

Unión Internacional de Telecomunicaciones

UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

K.83

(03/2011)

SERIE K: PROTECCIÓN CONTRA LAS
INTERFERENCIAS

Supervisión de los niveles de intensidad del campo electromagnético

Recomendación UIT-T K.83

UIT-T



Recomendación UIT-T K.83

Supervisión de los niveles de intensidad del campo electromagnético

Resumen

La Recomendación UIT-T K.83 facilita indicaciones sobre la manera de efectuar mediciones a largo plazo para el control de campos electromagnéticos (EMF) en zonas seleccionadas de interés público, con el propósito de mostrar que esos campos están bajo control y dentro de los límites previstos. El objetivo de la presente Recomendación es ofrecer al público en general datos claros y de fácil acceso sobre niveles de campo electromagnético expresados en forma de resultados de una medición continua.

Historia

Edición	Recomendación	Aprobación	Comisión de Estudio
1.0	ITU-T K.83	2011-03-09	5

PREFACIO

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

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

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

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

NOTA

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

La observancia de esta Recomendación es voluntaria. Ahora bien, la Recomendación puede contener ciertas disposiciones obligatorias (para asegurar, por ejemplo, la aplicabilidad o la interoperabilidad), por lo que la observancia se consigue con el cumplimiento exacto y puntual de todas las disposiciones obligatorias. La obligatoriedad de un elemento preceptivo o requisito se expresa mediante las frases "tener que, haber de, hay que + infinitivo" o el verbo principal en tiempo futuro simple de mandato, en modo afirmativo o negativo. El hecho de que se utilice esta formulación no entraña que la observancia se imponga a ninguna de las partes.

PROPIEDAD INTELECTUAL

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

En la fecha de aprobación de la presente Recomendación, la UIT no ha recibido notificación de propiedad intelectual, protegida por patente, que puede ser necesaria para aplicar esta Recomendación. Sin embargo, debe señalarse a los usuarios que puede que esta información no se encuentre totalmente actualizada al respecto, por lo que se les insta encarecidamente a consultar la base de datos sobre patentes de la TSB en la dirección <http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>.

© UIT 2011

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

ÍNDICE

	Página
1 Alcance	1
2 Referencias	1
3 Definiciones	2
4 Abreviaturas y acrónimos	4
5 Cantidades, unidades y constantes físicas	5
6 Proceso general	5
6.1 Descripción del método general	6
6.2 Límites de exposición	7
7 Procedimiento de medición selectiva de frecuencias	8
7.1 Subgamas de frecuencias	8
7.2 Determinación automática de la gama de niveles	8
7.3 Medición de bandas de frecuencias	9
7.4 Medición de servicios especiales	9
7.5 Evaluación de los resultados	9
7.6 Requisitos generales del equipo de medición	9
7.7 Sonda de medición	10
7.8 Instrumento de medición	10
7.9 Control de la medición	10
7.10 Cámara mecánica y protectora	10
8 Procedimiento de medición de la banda ancha	11
8.1 Equipo de medición	11
8.2 Sonda de medición	11
8.3 Instrumento de medición	11
8.4 Protección	12
8.5 Método de medición	12
8.6 Medición de la exposición a numerosas fuentes o frecuencias	12
9 Incertidumbres	13
10 Informes sobre los resultados de las mediciones	14
Apéndice I – Enlaces a páginas web oficiales con resultados del control de campos electromagnéticos	16

Introducción

Los campos electromagnéticos son imperceptibles y desconocidos para el público en general. Este desconocimiento y esta falta de perceptibilidad despiertan desconfianza y rechazo entre la población, lo que puede dar lugar a conflictos sociales y a retrasos en la implantación de nuevas tecnologías inalámbricas.

Estos problemas se solucionan controlando las emisiones electromagnéticas por medio de mediciones y de una comunicación adecuada de los resultados. A su vez, las mediciones logran que las emisiones sean objetivas y, cuando se presentan en un formato comprensible, contribuyen a mantener más informado a los ciudadanos y a combatir su indefensión.

Estas mediciones de campos electromagnéticos deben cumplir tres requisitos: ser objetivas, fiables y continuas. La objetividad de las mediciones se alcanza cada vez que un organismo público y/o independiente se encarga de efectuarlas y de su publicación. La fiabilidad se obtiene gracias al cumplimiento de reglas y normas internacionales relativas a la medición de campos electromagnéticos y a una calibración acreditada del equipo de medición. La realización continua de mediciones objetivas y fiables (24/365) facilita una supervisión permanente de las emisiones y una transparencia máxima.

Durante años, en diversas partes del mundo, se han utilizado sistemas de banda ancha para la medición continua de campos electromagnéticos, con resultados satisfactorios, aumentando la confianza de los ciudadanos en las autoridades gubernamentales y reduciendo el miedo y la ignorancia que causan las emisiones electromagnéticas. Otra posibilidad son los sistemas de medición selectiva de frecuencias que deben aplicarse para responder a necesidades particulares.

La presente Recomendación sienta las bases para la implantación de sistemas de medición continua de emisiones electromagnéticas, con el propósito de que constituyan una práctica común de este tipo de mediciones en todo el mundo.

Recomendación UIT-T K.83

Supervisión de los niveles de intensidad del campo electromagnético

1 Alcance

Esta Recomendación describe los métodos y las características del sistema que se utilizará para el control continuo de campos electromagnéticos emitidos por transmisores radioeléctricos, tanto en sistemas de banda ancha como en sistemas de medición selectiva de frecuencias, con el fin de evaluar la exposición a largo plazo de las personas a los campos electromagnéticos en la banda comprendida entre 9 kHz y 300 GHz.

