURA 11

Banco de pruebas para analizar las mediciones de potencia conducida en los dispositivos PLT



A6.1.2 Comparación entre las mediciones del detector de cresta y las mediciones del detector de cuasicresta en el contexto de las emisiones PLT

Las mediciones de compatibilidad electromagnética en la frecuencia de funcionamiento de los dispositivos PLT normalmente se realizan utilizando un detector de cuasicresta. Este detector consta de un detector de cresta seguido por un integrador con pérdidas que tiene un tiempo de caída más largo que el tiempo de establecimiento. Este tipo de detector está destinado a medir el factor de perturbación de las señales impulsivas a otros dispositivos. Debido a la complejidad de su implementación, el detector de cuasicresta disponible para el analizador de espectro tiene un tiempo de respuesta extremadamente lento. La medición de señales en la gama 1-108 MHz puede llevar hasta dos horas para una medición que tomaría sólo unos pocos segundos utilizando un detector de cresta habitual. Por consiguiente, para las mediciones en pruebas en funcionamiento real se selecciona un detector de cresta. Se llevan a cabo pruebas de laboratorio para determinar la relación entre los detectores de cresta y cuasicresta.

A6.1.2.1 Metodología de prueba

Se realizan mediciones de potencia conducida para comparar los detectores de cresta con los detectores de cuasicresta. Las mediciones se efectúan en una pequeña anchura de banda de 100 kHz sobre una frecuencia central de 15 MHz. Para cada uno de los pares de dispositivos PLT y para cada uno de los dos detectores se lleva a cabo en esta banda de 100 kHz una medición de potencia media. La diferencia en la potencia media se considera como la diferencia entre la detección de cresta y la detección de cuasicresta. Se ha demostrado en laboratorio que esta pequeña anchura de banda de 100 kHz es lo suficientemente amplia como para que los resultados sean repetibles con otras frecuencias centrales. Esta prueba se realiza en cada dispositivo PLT elegido para la prueba de funcionamiento real y las mediciones se hacen mientras los dispositivos PLT están emitiendo datos.

A6.1.3 Mediciones de potencia conducida

Las mediciones de potencia conducida se efectúan en la gama de frecuencias de 0 a 110 MHz utilizando dos modos de funcionamiento: modo transferencia de datos y modo inactivo. El objetivo de las pruebas es determinar el nivel de salida inyectado a las líneas eléctricas a una frecuencia de hasta 110 MHz en ambos modos así como la anchura de banda y forma espectral de los dispositivos PLT.

A6.1.3.1 Metodología de prueba

El montaje de prueba para estas mediciones se representa en la Fig. 11. Para obtener una buena precisión, las mediciones se realizan desde 0 hasta 110 MHz en tramos de frecuencias consecutivos de 10 MHz de anchura, fijando el analizador de espectro a una anchura de banda de resolución de 9 kHz y utilizando detección de cresta. Por regla general, el nivel de referencia del analizador de espectro se ajusta lo más bajo posible sin crear sobrecarga espectral. Como se explica en el § A6.1.1 se emplea un filtro paso alto para obtener una medición más precisa en frecuencias por encima de 35 MHz. Debido a ello, puede observarse una discontinuidad en el ruido de fondo en los resultados obtenidos a 35 MHz.

Se efectúa una primera medición para evaluar el nivel de ruido ambiente del sistema. En este caso, no se conecta ningún dispositivo PLT al banco de pruebas. A continuación, se mide entre 0 y 110 MHz el nivel de salida de cada dispositivo PLT mientras los dispositivos están transfiriendo datos a la máxima velocidad de transmisión de datos (modo transferencia de datos). Finalmente, se realiza un tercer conjunto de mediciones mientras los dispositivos no están transfiriendo datos de manera activa (modo desactivado). El nivel de potencia de salida del PLT durante las pruebas es la potencia prefijada en fábrica que puede no ser ajustable.

A6.2 Pruebas de interferencia electromagnética en funcionamiento real

Las mediciones de intensidad de campo de RF se realizan utilizando edificios residenciales de una y dos plantas. Los edificios están conectados a una red de distribución de energía eléctrica a través de líneas subterráneas o aéreas de corriente alterna. La fachada y la parte trasera de los edificios deben estar suficientemente despejadas para poder realizar mediciones de intensidad de campo a distancias comprendidas entre tres y los diez metros de los muros exteriores; por consiguiente, se seleccionan estas dos distancias para las mediciones de intensidad de campo de RF.

A6.2.1 Metodología de pruebas de funcionamiento real

Se seleccionaron varios edificios para las mediciones de intensidad de campo de RF a fin de que estuviesen representados varios esquemas y materiales de construcción. Se registró un resumen de los emplazamientos de prueba con una descripción completa de cada uno de ellos, incluido el tipo de edificio, el material de las paredes exteriores y el tipo de línea eléctrica utilizada para conectar el edificio a la red de energía eléctrica del vecindario (líneas subterráneas o aéreas), imágenes del edificio y un diagrama de cada uno de ellos. Los dispositivos PLT se probaron en pares del mismo modelo, conectados a tomas de c.a. situadas en el interior de los edificios. Los pares de dispositivos PLT se seleccionaron mediante las pruebas de laboratorio indicadas en el § A6.1.1. Durante las pruebas de funcionamiento real, los dispositivos se ubicaron dentro de los edificios lo más alejados posible entre sí unos de otros a fin de representar una red doméstica real. Los dispositivos se colocaron de forma que un dispositivo de un par PLT se encontraba en una habitación cerca de la fachada del edificio y el otro dispositivo estaba cerca de la parte trasera del mismo. En el caso de edificios de dos plantas, un dispositivo PLT se situó en la primera planta y el otro en la segunda. El nivel de potencia de salida PLT durante las pruebas fue el nivel prefijado en fábrica, que puede no ser ajustable.

Cada dispositivo PLT se conectó a un ordenador personal y se probaron dos modos de funcionamiento PLT: modo transferencia de datos para todos los edificios y modo inactivo para unos pocos edificios seleccionados. En el modo transferencia de datos, las mediciones se realizaron mientras se transfería un fichero de gran tamaño entre los dos ordenadores. En cada emplazamiento de medición también se llevaron a cabo las mediciones de referencia del ruido ambiente.

La intensidad de campo de RF se midió utilizando una antena de bucle calibrada para la gama de frecuencias de 0 a 30 MHz y una antena dipolo calibrada para las frecuencias comprendidas entre 30 y 108 MHz (véase el § A6.2.2 para las especificaciones de antena). El factor de antena de estas antenas se calibró de manera precisa para obtener las mediciones de intensidad de campo de RF ($\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})$). Las antenas se ubicaron a 2 m por encima del nivel del suelo y las mediciones se efectuaron a distancias de 3 m y 10 m desde los muros de la fachada y de la parte trasera de los edificios.

Las mediciones en modo inactivo y en la gama de frecuencias de 30 a 108 MHz (antena dipolo) se realizaron para confirmar las conclusiones a las que se llegó mediante la evaluación en laboratorio.

Se determinaron cuatro emplazamientos de medición para cada uno de los edificios:

- Fachada del edificio, distancia de 3 m
- Fachada del edificio, distancia de 10 m
- Parte trasera del edificio, distancia de 3 m
- Parte trasera del edificio, distancia de 10 m.

En cada emplazamiento se hicieron las siguientes mediciones:

- Nivel de ruido ambiente entre 0 y 30 MHz (antena de bucle)
- Intensidad de campo de RF entre 0 y 30 MHz en el modo transferencia de datos para cada uno de los pares de dispositivos PLT.

Para confirmar las conclusiones a las que se llegó durante las pruebas en laboratorio, se realizaron las siguientes mediciones solamente en unos cuantos edificios seleccionados:

- Intensidad de campo de RF entre 0 y 30 MHz en modo inactivo
- Intensidad de campo de RF entre 30 y 108 MHz en los modos inactivo y de transferencia de fichero.

Además, se llevaron a cabo pruebas adicionales para medir la intensidad de campo de RF bajo las líneas eléctricas aéreas.

A6.2.2 Montaje de las pruebas de funcionamiento real

La medición de la intensidad de campo de RF exigió componentes calibrados y equipos de medición para la gama de frecuencias de 0-108 MHz. A continuación figura una lista de los equipos utilizados para las pruebas de funcionamiento real:

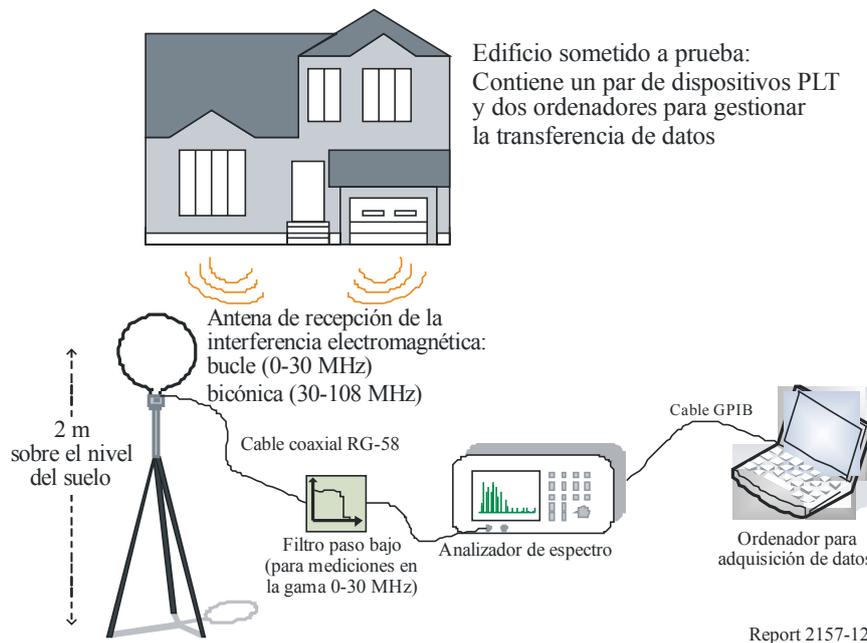
- Analizador de espectro
- Antena de bucle (pasiva)
 - Gama de funcionamiento: 10 kHz-30 MHz
- Antena dipolo (pasiva)
 - Gama de funcionamiento: 20 MHz-330 MHz
- Filtro paso bajo de RF
 - frecuencia de corte a -1 dB: 31 MHz
 - frecuencia de corte a -40 dB: 35 MHz
- Pares de dispositivos PLT
- Se utilizaron dos ordenadores para transferir datos por la red PLT
- Se utilizó un ordenador para almacenar los resultados de las mediciones de intensidad de campo.

La Fig. 12 representa el montaje de prueba para realizar las mediciones de intensidad de campo de RF. Como se indicó anteriormente, se establecieron cuatro emplazamientos de antena en cada edificio donde se midió la intensidad de campo (fachada y parte trasera, 3 m y 10 m). La antena se ubicó a 2 metros sobre el nivel del suelo. Se utilizó un filtro paso bajo conectado entre la antena y el analizador de espectro para suprimir las señales en ondas métricas de alta potencia (estaciones de FM y de TV) mientras se realizaban mediciones por debajo de 30 MHz a fin de no sobrecargar el analizador de espectro. Se utilizó un ordenador portátil para controlar el analizador de espectro y almacenar los resultados de las mediciones.

En cada edificio y para cada emplazamiento de medición se utilizó el siguiente procedimiento. Se realizó una primera medición para registrar el nivel de ruido ambiente. A continuación, se conectó un par de dispositivos PLT y se inició una transferencia de fichero para llevar a cabo la medición de la intensidad de campo de RF. Se repitió el mismo proceso para los otros dos pares de dispositivos PLT. Luego, se desplazó la antena a otro emplazamiento y se realizó otro conjunto de mediciones.

Para unos pocos edificios seleccionados se realizaron pruebas adicionales en modo inactivo, antena dipolo (30-108 MHz) y líneas eléctricas aéreas.

FIGURA 12

Montaje de prueba para las mediciones de intensidad de campo de RF

Las mediciones con el analizador de espectro se efectuaron utilizando detección de cresta en vez de cuasicresta, como se explica en el § A6.1.2. El filtro paso bajo, el cable y las antenas se calibraron para medir la interferencia electromagnética (EMI) ($\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})$). En las mediciones se utilizaron los siguientes ajustes para el analizador de espectro:

Para frecuencias entre 0 y 30 MHz (utilizando antena de bucle):

- Anchura de banda de resolución = 9 kHz
- Detector de cresta
- Traza de máxima lectura (10 s)
- Un punto de traza cada 50 kHz (601 puntos en total).

Para frecuencias entre 30 y 108 MHz (utilizando antena dipolo):

- Anchura de banda de resolución = 120 kHz
- Detector de cresta
- Traza de máximo valor (10 s)
- Un punto de traza cada 50 kHz (1561 puntos en total).

A6.2.3 Metodología de análisis

A efectos de analizar la intensidad de campo de RF medida, todas las mediciones efectuadas en los diversos edificios se agruparon atendiendo a sus respectivos dispositivos y distancias desde los edificios. Los emplazamientos no se incluyeron en este análisis estadístico si se detectó interferencia procedente de los dispositivos PLT en los edificios próximos. El análisis estadístico incluyó la máxima intensidad de campo de RF medida para cada dispositivo.