2 Referencias

Las siguientes Recomendaciones del UIT-T y otras referencias contienen disposiciones que, mediante su referencia en este texto, constituyen disposiciones de la presente Recomendación. Al efectuar esta publicación, estaban en vigor las ediciones indicadas. Todas las Recomendaciones y otras referencias son objeto de revisiones por lo que se preconiza que los usuarios de esta Recomendación estudien la posibilidad de aplicar las ediciones más recientes de las Recomendaciones y otras referencias citadas a continuación. Se publica periódicamente una lista de las Recomendaciones UIT-T actualmente vigentes. En esta Recomendación, la referencia a un documento, en tanto que autónomo, no le otorga el rango de una Recomendación.

- [EN 50383] EN 50383 (2010), *Basic standard for the calculation and measurement of electromagnetic field strength and SAR related to human exposure from radio base stations and fixed terminal stations for wireless telecommunication systems (110 MHz-40 GHz)*.
- [EN 50400] EN 50400 (2005), *Basic standard to demonstrate the compliance of fixed equipment for radio transmission (110 MHz-40 GHz) intended for use in wireless telecommunication networks with the basic restrictions or the reference levels related to general public exposure to radio frequency electromagnetic fields, when put into service*.
- [EN 50413] EN 50413 (2008), *Basic standard on measurement and calculation procedures for human exposure to electric, magnetic and electromagnetic fields (0 Hz-300 GHz)*.
- [EN 50492] EN 50492 (2008), *Basic standard for in-situ measurement of electromagnetic field strength related to human exposure in the vicinity of base stations*.
- [ICNIRP] ICNIRP (1998), *Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz)*.
- [IEC 62311] IEC 62311 (2007), *Assessment of electronic and electrical equipment related to human exposure restrictions for electromagnetic fields (0 Hz-300 GHz)*.
- [IEEE C95.3] IEEE Std C95.3-2002, *IEEE Recommended Practice for Measurements and Computations of Radio Frequency Electromagnetic Fields With Respect to Human Exposure to Such Fields, 100 kHz-300 GHz*.
- [ISO/IEC Guide] *ISO/IEC Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, 1995*.

3 Definiciones

En esta Recomendación se definen los siguientes términos:

3.1 tiempo de promediación (t_{avg}): Periodo de tiempo apropiado en el que se promedia la exposición con el fin de determinar el cumplimiento de los límites.

3.2 intensidad de campo eléctrico (E): Magnitud del vector de un campo en un punto que representa la fuerza (F) con respecto a una carga de prueba pequeña (q) dividida por la carga:

$$E = \frac{F}{q}$$

La intensidad de campo eléctrico se expresa en unidades de voltios por metro (V/m).

3.3 exposición: Situación en la que una persona está expuesta a campos eléctricos, magnéticos o electromagnéticos.

3.4 tasa de exposición: Parámetro de exposición evaluado en una localización concreta para cada frecuencia de funcionamiento de una fuente radioeléctrica, expresado como fracción del límite correspondiente.

Para evaluaciones respecto a niveles de referencia:

entre 9 kHz y 10 MHz:

$$ER = MAX \left[\left(\frac{E}{EL} \right), \left(\frac{H}{HL} \right) \right]$$

entre 100 kHz y 300 GHz:

$$ER = MAX \left[\left(\frac{E}{EL} \right)^2, \left(\frac{H}{HL} \right)^2 \right]$$

o entre 10 MHz y 300 GHz:

$$ER = \left(\frac{S}{SL} \right)$$

donde:

ER : es la tasa de exposición en cada frecuencia de funcionamiento de la fuente

EL : es el límite del campo E de investigación en la frecuencia f

HL : es límite del campo H de investigación en la frecuencia f

SL : es el límite de la densidad de potencia de onda plana equivalente en la frecuencia f

E : es el campo E evaluado en la frecuencia f de la fuente

H : es el campo H evaluado en la frecuencia f de la fuente

S : es la densidad de potencia de onda plana equivalente evaluada en la frecuencia f de la fuente

f : es cada frecuencia de funcionamiento de la fuente

ER se aplica a límites basados en reglamentaciones nacionales o, si no se han definido, en los principios de la ICNIRP.

3.5 región de campo lejano: Región del campo de una antena donde la distribución de campo radial es en esencia inversamente dependiente de la distancia con respecto a la antena. En esta región, el campo es predominantemente del tipo onda plana, es decir, distribución localmente uniforme del campo eléctrico y el campo magnético en planos transversales a la dirección de propagación.

NOTA – En la región de campo lejano, los vectores del campo eléctrico E y del campo magnético H son perpendiculares entre sí, y el cociente entre el valor de la intensidad de campo eléctrico E y la intensidad de campo magnético H es constante e igual a la impedancia de espacio libre Z_0 .

3.6 impedancia de espacio libre: La impedancia de espacio libre Z_0 se define como la raíz cuadrada de la permeabilidad de espacio libre μ_0 dividida por la permitividad de espacio libre ϵ_0 :

$$Z_0 = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} \approx 120\pi \cdot \Omega \approx 377\Omega$$

3.7 linealidad: Desviación máxima respecto a la gama de mediciones de la cantidad medida a partir de la curva de referencia lineal más cercana definida de la gama.

3.8 intensidad de campo magnético (H): Magnitud del vector de un campo en un punto que genera una fuerza (F) en una carga q con la velocidad v

$$F = q(v \times \mu H)$$

La intensidad de campo magnético se expresa en unidades de amperes por metro (A/m).

3.9 modulación: Proceso que consiste en modificar la amplitud, la fase y/o la frecuencia de una forma de onda periódica con el propósito de transmitir información.

3.10 región de campo cercano: Región que generalmente está situada en las proximidades de una antena u otra estructura radiante en la que los campos eléctricos y magnéticos no son sustancialmente de tipo onda plana, sino que varían considerablemente de un punto a otro. La región de campo cercano se subdivide todavía en la región de campo cercano reactivo, más próxima a la estructura radiante y que contiene la mayor parte o casi la totalidad de la energía almacenada, y la región de campo cercano radiante, en la que el campo de radiación predomina sobre el campo reactivo, pero que no es sustancialmente de tipo onda plana y tiene una estructura compleja.

3.11 permeabilidad (μ): La permeabilidad magnética de un material se define por la densidad de flujo magnético B dividida por la intensidad de campo magnético H :

$$\mu = \frac{\|\vec{B}\|}{\|\vec{H}\|}$$

donde μ es la permeabilidad del medio expresada en henrios por metro (H/m).

3.12 permitividad (ϵ): Propiedad de un material dieléctrico (por ejemplo, el tejido biológico). Cuando se trata de material isotrópico, se define por la densidad de flujo eléctrico D dividida por la intensidad de campo eléctrico E :

$$\epsilon = \frac{\|\vec{D}\|}{\|\vec{E}\|}$$

La permitividad se expresa en unidades de faradios por metro (F/m).

3.13 densidad de potencia (S): Incidente de potencia radiante perpendicular a una superficie, dividida por el área de la superficie. La densidad de potencia se expresa en unidades de vatios por metro cuadrado (W/m^2).

3.14 fuente pertinente: Fuente radioeléctrica que, en un punto de medición dado, tiene una tasa de exposición superior a 0,05.

3.15 valor cuadrático medio (rms): Valor efectivo o valor rms obtenido extrayendo la raíz cuadrada de la media del cuadrado del valor de la función periódica extraída durante un periodo.

3.16 tasa de exposición total (TER) [EN 50383]: Valor máximo de la suma de tasas de exposición del equipo sometido a prueba y todas las fuentes pertinentes en la gama de frecuencias comprendida entre 9 kHz y 300 GHz.

$$TER = ER_{EUT} + ER_{RS}$$

donde:

ER_{EUT} : es la tasa de exposición evaluada del equipo sometido a prueba

ER_{RS} : es la tasa de exposición evaluada de todas las fuentes pertinentes

3.17 campo sin perturbaciones: Campo que existe en un espacio en ausencia de una persona o de un objeto que podrían influir en él.

NOTA – El campo medido o calculado cuando está presente una persona o un objeto puede variar considerablemente.

4 Abreviaturas y acrónimos

En esta Recomendación se utilizan las abreviaturas y los acrónimos siguientes:

CDMA	Acceso múltiple por división de código (<i>code division multiple access</i>)
DVB-T	Radiodifusión de vídeo digital terrenal (<i>digital video broadcasting – terrestrial</i>)
EMF	Campo electromagnético (<i>electromagnetic field</i>)
ER	Tasa de exposición (<i>exposure ratio</i>)
ICNIRP	Comisión Internacional sobre la protección contra radiaciones no ionizantes (<i>International commission on non-ionizing radiation protection</i>)
CEI	Comisión electrotécnica internacional (<i>International electrotechnical commission</i>)
IEEE	Instituto de ingenieros electricistas y electrónicos (<i>Institute of electrical and electronics engineers</i>)
RBW	Anchura de banda de resolución (<i>resolution bandwidth</i>)
RMS	Valor cuadrático medio (<i>root mean square</i>)
TER	Tasa de exposición total (<i>total exposure ratio</i>)
WCDMA	CDMA de banda ancha (<i>wideband CDMA</i>)

5 Cantidades, unidades y constantes físicas

En esta Recomendación se utilizan las unidades SI aceptadas a escala internacional.

<i>Cantidad</i>	<i>Símbolo</i>	<i>Unidad</i>	<i>Dimensión</i>
Densidad de corriente	J	amperes por metro cuadrado	A/m ²
Intensidad de campo eléctrico	E	voltios por metro	V/m
Densidad de flujo eléctrico	D	culombios por metro cuadrado	C/m ²
Frecuencia	f	hercios	Hz
Intensidad de campo magnético	H	amperes por metro	A/m
Densidad de flujo magnético	B	tesla (Vs/m ²)	T
Permeabilidad	μ	henrios por metro	H/m
Permitividad	ε	faradios por metro	F/m
Longitud de onda	λ	metro	m
<i>Constante física</i>		<i>Magnitud</i>	
Velocidad de la luz en el vacío	c	2 997 × 10 ⁸ m/s	
Permitividad de espacio libre	ε ₀	8 854 × 10 ⁻¹² F/m	
Permeabilidad de espacio libre	μ ₀	4π × 10 ⁻⁷ H/m	
Impedancia de espacio libre	Z ₀	377 ohmios (aprox. 120 πΩ)	

6 Proceso general

La presente Recomendación define los métodos que se utilizarán para determinar la tasa de exposición total (TER) durante un periodo determinado para realizar una evaluación de la exposición a campos electromagnéticos en función del tiempo. Se recomiendan dos métodos: la medición selectiva de frecuencias o la medición de banda ancha.

El procedimiento de medición selectiva de frecuencias se basa en [EN 50413] e [IEC 62311].

El método de medición de banda ancha se basa en [EN 50413] e [IEC 62311]. Permite obtener el nivel de radiación total en forma de intensidad de campo eléctrico (E) en la banda de frecuencias de interés, promediada durante un cierto periodo de tiempo. Si la medición se realiza en la región de campo cercano, es necesario entonces evaluar el nivel de radiación total de la intensidad de campo magnético (H).

Este método se aplica en los casos en que se debe medir la suma total de las emisiones de una determinada banda de frecuencias. Permite obtener una medida rápida del nivel de emisión total de la banda a bajo costo.

No se debe aplicar el método de medición de banda ancha en los siguientes casos:

- Si es necesario conocer los niveles de radiación debidos a la frecuencia.
- Si el valor dado es superior al nivel de referencia mínimo en la banda de frecuencias que debe medirse.
- Si la sensibilidad del equipo no es suficientemente baja para obtener un valor de radiación, pero la legislación vigente exige un valor de radiación.
- Cuando se miden frecuencias por debajo de 100 kHz, dado que la suma total de las emisiones no es un método válido para esas frecuencias.

6.1 Descripción del método general

La medición se efectúa en forma continua y automática en toda la gama de frecuencias prevista. En muchos casos, la gama de frecuencias apropiada es la comprendida entre 80 MHz y 3 GHz.