Además, las mediciones obtenidas en todos los edificios se utilizaron para calcular un intervalo de confianza que debe representar la máxima intensidad de campo esperada de los dispositivos PLT radiada desde edificios típicos. Se calculó un intervalo de confianza del 95% de la intensidad de campo de RF a partir de la desviación típica de los edificios muestreados, suponiendo una distribución normal. Los cálculos en este análisis estadístico se efectuaron con valores lineales.

Como se ha explicado anteriormente, la contribución de interferencia procedente de fuentes distintas a los dispositivos PLT no es despreciable y no puede suprimirse de los análisis estadístico.

A6.3 Pruebas en funcionamiento real CMI y DMI

Las mediciones de corriente en modo común (CMI) y de corriente en modo diferencial (DMI) se realizaron en las zonas residenciales. El objetivo de medir la CMI y la DMI es determinar si existe una relación entre estas dos mediciones y la interferencia electromagnética provocada por los dispositivos PLT.

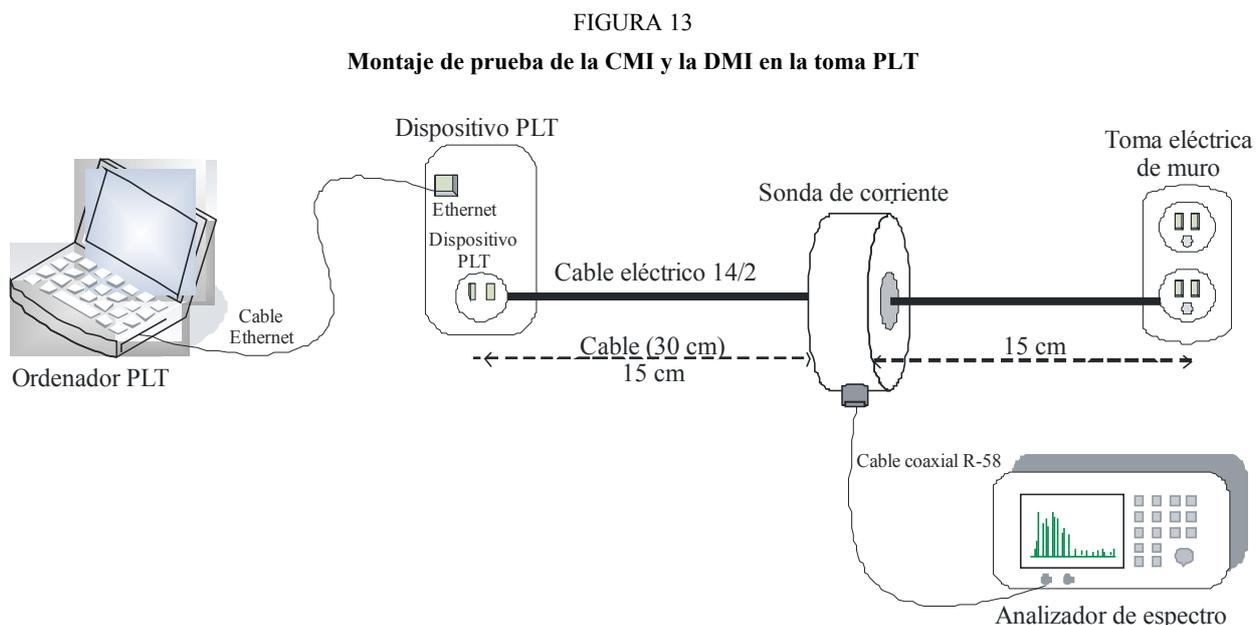
A6.3.1 Montaje de la prueba de funcionamiento real CMI y DMI

Las mediciones se efectuaron para cuatro tomas eléctricas en cada edificio. Dos de estas tomas son las mismas que se emplearon para conectar los dispositivos PLT durante las pruebas de funcionamiento real de la interferencia electromagnética. En estas dos tomas se midieron la CMI y la DMI insertando un cable de extensión corto entre el dispositivo PLT y la toma. Se probaron dos tomas adicionales, una para cada piso de los edificios. Se utilizó un cable de extensión de extremo abierto para medir la CMI y la DMI en estas tomas. En consecuencia, en estas mediciones se hicieron dos montajes de prueba distintos, como se describe a continuación.