La gama de frecuencias debe ampliarse, llegado el caso, para que abarque todas las frecuencias que funcionan en el área considerada.

Si la medición se realiza dentro del campo cercano reactivo (distancia $< \max(\lambda, D, D^2/(4\lambda))$ – donde λ es la longitud de onda y D, el tamaño máximo de la antena) de los emisores correspondientes ($ER > 0,05$), la validez del resultado de la medición debe estar justificado por un análisis exhaustivo.

NOTA – Para una distancia de 10 m, se cumplen las condiciones de radiación de campo cercano o campo lejano para todos los emisores por encima de 30 MHz.

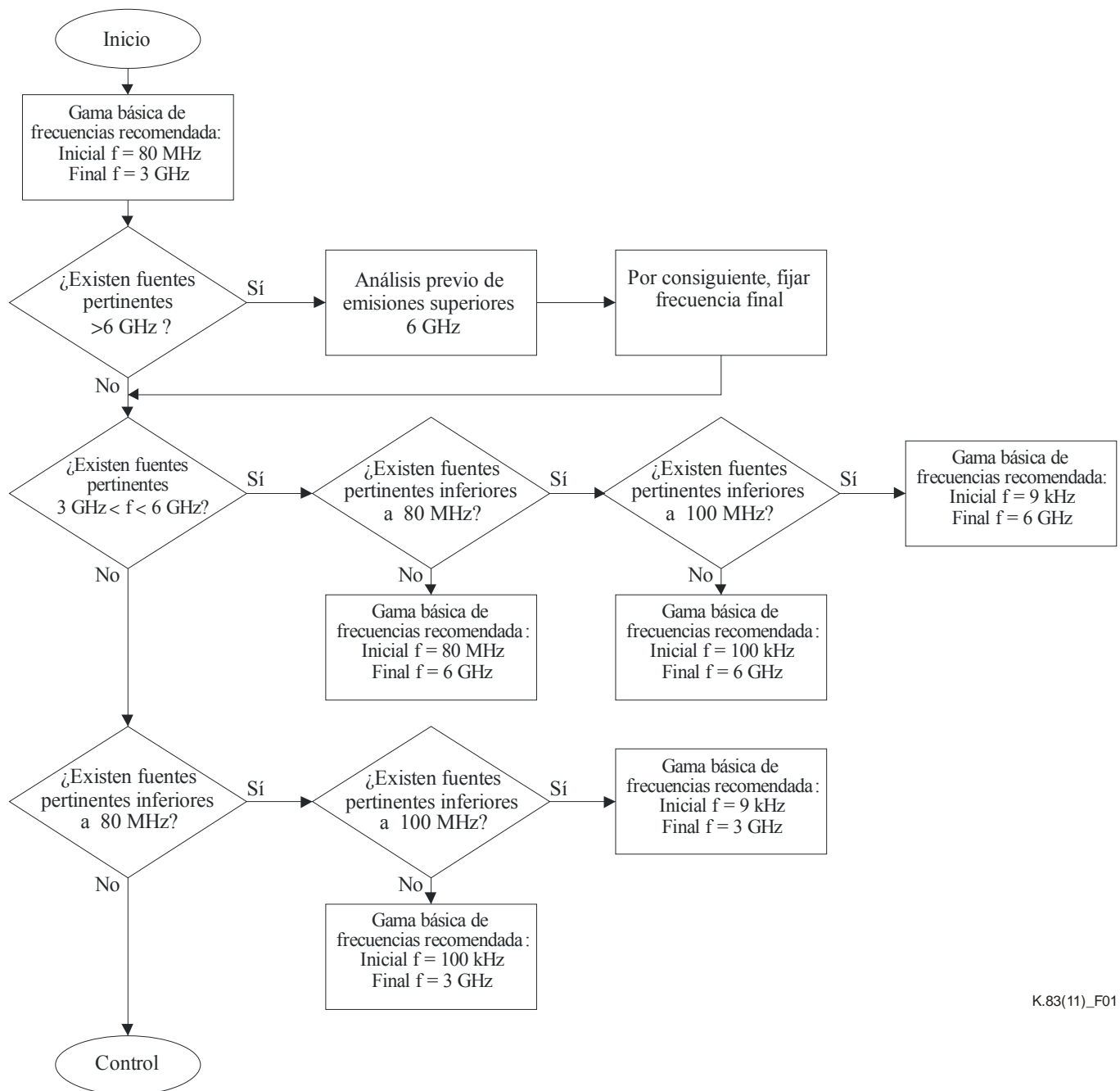
La gama para mediciones de frecuencias bajas está comprendida entre 0 Hz y 100 kHz y para mediciones de frecuencias altas, entre 100 kHz y 300 GHz [EN 50413].

En campos de frecuencias bajas, los campos eléctrico (E) y magnético (H) deben ser evaluados por separado.

En campos de frecuencias altas y en condiciones de campo lejano, se puede utilizar para la evaluación la intensidad de campo eléctrico (E), la intensidad de campo magnético (H) o la densidad de potencia (S).

En condiciones de campo cercano, se deben evaluar componentes del campo eléctrico (E) y del campo magnético (H).

La figura 1 presenta una visión general del procedimiento de evaluación para un lugar de medición.



K.83(11)_F01

Figura 1 – Procedimiento de evaluación para un lugar de medición

6.2 Límites de exposición

A los efectos de la presente Recomendación, se aplicarán los límites de exposición para el público en general especificados en la reglamentación nacional o, si no existen, en la ICNIRP, así como las condiciones de exposición simultánea a campos de múltiples frecuencias.

A partir de esas intensidades de campo E_i , obtenidas, se obtiene la TER para la gama completa de frecuencias:

En el caso de las directrices de la ICNIRP, los criterios aplicados a la tasa de exposición total (TER) hacen referencia a efectos de estimulación eléctrica ($a = 87 \text{ V/m}$; El es el límite dependiente de la frecuencia):

$$\sum_{i=1\text{Hz}}^{1\text{MHz}} \frac{E_i}{El_i} + \sum_{i=1\text{MHz}}^{10\text{MHz}} \frac{E_i}{a} \leq 1$$

Los criterios aplicados a la exposición total hacen referencia a circunstancias de efecto térmico ($c = 87/f^{1/2}$ V/m, El es el límite dependiente de la frecuencia):

$$\sum_{i=9\text{kHz}}^{1\text{MHz}} \left(\frac{E_i}{c} \right)^2 + \sum_{i=1\text{MHz}}^{300\text{GHz}} \left(\frac{E_i}{El_i} \right)^2 \leq 1$$

7 Procedimiento de medición selectiva de frecuencias

La medición consiste en ciclos de mediciones repetidas en el que cada una representa un resultado de la medición. Cada ciclo consiste en las etapas indicadas en la figura 2.

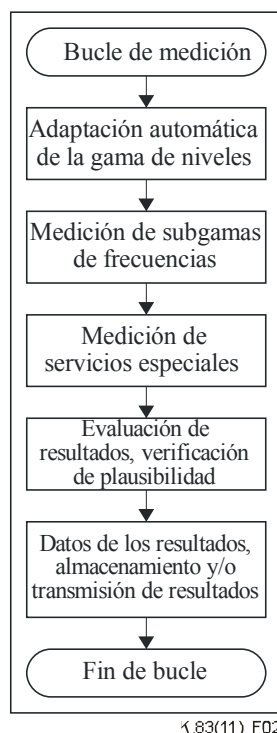


Figura 2 – Bucle de medición

7.1 Subgamas de frecuencias

La gama de frecuencias se divide en subgamas según la Región.

Para cada subbanda, el nivel detectable máximo es, como mínimo, el valor límite. El nivel detectable mínimo es necesario cuando ninguna emisión por encima del valor umbral está presente. Se puede lograr con ajustes adoptados de, por ejemplo, atenuación, anchura de banda. Para cada ajuste debe lograrse una gama dinámica instantánea de 60 dB. Otra señal presente en cualquier otra subgama y mayor al 25%, o de 3 MHz como mínimo, de la frecuencia de medición no debe causar ninguna sobrecarga ni error de medición, si su intensidad de campo está por debajo del límite de exposición.

7.2 Determinación automática de la gama de niveles

Los parámetros (por ejemplo, atenuación, preamplificador) de cada subgama se adoptan automáticamente durante cada ciclo para lograr la mejor sensibilidad posible sin distorsión de la señal debida a la sobrecarga (por ejemplo, en preamplificadores, mezcladores) de otros emisores en la misma subbanda o en otras subbandas.

7.3 Medición de bandas de frecuencias

Para cada banda de frecuencias, la medición se efectuará con un detector, según la reglamentación nacional. Si no existe una reglamentación nacional, el nivel de rms se deberá utilizar entonces con arreglo a las directrices de la ICNIRP. El tiempo de medición para cada banda es elegido de acuerdo al comportamiento temporal habitual de los emisores. La medición se repite con una sensibilidad cada vez mayor (por ejemplo, menor anchura de banda) siempre que no se detecte ninguna emisión por encima del umbral y menos de dos emisiones por debajo del umbral, y que no se haya alcanzado el nivel detectable mínimo. El ruido de fondo del sistema de medición se distingue independientemente del ajuste de la sensibilidad y, por lo tanto, no se utiliza como valor de medición.

7.4 Medición de servicios especiales

Los servicios especiales, por ejemplo, servicios de banda ancha (como WCDMA, DVB-T), las señales con factores de cresta elevados y las señales de radar se miden con ajustes específicos (como mínimo cero intervalo, tiempo de medición y anchura de banda de señal adoptada). Según el tipo de señal, se utilizará RMS o detector de cresta. [EN 50492], se utilizará el anexo E para la evaluación adicional de los ajustes.

El valor de un resultado obtenido en este caso en una frecuencia f_0 sustituye la medición de barrido alcanzada en la cláusula 7.3 en la gama de frecuencias $f_0 \pm \frac{1}{2}$ RBW.

No se lleva a cabo una extrapolación de la intensidad de campo al volumen máximo de tráfico de una red celular.

7.5 Evaluación de los resultados

El resultado de la medición consiste en los valores alcanzados con arreglo a las cláusulas 7.2 y 7.3 que cumplen los criterios de la cláusula 6.2 almacenados como emisiones pertinentes y utilizados para el cálculo de la TER.

Con el fin de verificar la plausibilidad y detectar transmisiones inhabituales (por ejemplo, fuentes interferentes de banda ancha), para cada banda de frecuencias se pueden definir límites de intensidad de campo y anchura de banda. Si la emisión está fuera del límite, se añade un aviso destinado al operador. Si no se define ningún límite para una gama de frecuencias o si la medición no es posible (por ejemplo, S/N insuficiente para determinar la anchura de banda ocupada), se omite la verificación de plausibilidad para esa frecuencia. El ciclo de medición siguiente se inicia independientemente del resultado de la verificación de plausibilidad.

NOTA – En caso de transmisión automática de datos y gestión de datos centrales, la verificación de plausibilidad también puede estar centralizada.

Como información adicional se añaden al resultado de la medición la fecha, la hora, la posición de medición actual, la temperatura y humedad ambiente, el estado del sistema y los avisos.

Este resultado se almacena internamente (evaluación fuera de línea) o es transmitido automáticamente a un servidor a través de un enlace de datos (evaluación en línea).

7.6 Requisitos generales del equipo de medición

El equipo de medición está formado por las siguientes partes:

- Sonda de medición.
- Instrumento de medición selectiva de frecuencias, que procesa la señal desde la sonda e indica el valor de la cantidad de campo electromagnético.
- Control de la medición.
- Cámara mecánica y de protección.

Los parámetros del sistema, definidos en esta cláusula, son válidos para la unidad íntegramente ensamblada que se instala en el lugar de medición.