Las mediciones de CMI y DMI requirieron los siguientes equipos:

- Analizador de espectro
- Sonda de corriente
 - Gama de funcionamiento: 20 kHz a 100 MHz
- 2 cables eléctricos 14/2 puestos a tierra (de 30 cm y 3 m)
- Pares de dispositivos PLT
- Dos ordenadores para transferir datos por la red PLT.

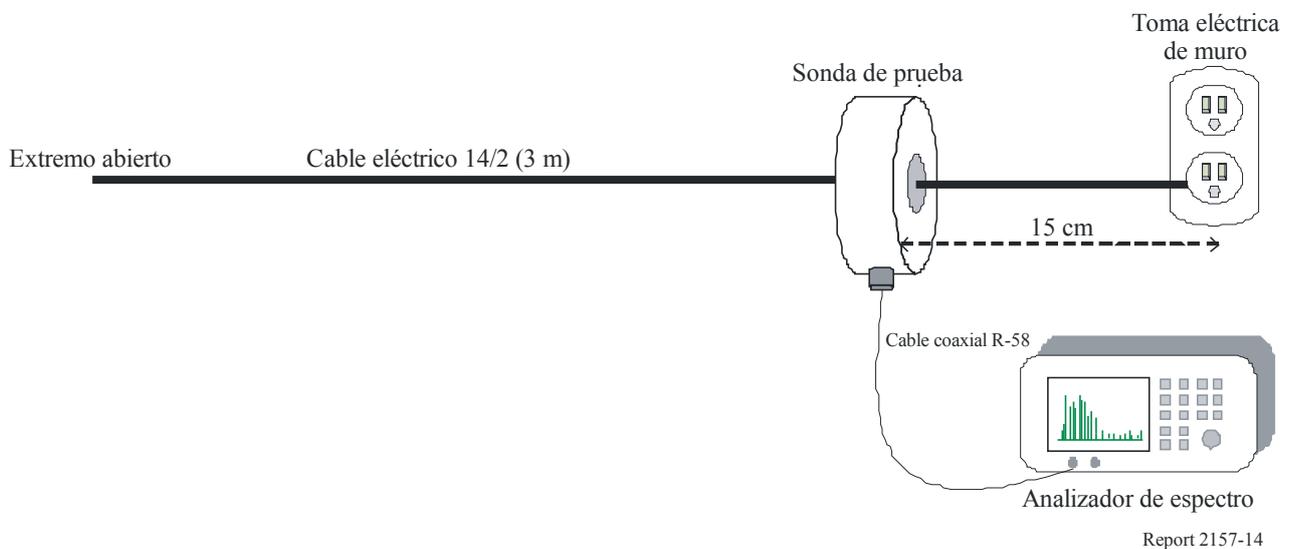
Las Figs. 13 y 14 representan la configuración de los montajes de prueba y los equipos utilizados. La Fig. 13 muestra el montaje cuando se prueba una toma que tiene un dispositivo PLT conectado y la Fig. 14 es el montaje empleado para probar en otras tomas de los edificios (sin dispositivo PLT conectado).



Como puede verse en la Fig. 13, se insertó una extensión del cable eléctrico de 30 cm entre el dispositivo PLT y su toma respectiva. Se colocó una sonda de corriente en la mitad del cable de extensión para medir la corriente con el analizador de espectro. Las mediciones se efectuaron mientras el par de dispositivos PLT presentes en la red eléctrica se encontraban en modo transferencia de datos.

Durante las mediciones de la CMI, la sonda de corriente rodeó todos los hilos del cable eléctrico (activo, neutro y de tierra). Para las mediciones de la DMI, se quitó la cubierta del cable eléctrico y se situó en la sonda de corriente sólo el hilo activo mientras que los hilos neutro y de tierra envolvieron el exterior de dicha sonda.

FIGURA 14

Montaje de prueba de la CMI y la DMI en otra toma

La Fig. 14 muestra el montaje cuando se probaron tomas que carecían de dispositivos PLT conectados. Como puede observarse en la Figura, se utilizó un cable de extensión de extremo abierto de 3 m para situar la sonda de corriente. El par de dispositivos PLT siguió conectado a sus tomas originales en el edificio y se inició la transferencia de datos.

Las mediciones se realizaron en la gama de frecuencias de 0 a 30 MHz para las distintas configuraciones. Se hicieron los siguientes ajustes en el analizador de espectro:

- Anchura de banda de resolución = 10 kHz
- Detector de valor medio
- Traza de máximo valor (10 s)
- Un punto de traza cada 50 kHz (601 puntos en total).