El equipo de medición deberá ser calibrado como un sistema completo en las frecuencias de medición conformes a [EN 50383]. La calibración tendrá en cuenta el factor de cresta elevada de algunas señales o combinaciones de señales.

7.7 Sonda de medición

Con objeto de determinar el valor del campo utilizado para evaluar la exposición humana, se utilizará la medición isotrópica. La isotropía se analizará con arreglo a [EN 50383], y la desviación isotrópica será inferior a 2,5 dB en la gama de frecuencias hasta 3 GHz e inferiores a 3,5 dB para 3 a 6 GHz. En la gama de frecuencias ampliada de 3 a 6 GHz y superiores, la isotropía puede aumentar a 3,5 dB.

La medición se realiza a una cota de interés (por lo general, 1,5 metros sobre el nivel del suelo). Si la gama de frecuencias se divide en más de una sonda, las sondas de campo por debajo de 130 MHz pueden montarse a una altura comprendida entre 1,3 m y 1,7 m.

El tamaño de cada sonda debe ser inferior a 150 mm. Para la isotropía, la sensibilidad y la evaluación de la incertidumbre de la medición, deberá tenerse en cuenta la interacción entre las sondas, la cúpula y el equipo de medición.

Si se utilizan sondas activas, el punto de compresión de 1 dB debe ser superior a la gama de mediciones.

7.8 Instrumento de medición

Es necesario que la gama de mediciones de los instrumentos esté en armonía con las intensidades de campo a medir. La sensibilidad debe ser suficiente para determinar el nivel más bajo que debe medirse con la precisión prevista en ese nivel, según las indicaciones del fabricante del instrumento. Las fuertes emisiones en otras bandas de frecuencias son suprimidas por un preselector. Para evitar efectos de sobrecarga no reconocidos, se utilizarán preamplificadores sólo después del preselector. La gama de frecuencias del equipo de medición debe ser suficiente para cubrir las frecuencias de las fuentes de campo electromagnético cuyas características hay que establecer.

Para la medición de servicios especiales, la anchura de banda radioeléctrica debe cubrir 10 Hz a 10 MHz, incluidos filtros de canal para servicios clásicos como, por ejemplo, WCDMA y DVB-T.

7.9 Control de la medición

El control de la medición permite supervisar el estado del sistema. Si se detecta una interrupción en el procedimiento de medición, el sistema procederá a su propia recuperación, iniciará nuevamente el ciclo de mediciones y enviará un aviso. Se suprimen los resultados del ciclo de medición interrumpido y se mantiene la validez de los resultados de los ciclos ya terminados. Si se detecta una avería en el equipo, se invalidará la medición.

7.10 Cámara mecánica y protectora

El equipo de medición debe ser apropiado para las condiciones ambientales (por ejemplo, temperatura, humedad, velocidad del viento, vibraciones) previstas durante el periodo de control en el lugar de medición.

8 Procedimiento de medición de la banda ancha

8.1 Equipo de medición

Para medir la banda ancha se debe utilizar un instrumento que consiste en un equipo que tiene una sonda de banda ancha y mide el campo electromagnético. Los componentes de este equipo serán los siguientes:

- Sonda de banda ancha.
- Instrumento de medición que procesa la señal de la sonda y prevé la medición de la intensidad de campo.
- Protección.

Es esencial que el equipo de medición proporcione el valor RMS (*valor cuadrático medio*) de la intensidad de campo eléctrico para comparar los niveles medidos con los límites de exposición.

El equipo de medición debe ser calibrado en su conjunto, y habrá que registrar dicha calibración.

8.2 Sonda de medición

La sonda de banda ancha prevé una medición independiente de la frecuencia, que integra todas las emisiones en una banda de frecuencias deseada. Se debe utilizar una sonda de banda ancha que cubra la banda de interés. Esta sonda debe ser isotrópica y la desviación isotrópica, inferior a 2,5 dB para frecuencias de hasta 3 GHz, e inferior a 3,5 dB para frecuencias más altas. Cada uno de los tres componentes del campo debe ser medido posiblemente al mismo tiempo con el fin de obtener un resultado del campo total correcto. Además, la sonda debe tener una gama dinámica adaptada a los niveles que se desea medir.

La desviación de la medición debida a la variación de la respuesta de la sonda con la frecuencia debe ser inferior a ± 3 dB para la banda de frecuencias de interés.

La zona de captación de la sonda debe estar suficientemente separada de la unidad de lectura a través de una conexión de alta impedancia y materiales de baja permitividad que reduzcan al mínimo la interacción entre el campo y los circuitos de conexión.

8.3 Instrumento de medición

La función del instrumento de medición consiste en calcular el nivel de campo basado en la información proporcionada por la sonda. La sensibilidad del equipo debe ser suficiente para discriminar el nivel de campo mínimo deseado con la precisión adecuada. Del mismo modo, la gama dinámica del equipo debe adaptarse a las mediciones que hay que realizar.

El instrumento de medición sonda + en su conjunto debe proporcionar el valor RMS (*valor cuadrático medio*) de la intensidad de campo.

Además, el instrumento de medición debe gestionar la automatización de las mediciones para que sean continuas, con periodos de muestreo y periodos medios definidos. Se recomienda, como mínimo, una velocidad de muestreo de 1 segundo, y el periodo medio debe ser de 6 minutos, según indicaciones de [ICNIRP], debiendo ser continuo o "deslizante" en el tiempo, con el fin de evitar la pérdida de datos, como se indica en [IEEE C95.3]. Se debe disponer de una capacidad de almacenamiento adecuada para las mediciones que, en ningún caso, será superior a una semana.

Con el instrumento de medición se supervisa también el estado del sistema, creándose alarmas en caso de algún tipo de anomalía en el funcionamiento.

8.4 Protección

El equipo de medición debe adaptarse a las condiciones ambientales (temperatura, humedad, lluvias, viento, etc.) previstas en el punto de localización. Para ello, se utilizará una protección mecánica convenientemente condicionada.

8.5 Método de medición

El procedimiento que debe seguirse es el siguiente:

8.5.1 Selección de la sonda

En primer lugar, es importante elegir correctamente la sonda de medición, de modo que se adapte tanto al margen de la frecuencia como a la gama dinámica necesaria de la intensidad de campo.

Las sondas ofrecen valores de campo absolutos, sin información de la frecuencia. Habrá que comparar el valor obtenido, que es la intensidad de campo total de todos los componentes espectrales en la anchura de banda que debe medirse, con el valor mínimo del límite de exposición. Es interesante observar que la anchura de banda de la sonda debe ajustarse lo más cerca posible de la anchura de banda a medir, de forma que el límite mínimo de exposición coincida con el de las frecuencias que se desea medir.

8.5.2 Selección del lugar de medición

La medición deberá realizarse a una cota de interés (por lo general, 1,5 metros sobre el nivel del suelo). Por consiguiente, el equipo de medición debe estar ubicado de modo que la zona de captación de la sonda se sitúe a esa altura.

El punto de medición se elegirá de tal manera que represente el nivel más alto de exposición a que puede estar sometida una persona, teniendo en cuenta todas las fuentes posibles de emisiones. Este valor máximo se puede determinar empíricamente efectuando una exploración rápida con un equipo de medición de campo, o bien obteniendo un cálculo de la propagación teórica de las antenas transmisoras próximas. Es importante mantener la sonda alejada de superficies metálicas (varias veces el diámetro de la sonda) para evitar efectos de acoplamiento que puedan distorsionar la medición.

El valor del campo medido debe corresponder al campo "sin perturbaciones". Esto significa que deben reducirse al mínimo todas las posibles influencias de ensamblado en el campo. Con este fin, el equipo debe montarse sobre un soporte no conductor, con permitividad baja, y cualquier posible accesorio metálico debe estar suficientemente alejado de la sonda. Además, se han de tomar todas las medidas necesarias para que ninguna persona ni ningún objeto en movimiento se acerquen al equipo durante la medición.

8.5.3 Obtención automática de las mediciones

Una vez puesto en funcionamiento, el equipo debe ser autónomo. El mismo equipo se encargará de obtener mediciones y su automatización, por lo que las mediciones serán continuas e ininterrumpidas.

La duración media de las mediciones de campo debe ser definida por reglamentaciones nacionales, o será de 6 minutos con arreglo a las directrices de la [ICNIRP]. Cada medición se almacenará en la memoria del equipo, a la espera de ser recuperada por el administrador del sistema.

8.6 Medición de la exposición a numerosas fuentes o frecuencias

La exposición a una sola frecuencia es un caso ideal. El caso más general es la exposición a diversas fuentes o a una sola fuente con varias frecuencias. Sin embargo, teniendo en cuenta este caso general, se puede demostrar matemáticamente sin ninguna dificultad que si el valor medido por el equipo no excede el límite de exposición más restrictivo en la banda de frecuencias que se

mide, las contribuciones a diferentes frecuencias también estarán entonces por debajo de dicho límite, puesto que:

$$E_{tot} = \sqrt{\sum_{i=1}^n E_i^2}$$

9 Incertidumbres

Las incertidumbres se estimarán con arreglo a los métodos descritos en [EN 50413], [EN 50383] y [Guía ISO/CEI]. Las contribuciones a la incertidumbre total de la medición se pueden obtener con mediciones apropiadas llevadas a cabo en el equipo, o con arreglo a las indicaciones del fabricante, que pueden considerarse tolerancias, con distribución rectangular.

La incertidumbre ampliada con un intervalo de confianza del 95% [EN 50413], [EN 50383] y [Guía ISO/CEI] no excederá de 4 dB.

Las contribuciones de cada componente de incertidumbre serán registradas con su nombre, la distribución de probabilidad, el coeficiente de sensibilidad y el valor de incertidumbre. Los resultados se registrarán en un cuadro, como se indica en el cuadro 1. La incertidumbre combinada se evaluará a continuación aplicando la siguiente fórmula:

$$u_c = \sqrt{\sum_{i=1}^m c_i^2 \cdot u_i^2}$$

donde c_i es el coeficiente de ponderación (coeficiente de sensibilidad). La incertidumbre ampliada se evaluará utilizando un intervalo de confianza del 95%. El factor de cobertura que debe aplicarse es de 1,96, factor proporcionado por el intervalo de confianza del 95% para una distribución casi normal, habitual en la mayoría de las mediciones.

En el cuadro 1 se facilitan indicaciones prácticas para la evaluación de incertidumbre en las mediciones de campos electromagnéticos.

Puede haber otras incertidumbres, que no se han enumerado, y algunas de las incertidumbres mencionadas pueden no estar presentes o carecer de importancia en la evaluación general.

Cuadro 1 – Evaluación de incertidumbres

Fuentes de error	Descripción	Valor de incertidumbre % uv_i	Distribución de probabilidad	Divisor k_i	c_i	Incertidumbre estándar % $u_i = uv_i/k_i$
Equipo de medición						
Calibración	[EN 50383]		Normal	1 o k	1	
Isotropía	[EN 50383]		Normal	1 o k	1	
Linearidad	[EN 50383]		Rectangular	$\sqrt{3}$	1	
Dispositivo de medición			Normal	1 o k	1	
Ruido			Normal	1	1	
Desajuste	[EN 50383]		Forma U	$\sqrt{2}$	1	
Influencia de la temperatura y la humedad en el equipo de medición	[EN 50383]		Rectangular	$\sqrt{3}$	1	
Parámetros ambientales						
Perturbación causada por el medio ambiente			Rectangular	$\sqrt{3}$	1	
Influencia del cuerpo	[EN 50492]		Rectangular			
Tratamiento posterior						
Media espacial	[EN 50492]		Rectangular	$\sqrt{3}$	1	
Incertidumbre estándar combinada				$u_c = \sqrt{\sum_{i=1}^m c_i^2 \cdot u_i^2}$		
Incertidumbre ampliada (intervalo de confianza de 95%)			Normal			$u_e = 1,96 \cdot u_c$

10 Informes sobre los resultados de las mediciones

Como se indica en la introducción, la obtención de mediciones es tan importante como la correcta comunicación de los resultados para resolver la inquietud que la radiación electromagnética despierta en la población.

Por lo tanto, al comunicar los resultados de las mediciones realizadas, hay que tener en cuenta los siguientes aspectos:

- **Comprensibilidad:** Los resultados deben ser claros y comprensibles para el público en general, sin tecnicismos excesivos. Es importante mostrar los resultados comparados con valores límite aplicables.
- **Accesibilidad:** Los resultados deben ser publicados en Internet, y todos deben tener fácil acceso a ellos, es decir, se podrá consultar el enlace a través de páginas de inicio y no de páginas internas de un sitio web de difícil acceso.

- Detalles: Se debe facilitar toda la información posible sobre la manera en que se han obtenido las mediciones:
 - lugar de medición (por su ubicación geográfica en un mapa);
 - descripción del lugar de medición;
 - fecha y hora;
 - descripción del método de medición: anchura de banda, frecuencia selectiva, tiempo promedio, posición de la sonda, etc.;
 - definición del equipo de medición;
 - registro de los detalles de la calibración de los instrumentos utilizados;
 - identificación del encargado de efectuar la evaluación;
 - registro del momento y el lugar en que se ha efectuado la evaluación;
 - registro de las fuentes pertinentes consideradas y de los parámetros correspondientes;
 - valor de los parámetros utilizados en la evaluación e hipótesis formuladas;
 - registro de los resultados de las mediciones y su tasa de exposición total.

Apéndice I

Enlaces a páginas web oficiales con resultados del control de campos electromagnéticos

(Este apéndice no forma parte integral de la presente Recomendación.)

A título de ejemplo, en los cuadros I.1 y I.2 se enumeran algunos enlaces a páginas web oficiales de organismos reguladores que facilitan información con resultados del control de campos electromagnéticos realizado. En el cuadro I.3 figuran enlaces a páginas web oficiales de organismos reguladores con resultados de las mediciones de campos electromagnéticos.

Cuadro I.1 – Enlaces a páginas web con resultados del control de campos electromagnéticos (autoridades gubernamentales)

País	Institución	Página web	Datos de contacto
Alemania	Organismo Federal encargado de la Red	http://emf2.bundesnetzagentur.de/en_emf_mon.html	Bundesnetzagentur Section 414 Postfach 80 01 D-55003 Mainz E-Mail: monitoring@bnetza.de
Argentina	Federación Argentina de Municipios	http://www.satfam.org	Paraná 145 – 2º piso (C1017AAC) Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. Teléfono: +541143728584 Coordinador: Rodolfo Adreani, radreani@satfam.org
España	Ministerio de Industria, Turismo y Comercio: Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información	http://www.mityc.es/telecomunicaciones/Espectro/NivelesExposicion/Paginas/niveles.aspx http://www.infoantenas.es (en preparación, disponible a la brevedad)	Capitán Haya 41 28071 Madrid España

Cuadro I.2 – Enlaces a páginas web con resultados del control de campos electromagnéticos (empresas)

País	Institución	Página web	Datos de contacto
Egipto	Proyecto HORUS	http://www.projecthorus.com/emf/Default.aspx	
Grecia	Programa HERMES	http://www.hermes-program.gr/en/main	

Cuadro I.3 – Enlaces a páginas web con resultados de la medición de campos electromagnéticos

País	Institución	Página web	Datos de contacto
Brasil	ANATEL	http://sistemas.anatel.gov.br/sigwebmaprni/index.zul	Maximiliano S. Martinhão (Responsable Adjunto)/ Marcos de Souza Oliveira maximiliano@anatel.gov.br / marcoss@anatel.gov.br Organismo Nacional de Telecomunicaciones SAUS Q. 6 Bloco H 4º Andar Brasilia – DF – Brasil Código Zip 70070-940
Francia	Agence Nationale des Fréquences	http://www.cartoradio.fr/netenmap.php?cmd=zoomfull	
Italia	Monitoraggio Campi Elettromagnetici	http://www.monitoraggio.fub.it/	
España	Ministerio de Industria, Turismo y Comercio: Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información	http://www.mityc.es/telecomunicaciones/Espectro/NivelesExposicion/Paginas/niveles.aspx http://www.infoantenas.es <i>(en preparación, disponible a la brevedad)</i>	Capitán Haya 41 28071 Madrid España

SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

Serie A	Organización del trabajo del UIT-T
Serie D	Principios generales de tarificación
Serie E	Explotación general de la red, servicio telefónico, explotación del servicio y factores humanos
Serie F	Servicios de telecomunicación no telefónicos
Serie G	Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales
Serie H	Sistemas audiovisuales y multimedia
Serie I	Red digital de servicios integrados
Serie J	Redes de cable y transmisión de programas radiofónicos y televisivos, y de otras señales multimedia
Serie K	Protección contra las interferencias
Serie L	Construcción, instalación y protección de los cables y otros elementos de planta exterior
Serie M	Gestión de las telecomunicaciones, incluida la RGT y el mantenimiento de redes
Serie N	Mantenimiento: circuitos internacionales para transmisiones radiofónicas y de televisión
Serie O	Especificaciones de los aparatos de medida
Serie P	Terminales y métodos de evaluación subjetivos y objetivos
Serie Q	Conmutación y señalización
Serie R	Transmisión telegráfica
Serie S	Equipos terminales para servicios de telegrafía
Serie T	Terminales para servicios de telemática
Serie U	Conmutación telegráfica
Serie V	Comunicación de datos por la red telefónica
Serie X	Redes de datos, comunicaciones de sistemas abiertos y seguridad
Serie Y	Infraestructura mundial de la información, aspectos del protocolo Internet y Redes de la próxima generación
Serie Z	Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación