

ACUERDO MEDIANTE EL CUAL EL PLENO DEL INSTITUTO FEDERAL DE TELECOMUNICACIONES DETERMINA SOMETER A CONSULTA PÚBLICA EL “ANTEPROYECTO DE ACUERDO MEDIANTE EL CUAL SE EXPIDE LA DISPOSICIÓN TÉCNICA IFT-007-2015: MEDIDAS DE OPERACIÓN PARA EL CUMPLIMIENTO DE LOS LÍMITES DE EXPOSICIÓN MÁXIMA PARA SERES HUMANOS A RADIACIONES ELECTROMAGNÉTICAS DE RADIOFRECUENCIA NO IONIZANTES EN EL INTERVALO DE 100 kHz A 300 GHz EN EL ENTORNO DE EMISORES DE RADIOCOMUNICACIONES”

### ANTECEDENTES

I.- El 11 de junio de 2013, se creó el Instituto Federal de Telecomunicaciones (en lo sucesivo, el “Instituto”) como un órgano autónomo con personalidad jurídica y patrimonio propio, para regular, promover y supervisar el uso, aprovechamiento y explotación de los servicios de radiodifusión y telecomunicaciones, además de ser la autoridad en materia de competencia económica en los sectores de los servicios antes aludidos, conforme a lo dispuesto en el *“Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de los artículos 6o., 7o., 27, 28, 73, 78, 94 y 105 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en materia de telecomunicaciones”* (en lo sucesivo, el “Decreto”).

II.- El 14 de julio de 2014, se publicó en el Diario Oficial de la Federación (en lo sucesivo, DOF), el *“Decreto por el que se expiden la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión, y la Ley del Sistema Público de Radiodifusión del Estado Mexicano; y se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones en materia de telecomunicaciones y radiodifusión”*, ordenamientos que entraron en vigor treinta días naturales siguientes a su publicación, es decir, el 13 de agosto de 2014.

III.- El 4 de septiembre de 2014, se publicó en el DOF el Estatuto Orgánico del Instituto (en lo sucesivo, el “Estatuto”), mismo que entró en vigor el 26 de septiembre de 2014.

Derivado de lo anterior y

### CONSIDERANDO

**Primero.-** Que de conformidad con lo establecido en los artículos 28, párrafo vigésimo, fracción IV de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (en lo sucesivo, la “Constitución”), así como en los diversos 1, 2, 7, 51, 52, y 65, de la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión (en lo sucesivo, la “Ley”), el Instituto es la autoridad en materia de lineamientos técnicos relativos a la infraestructura y los equipos que se conecten a las redes de telecomunicaciones, así como en materia de homologación y evaluación de la conformidad de

dicha infraestructura y equipos, y que el Instituto en su carácter de órgano autónomo, tiene por objeto regular y promover la competencia y el desarrollo eficiente y la prestación de los servicios públicos de radiodifusión y telecomunicaciones mediante la regulación, promoción y supervisión del uso, aprovechamiento y explotación del espectro radioeléctrico y de las redes y el acceso a infraestructura activa, pasiva y otros insumos esenciales, a fin de garantizar lo establecido en los artículos 6o. y 7o. de la Constitución.

Asimismo, cuenta con facultades y atribuciones para emitir el presente Acuerdo y realizar una consulta pública respecto del "ANTEPROYECTO DE ACUERDO MEDIANTE EL CUAL SE EXPIDE LA DISPOSICIÓN TÉCNICA IFT-007-2015: MEDIDAS DE OPERACIÓN PARA EL CUMPLIMIENTO DE LOS LÍMITES DE EXPOSICIÓN MÁXIMA PARA SERES HUMANOS A RADIACIONES ELECTROMAGNÉTICAS DE RADIOFRECUENCIA NO IONIZANTES EN EL INTERVALO DE 100 kHz A 300 GHz EN EL ENTORNO DE EMISORES DE RADIOCOMUNICACIONES" (en lo sucesivo, el "Anteproyecto de Disposición Técnica"), propuesto por la Unidad de Política Regulatoria, conforme las atribuciones conferidas en los artículos 21 y 23, fracción IX del Estatuto.

Por su parte, de conformidad con el artículo 15, fracción I de la Ley, el Instituto a través de su Órgano de Gobierno, resulta competente para conocer del presente asunto, al estar facultado para emitir disposiciones administrativas de carácter general, planes técnicos fundamentales, lineamientos, modelos de costos, procedimientos de evaluación de la conformidad, procedimientos de homologación y certificación y ordenamientos técnicos en materia de telecomunicaciones y radiodifusión; así como demás disposiciones para el cumplimiento de su función regulatoria en el sector de su competencia.

**Segundo.-** Que de conformidad con lo establecido en el artículo 4 de la Constitución, "toda persona tiene derecho a la protección de la salud. La Ley definirá las bases y modalidades para el acceso a los servicios de salud y establecerá la concurrencia de la Federación y las entidades federativas en materia de salubridad general, conforme a lo que dispone la fracción XVI del artículo 73 de esta Constitución, y que toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. El Estado garantizará el respeto a este derecho. El daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque en términos de lo dispuesto por la ley."

**Tercero.-** Que el artículo 65 de la Ley establece que, en el despliegue y operación de infraestructura inalámbrica se deberá observar el cumplimiento de los límites de exposición máxima para seres humanos a radiaciones electromagnéticas de radiofrecuencia no ionizantes, que el Instituto defina en colaboración con otras autoridades competentes.

Por otra parte, la instalación y operación de infraestructura de radiocomunicaciones ha generado preocupación en los usuarios y en la población en general; misma que se ha manifestado con frecuencia ante las dependencias de la administración pública federal del sector de Comunicaciones y de Salud. Situaciones similares se han presentado en otros países y ello ha motivado la emisión de la regulación técnica correspondiente, tomando como base las recomendaciones y límites de exposición de los seres humanos a la radiación no ionizante de la Comisión Internacional para la Protección contra las Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP) organización científica independiente no gubernamental reconocida por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Misma que, además de respaldar las recomendaciones de la ICNIRP, alienta a los Estados Miembros a adoptar estas directrices internacionales.

Derivado de lo anterior, en cumplimiento del mandato legal del artículo 65 de la Ley y previa opinión de la Unidad de Asuntos Jurídicos del Instituto sobre las autoridades competentes que deberían colaborar en la definición de los límites de exposición máxima para seres humanos a radiaciones electromagnéticas de radiofrecuencia no ionizantes, para tal efecto se realizaron diversas reuniones de trabajo con la Comisión Federal para la Protección Contra Riesgos Sanitarios ("COFEPRIS"), la Secretaría de Trabajo y Previsión Social (STPS) y la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), para la definición de dichos límites.

Al respecto, COFEPRIS manifestó que "la información contenida en el Anteproyecto de Disposición Técnica IFT-007-2015 referente a los límites de exposición máxima para seres humanos a radiaciones electromagnéticas de radiofrecuencia no ionizantes en el intervalo de 100 kHz a 300 GHz, corresponde a los valores que la International Commission Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP), propone para la población general y son los límites correctos que deben ser considerados en la Disposición Técnica en comento.

Así mismo la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, hizo del conocimiento del Instituto que "en virtud de que el proyecto en mención no invade las Atribuciones de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social en materia de normalización de seguridad y salud en el trabajo sobre radiaciones no ionizantes y que, no tiene inconveniente para que el Instituto continúe con las gestiones necesarias para que el proyecto sea sometido al pleno para su aprobación para consulta pública." Por su parte la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales manifestó su interés de colaborar en los términos del marco legal aplicable.

**Cuarto.-** Que conforme a lo dispuesto en el artículo 23, fracción IX del Estatuto, corresponde a la Unidad de Política Regulatoria a través de la Dirección General de Regulación Técnica proponer al Pleno del Instituto la definición de los límites de exposición máxima para seres humanos a

radiaciones electromagnéticas de radiofrecuencia no ionizantes, mismos que se deberán cumplir en el despliegue y operación de infraestructura inalámbrica.

**Quinto.-** Que el artículo 51 de la Ley establece que para la emisión y modificación de reglas, lineamientos o disposiciones administrativas de carácter general, así como en cualquier caso que determine el Pleno, el Instituto deberá realizar consultas públicas bajo los principios de transparencia y participación ciudadana.

En este sentido, el Pleno del Instituto estima conveniente someter a consulta pública el Anteproyecto de Disposición Técnica que a su vez le fue propuesto por la Unidad de Política Regulatoria. Anteproyecto de Disposición Técnica que se adjunta al presente Acuerdo como Anexo Único y forma parte integral de éste; al efecto, una vez concluido el plazo de consulta respectivo, se publicaran en el portal de Internet del Instituto todos y cada uno de los comentarios, opiniones y propuestas recibidas.

Derivado de lo anterior con la emisión de la consulta pública del Anteproyecto de Disposición Técnica se alcanzarán los siguientes objetivos:

- a) Fortalecer el principio de transparencia en la emisión de una disposición administrativa de carácter general que impacta a todo el sector de las telecomunicaciones y radiodifusión,
- b) Fortalecer los planteamientos expuestos en el Anteproyecto, mediante la participación ciudadana, generando así un documento más robusto y eficiente que busque brindar una cobertura optima a las necesidades y sugerencias en beneficio de todo el sector.

Lo anterior sin perjuicio de que, en su momento, el Instituto realice y haga público el correspondiente análisis de impacto regulatorio, conforme a lo dispuesto en el segundo párrafo del artículo 51 de la Ley.

**Sexto.-** Que la Disposición Técnica, como disposición administrativa de carácter general pretende dar cabal cumplimiento a la obligación legal que compete al Instituto de definir en colaboración con otras autoridades competentes los límites de exposición para seres humanos a radiaciones electromagnéticas de radiofrecuencia no ionizantes.

Por lo anterior, el Anteproyecto de Disposición Técnica propuesto por la Unidad de Política Regulatoria debe estar sujeto a un proceso de consulta pública por un periodo de veinte días hábiles a fin de transparentar y promover la participación ciudadana en los procesos de emisión de disposiciones de carácter general que genere el Instituto, a efecto de dar cabal cumplimiento a lo establecido en el dispositivo legal señalado.

Por las razones antes expuestas, con fundamento en lo dispuesto por los artículos 28, párrafo décimo quinto y vigésimo, fracción IV, de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos;

1, 2, 7, 51, 52 y 65, de la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión; así como 1, 15, 40 y 23 fracción IX del Estatuto Orgánico del Instituto Federal de Telecomunicaciones, el Pleno del Instituto expide el siguiente:

### **ACUERDO**

**PRIMERO.-** Se determina someter a consulta pública el ANTEPROYECTO DE ACUERDO MEDIANTE EL CUAL SE EXPIDE LA DISPOSICIÓN TÉCNICA IFT-007-2015. MEDIDAS DE OPERACIÓN PARA EL CUMPLIMIENTO DE LOS LÍMITES DE EXPOSICIÓN MÁXIMA PARA SERES HUMANOS A RADIACIONES ELECTROMAGNÉTICAS DE RADIOFRECUENCIA NO IONIZANTES EN EL INTERVALO DE 100 kHz A 300 GHz EN EL ENTORNO DE EMISORES DE RADIOCOMUNICACIONES, el cual se adjunta al presente como Anexo Único. Dicha consulta pública se realizará durante veinte días hábiles, del 10 al 17 de julio y del 3 al 20 de agosto de dos mil quince.

**SEGUNDO.-** Se instruye a la Unidad de Política Regulatoria, por conducto de la Dirección General de Regulación Técnica, en su calidad de área proponente, ejecute la consulta pública materia del presente Acuerdo, incluyendo la recepción y atención que corresponda a las opiniones que sean verdidas con motivo de la misma.

**TERCERO.-** Publíquese en el portal de Internet del Instituto Federal de Telecomunicaciones.

### **(Firmas de los Comisionados del Instituto Federal de Telecomunicaciones)**

El presente Acuerdo fue aprobado por el Pleno del Instituto Federal de Telecomunicaciones en su XIV Sesión Ordinaria celebrada el 8 de julio de 2015, por unanimidad de votos de los Comisionados Gabriel Oswaldo Contreras Saldívar, Luis Fernando Borjón Figueroa, Ernesto Estrada González, Adriana Sofía Labardini Inzunza, María Elena Estavillo Flores, Mario Germán Fromow Rangel y Adolfo Cuevas Teja, con fundamento en los párrafos vigésimo, fracciones I y III; y vigésimo primero, del artículo 28 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos; artículos 7, 16 y 45 de la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión; así como en los artículos 1, 7, 8 y 12 del Estatuto Orgánico del Instituto Federal de Telecomunicaciones, mediante Acuerdo P/IFT/080715/210.

El Comisionado Adolfo Cuevas Teja previendo su ausencia justificada a la sesión, emitió su voto razonado por escrito, de conformidad con el artículo 45 tercer párrafo de la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión.

## ANEXO ÚNICO

### DISPOSICIÓN TÉCNICA IFT-007-2015: MEDIDAS DE OPERACIÓN PARA EL CUMPLIMIENTO DE LOS LÍMITES DE EXPOSICIÓN MÁXIMA PARA SERES HUMANOS A RADIACIONES ELECTROMAGNÉTICAS DE RADIOFRECUENCIA NO IONIZANTES EN EL INTERVALO DE 100 kHz A 300 GHz EN EL ENTORNO DE EMISORES DE RADIOCOMUNICACIONES.

#### CONSIDERACIONES PRELIMINARES

Derivado del rápido crecimiento de los servicios de telecomunicaciones y de la radiodifusión en el país, se ha llevado a cabo con igual celeridad el despliegue de instalaciones y equipos de telecomunicaciones y radiodifusión en todo el territorio nacional. Este desarrollo tecnológico conlleva a la incorporación de energía electromagnética (radiaciones no ionizantes) al medio ambiente que rodea al ser humano.

El presente Anteproyecto de Disposición Técnica coadyuvaría al establecimiento de límites de exposición máxima para seres humanos cercanos a emisores de radiaciones electromagnéticas de radiofrecuencia no ionizantes, así como a los métodos de prueba requeridos para evaluar su cumplimiento en el intervalo de frecuencias de 100 kHz a 300 GHz; así como que los equipos terminales de radiocomunicaciones utilizados cerca del oído no excedan los límites básicos de exposición máxima, particularmente los valores del índice de absorción específica (SAR, por sus siglas en inglés) establecidos en la presente Disposición Técnica.

En el caso de la emisión y entrada en vigor del presente anteproyecto Disposición Técnica se alcanzarían los siguientes objetivos:

- a) Establecer los límites máximos de exposición para seres humanos cercanos a emisores de radiaciones electromagnéticas de radiofrecuencia no ionizantes,
- b) Establecer los métodos de prueba requeridos para evaluar la conformidad de los límites a los cuales se encuentra expuesta la población a esos campos electromagnéticos.

A su vez, en el caso de la entrada en vigor del presente anteproyecto de Disposición Técnica, se alcanzarían los siguientes beneficios:

- a) Asegurar que en las zonas de exposición de campos electromagnéticos en donde se encuentre presente el público en general, no excedan los niveles de exposición máxima establecidos en la Disposición Técnica.

- 32 b) Asegurar que la exposición a los equipos terminales de radiocomunicaciones utilizados  
33 cerca de la cabeza de los seres humanos, no exceda los niveles de exposición máxima  
34 establecidos en la Disposición Técnica.
- 35 c) Dar certeza jurídica a todos los involucrados y respuesta a las frecuentes demandas  
36 ciudadanas al respecto.
- 37 d) Brindar un marco de referencia con relación a las radiaciones no ionizantes emitidas  
38 por estaciones de radiocomunicaciones que presten servicios de telecomunicaciones  
39 y de radiodifusión.
- 40 e) Proveer un referente, tanto a los concesionarios como a las autoridades  
41 correspondientes, que pudiera facilitar los trámites para la instalación y despliegue de  
42 infraestructura de telecomunicaciones y radiodifusión.  
43

44	ÍNDICE
45	1 INTRODUCCIÓN
46	2 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN
47	3 DEFINICIONES
48	4 ABREVIATURAS
49	5 ESPECIFICACIONES
50	5.1 LÍMITES DE EXPOSICIÓN MÁXIMA.
51	5.1.1 <i>Limites básicos de exposición máxima.</i>
52	5.1.2 <i>Limites de referencia de exposición máxima.</i>
53	6 MÉTODOS DE PRUEBA.
54	6.1 CÁLCULO DE LOS NIVELES DE EXPOSICIÓN.
55	6.1.1 <i>Características de la fuente emisora y las condiciones de propagación.</i>
56	6.1.2 <i>Cálculo.</i>
57	6.2 SISTEMA DE MEDICIÓN DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS.
58	6.2.1 <i>Instrumentación.</i>
59	6.2.2 <i>Requisitos técnicos del sistema de medición de campos electromagnéticos.</i>
60	6.2.3 <i>Características del sistema de medición de banda ancha y de banda angosta.</i>
61	6.2.4 <i>Características de los sistemas que miden campo eléctrico (E) y campo magnético (H) de</i>
62	<i>forma simultánea.</i>
63	6.2.5 <i>Sensores.- Tipos de antenas utilizados para mediciones a diferentes intervalos de frecuencia.</i>
64	6.3 MEDICIÓN DE LOS NIVELES DE EXPOSICIÓN.
65	6.3.1 <i>Consideraciones preliminares a la medición de campos electromagnéticos.</i>
66	6.3.2 <i>Consideraciones de seguridad.</i>
67	6.3.3 <i>Procedimientos de medición</i>
68	6.4 MEDICIÓN DEL ÍNDICE DE ABSORCIÓN ESPECÍFICA (SAR).
69	6.4.1 <i>Instrumentación utilizada para la medición del SAR.</i>
70	6.4.2 <i>Modelo antropométrico de la cabeza humana para la medición del SAR.</i>
71	6.4.3 <i>Posicionamiento del teléfono móvil relativo al modelo de la cabeza.</i>
72	6.4.4 <i>Modos de operación del teléfono móvil para la medición del SAR.</i>
73	6.4.5 <i>Procedimiento de medición</i>
74	6.4.6 <i>Evaluación de la incertidumbre de las mediciones</i>
75	6.4.7 <i>Reporte de medición del SAR</i>
76	APENDICE A (INFORMATIVO)



77	<i>Ejemplo de cálculo considerando un solo emisor de RF</i>
78	<i>Ejemplo de cálculo considerando múltiples emisores de RF</i>
79	APENDICE B (INFORMATIVO)
80	<i>Consideraciones de Seguridad</i>
81	APENDICE C (NORMATIVO)
82	<i>Procedimiento para Evaluar la Conformidad</i>
83	7 VIGILANCIA DEL CUMPLIMIENTO
84	8 BIBLIOGRAFÍA
85	9CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES
86	10 DISPOSICIONES TRANSITORIAS
87	

## 88 **Introducción**

89 El avance tecnológico que la industria electrónica ha registrado en las últimas décadas ha  
90 hecho cada vez más frecuente el uso de dispositivos que emiten señales de  
91 radiofrecuencia en aplicaciones tan diversas como la radiodifusión sonora modulada en  
92 amplitud y en frecuencia, la radiodifusión de la televisión, la radiocomunicación móvil  
93 especializada de flotillas, la telefonía inalámbrica móvil, la instrumentación industrial,  
94 científica y médica, así como los electrodomésticos, entre otros, los cuales han ofrecido a  
95 la humanidad grandes beneficios.

96 Como consecuencia de este desarrollo tecnológico, se incorpora energía  
97 electromagnética en el entorno cercano del ambiente que rodea al ser humano. Esto ha  
98 motivado la realización de múltiples estudios científicos encaminados a determinar el grado  
99 de afectación que pudiera representar la exposición de seres humanos a cierta cantidad  
100 de energía electromagnética.

101 Los primeros estudios de estas posibles afectaciones se remontan a la década de 1930<sup>1</sup>  
102 Posteriormente, con el desarrollo de nuevos equipos de microondas durante la segunda  
103 guerra mundial, Estados Unidos y Rusia intensificaron las investigaciones para determinar las  
104 posibles afectaciones a la salud, sobre todo, de los operadores de dichos equipos.  
105 Tomando como base los resultados obtenidos de la investigación continua en este tema,  
106 en varios países se han desarrollado estándares, guías u otros documentos normativos que  
107 establecen límites de exposición máxima a campos electromagnéticos.

108 La presente Disposición Técnica (DT) tiene como propósito regular los niveles de energía  
109 electromagnética de radiofrecuencias que son producidos por la operación de estaciones  
110 y equipos terminales de radiocomunicaciones que se emplean para servicios de  
111 telecomunicaciones en lugares donde esté habitualmente presente público en general.

112 Por ello, los límites de exposición máxima a energía electromagnética que se adoptan son  
113 los especificados en la recomendación internacional sobre límites de exposición a campos  
114 eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (hasta 300 GHz), publicada en 1998 por la  
115 Comisión Internacional para la Protección contra las Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP),  
116 organización científica independiente no gubernamental reconocida formalmente por la  
117 Organización Mundial de la Salud (OMS).

---

<sup>1</sup> Luckiesh, Holladay and Taylor 1930, Reactions of untanned skin to ultraviolet radiation.

118 Adicionalmente y con el fin de validar el cumplimiento de los límites de exposición de esta  
119 Disposición Técnica, se incorporan métodos de prueba que proporcionan los  
120 requerimientos fundamentales a seguir para calcular y/o medir los niveles de campos  
121 electromagnéticos emitidos por diversos emisores de energía electromagnética. Dichos  
122 métodos de prueba son consistentes con las especificaciones del estándar C95.3 publicado  
123 en el año 2002 por el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) referente a  
124 mediciones y cálculos de campos electromagnéticos de radiofrecuencia con respecto a  
125 la exposición humana a dichos campos, en las frecuencias de 100 kHz a 300 GHz. Los  
126 métodos de prueba en comento también incluyen la medición del índice de absorción  
127 específica (SAR) producido por teléfonos móviles portátiles, de forma compatible con las  
128 especificaciones de la Norma Internacional 62209-1 publicada en el año 2005 por parte del  
129 Comité Electrotécnico Internacional (IEC), referente a los procedimientos para determinar  
130 el SAR producido por dispositivos de comunicaciones inalámbricos portátiles utilizados  
131 cerca del oído, en el intervalo de frecuencias de 300 MHz a 3 GHz.

132 La presente Disposición Técnica responde a la creciente preocupación de la población  
133 acerca de la proliferación de instalaciones y equipos generadores de campos  
134 electromagnéticos como consecuencia del acelerado desarrollo tecnológico en el ámbito  
135 de las telecomunicaciones y radiodifusión.

136

137 **1. Objetivo y Campo de Aplicación**

138 La presente Disposición Técnica establece límites de exposición máxima para seres  
139 humanos cercanos a emisores de campos electromagnéticos en el entorno de  
140 radiocomunicaciones; así como los métodos de prueba requeridos para evaluar su  
141 cumplimiento y, cubre los siguientes aspectos:

- 142 a) Asegurar que en las zonas de exposición a campos electromagnéticos producidos  
143 por la operación de estaciones de radiocomunicaciones en donde habitualmente  
144 se encuentre público en general, no se excedan los niveles de exposición máxima  
145 establecidos en el intervalo de frecuencias de 100 kHz a 300 GHz.
- 146 b) Asegurar que los equipos terminales de radiocomunicaciones utilizados cerca del  
147 oído no excedan los límites básicos de exposición máxima, específicamente los  
148 valores del SAR localizado en la cabeza y el tronco en el intervalo de frecuencias de  
149 300 MHz a 3 GHz.

150 La Disposición Técnica es aplicable a:

- 151 • Los concesionarios y autorizados que cuenten con estaciones de  
152 radiocomunicaciones que estén operando o a ser puestas en operación para la  
153 prestación de servicios de telecomunicaciones y de radiodifusión en el intervalo que  
154 va de 100 kHz a 300 GHz.
- 155 • Las personas físicas o morales que importen, fabriquen y/o comercialicen equipos  
156 terminales de radiocomunicaciones que se conecten a través de un acceso  
157 inalámbrico a una red pública de telecomunicaciones.

158 **2. Definiciones**

159 Para los efectos de la presente Disposición Técnica, además de las definiciones previstas  
160 en la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión, se entenderá por:

- 161 I. **Absorción específica de energía (SA).**- Es la energía absorbida por unidad de  
162 masa del tejido biológico expresada en joules por kilogramo (J/kg). La absorción  
163 específica de energía es igual a la integral en el tiempo del índice de absorción  
164 específica.
- 165 II. **Ciclo de trabajo.**- La razón entre la duración de un pulso y el periodo de un tren  
166 de pulsos.
- 167 III. **Compatibilidad electromagnética (EMC).**- Es la capacidad de un equipo o  
168 sistema para funcionar de manera satisfactoria en un ambiente  
169 electromagnético sin generar interferencias significativas a otros equipos o  
170 sistemas.

- 171 IV. **Densidad de corriente.**- Es igual a la corriente eléctrica por unidad de superficie.  
 172 Se expresa en amperes por metro cuadrado (A/m<sup>2</sup>).
- 173 V. **Densidad de flujo magnético.**- Es un campo vectorial que ejerce una fuerza  
 174 sobre una carga o cargas que se mueven a determinada velocidad y se expresa  
 175 en teslas (T).
- 176 VI. **Densidad de potencia (S).**- Potencia por unidad de área, normal a la dirección  
 177 de propagación, expresada en watts por metro cuadrado (W/m<sup>2</sup>). Para ondas  
 178 planas, la densidad de potencia (S), la intensidad de campo eléctrico (E) y la  
 179 intensidad de campo magnético (H), están relacionadas por la impedancia del  
 180 espacio libre, 377 Ohms, como sigue:  $S = \frac{E^2}{377} = 377H^2$ .
- 181 VII. **Disposición Técnica (DT).**- Ordenamiento técnico de observancia obligatoria  
 182 emitido por el Instituto Federal de Telecomunicaciones.
- 183 VIII. **Equipos terminales de radiocomunicaciones.**- Equipos de radiocomunicaciones  
 184 destinados a usuarios, que se conecte más allá del punto de conexión terminal  
 185 de una red pública con el propósito de tener acceso a servicios de  
 186 telecomunicaciones y que se utilizan muy próximos a la cabeza y  
 187 particularmente al oído.
- 188 IX. **Estación de radiocomunicaciones.**- Uno o más transmisores o una combinación  
 189 de transmisores y en su caso receptores, incluyendo elementos radiadores, las  
 190 instalaciones y equipos de soporte necesarios para asegurar un servicio de  
 191 telecomunicaciones o radiodifusión en el intervalo de frecuencias de 100 kHz a  
 192 300 GHz.
- 193 X. **Exposición al público en general.**- Exposición a la radiación de RF que recibe una  
 194 persona del público en general y que no es consecuencia directa de la  
 195 actividad que desempeña en el transcurso de sus labores de trabajo.
- 196 XI. **Índice de absorción específica (SAR).**- Es la derivada respecto al tiempo del  
 197 incremento de energía (dU) absorbida (disipada) en un incremental de masa  
 198 (dm), que está contenida en un elemento de volumen (dV) con densidad de  
 199 masa ρ :

200 
$$SAR = \frac{d}{dt} \left( \frac{dU}{dm} \right) = \frac{d}{dt} \left( \frac{dU}{\rho dV} \right) = \frac{\sigma |E|^2}{\rho}$$
 En donde:

- 201  $\sigma$  = Conductividad del tejido (S/m).  
 202  $\rho$  = Densidad de masa (kg/m<sup>3</sup>).  
 203  $E$  = Intensidad de campo eléctrico (V/m).

204 El SAR es el índice con el cual la energía electromagnética se absorbe en los  
 205 tejidos del cuerpo y está expresado en Watts por kilogramo (W/kg).

206 **XII. Instituto:** Instituto Federal de Telecomunicaciones.

207 **XIII. Intensidad de campo eléctrico.-** Es la magnitud de la fuerza eléctrica que  
 208 experimentaría una carga positiva estacionaria en un punto de un campo  
 209 eléctrico y está medido en volts por metro (V/m).

210 **XIV. Intensidad de campo magnético.-** Es la magnitud de la densidad de flujo  
 211 magnético entre la constante de permeabilidad magnética  $\mu$  y está expresado  
 212 en amperes por metro (A/m).

213 **XV. Longitud de onda ( $\lambda$ )-** Es la distancia entre dos puntos consecutivos de una onda  
 214 periódica en la dirección de propagación donde se tiene la misma fase de la  
 215 onda.

216 **XVI. Patrón de radiación de potencia.-** Es la representación matemática o gráfica  
 217 de la variación de la densidad de potencia de una antena, como función de  
 218 las coordenadas espaciales, manteniendo una distancia fija a la antena en  
 219 condiciones de campo lejano o campo cercano, según corresponda.

220 **XVII. Permittividad compleja.-** Es la relación de la densidad de flujo eléctrico en un  
 221 medio con respecto a la intensidad de campo eléctrico en un punto  
 222 determinado, la permitividad compleja ( $\epsilon^*$ ) se expresa como:

$$\epsilon^* = \epsilon_0(\epsilon' - j\epsilon'') = \epsilon_0 \left( \epsilon' - j \frac{\sigma}{\omega \epsilon_0} \right)$$

223 Donde  $\epsilon_0$  es la permitividad en el espacio libre (8.854X 10<sup>-12</sup> faradios por metro),  
 224  $\epsilon'$  es la constante dieléctrica, o la parte real de la permitividad compleja,  $\epsilon''$  es  
 225 la parte imaginaria de la permitividad relativa compleja,  $\sigma$  es la conductividad  
 226 el medio, y  $\omega$  es la frecuencia angular en radianes

228 **XVIII. Permittividad relativa.-** Es la razón entre la permitividad compleja y la permitividad  
 229 del espacio libre.

230 **XIX. Potencia isotrópica radiada equivalente (PIRE)-** Producto de la potencia  
 231 suministrada a una antena por su ganancia con relación a una antena  
 232 isotrópica en una dirección dada.

233 XX. **Radiación electromagnética.**- Flujo saliente de energía de una fuente  
234 cualquiera en forma de ondas electromagnéticas.

235 XXI. **Radiofrecuencia (RF).**- Frecuencia de ondas electromagnéticas, por debajo de  
236 los 3000 GHz que se propagan en el espacio sin guía artificial.

237 XXII. **Región de campo cercano.**- Generalmente es la región en la proximidad de una  
238 antena u otra estructura radiante, en la cual los campos magnéticos y eléctricos  
239 no tienen un carácter substancialmente de onda plana y varían  
240 considerablemente de punto a punto. La región de campo cercano está  
241 subdividida en la llamada "región de campo cercano reactivo", la cual es más  
242 cercana a la estructura radiante y que contiene la mayor parte de la energía  
243 reactiva almacenada, y la "región de campo cercano radiante" donde el  
244 campo de radiación predomina sobre el campo reactivo pero carece  
245 substancialmente del carácter de onda plana y es complicado en su estructura.

246 **NOTA:** Para la mayoría de las antenas, la frontera exterior de la región de campo  
247 cercano reactiva se toma comúnmente a una distancia de media longitud de onda  
248 de la superficie de la antena.

249 XXIII. **Región de campo lejano.**- Es aquella región del campo de una antena, donde  
250 la distribución angular del campo es esencialmente independiente de la  
251 distancia de la antena. En esta región (también llamada la región de espacio  
252 libre), los campos electromagnéticos tiene un carácter predominante de onda  
253 plana.

254 
$$\text{Región de campo lejano} \geq 2 \frac{D^2}{\lambda}$$

255 Donde  $D$  es la dimensión más grande de la antena y  $\lambda$  es la longitud de onda.

256 XXIV. **Tangente de pérdidas.**- Es la razón entre las partes real e imaginaria de la  
257 permitividad relativa compleja de un material.

258 XXV. **Valor rms.**- Es el valor que se obtiene al tomar la raíz cuadrada del valor medio  
259 (promedio) de una función elevada al cuadrado.

### 260 3. Abreviaturas

261 En esta Disposición Técnica se emplean las siguientes abreviaturas.

262 **EMC** Compatibilidad electromagnética (por sus siglas en inglés "Electromagnetic  
263 Compatibility").

264	<b>EMF</b>	Campo electromagnético (por sus siglas en idioma inglés de "Electromagnetic Field").
265		
266	<b>PIRE</b>	Potencia isotrópica radiada equivalente.
267	<b>RF</b>	Radiofrecuencia.
268	<b>S</b>	Densidad de potencia.
269	<b>SA</b>	Absorción específica de energía (por sus siglas en idioma inglés de "Specific Absorption").
270		
271	<b>SAR</b>	Índice de absorción específica (por sus siglas en inglés de "Specific Absorption Rate").
272		

## 273 4. Especificaciones

### 274 4.1 Límites de exposición máxima.

275 Exposición al público en general.- Estos límites aplican para los individuos de cualquier edad  
 276 y condición de salud que habitualmente se encuentren cerca de una fuente emisora de  
 277 campos electromagnéticos.

#### 278 4.1.1 Límites básicos de exposición máxima.

279 Los límites básicos de exposición máxima se definen en términos de diferentes cantidades  
 280 físicas y tienen su fundamento en posibles efectos sobre la salud establecidos de acuerdo  
 281 a intervalos de frecuencias siguientes:

- 282 • Entre 100 kHz y 10 MHz, se establecen límites básicos en términos de la densidad de  
 283 corriente para prevenir efectos en las funciones del sistema nervioso.
- 284 • Entre 100 kHz y 10 GHz, se establecen límites básicos expresados en términos del  
 285 índice de absorción específica (SAR) para prevenir un determinado calentamiento  
 286 en los tejidos de todo el cuerpo o de partes localizadas del cuerpo.
- 287 • Entre 10 GHz y 300 GHz, los límites básicos están dados en términos de la densidad  
 288 de potencia para prevenir el calentamiento excesivo en los tejidos cercanos a la  
 289 superficie del cuerpo.

290 En el intervalo de frecuencias de 100 kHz a 10 MHz, los límites máximos para la densidad de  
 291 corriente se han establecido con el propósito de evitar que los umbrales para cambios  
 292 agudos en la excitabilidad del sistema nervioso central sean excedidos. A medida que  
 293 aumenta la frecuencia, este umbral en el que se detecta una determinada estimulación  
 294 del sistema nervioso, aumenta proporcionalmente.



295 En el intervalo de frecuencias de 10 MHz a 10 GHz, los efectos al organismo que se pueden  
 296 detectar se relacionan con el incremento de temperatura del cuerpo en más de 1°C. Este  
 297 nivel de incremento de temperatura resulta de la exposición de personas bajo condiciones  
 298 ambientales moderadas a un SAR de cuerpo entero de 4 W/kg por cerca de 30 minutos.  
 299 Basado en este efecto, se ha seleccionado como límite básico un SAR de cuerpo entero  
 300 de 0.08 W/kg como la restricción que proporciona una adecuada protección para la  
 301 exposición al público en general.

302 A frecuencias mayores de 10 GHz, el criterio más adecuado para establecer un límite básico  
 303 es la densidad de potencia debido a que los campos electromagnéticos penetran cada  
 304 vez menos los tejidos a medida que crece la frecuencia. De esta forma, el comportamiento  
 305 de los campos se acerca más al de la luz visible que solamente tiene un efecto superficial.  
 306 Este efecto superficial también es causante de un incremento de temperatura en los tejidos  
 307 externos, por lo cual, los límites de exposición a estas frecuencias buscan prevenir un  
 308 calentamiento moderado. El límite básico que se ha establecido para el público en general  
 309 es de 10 W/m<sup>2</sup>.

310 En la Tabla 1 se muestran los límites básicos.

311 **Tabla 1.- Límites básicos de exposición máxima.**

Tipo de exposición	Intervalo de frecuencias	Densidad de corriente en la cabeza y el tronco (mA/m <sup>2</sup> )	SAR promedio en todo el cuerpo (W/kg)	SAR localizado en la cabeza y el tronco (W/kg)	SAR localizado en las extremidades (W/kg)	Densidad de potencia (W/m <sup>2</sup> )
Público en general	100 kHz-10 MHz	$f / 500$	0.08	2	4	°
	10 MHz-10 GHz	°	0.08	2	4	°
	10-300 GHz	°	°	°	°	10

312 Notas:

- 313 1.  $f$  es la frecuencia en Hz.
- 314 2. Debido a que el cuerpo humano no es homogéneo, las densidades de corriente deben ser promediadas sobre una sección transversal de 1 cm<sup>2</sup>, perpendicular a la dirección de la corriente.
- 315 3. Para frecuencias de 100 kHz, los valores de la densidad de corriente pico permitidos se obtienen multiplicando los valores rms que aparecen en la tabla por  $\sqrt{2}$  (~ 1.414).
- 316 4. Todos los valores del SAR deben ser promediados sobre cualquier periodo de 6 minutos.
- 317 5. El SAR localizado se promedia sobre un volumen de tejido continuo que contenga 10 gramos de masa. El máximo valor del SAR que se obtenga de esta forma en cualquier zona de la cabeza, el tronco y las extremidades, es el que se utiliza para determinar si se exceden los límites de la tabla.
- 318 6. En el intervalo de frecuencias de 0.3 a 10 GHz, para exposición localizada en la cabeza, se adiciona un límite más en donde la absorción específica (SA) promediada sobre 10 gramos de tejido no debe exceder de 2 mJ/kg para exposición del público en general. Esto es con el fin de evitar un efecto auditivo causado por la expansión de cierto tejido cerebral debido a pequeños y rápidos cambios de temperatura, los cuales producen una onda que se transmite al oído interno.

327 Los equipos terminales de radiocomunicaciones deberán cumplir con los límites básicos de  
 328 exposición máxima, específicamente con los valores del SAR localizado en la cabeza y el  
 329 tronco.

#### 330 4.1.2 Límites de referencia de exposición máxima.

331 Los límites básicos incorporan cantidades físicas que normalmente son difíciles de medir  
 332 puesto que se requiere equipo especializado de laboratorio y en la mayor parte de los casos  
 333 no se pueden colocar instrumentos de medición invasivos en los tejidos internos del cuerpo  
 334 humano para detectar cambios de temperatura o densidades de corriente. Debido a esto,  
 335 se han derivado a partir de los límites básicos un conjunto de límites de referencia de  
 336 exposición más fáciles de medir y que están expresados en términos de intensidad de  
 337 campo eléctrico, intensidad de campo magnético y densidad de potencia.

338 Los límites de referencia se obtienen a partir de los límites básicos mediante el uso de  
 339 modelos matemáticos y por extrapolación de los resultados de las investigaciones de  
 340 laboratorio en frecuencias específicas. Este procedimiento se ha realizado para que el  
 341 cumplimiento de los límites de referencia asegure el cumplimiento de los límites básicos.

342 Los límites de referencia se muestran en la Tabla 2.

343 Tabla 2.- Límites de referencia de exposición máxima.

Tipo de exposición	Intervalo de frecuencias	Intensidad de campo eléctrico (E) (V/m)	Intensidad de campo magnético (H) (A/m)	Densidad de potencia (S) (W/m <sup>2</sup> )
°	100-150 kHz	87	5	°
°	0.15-1 MHz	87	$0.73 / f$	°
Público en general	1-10 MHz	$87 / f^{0.5}$	$0.73 / f$	°
°	10-400 MHz	28	0.073	2
°	400-2000 MHz	$1.375 f^{0.5}$	$0.0037 f^{0.5}$	$f / 200$
°	2-300 GHz	61	0.16	10

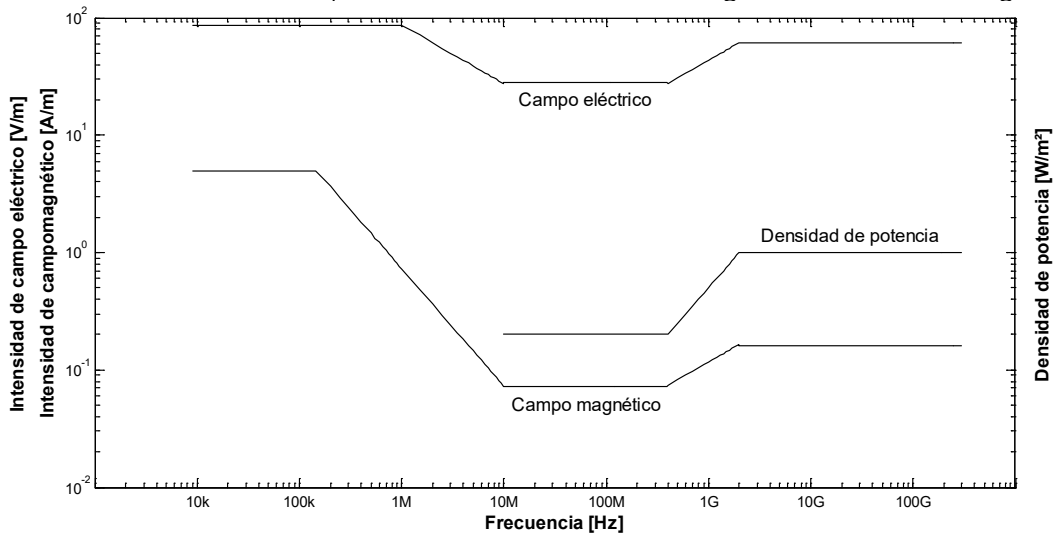
344 Notas:

- 345 1.  $f$  es la frecuencia expresada en las unidades indicadas en la columna de intervalo de frecuencias.
- 346 2. Asumiendo que se cumplen los límites básicos y que se pueden excluir los efectos indirectos adversos, los valores de las intensidades de campo pueden ser excedidos.
- 347 3. Para frecuencias entre 100 kHz y 10 GHz, los valores de  $E^2$ ,  $H^2$  y de la densidad de potencia equivalente de onda plana (S) deben ser promediados sobre cualquier periodo de 6 minutos.
- 348 4. Todos los valores de la tabla son valores rms.
- 349 5. Para frecuencias de 100 kHz, los valores pico permitidos son los que resultan de multiplicar los valores rms que aparecen en la tabla por  $\sqrt{2}$  (~ 1.414).
- 350 6. Para frecuencias superiores a los 100 kHz y hasta 10 MHz los valores pico permitidos de las intensidades de campo son obtenidos mediante la interpolación lineal que va desde 1.5 veces el valor rms en 100 kHz, hasta 32 veces el valor rms en 10 MHz. Para frecuencias mayores a 10 MHz, los valores pico permitidos no deben exceder 1,000 veces la densidad de potencia equivalente o 32 veces los niveles de las intensidades de campo.

357  
358  
359

7. Para frecuencias mayores a 10 GHz, los valores de  $E^2$ ,  $H^2$  y de la densidad de potencia equivalente de onda plana (S) deben ser promediados sobre cualquier periodo de  $68 / f^{1.05}$ .

Los límites de referencia de exposición máxima se muestran gráficamente en la Figura 1.



360

361

Figura 1.- Límites de referencia de exposición máxima para público en general.

362

Cada estación de radiocomunicaciones que esté operando o que vaya a ser puesta en operación deberá cumplir con los límites de referencia de exposición máxima para el público en general en las zonas en donde habitualmente esté presente público en general.

363

Las estaciones de radiocomunicaciones que cuenten con transmisores con una PIRE de 2 Watts o menos se consideran inherentemente conformes, por lo tanto no se requieren precauciones particulares. En este caso, dichas estaciones de radiocomunicaciones no están obligadas a demostrar cumplimiento con los límites de referencia de exposición máxima.

364

365

Para considerar los efectos de múltiples emisores se requiere que éstos se consideren en una suma ponderada en la que cada emisor de forma individual se pondere de acuerdo con el límite aplicable a su frecuencia. Por lo tanto, el cumplimiento de los límites de exposición en el caso de múltiples emisores se llevará a cabo aplicando las relaciones 2, 3 y 4 mostradas en el numeral 6.1.2.

366

367

En la exposición simultánea a múltiples emisores con distintas frecuencias, el nivel de exposición porcentual calculado o medido en la región de campo lejano en las zonas cercanas a múltiples estaciones de radiocomunicaciones donde habitualmente esté presente público en general deberá ser  $\leq 1$ .

368

369

Si el nivel de exposición porcentual calculado o medido en la región de campo lejano en zonas cercanas a múltiples emisores, donde habitualmente esté presente público en

370

381 general es mayor a la unidad; el Instituto convocará a los involucrados que contribuyen al  
382 nivel de exposición porcentual, para resolver dicho incumplimiento.

383 Para la resolución del Instituto, se considerará lo siguiente:

384 a) Identificación de la fuente o fuentes emisoras no autorizadas, a fin de proceder a la  
385 cancelación de las mismas, así como a la identificación de las estaciones de  
386 radiocomunicaciones que en lo individual excedan los límites de exposición máxima  
387 correspondientes a su frecuencia de operación, las cuales deberán reducir sus  
388 emisiones hasta alcanzar los valores de cumplimiento establecidos en la presente  
389 disposición, para lo cual contarán con un plazo de 10 días hábiles, a partir de que se  
390 los notifique el Instituto.

391 b) Si después de la cancelación de emisores no autorizados, en caso de existir, y de que  
392 las estaciones de radiocomunicaciones que excedían los límites de exposición máxima  
393 correspondiente a su frecuencia de operación cumplan con dichos límites, y se sigue  
394 incumpliendo con el parámetro de la exposición simultánea a múltiples emisores; el  
395 Instituto convocará a los involucrados que contribuyen al nivel de exposición  
396 porcentual, para que lleguen a un acuerdo y resuelvan dicho incumplimiento, en un  
397 plazo de 20 días hábiles a partir de la primera reunión convocada por el Instituto.

398 c) Si las acciones enlistadas en los incisos a) y b) no resuelven el incumplimiento del nivel  
399 de exposición simultánea a múltiples emisores con distintas frecuencias, el Instituto  
400 resolverá al respecto, en un plazo de 20 días hábiles, contados a partir del término del  
401 plazo establecido en el inciso b). En tal sentido, el Instituto podrá establecer, entre otros  
402 parámetros técnicos de operación, las disminuciones porcentuales de la potencia que  
403 deberá observar cada estación de radiocomunicación.

#### 404 **5. Métodos de prueba.**

405 Los métodos de prueba permiten evaluar y comprobar los niveles de exposición máxima  
406 en el entorno próximo que rodea a la estación de radiocomunicaciones que se emplea  
407 para servicios de telecomunicaciones y de radiodifusión en donde habitualmente esté  
408 presente público en general.

409 La evaluación de los niveles de exposición máxima en el entorno próximo que rodea a la  
410 estación de radiocomunicaciones debe realizarse mediante cálculo y/o mediciones.

411 I. **El cálculo** de los niveles de exposición máxima se debe realizar cuando en el  
412 entorno próximo que rodea a cada estación de radiocomunicaciones esté  
413 habitualmente presente público en general y dicho entorno pertenezca a la

414 región de campo lejano. En este caso, se deberán considerar las características  
415 básicas del emisor y las condiciones bajo las cuales se tendría un nivel máximo  
416 de exposición, es decir, las condiciones de emisión más desfavorables.

417 **II. La medición** de los niveles de exposición máxima se debe realizar cuando:

418 a) En el entorno próximo que rodea a la estación de  
419 radiocomunicaciones esté habitualmente presente público en  
420 general y dicho entorno pertenezca a la región de campo cercano.

421 b) En el entorno próximo que rodea a la estación de  
422 radiocomunicaciones en donde esté habitualmente presente  
423 público en general y los valores obtenidos con el cálculo en la región  
424 de campo lejano rebasen los límites de exposición máxima.

425 c) El nivel de exposición porcentual calculado o medido en la región de  
426 campo lejano en zonas cercanas a múltiples emisores donde esté  
427 habitualmente presente público en general llegue a ser mayor a la  
428 unidad. En este caso, se deben realizar mediciones de los niveles de  
429 exposición de cada emisor involucrado en la zona cercana a  
430 múltiples emisiones con el fin de verificar el cumplimiento con los  
431 niveles de exposición máxima correspondientes a su frecuencia de  
432 operación.

433 Así mismo, los métodos de prueba permiten determinar los límites básicos de exposición  
434 máxima, específicamente los valores del SAR localizado en la cabeza y el tronco  
435 producidos por los equipos terminales de radiocomunicaciones.

## 436 **5.1 Cálculo de los niveles de exposición.**

### 437 **5.1.1 Características de la fuente emisora y las condiciones de propagación.**

438 Se deben identificar las características propias de cada fuente emisora de campos  
439 electromagnéticos y las condiciones de propagación en el entorno en donde se evaluarán  
440 los niveles de exposición; por lo tanto se debe contar al menos con la siguiente información:

- 441 i) Tipo de emisor e intervalo de potencia.
- 442 ii) Frecuencia de la señal portadora (en su caso) y ciclo de trabajo (en su caso).
- 443 iii) Características de modulación, valor pico, valor promedio y forma de onda.
- 444 iv) Número de emisores, sus características y probabilidad de que sus intensidades de  
445 campo se sumen linealmente o puedan crear patrones de interferencia, ondas  
446 estacionarias, etc.

- 447 v) Generación de frecuencias no deseadas, incluyendo armónicos y productos de  
448 intermodulación que se transmitan al espacio.
- 449 vi) Dimensiones físicas y eléctricas de la antena (anexar esquema con medidas).
- 450 vii) Ganancia de la antena (respecto a una antena isótropa).
- 451 viii) Polarización de la antena (vertical, horizontal, elíptica, etc.).
- 452 ix) Altura de la antena respecto al nivel del piso.
- 453 x) Coordenadas geográficas (grados, minutos, segundos y altura sobre el nivel del  
454 mar).
- 455 xi) Planos, esquemas o fotografías donde se muestre el entorno que rodea a la  
456 estación, incluyendo las distancias entre la estación y edificios, montañas y otros  
457 objetos cercanos, morfología y tipo de suelo, etc. De igual forma, se deberán  
458 mostrar el entorno próximo que rodea a la estación de radiocomunicaciones que  
459 se encuentra en operación y que se emplea para transmitir servicios de  
460 telecomunicaciones y/o de radiodifusión en donde esté habitualmente presente  
461 público en general. Se debe identificar la zona y especificar la distancia respecto a  
462 la antena o la base de la torre que soporta a la antena.
- 463 xii) Ángulo de elevación de la(s) antena(s) (Tilt eléctrico y mecánico).
- 464 xiii) Distancia entre el emisor y el sitio a evaluar.
- 465 xiv) Existencia de objetos absorbentes o que dispersan la energía de RF y que puedan  
466 influir en la distribución del campo en el sitio a evaluar.
- 467 Una vez conocidas las características propias de cada fuente emisora de campos  
468 electromagnéticos y las condiciones de propagación en el entorno en donde se van a  
469 evaluar los niveles de exposición, se debe realizar el cálculo de los niveles de exposición.

### 470 5.1.2 Cálculo.

471 Determinar si la zona que rodea a la estación de radiocomunicaciones donde esté  
472 habitualmente presente público en general y en donde se va a evaluar el nivel de  
473 exposición pertenece a la región de campo cercano o de campo lejano.

474 La región que rodea a una antena emisora es de campo cercano cuando la distancia  
475 entre cualquier punto de esa región y la antena es menor a  $2\frac{D^2}{\lambda}$ , donde  $D$  es la dimensión  
476 más grande de la antena y  $\lambda$  es la longitud de onda. Esta región se subdivide a su vez en  
477 campo cercano reactivo que abarca la zona más próxima a la antena, donde está  
478 contenida la mayor parte de la energía almacenada asociada a la antena, y campo

479 cercano radiante donde predominan los campos de radiación que tienen en esta región  
480 una distribución angular que varía en función de la distancia hacia la antena.

481 A distancias mayores a  $2\frac{D^2}{\lambda}$  se tiene la región de campo lejano en donde los campos

482 radiados tienen una distribución angular que es aproximadamente independiente de la  
483 distancia hacia la antena y las componentes del campo eléctrico y magnético son  
484 transversales entre sí, formando de esta manera lo que se conoce como una onda plana.

485 Cuando las dimensiones de la antena son muy pequeñas en comparación con la longitud  
486 de onda, es decir,  $D \leq \frac{\lambda}{2\sqrt{\pi}}$  la frontera entre la región de campo cercano y campo lejano

487 se modifica a  $\frac{\lambda}{2\pi}$

488 En general, el cálculo de los niveles de exposición en la región de campo cercano es difícil  
489 de obtener debido a la complejidad de los campos en esa zona y las aproximaciones que  
490 se pueden hacer introducen errores importantes que resultan en un cálculo inexacto. Por lo  
491 tanto, si la zona de exposición donde esté habitualmente presente público en general  
492 pertenece a la región de campo cercano, se debe realizar la medición de los niveles de  
493 exposición máxima.

494 Cuando se cumple la condición de campo lejano se debe realizar el cálculo de los niveles  
495 de exposición máxima considerando las características básicas del emisor y las condiciones  
496 bajo las cuales se tendría un nivel máximo de exposición.

497 La densidad de potencia en el espacio libre está determinada por la siguiente ecuación:

$$498 \quad S = (1 + \rho)^2 \frac{PIRE}{4\pi R^2} F(\theta, \varphi) \quad (1)$$

499 En donde:

500  $S$  = Densidad de potencia (W/m<sup>2</sup>).

501  $R$  = Distancia al centro de radiación de la antena al punto de cálculo o  
502 medición (m).

503  $\rho$  = Valor absoluto del coeficiente de reflexión (número positivo entre 0 y 1).

504  $PIRE$  = Potencia isotrópica radiada equivalente, es decir, el producto de la potencia  
505 neta entregada a la antena (Pt) y de la ganancia de la misma respecto  
506 a una antena isotrópica (G).

507  $F(\theta, \varphi)$  = Factor de potencia radiada (número positivo entre 0 y 1 y que es  
508 dependiente del complemento del ángulo de elevación  $\vartheta$  y del ángulo  
509 de acimut  $\varphi$  de un sistema de coordenadas esféricas).

510 Cuando existe la condición de reflexión total, el coeficiente de reflexión será de -1 (menos  
511 uno). Este valor se puede considerar cuando se hace un cálculo del peor caso en el que  
512 existe una superficie reflectora muy cercana al punto donde se quiere evaluar el nivel de  
513 exposición y no se tienen datos de las características eléctricas de la superficie reflectora.  
514 Sin embargo, un valor más típico es de alrededor de 0.6 como máximo cuando el punto a  
515 evaluar está cercano al nivel de la tierra y la antena se encuentra montada en lo alto de  
516 una torre o un edificio.

517 Por otro lado, el factor de potencia radiada que se introduce en la ecuación (1),  
518 determinará el nivel de atenuación que se obtendrá en la dirección del punto a evaluar,  
519 con respecto a la dirección de máxima radiación. Este factor lo determina el patrón de  
520 radiación de potencia de una antena, el cual muestra la forma en que varía la potencia  
521 radiada para un par de coordenadas específicas  $(\vartheta, \varphi)$ , manteniendo la coordenada  $r$   
522 como constante. El patrón de radiación más general es un diagrama tridimensional que  
523 está dado en función de las coordenadas  $\vartheta$  y  $\varphi$ , sin embargo, lo más común es que los  
524 patrones de radiación de las antenas se proporcionen como cortes bidimensionales del  
525 patrón más general. Los casos especiales más frecuentes que se pueden encontrar son el  
526 patrón de radiación horizontal y el patrón de radiación vertical. El primero se obtiene  
527 dejando  $\vartheta$  a un valor fijo de  $0^\circ$  y variando  $\varphi$ , mientras que el segundo se obtiene dejando  $\varphi$   
528 en un valor fijo de  $0^\circ$  y variando  $\vartheta$ . De esta forma se derivan los factores de potencia  
529 bidimensionales  $F(\varphi)$  y  $F(\vartheta)$ , respectivamente.

530 En el Apéndice A se muestran ejemplos de cálculos matemáticos de los niveles de  
531 exposición máxima en las zonas más cercanas a estaciones de radiocomunicaciones  
532 donde está habitualmente presente público en general, considerando un solo emisor y  
533 múltiples emisores de RF.

534 Tratándose de un solo emisor de RF y si la zona de exposición donde esté habitualmente  
535 presente público en general pertenece a la región de campo lejano, se deberá realizar el  
536 cálculo de los niveles de exposición máxima empleando la ecuación (1). Dicho cálculo  
537 deberá dar valores menores a los establecidos en los límites de referencia de exposición  
538 máxima de la Tabla 2.



539 Para el caso de múltiples emisores de RF, el nivel de exposición porcentual en la región de  
 540 campo lejano se obtiene aplicando el principio de superposición y sumando las  
 541 contribuciones ponderadas de cada uno de los emisores de acuerdo a los límites de  
 542 referencia que aplican para cada emisor. Por lo tanto, se deberá cumplir con las siguientes  
 543 relaciones:

$$544 \quad \sum_{i=100kHz}^{300GHz} \left( \frac{E_i}{E_{ref,i}} \right)^2 \leq 1 \quad (2)$$

$$545 \quad \sum_{i=100kHz}^{300GHz} \left( \frac{H_i}{H_{ref,i}} \right)^2 \leq 1 \quad (3)$$

$$546 \quad \sum_{i=100kHz}^{300GHz} \frac{S_i}{S_{ref,i}} \leq 1 \quad (4)$$

547 En donde:

548  $E_i$  = Intensidad de campo eléctrico a la frecuencia  $i$  (V/m).

549  $H_i$  = Intensidad de campo magnético a la frecuencia  $i$  (A/m).

550  $S_i$  = Densidad de potencia a la frecuencia  $i$  (W/m<sup>2</sup>).

551  $E_{i,ref}$  = Límite de referencia de campo eléctrico a la frecuencia  $i$  (V/m).

552  $H_{i,ref}$  = Límite de referencia de campo magnético a la frecuencia  $i$  (A/m).

553  $S_{i,ref}$  = Límite de referencia de densidad de potencia a la frecuencia  $i$  (W/m<sup>2</sup>).

554 Las relaciones (2) y (3) se cumplen con la aplicación de la ecuación que relaciona el  
 555 campo eléctrico y magnético en condiciones de campo lejano, para ondas planas.

$$556 \quad S = \frac{E^2}{\eta_0} = \eta_0 H^2 = EH \quad (5)$$

557 En donde:

558  $E$  = Intensidad de campo eléctrico (V/m).

559  $H$  = Intensidad de campo magnético (A/m).

560  $\eta_0$  = Impedancia intrínseca del espacio libre =  $120\pi$  [ $\Omega$ ]  $\cong$  377 [ $\Omega$ ].

## 561 **5.2 Sistema de Medición de Campos Electromagnéticos.**

562 Requerimientos básicos.

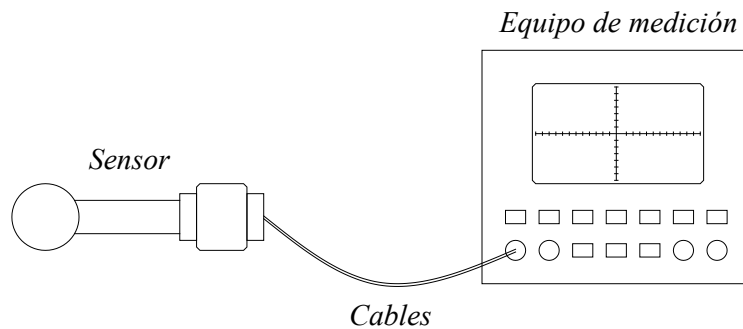
### 563 **5.2.1 Instrumentación.**

564 Para la medición de los niveles de radiación no ionizante que existen en el entorno próximo  
 565 que rodea a las estaciones de radiocomunicaciones donde esté habitualmente presente

566 público en general se requiere de un sistema de medición de campos electromagnéticos  
567 que conste al menos de las siguientes tres partes:

- 568 • Equipo de medición
- 569 • Sensor, y
- 570 • Cables que unen al equipo de medición con el sensor (para aquellos equipos que así  
571 lo requiera su configuración).

572 De la forma en que se muestra en la Figura 2.



573

574 Figura 2.- Instrumentación requerida para la medición de campos electromagnéticos.

575 A frecuencias de RF y microondas el equipo de medición es comúnmente un  
576 radiorreceptor que incluye circuitos electrónicos para acondicionamiento de la señal y  
577 dispositivos para el despliegue de las mismas y/o lectura de los parámetros importantes  
578 de dichas señales que determinan el nivel de campo electromagnético medido.

579 El sensor normalmente es una antena que puede incluir dispositivos electrónicos para la  
580 detección de la señal, entre otras funciones. El diseño y las características del sensor  
581 determinan en gran medida el desempeño de todo el sistema de medición. Si el sensor  
582 exhibe una respuesta en frecuencia que es plana en determinado intervalo de frecuencias,  
583 entonces la intensidad de campo será directamente proporcional a la señal de salida del  
584 sensor. Sin embargo, también existen sensores que están especialmente diseñados para  
585 producir una señal de salida que se ajusta automáticamente a la respuesta en frecuencia  
586 que tiene la forma de los límites de referencia de la Figura 1, y por lo tanto, proporcionan  
587 una medida directa en relación al cumplimiento o no cumplimiento de los límites de  
588 referencia. El sensor está compuesto normalmente por una antena cuya señal de salida es  
589 proporcional a la intensidad del campo que incide sobre la antena. Posteriormente, esta  
590 señal de salida es detectada, lo cual permite obtener el valor rms de la intensidad de  
591 campo para su despliegue en el equipo de medición. Es importante hacer notar que los

592 valores obtenidos siempre van a ser valores promedio que no se ven afectados en general  
593 por el tipo de modulación que tenga el campo incidente en el sensor.

594 Los cables que unen al equipo de medición con el sensor deben ser de alta resistencia  
595 eléctrica o se deben orientar de tal manera que su acoplamiento con el campo sea mínimo  
596 para evitar distorsión en las mediciones. Incluso, los cables metálicos pueden ser sustituidos  
597 por cables de fibra óptica que son dieléctricos y aseguran una medición que no se ve  
598 alterada por los cables. Se deberán emplear tripies dieléctricos para colocar los sensores.

## 599 **5.2.2 Requisitos técnicos del sistema de medición de campos** 600 **electromagnéticos.**

### 601 **5.2.2.1 Estabilidad.**

602 El sistema de medición de campos electromagnéticos deberá mostrar una estabilidad que  
603 permita mediciones de campos eléctricos o magnéticos por periodos de tiempo que sean  
604 consistentes con los tiempos normalmente requeridos para una medición en particular. El  
605 sistema deberá ser capaz de operar por un mínimo de 10 a 30 minutos sin la necesidad de  
606 ajustar el equipo de medición para que su lectura marque cero, en ausencia de la señal  
607 radiada. Algunos equipos de medición automáticos realizan este ajuste a cero de forma  
608 electrónica para evitar el requerimiento de blindar el sensor del ambiente cada vez que se  
609 tiene que ajustar a cero.

610 El sistema de medición de campos electromagnéticos también deberá ser insensible a las  
611 variaciones de temperatura que normalmente se pueden encontrar en cualquier tipo de  
612 ambiente. Las especificaciones del sistema deberán indicar la desviación máxima de cero  
613 para diversas condiciones de operación.

### 614 **5.2.2.2 Exactitud.**

615 El sistema de medición de campos electromagnéticos deberá proporcionar los datos de  
616 calibración del equipo de medición que permitan evaluar la máxima incertidumbre que se  
617 tiene al medir el nivel de intensidad de campo o densidad de potencia de varios tipos de  
618 campos de diferentes frecuencias. Los datos de calibración deberán incluir también la  
619 sensibilidad del equipo de medición a frecuencias que caen fuera del intervalo útil previsto  
620 (respuesta fuera de banda), con el fin de determinar si el sistema es útil para realizar  
621 mediciones donde existen campos fuera de banda significativos que puedan alterar las  
622 mediciones.

623 La incertidumbre absoluta de la calibración de la intensidad de campo debe ser  $\pm 1$  dB  
624 alrededor del valor real, sin embargo se aceptan valores de  $\pm 2$  dB siempre y cuando los  
625 niveles de intensidad de campo o densidad de potencia estén claramente por debajo de  
626 los límites de referencia.  
627 Las especificaciones de medición también deberán indicar la respuesta del equipo de  
628 medición a campos de amplitud modulada (AM), así como a múltiples señales que puedan  
629 incidir simultáneamente sobre el sensor.

### 630 **5.2.3 Características del sistema de medición de banda ancha y de banda** 631 **angosta.**

632 La medición de los valores del campo eléctrico, campo magnético o de la densidad de  
633 potencia se puede realizar mediante la integración por banda ancha o por banda  
634 angosta.

635 El sistema de medición de banda ancha deberá tener las siguientes características:

- 636 i) La respuesta del sensor deberá ser esencialmente isotrópica.
- 637 ii) La exactitud del sistema deberá indicarse en sus especificaciones como una  
638 medida de la variación que puede tener la magnitud de la función de transferencia  
639 del sistema de medición en todo el ancho de banda de operación (por ejemplo,  
640 una exactitud de  $\pm 0.5$  dB en el intervalo de frecuencias de 3 a 300 MHz indicará los  
641 límites máximos de variación que puede tener la medición en ese ancho de banda).
- 642 iii) El intervalo dinámico del medidor debe abarcar por lo menos -10 dB a +5 dB  
643 respecto al límite de referencia que aplique a determinada frecuencia en la cual se  
644 estén realizando las mediciones.
- 645 iv) Deberá contar con un detector de pico de las señales en caso de que éstas  
646 cambien de magnitud durante el proceso de medición.
- 647 v) El sistema deberá ser calibrado con respecto a la magnitud que se quiere  
648 determinar, ya sea  $E$ ,  $E^2$ ,  $H$ ,  $H^2$  o  $S$ . Normalmente, la densidad de potencia  $S$ , se  
649 calibra con base en el campo eléctrico o magnético para después aplicar la  
650 impedancia intrínseca del aire de  $377\Omega$ , que relaciona ambas cantidades, y así  
651 obtener un equivalente de onda plana que solamente es válido para las  
652 condiciones de campo lejano. Cuando se trata de condiciones de campo cercano,  
653 esta impedancia es compleja y generalmente desconocida.

654 vi) El tiempo de respuesta del sistema deberá ser tal que permita una medición del  
655 campo una vez que ha alcanzado su valor estable o por lo menos el 90% de su valor  
656 estable.

657 El medidor de intensidad de campos electromagnéticos de banda ancha deberá medir las  
658 siguientes variables: campo eléctrico (V/m), campo magnético (A/m) y densidad de  
659 potencia (W/m<sup>2</sup>), en el intervalo de frecuencias de operación de 100 kHz a 44 GHz. La  
660 integración por banda ancha solo permite obtener un valor total de los campos actuantes,  
661 sin una discriminación espectral.

662 Para identificar los emisores de energía o campos electromagnéticos en un punto dado, se  
663 deberá utilizar la integración por banda angosta. Los requerimientos para los sistemas de  
664 medición de banda angosta son básicamente los mismos que para los de banda ancha.  
665 La diferencia es que estos requerimientos deben mantenerse para los diferentes tipos de  
666 sensor que utiliza un sistema de banda angosta, ya sea una antena monopolo, dipolo,  
667 cónica, bicónica, reflector parabólico, o cualquier otra, lo que permite caracterizar cada  
668 una de las fuentes emisoras, y así identificar que componentes del campo aporta cada uno  
669 de los emisores.

670 Podrá utilizarse como equipo de medición un analizador de espectro o un medidor de  
671 intensidad de campos electromagnéticos, con las siguientes características:

672 Analizador de espectro:

- 673 • Intervalo de frecuencia: de 100 kHz a 44 GHz. Para el intervalo de frecuencias de 44  
674 GHz a 100 GHz se requiere adicionalmente de un Oscilador local y un Mezclador.
- 675 • Separaciones de (Spans) de frecuencias: cero, y de 100 kHz a 44 GHz.
- 676 • Exactitud en la frecuencia:  $\pm 200$  Hz.
- 677 • Exactitud en la amplitud relativa:  $\pm 2$  dB en el intervalo total de frecuencias, con  
678 suficiente detalle en las especificaciones de amplitud para calcular la exactitud  
679 relativa de  $\pm 0.5$  dB.
- 680 • Nivel máximo de entrada: 1 watt nivel de deterioro, acoplada a c.a.
- 681 • Sensibilidad, la señal más pequeña que puede ser medida: -60 dBmV.
- 682 • Ruido de piso, relativo a la sensibilidad: -60 dBmV en anchos de banda con resoluciones  
683 estrechas.
- 684 • Productos de distorsión interna:  $\leq 60$  dBc con una entrada total al mezclador o  
685 combinador del analizador de 10 dBV.

- 686 • Resolución de los anchos de banda: de 1 kHz a 3 MHz, receptor de video con un ancho
- 687 de banda de video de 4 MHz.
- 688 • Anchos de banda de video: igual a la resolución de los anchos de banda.
- 689 • Atenuador de entrada: de 0 dB a 60 dB en pasos de 10 dB o menos.
- 690 • Amplificador de entrada: interno o externo >20 dB de ganancia, <7 dB de figura de
- 691 ruido.
- 692 • Impedancia de entrada: 50 Ohms.
- 693 • Funciones de memoria para almacenar las mediciones de amplitudes a diferentes
- 694 frecuencias de medición.
- 695 Medidor de intensidad de campos electromagnéticos:
- 696 • Sensibilidad < 2 $\mu$ V,
- 697 • Error en el establecimiento de la frecuencia < 1 kHz,
- 698 • Ancho de banda de la Frecuencia Intermedia < 50 kHz,
- 699 • Error en la indicación del Voltaje < 2dB.

#### 700 **5.2.4 Características de los sistemas que miden campo eléctrico (E) y campo**

#### 701 **magnético (H) de forma simultánea.**

702 Cuando se mide en condiciones de campo cercano, los valores relativos de  $E$  y  $H$  varían

703 considerablemente entre sí, en función del tiempo y la distancia a la que se mide. Bajo estas

704 circunstancias, es necesario medir ambos campos de manera simultánea, puesto que si se

705 utiliza un método secuencial, por ejemplo, midiendo primero el campo eléctrico y luego el

706 campo magnético, se incurriría en errores significativos de medición debido a que los

707 campos varían rápidamente en función del tiempo. Por este motivo, algunos sistemas de

708 medición utilizan sensores compuestos de banda ancha que combinan tres antenas

709 dipolares mutuamente ortogonales para medir la magnitud de todas las componentes

710 espaciales del campo eléctrico, así como tres antenas de aro, también ortogonales entre

711 sí, para medir las componentes espaciales del campo magnético. Todas estas antenas se

712 construyen de dimensiones muy pequeñas en comparación a la longitud de onda, con el

713 propósito de que el campo que se está midiendo no sea distorsionado y que el

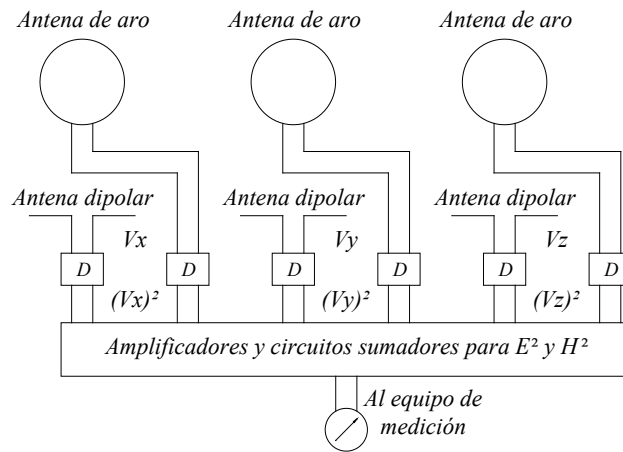
714 acoplamiento entre antenas sea mínimo. Además de las antenas, el sensor contiene

715 detectores que trabajan en su región de operación cuadrática para señales muy pequeñas

716 y circuitos sumadores y procesadores de señales analógicas o digitales que pueden

717 añadirse como parte del sensor o hasta el equipo de medición.

718 El equipo de medición debe incorporar un sistema de adquisición de datos que grabe las  
 719 mediciones simultáneas para análisis posterior.  
 720 Un diagrama a bloques de un sensor compuesto de banda ancha se muestra en la Figura  
 721 3.



722  
 723 Figura 3.- Sensor isotrópico compuesto para medición de todas las componentes de  $E$  y  $H$ .

724 **5.2.5 Sensores.- Tipos de antenas utilizados para mediciones a diferentes**  
 725 **intervalos de frecuencia.**

726 El sistema de medición de campos electromagnéticos está limitado en el ancho de banda  
 727 donde puede medir con exactitud, según el tipo de antena que esté utilizando en su  
 728 elemento sensor. Por ello, es necesario emplear diferentes tipos de sensores para medir en  
 729 determinados intervalos de frecuencia donde la antena utilizada proporcione una medida  
 730 exacta del campo que se está midiendo. Los tipos de antenas más comunes que se  
 731 emplean para la medición de campos a diferentes intervalos de frecuencia son los que se  
 732 describen a continuación.

733 **5.2.5.1 Antena de Aro o de Lazo.**

734 Las antenas de aro o de lazo circular, son útiles para la medición del campo magnético  
 735 desde frecuencias de 30 Hz, hasta un límite máximo alrededor de 100 MHz, cuando la  
 736 antena tiene unas dimensiones que pueden ser comparables a la longitud de onda y ya no  
 737 cumple la condición de antena pequeña que tiene la capacidad de medir exclusivamente  
 738 la componente de campo magnético.

739 Cuando una antena está calibrada, se obtiene el denominado factor de antena, que  
 740 relaciona la intensidad del campo eléctrico incidente con el voltaje que se genera en las

741 terminales de la antena, a diferentes frecuencias. Este factor de antena cuando se grafica  
742 con respecto a la frecuencia, muestra el comportamiento característico de la antena y  
743 permite hacer mediciones de campo de una forma muy sencilla, midiendo el voltaje de  
744 circuito abierto que se obtiene en las terminales de la antena y multiplicándolo por el factor  
745 de antena para obtener el campo eléctrico.

746 En el caso de la antena de aro o de lazo, que sólo mide el campo magnético, el factor de  
747 antena puede expresarse como la relación entre el campo magnético y el voltaje en las  
748 terminales de la antena a diferentes frecuencias. Sin embargo, también puede expresarse  
749 este factor con respecto al campo eléctrico utilizando la ecuación (6) que relaciona los  
750 campos eléctrico y magnético a través de la impedancia intrínseca del aire, siempre y  
751 cuando se cumplan las condiciones de campo lejano. Para una antena de aro o de lazo,  
752 el factor de antena que se obtiene experimentalmente al momento de la calibración, se  
753 puede aproximar con una ecuación que involucra las características físicas de la antena y  
754 la longitud de onda.

$$755 \quad FA = \frac{E}{V_{ant}} \cong \frac{\lambda^3}{\pi AN(2\lambda^2 - \pi A)} \quad (6)$$

756 En donde:

757  $FA$  = Factor de antena (1/m).

758  $E$  = Intensidad del campo eléctrico incidente (V/m).

759  $V_{ant}$  = Voltaje de circuito abierto obtenido en las terminales de la antena (V).

760  $A$  = Área del aro o lazo circular (m<sup>2</sup>).

761  $N$  = Número de vueltas del aro.

762  $\lambda$  = Longitud de onda (m).

### 763 **5.2.5.2 Antena dipolar**

764 Las antenas del tipo dipolo son útiles para mediciones de campo entre 3 MHz y 1 GHz,  
765 aproximadamente. Este tipo de antena puede ser de dimensiones pequeñas respecto a la  
766 longitud de onda o puede también ser una antena resonante de media longitud de onda,  
767 sobre todo para frecuencias mayores a los 30 MHz. El factor de antena que se obtiene  
768 experimentalmente con la calibración puede aproximarse para esta antena de la siguiente  
769 forma:

$$770 \quad FA = \frac{E}{V_{ant}} = \frac{\pi}{\lambda R_{ent}} \quad (7)$$

771 En donde:



- 772  $FA$  = Factor de antena (1/m).  
 773  $E$  = Intensidad del campo eléctrico incidente (V/m).  
 774  $\lambda$  = Longitud de onda (m).  
 775  $V_{ant}$  = Voltaje de circuito abierto obtenido en las terminales de la antena (V).  
 776  $R_{ent}$  = Resistencia de entrada del dipolo ( $\Omega$ ).

### 777 5.2.5.3 Antena monopolo

778 Los monopolos son apropiados para mediciones de campo entre unos 30 kHz y 300 MHz.  
 779 Esta antena tiene un factor de antena que se puede aproximar con la siguiente ecuación:

$$780 \quad FA = \frac{E}{V_{ant}} = \frac{2\pi}{\lambda} \cot\left(\frac{\pi h}{\lambda}\right) \quad (8)$$

781 En donde:

- 782  $FA$  = Factor de antena (1/m).  
 783  $E$  = Intensidad del campo eléctrico incidente (V/m).  
 784  $\lambda$  = Longitud de onda (m).  
 785  $h$  = Altura física del monopolo (m). (Esta altura debe cumplir la relación  
 786  $h < \lambda/4$ ).  
 787  $V_{ant}$  = Voltaje de circuito abierto obtenido en las terminales de la antena (V).

### 788 5.2.5.4 Antenas para altas frecuencias

789 Para las frecuencias del extremo superior del espectro entre 200 MHz y 100 GHz, se utilizan  
 790 otro tipo de antenas, como la antena bicónica, la antena logarítmica periódica dipolar,  
 791 dipolos con reflectores de esquina o parabólicos y la antena de corneta.

792 Todo equipo de medición, así como los sensores que formen parte de un sistema de  
 793 medición de campos electromagnéticos deberán contar con un certificado de calibración  
 794 vigente expedido por el Centro Nacional de Metrología o un informe emitido por un  
 795 laboratorio de calibración acreditado y aprobado en términos de la Ley Federal sobre  
 796 Metrología y Normalización y su Reglamento.

## 797 5.3 Medición de los niveles de exposición.

### 798 5.3.1 Consideraciones preliminares a la medición de campos 799 electromagnéticos.

#### 800 5.3.1.1 Selección del tipo de instrumentación requerida

801 Para seleccionar los componentes del sistema de medición de campos electromagnéticos  
 802 se deberán tomar en cuenta las siguientes consideraciones generales:

- 803 i) **Frecuencia.**- El contenido de frecuencias del emisor debe ser conocido con  
804 antelación para así seleccionar los componentes del sistema de medición de  
805 campos electromagnéticos. Si existen varias frecuencias en el contenido espectral  
806 de la señal emitida será necesario utilizar dispositivos con el ancho de banda  
807 apropiado y que indiquen su medición en valores rms verdaderos. Si el contenido  
808 espectral de la señal no se puede identificar previamente, es necesario utilizar un  
809 analizador de espectro que permita identificar el contenido de las señales en el  
810 dominio de la frecuencia.
- 811 ii) **Tiempo de respuesta.**- Es importante comenzar las mediciones con un instrumento  
812 que tenga o pueda ajustarse a un tiempo de respuesta menor a 1 segundo. De esta  
813 forma, se puede obtener una medición preliminar aproximada de cualquier fuente  
814 e incluso identificar una fuente intermitente. La funcionalidad de detección del pico  
815 máximo de la señal, disponible en varios instrumentos, puede proporcionar una  
816 indicación exacta de impulsos de energía de RF moderadamente rápidos (algunos  
817 milisegundos) que puedan estar presentes. Una vez que se localiza la zona con la  
818 mayor intensidad de campo, se procede a utilizar un instrumento con un tiempo de  
819 respuesta mayor (3 segundos o más) para obtener los valores de intensidad de  
820 campo promediados en el tiempo. Si el sistema de medición indica que existen  
821 fuentes intermitentes, es necesario obtener el promedio por un método diferente al  
822 que utiliza el instrumento, de tal forma que los resultados sean los correctos. Para  
823 esto es deseable contar con equipos de medición que tengan funciones de  
824 grabación de varios datos o un sistema de adquisición de datos adjunto.
- 825 iii) **Nivel máximo aceptable de entrada.**- Es importante conocer este dato con  
826 anticipación a fin de evitar daños en los sensores, especialmente cuando estén  
827 presentes campos pulsantes de alta potencia y bajo ciclo de trabajo.
- 828 iv) **Polarización.**- Si se conoce el tipo de polarización del campo que se va a medir, es  
829 posible utilizar un sensor no isotrópico que solamente debe orientarse para recibir el  
830 máximo de la señal. Si la polarización no se conoce o el campo es relativamente  
831 complejo, será necesario utilizar un sensor isotrópico para evitar errores de medición,  
832 además de que permite realizar las mediciones en menor tiempo.
- 833 v) **Intervalo dinámico.**- También es importante saber el máximo intervalo de amplitud  
834 de las señales que se esperan medir. De esta forma, se podrá seleccionar un  
835 instrumento que no se llegue a dañar por intensidades de campo de gran amplitud

836 y al mismo tiempo, que este instrumento sea sensible también para mantener una  
837 relación señal a ruido adecuada para las intensidades de campo más bajas que se  
838 pueden esperar en las mediciones.

839 vi) **Capacidad para la medición de campos cercanos.**- Si existen situaciones en que  
840 se esté en las cercanías de un emisor no intencional de campos que produce  
841 radiaciones parásitas por fugas no deseables de la señal (como las que se podrían  
842 originar por guías de onda rotas) o se está en una zona donde predomina el campo  
843 cercano del emisor, será necesario seleccionar un instrumento para la medición de  
844 campos electromagnéticos en condiciones de campo cercano.

### 845 **5.3.2 Consideraciones de seguridad.**

846 Es importante que, antes y durante el proceso de medición se consideren los riesgos  
847 potenciales no asociados directamente con dicho proceso y las precauciones durante el  
848 desarrollo del mismo relacionado con el equipo electrónico o el sistema que está siendo  
849 evaluado. Ver Apéndice B.

### 850 **5.3.3 Procedimientos de medición**

#### 851 **5.3.3.1 Consideraciones generales**

852 Las estaciones de radiocomunicaciones deberán estar funcionando bajo condiciones de  
853 operación normal.

854 La medición deberá realizarse cuando no exista precipitación pluvial.

855 Para realizar la medición de los campos electromagnéticos presentes en la zona a evaluar,  
856 será necesario que los niveles de intensidad y densidad de potencia de los campos se  
857 promedien en un determinado periodo de tiempo y en diferentes puntos del espacio donde  
858 se deben realizar las mediciones.

859 Los campos a frecuencias menores a 10 GHz se deben promediar en un periodo de 6  
860 minutos, mientras que a frecuencias superiores, el promedio se obtiene en un periodo de

861  $\frac{68}{f^{1.05}}$  minutos, el cual varía con la frecuencia, según se establece en las notas de la Tabla

862 2 de los límites de referencia.

863 Las fórmulas utilizadas para obtener el promedio temporal de Intensidad del campo  
864 eléctrico e Intensidad de campo magnético son las siguientes:

$$865 \quad E = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n E_i^2 \Delta t_i}{T}} \quad (9)$$

$$866 \quad H = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n H_i^2 \Delta t_i}{T}} \quad (10)$$

$$867 \quad H = \frac{\sum_{i=1}^n S_i \Delta t_i}{T} \quad (11)$$

868 En donde:

869  $E$  = Intensidad del campo eléctrico promediado en el tiempo (V/m).

870  $H$  = Intensidad del campo magnético promediada en el tiempo (A/m).

871  $S$  = Densidad de potencia promediada en el tiempo (W/m<sup>2</sup>).

872  $E_i$  = Intensidad del campo eléctrico en el intervalo  $\Delta t_i$  (V/m).

873  $H_i$  = Intensidad del campo magnético en el intervalo  $\Delta t_i$  (A/m).

874  $S_i$  = Densidad de potencia promediada en el intervalo  $\Delta t_i$  (W/m<sup>2</sup>).

875  $\Delta t_i$  = Intervalo de tiempo donde el campo tiene un valor aproximadamente  
876 constante (min).

877  $T$  = Periodo de tiempo para obtener el promedio (min) (6 min. o  $\frac{68}{f^{1.05}}$  min.)

878 De forma similar, debido a que los campos no son totalmente uniformes, se requiere una  
879 operación de promedio espacial que se realiza de acuerdo al siguiente procedimiento.

880 1. Se determina el punto donde se registra la máxima intensidad o densidad de  
881 potencia del campo.

882 2. Alrededor del punto de máxima lectura, se establecen 9 puntos de medición  
883 espaciados uniformemente entre sí, formando un rectángulo de las dimensiones  
884 mostradas en la Figura 4. La idea de formar este rectángulo es aproximarse a las  
885 dimensiones del cuerpo humano y promediar sobre este espacio. Uno de los 9  
886 puntos deberá ser el que se encontró con mayor lectura. A partir de este punto se  
887 obtienen los demás puntos tomando en cuenta que el rectángulo debe tener una  
888 altura de entre 1.25 y 2 metros y un ancho de entre 0.35 y 0.5 metros. El rectángulo  
889 también debe ubicarse entre 0.2 y 0.5 metros arriba del piso, a menos que el punto  
890 de máxima lectura se localice más abajo. El plano donde se encuentra el  
891 rectángulo debe ser perpendicular a la dirección de propagación simulando a una

892 persona que ve de frente hacia el emisor o antena transmisora que emite los  
893 campos electromagnéticos.

894 3. Se mide la intensidad o densidad de potencia de los campos en cada punto,  
895 teniendo cuidado de promediar en el periodo de tiempo adecuado, de acuerdo a  
896 la frecuencia de los campos.

897 4. El promedio espacial se obtiene con las siguientes fórmulas:

$$898 \quad E = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^9 E_i^2}{n}} \quad (12)$$

$$899 \quad H = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^9 H_i^2}{n}} \quad (13)$$

$$900 \quad S = \frac{\sum_{i=1}^9 S_i}{n} \quad (14)$$

901 En donde:

902  $E$  = Intensidad del campo eléctrico promediada en el espacio (V/m).

903  $H$  = Intensidad del campo magnético promediada en el espacio (A/m).

904  $S$  = Densidad de potencia promediada en el espacio (W/m<sup>2</sup>).

905  $E_i$  = Intensidad del campo eléctrico promediado en el tiempo en el punto  $i$  (V/m).

906  $H_i$  = Intensidad del campo magnético promediado en el tiempo en el punto  $i$   
907 (A/m).

908  $S_i$  = Densidad de potencia promediada en el tiempo en el punto  $i$  (W/m<sup>2</sup>).

909  $n$  = Número de puntos a evaluar. (En este caso se usa  $n=9$ ).

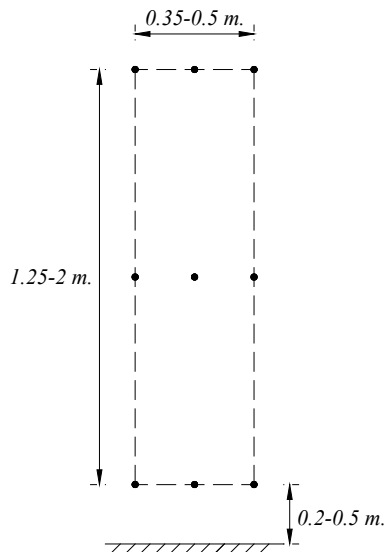


Figura 4.- Conjunto de puntos de medición para promedio espacial.

910

911

912

913

914

915

916

917

918

919

920

921

922

923

924

925

926

927

928

Iniciar la medición empleando un sistema de medición de campos electromagnéticos como se establece en 6.2, seleccionar un sensor para medición de altos niveles de potencia, seleccionando la escala donde se tiene mayor sensibilidad. En las áreas donde es probable medir una alta intensidad de campo, (por ejemplo, alrededor del lóbulo de radiación principal de una antena direccional) aproximarse desde cierta distancia para evitar que el sensor se queme. Continuar gradualmente la aproximación a las regiones de intensidad de campo más alta. Para bajas frecuencias, se debe medir primero la intensidad de campo eléctrico ya que este campo representa un mayor peligro por su capacidad de crear corrientes inducidas en el cuerpo.

Seleccionar un analizador de espectro o un medidor de intensidad de campo que desplieguen las señales recibidas en el dominio de la frecuencia, a fin de identificar el contenido espectral de las señales y sus características de modulación. Igualmente, dicho instrumento debe manejar un amplio intervalo dinámico, por ejemplo de 60 dB para medir señales que pueden ser desde muy débiles hasta aquellas de muy alta potencia. Una vez identificadas las características básicas de las señales que eran desconocidas, se procede a realizar una medición más puntual, empleando sensores isotrópicos y sus equipos de medición asociados.

929

### 5.3.3.2 Consideraciones de uso de los instrumentos de medición.

930

931

Cuando un campo espacialmente uniforme (onda plana) incide aproximadamente con la misma intensidad de campo sobre la persona que opera el sistema de medición, el cable,

932 la estructura de soporte, el equipo de medición y el sensor, el efecto más significativo que  
933 se produce es el de dispersión. Esto produce reflexiones que se relacionan directamente  
934 con la sección transversal de los objetos y su distancia desde el sensor. La dispersión  
935 producida por el cuerpo de la persona que opera el sistema de medición puede introducir  
936 errores de más de 2 dB en la densidad de potencia de la onda plana equivalente. Las  
937 reflexiones de los cables alineados con el campo eléctrico incidente y colocados  
938 aproximadamente 30 cm detrás del sensor isotrópico pueden causar variaciones en la  
939 medición de  $\pm 1.5$  dB a 915 MHz y  $\pm 0.75$  dB a 2,450 MHz. Estos efectos se vuelven más  
940 significativos a frecuencias más bajas donde la longitud del cable y la longitud de onda de  
941 RF son comparables. La magnitud de las reflexiones de un cable, de la persona que opere  
942 el sistema de medición u otros objetos, se incrementa a medida que la frecuencia  
943 disminuye en una relación geométrica fija entre el sensor y el cable. Por consiguiente,  
944 debería tenerse mayor cuidado a frecuencias por debajo de los 1,000 MHz para evitar  
945 grandes errores cuando se están efectuando mediciones en campos espacialmente  
946 uniformes. La orientación del cable para que sea perpendicular al campo eléctrico  
947 incidente, o la utilización de material absorbente, reducirá este problema. Sin embargo,  
948 deberá tenerse en cuenta que la mayoría de los absorbentes no son efectivos a bajas  
949 frecuencias. Por ello, son preferibles los instrumentos acoplados con fibra óptica para  
950 frecuencias por debajo de los 300 MHz.

951 Los campos interferentes de RF también se vuelven un problema significativo en las bajas  
952 frecuencias porque es más difícil blindar los circuitos electrónicos del equipo de medición y  
953 los cables a frecuencias por debajo de los 500 MHz. Se puede hacer una prueba  
954 operacional del sistema blindando totalmente la punta de un sensor de campo eléctrico  
955 con papel metálico. Este procedimiento permite identificar si existen campos interferentes  
956 o acoplamiento capacitivo entre el cable, el equipo de medición y los objetos radiantes  
957 cercanos durante la medición. De igual manera, si se reorientan las terminales del sensor,  
958 sin mover el cuerpo del sensor, y se altera la lectura significativamente (por ejemplo, unos  
959  $\pm 6$  dB) se puede deducir que las interferencias de RF están causando alteraciones en las  
960 mediciones. Es común encontrar grandes errores en las lecturas de los instrumentos  
961 isotrópicos más antiguos cuando estos se usan para medir los campos eléctricos y  
962 magnéticos por debajo de los 1,000 MHz, especialmente cuando el equipo de medición y  
963 el cable del sensor están expuestos a un campo de la misma magnitud que el que incide  
964 sobre el sensor. Esto se debe frecuentemente a un diseño deficiente que no toma en cuenta

965 los requerimientos mínimos de compatibilidad electromagnética. Para conectar el sensor al  
966 equipo de medición, los fabricantes de este tipo de instrumentos de medición emplean  
967 ahora cables de fibra óptica o cables de alta resistencia para minimizar los efectos de las  
968 interferencias de RF. Asimismo, para reducir los efectos de las interferencias ocasionadas  
969 por los cables y un equipo de medición de gran tamaño, existen sistemas completos de  
970 medición que en un mismo bastidor integran una antena activa y todos los circuitos  
971 electrónicos necesarios para el procesamiento de las señales y el despliegado de los  
972 resultados.

### 973 **5.3.3.3 Medición con condiciones de campo lejano y una sola fuente.**

974 La medición de un campo con características de onda plana, linealmente polarizado,  
975 generado por un emisor cuya frecuencia y polarización son conocidas, se efectúa con un  
976 medidor de intensidad de campos electromagnéticos sintonizable que cubra el intervalo  
977 de frecuencia de interés y la precisión requerida. Este instrumento se usa con una antena  
978 convencional calibrada, para ello se debe elegir el sensor tomando en cuenta el numeral  
979 6.2.5. También se puede usar un sensor isotrópico.

980 Las reflexiones multitrayectoria pueden crear distribuciones de campo altamente no  
981 uniformes, particularmente a frecuencias que exceden de 300 MHz. Para obtener el nivel  
982 de exposición en cualquier punto específico, deberá llevarse a cabo un promedio espacial  
983 de la forma descrita en las consideraciones generales. Las mediciones cercanas a objetos  
984 metálicos deberán realizarse con el filo del sensor a por lo menos tres "longitudes del sensor"  
985 para evitar grandes variaciones del campo por los campos dispersados.

986 Alternativamente se puede emplear un analizador de espectro, éste debe ser configurado  
987 estableciendo las siguientes condiciones:

- 988 • Frecuencia Central: Establecer la frecuencia central a la misma frecuencia central  
989 del emisor.
- 990 • Intervalo de frecuencias (Span): Suficiente para comprender la señal del emisor.
- 991 • Ancho de banda del filtro de resolución (RBW): Ancho de banda a 6 dB de la  
992 emisión de la estación bajo prueba.
- 993 • Ancho de banda de video (VBW): Auto.
- 994 • Tiempo de barrido (Sweep Time): Auto.
- 995 • Detector (Detector Function): RMS.
- 996 • Trazo (Trace): Retención máxima de imagen (Max Hold).
- 997 • En ambos casos se debe considerar lo especificado en los numerales 6.2.3 y 6.3.1.



- 998 • Elegir el sensor tomando en cuenta lo establecido en el numeral 6.2.5,
- 999 posteriormente conectar y acoplar la antena al equipo de medición como se
- 1000 muestra en el ejemplo de la Figura 2.
- 1001 • Identificar los puntos en donde se deben realizar las mediciones, estos puntos serán
- 1002 los de máximo nivel de emisión en los espacios en donde esté habitualmente
- 1003 presente público en general.
- 1004 • Maximizar todas las componentes espectrales activando para ello la función de
- 1005 que disponga el equipo de medición (Max Hold en el analizador de espectros).
- 1006 Para asegura la medición en el peor caso.
- 1007 • Mover la antena, en altura, orientación y polarización, con el fin de buscar el
- 1008 máximo de todas las componentes espectrales.
- 1009 • Verificar si existe sobrecarga en el analizador de espectro, incrementando el
- 1010 atenuador en 10 dB. Si hay cambios en el nivel de la señal, dejar el atenuador en el
- 1011 nivel más alto.

1012 Mientras se esté montando o sosteniendo la antena o el sensor de medición, debe tenerse  
 1013 el cuidado de evitar reflexiones o perturbaciones del campo producidas por las estructuras  
 1014 de soporte o por el cuerpo de la persona que opera el sistema de medición. Para evitar  
 1015 perturbaciones del campo, deberán cubrirse con material absorbente las partes metálicas  
 1016 del dispositivo de medición o de la estructura de soporte, solamente cuando sea necesario.  
 1017 De ser posible, los cables interconectados del sensor deberán orientarse en una dirección  
 1018 normal al campo eléctrico. Cuando esto no sea práctico o cuando algunos efectos severos  
 1019 de multitrayectoria produzcan campos desde múltiples direcciones, los cables metálicos  
 1020 deberán cubrirse con material absorbente, a menos que las pruebas demuestren que la  
 1021 posición del cable no afecta la medición. Los accesorios dieléctricos deben ser lo más  
 1022 pequeños que sea posible para que su sección transversal reflectora sea mínima, y deberán  
 1023 ser de un material con una constante dieléctrica baja, o ser menores a  $\frac{\lambda}{4}$  en grosor efectivo

1024  $T_E$ . El grosor efectivo se calcula de la siguiente forma:

$$1025 \quad T_E = T \sqrt{\epsilon_r} \quad (15)$$

1026 En donde:

1027  $T_E$  = Grosor efectivo (m).

1028  $T$  = Grosor físico (m).

1029  $\epsilon_r$  = Permitividad eléctrica relativa (F/m).

1030 Incluso las placas dieléctricas planas uniformes ( $\epsilon_r > 2$ ) pueden alterar significativamente los  
1031 campos de onda plana si el grosor efectivo es mayor a 0.1 de la longitud de onda.  
1032 Para obtener la máxima exactitud, las fuentes de error pueden ser calculadas para que de  
1033 esta manera las intensidades de campo reales puedan evaluarse con menos de  $\pm 2$  dB de  
1034 incertidumbre. Para obtener este nivel de exactitud a frecuencias por encima de los 300  
1035 MHz, se puede realizar una medición automatizada por medio de instrumentos con  
1036 mecanismos de barrido mecánico, el cual es controlado electrónicamente. De esta forma  
1037 se puede medir en varios puntos fijos, espaciados entre sí por una distancia muy inferior a  
1038 una longitud de onda, para así obtener la información de las variaciones en la intensidad  
1039 de campo en la zona de exposición, debidas a las multitrayectorias y a otras reflexiones.  
1040 Estas mediciones también se pueden hacer de forma manual.  
1041 Una vez que todas las componentes espectrales se estabilicen, se deben tomar las  
1042 mediciones, registrarlas y compararlas con los valores de la Tabla 2.

#### 1043 **5.3.3.4 Medición con condiciones de campo lejano y múltiples emisores**

1044 Cuando se miden los campos originados por múltiples emisores con características de  
1045 frecuencia, polarización y dirección de propagación desconocidas, se requerirá utilizar un  
1046 medidor de intensidad de campo de banda ancha y un sensor isotrópico de banda ancha.  
1047 En estos casos se pueden generar campos muy complejos donde existen ondas  
1048 estacionarias e interacciones fuertes entre los campos de cada emisor. Por ello, se deben  
1049 efectuar las mediciones sobre un volumen en el espacio, en vez de hacerlo sobre una  
1050 superficie, como la indicada en la Figura 4. Por lo tanto, formar un paralelepípedo  
1051 solamente al proyectar la superficie descrita en las Consideraciones generales en unos 0.5  
1052 metros de profundidad y agregar otros 9 puntos o más. Las mediciones se hacen en cada  
1053 uno de los 18 puntos resultantes y se obtienen los promedios como se indican en las  
1054 ecuaciones 12, 13 y 14 para un mayor número de puntos.  
1055 Aun cuando se utilice un sensor isotrópico para medir simultáneamente todas las  
1056 componentes de los campos eléctrico y magnético, se debe tener cuidado para no crear  
1057 situaciones en que se reflejen las señales por la posición del sensor, los cables, el equipo de  
1058 medición y el mismo operador. En estos casos se deben utilizar cables largos de alta  
1059 resistencia o cables de fibra óptica para realizar las mediciones de una forma remota.  
1060 El nivel de exposición en la región de campo lejano en zonas cercanas a múltiples emisores  
1061 a las que normalmente puedan tener acceso o donde habitualmente se encuentran seres  
1062 humanos debe ser  $\leq 1$ . Si éste valor llegase a ser mayor a la unidad, entonces se deberán

1063 realizar mediciones de los niveles de exposición de cada emisor con el fin de verificar el  
1064 cumplimiento con los valores límites de exposición a la frecuencia de operación  
1065 correspondiente, considerando lo establecido en 6.3.3. Se deberán tomar las mediciones  
1066 correspondientes a cada emisor, registrarlas, compararlas con los valores de la Tabla 2.

### 1067 **5.3.3.5 Medición en campo cercano.**

1068 Debido a la presencia de grandes gradientes de campo en la zona de campo cercano de  
1069 un radiador secundario pasivo o un radiador activo, su medición requiere del uso de un  
1070 sensor con un arreglo eléctricamente pequeño de tres dipolos ortogonales y, para  
1071 frecuencias por debajo de los 300 MHz, un arreglo de tres aros ortogonales eléctricamente  
1072 pequeños, a fin de obtener una medición con una resolución satisfactoria dentro de estos  
1073 gradientes espaciales. Como la polarización de los campos en situaciones de campo  
1074 cercano es generalmente desconocida, en la mayoría de los casos debe usarse un sensor  
1075 isotrópico. Si la frecuencia y la polarización son conocidas, no se requiere de un instrumento  
1076 de banda ancha; en su lugar se puede emplear un sensor de banda angosta de respuesta  
1077 uniforme en un solo plano (similar a algunos instrumentos de medición comerciales con dos  
1078 dipolos ortogonales).

1079 Para realizar mediciones en condiciones de campo cercano, deben observarse los  
1080 siguientes requerimientos:

- 1081 i) El sensor debe responder a un solo parámetro del campo electromagnético y no  
1082 producir emisiones espurias como respuesta a otro de los parámetros del campo.  
1083 (Por ejemplo, si el sensor se diseña únicamente para responder al campo  
1084 magnético, deberá contar con alguna característica que permita cancelar el  
1085 campo eléctrico).
- 1086 ii) Las dimensiones del sensor en el medio circundante deberán ser inferiores a una  
1087 longitud de onda, a la frecuencia de operación más alta.
- 1088 iii) El sensor no deberá producir una dispersión significativa de los campos  
1089 electromagnéticos incidentes.
- 1090 iv) La respuesta del sensor deberá ser isotrópica, no dependiente de su orientación, no  
1091 direccional y sin polarización. Sin embargo, cuando se conoce la polarización del  
1092 campo eléctrico o magnético, o si se tiene la facilidad de rotar el sensor para  
1093 encontrar la orientación que produce la respuesta máxima, se puede emplear un  
1094 sensor con una respuesta no isotrópica.

- 1095 v) Los cables que conectan al sensor con el equipo de medición no deberán  
1096 interactuar significativamente con el campo o conducir alguna corriente de RF  
1097 originada por el campo, hacia el sensor.
- 1098 vi) Tomar las mediciones correspondientes, registrarlas y compararlas con los valores de  
1099 la Tabla 2.

#### 1100 **5.4 Medición del índice de absorción específica (SAR).**

1101 Existen casos cuando la medición de los límites de referencia no es suficiente para  
1102 determinar si se cumplen los niveles de exposición máxima. El caso más frecuente se  
1103 presenta en los equipos terminales de radiocomunicaciones que generan un campo  
1104 electromagnético de baja potencia pero que se coloca a un lado de la cabeza y que por  
1105 lo tanto puede crear altos niveles de absorción de energía en los tejidos de la cabeza. En  
1106 este escenario, se tiene un campo cercano de naturaleza compleja que interactúa muy  
1107 de cerca con una estructura de tejido biológico también muy compleja. El resultado es una  
1108 complicada distribución de energía absorbida en la cabeza, para cuya evaluación no es  
1109 suficiente la medición de las intensidades del campo cercano alrededor de la antena del  
1110 equipo terminal, sino que se requiere la presencia del tejido biológico. Una medición de esa  
1111 forma produce errores significativos que no permiten determinar si se cumplen los niveles de  
1112 exposición máxima.

1113 Cuando los límites de referencia no se pueden aplicar satisfactoriamente para casos como  
1114 el anterior, es necesario recurrir a métodos de medición de los límites básicos establecidos  
1115 en la Tabla 1. El parámetro a medir en este caso es el índice de absorción específica (SAR)  
1116 a las frecuencias que operan los equipos terminales de radiocomunicaciones. El método  
1117 de medición del SAR descrito a continuación es aplicable para equipos terminales que  
1118 operan en las frecuencias que van de 300 MHz a 3 GHz.

##### 1119 **5.4.1 Instrumentación utilizada para la medición del SAR.**

1120 Para la medición del SAR se deberá utilizar (ver Figura 12):

- 1121 • Un modelo de la cabeza humana,
- 1122 • Un sensor de campos eléctricos,
- 1123 • Equipo electrónico de medición,
- 1124 • Un sistema de barrido electromecánico para posicionar el sensor (brazo mecánico) y  
1125 Un soporte para el equipo terminal móvil.

1126 La medición del SAR se realiza utilizando un sensor miniatura de campos eléctricos que se  
1127 coloca en distintos puntos en el interior de un modelo de la cabeza humana, expuesto a

1128 los campos electromagnéticos de un equipo terminal móvil que se coloca junto al modelo.  
1129 El sistema de barrido controlado electrónicamente se utiliza para posicionar el sensor de  
1130 campos eléctricos en distintos puntos en el interior del modelo de la cabeza que está relleno  
1131 de un líquido dieléctrico para simular los tejidos internos de la cabeza. El soporte para el  
1132 equipo terminal móvil mantiene fijo el equipo terminal a un lado de la oreja del modelo.  
1133 La medición deberá realizarse considerando lo siguiente:

- 1134 i) La variación de la temperatura del líquido (modelo de la cabeza humana) no  
1135 deben exceder  $\pm 2^\circ$  C durante las mediciones.
- 1136 ii) El dispositivo terminal de radiocomunicaciones no debe estar conectado a una  
1137 red pública de telecomunicaciones.
- 1138 iii) Los efectos de las reflexiones deben ser menor al 3% del SAR medido.

1139 El sistema para la medición de SAR de la Figura 12 debe ser calibrado como un sistema  
1140 completo, con todos sus elementos operando para medir los campos eléctricos en el interior  
1141 del modelo de la cabeza en condiciones de temperatura y frecuencia específicas.

1142 En particular, el sensor del campo eléctrico es una de las partes fundamentales para la  
1143 medición del SAR. Típicamente, este sensor está constituido por tres dipolos pequeños de  
1144 una dimensión mucho menor a la longitud de onda. Los dipolos se posicionan ortogonales  
1145 entre sí y por lo tanto forman un sensor isotrópico que mide las tres componentes espaciales  
1146 del campo eléctrico. A la salida de los dipolos se tienen diodos detectores que rectifican la  
1147 señal y producen una salida que es proporcional al cuadrado de la magnitud del campo  
1148 eléctrico en las tres direcciones espaciales. De esta manera, la magnitud del campo  
1149 eléctrico equivalente en un punto determinado en el interior del modelo de la cabeza,  
1150 simplemente será:

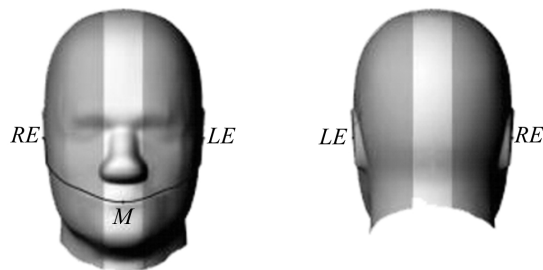
$$1151 \quad |\bar{E}| = \sqrt{|E_x|^2 + |E_y|^2 + |E_z|^2} \quad (16)$$

1152 Esta medida del campo eléctrico, sin embargo, se ve modificada por múltiples factores que  
1153 incluyen las características no ideales en la respuesta de los dispositivos que forman el  
1154 sensor, las características de construcción del sensor, así como la isotropía del sensor que  
1155 determina la habilidad del sensor de responder igualmente a todos los campos,  
1156 independientemente de la dirección de incidencia de los mismos. Por este motivo, es  
1157 necesario calibrar cuidadosamente el sensor de campo, trabajando junto a todo la  
1158 instrumentación requerida para la medición del SAR en condiciones reales de medición en  
1159 el interior del modelo de la cabeza. Los sistemas completos, disponibles comercialmente

1160 para la medición del SAR, deberán calibrarse de esa forma y deberán especificar la  
1161 incertidumbre máxima esperada en las mediciones.  
1162 El sistema de medición deberá tener un límite mínimo de detección de 0.02 W/kg y al mismo  
1163 tiempo deberá tener la capacidad de medir valores de al menos 100 W/kg. En este  
1164 intervalo, el sistema de medición, deberá mostrar un comportamiento lineal que no  
1165 introduzca errores mayores a  $\pm 0.5$  dB.  
1166 El sistema de barrido electromecánico debe tener la capacidad de posicionar el sensor de  
1167 campos eléctricos en todo el volumen interno del modelo de la cabeza con el fin de  
1168 evaluar la distribución tridimensional del SAR. El sistema de barrido deberá posicionar el  
1169 sensor en cualquier punto del volumen interno del modelo de la cabeza con una resolución  
1170 de por lo menos 1 mm y con un error en la posición de  $\pm 0.2$  mm como máximo.  
1171 El dispositivo de soporte que mantiene el equipo terminal en la posición para la medición  
1172 estará compuesto de materiales con una tangente de pérdidas menor a 0.05 y una  
1173 permitividad eléctrica relativa inferior a 5.

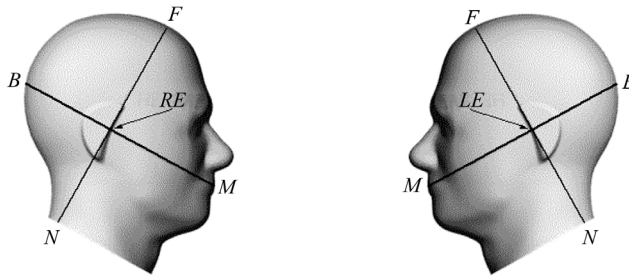
#### 1174 **5.4.2 Modelo antropométrico de la cabeza humana para la medición del** 1175 **SAR.**

1176 El sensor de campos eléctricos va a medir los niveles de campo generados por el equipo  
1177 terminal en el interior de un modelo de la cabeza que tiene una forma que corresponde al  
1178 de un hombre adulto con dimensiones mayores a las que presentan el 90% de los hombres  
1179 adultos, de acuerdo a estudios antropométricos de la población. Este tipo de modelo se  
1180 utiliza debido a que una cabeza de mayor tamaño en general absorbe mayor cantidad  
1181 de energía electromagnética y por ello la medición se realiza para un peor caso que no se  
1182 presenta en la exposición real a la que están sometidas la mayor parte de las personas. El  
1183 modelo de la cabeza se muestra esquemáticamente en varias posiciones en las Figura 5 y  
1184 6.



1185  
1186

Figura 5.-Modelo de la cabeza humana en posición anterior y posterior.



1187

1188

Figura 6.-Modelo de la cabeza humana en posición lateral derecha e izquierda.

1189

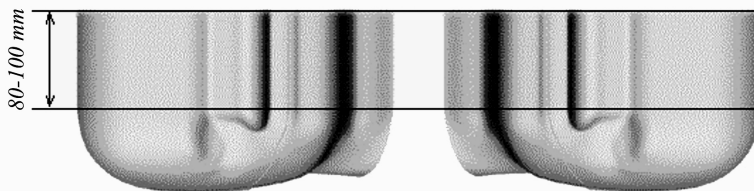
En la Figura 5 se observan tres puntos de referencia principales: el centro de la boca (M), el oído izquierdo (LE) y el oído derecho (RE). La línea que se observa y que atraviesa los tres puntos anteriores corresponde al plano de referencia. En la Figura 6, se muestran también los puntos de referencia principal, así como el plano de referencia marcado por la línea que va del punto M al B, y el plano normal, perpendicular al primero, marcado por la línea que va de N a F. En este modelo se practica una abertura en su parte más alta para permitir la introducción del sensor de campos eléctricos y realizar las mediciones.

1196

Una variante del mismo modelo de la cabeza, que también puede utilizarse para la medición del SAR, es un modelo bisectado que permite dividir la parte izquierda y derecha para colocarlas horizontalmente, de la forma en que se observa en la Figura 7.

1197

1198



1199

1200

Figura 7.- Modelo de la cabeza humana dividida en parte izquierda y derecha.

1201

Nótese que en el modelo bisectado, se prolonga el perímetro de cada lado del modelo entre 80 y 100 mm con el fin de rellenar con suficiente líquido dieléctrico el interior del modelo y así evitar errores de medición por la reflexión del campo en la superficie del líquido. Para ello, el líquido debe tener al menos 15 cm de profundidad.

1202

1203

1204

Las medidas que caracterizan la forma del modelo de la cabeza se enumeran en la Tabla 3 y se muestran gráficamente en la Figura 8.

1205

1206

1207

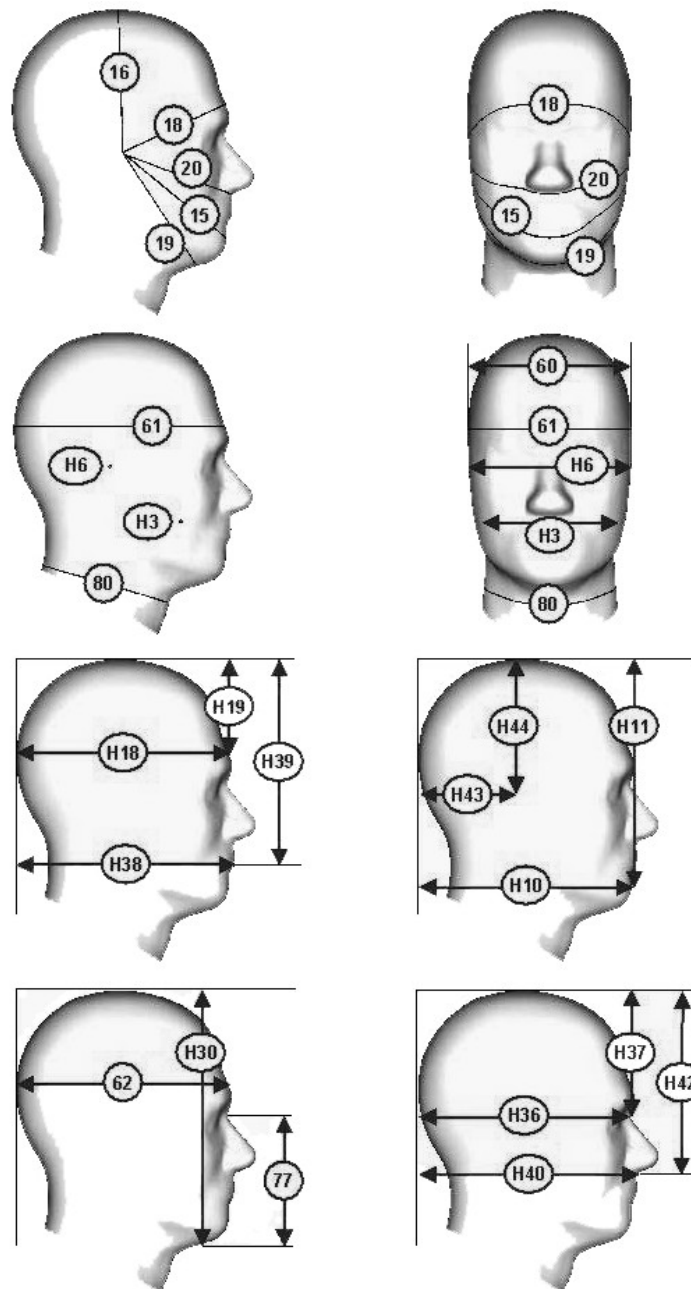
Tabla 3.- Medidas del modelo antropométrico de la cabeza humana.

Referencia	Medida (mm)
H3	130.0
H6	152.7
H10	206.5
H11	220.4

Referencia	Medida (mm)
H18	209.2
H19	104.4
H30	246.7
H36	205.3
H37	121.7
H38	211.4
H39	196.3
H40	213.0
H42	177.6
H43	106.4
H44	138.2
15	329.3
16	367.3
18	314.1
19	333.5
20	305.3
60	158.4
61	594.8
62	206.0
77	125.0
80	395.4

1208 Nota: Las medidas especificadas en la tabla corresponden a distancias lineales si se muestran como líneas con  
1209 flechas en la Figura 8, o como distancias de arco si se muestran como líneas sin flechas. Como excepción se tienen  
1210 las medidas que tienen los números de referencia 61 y 80, que se refieren a circunferencias completas.





1211  
 1212  
 1213  
 1214  
 1215  
 1216  
 1217  
 1218

Figura 8.-Medidas del modelo antropométrico de la cabeza humana.

El modelo de la cabeza debe ser hueco para permitir su relleno con material dieléctrico que va a simular las características eléctricas del tejido interno de la cabeza. La superficie del modelo, deberá tener un espesor de 2 mm, excepto en la parte de las orejas que van a ser sólidas y deberán permitir un espaciado entre el equipo terminal y la superficie principal del modelo de 6mm. El material del modelo deberá tener una tangente de pérdidas menor a 0.05 y una permitividad relativa menor de 5.

1219 El líquido dieléctrico con el que se rellena el modelo deberá tener las propiedades  
1220 dieléctricas que se establecen en la Tabla 4.

1221 **Tabla 4.- Propiedades dieléctricas del líquido de relleno del modelo de la cabeza.**

Frecuencia (MHz)	Constante dieléctrica relativa ( $\epsilon_r$ )	Conductividad ( $\sigma$ ) (S/m)
300	45.3	0.87
450	43.5	0.87
835	41.5	0.90
900	41.5	0.97
1,450	40.5	1.20
1,800	40.0	1.40
1,900	40.0	1.40
1,950	40.0	1.40
2,000	40.5	1.40
2,450	39.2	1.80
3,000	38.5	2.40

1222 Los valores de la Tabla 4 no deberán desviarse más allá del  $\pm 5\%$ , excepto en el valor de la  
1223 constante dieléctrica relativa entre 2 y 3 GHz, en donde se podrá tener una desviación  
1224 máxima de  $\pm 10\%$ .

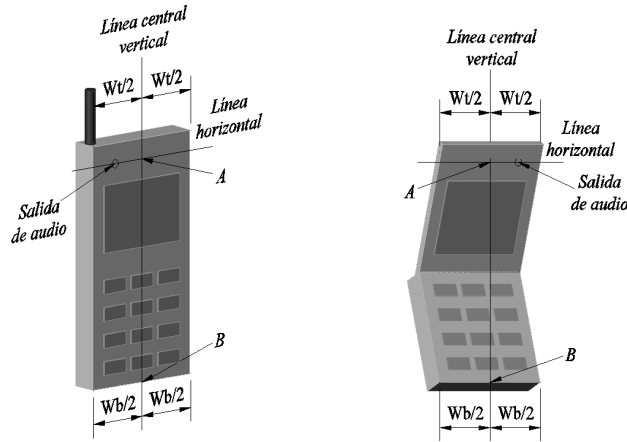
### 1225 **5.4.3 Posicionamiento del equipo terminal de radiocomunicación relativo al** 1226 **modelo de la cabeza.**

1227 La medición del SAR debe realizarse colocando el equipo terminal móvil en dos posiciones,  
1228 una en contacto con la mejilla y otra inclinada alejándose del contacto con la mejilla. Para  
1229 cada una de estas posiciones, se debe medir el SAR tanto en el oído izquierdo como el  
1230 derecho. La forma de colocar el equipo terminal en estas dos posiciones es la siguiente:

- 1231 • *Posición 1.-* Para definir esta posición se trazan dos líneas imaginarias en el equipo  
1232 terminal, una línea central vertical y una horizontal que se cruzan a la altura de la  
1233 salida de audio del equipo terminal en el punto A, tal como se muestra en la Figura  
1234 9, tanto para los modelos que tienen una cubierta desplegable que se puede abrir,  
1235 como los modelos que no tienen ésta cubierta. Obsérvese que la línea vertical pasa  
1236 por el punto central inferior B del equipo terminal que está en la superficie frontal del  
1237 mismo, donde regularmente se encuentran las teclas. Una vez definidas esta líneas  
1238 se procede a colocar el equipo terminal en contacto con la oreja del modelo de  
1239 la cabeza de tal manera que el punto A se ubique sobre la línea extendida que  
1240 pasa por los puntos LE y RE del modelo. Se ajusta la posición del equipo terminal  
1241 para que la línea central vertical del equipo terminal quede sobre el plano de

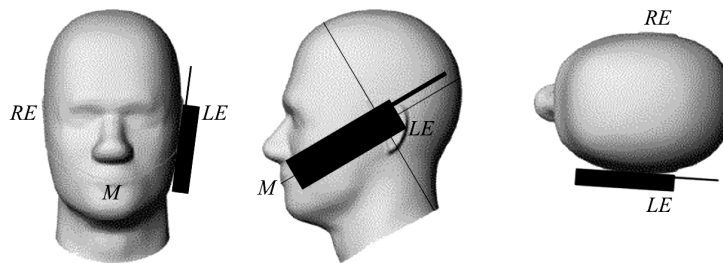
1242  
1243  
1244

referencia del modelo y se rota o mueve el equipo terminal para que exista algún punto de contacto adicional al punto A pero debajo de la oreja. La configuración se muestra gráficamente en la Figura 10.



1245  
1246

Figura 9.-Líneas de referencia para posicionar el equipo terminal.

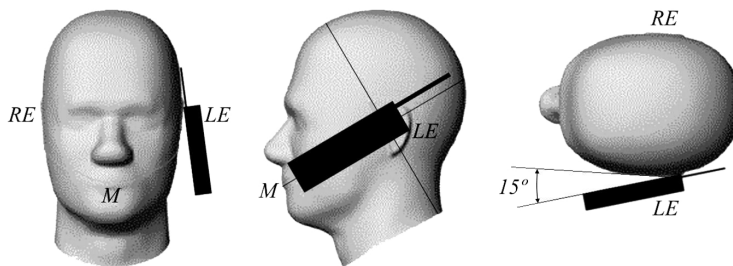


1247  
1248

Figura 10.-Posición 1 del equipo terminal junto al modelo de la cabeza.

1249  
1250  
1251  
1252  
1253  
1254

- *Posición 2.-* Para colocar el equipo terminal en esta posición se siguen los mismos pasos para colocarlo en la posición 1, con la diferencia de que al final se rota el equipo terminal de tal manera que la línea central vertical todavía se encuentre en el plano de referencia del modelo pero el contacto debajo de la oreja se elimina con esta rotación y se aleja del modelo unos 15° en relación a la posición 1, como se muestra en la configuración de la Figura 11.



1255

1256 Figura 11.-Posición 2 del equipo terminal de radiocomunicación junto al modelo de la  
1257 cabeza.

#### 1258 **5.4.4 Modos de operación del equipo terminal para la medición del SAR.**

1259 La medición del SAR se realiza con un equipo terminal operando en su régimen de máxima  
1260 potencia, utilizando para ello un programa especial de prueba almacenado en el equipo  
1261 terminal. Alternativamente, si no se utiliza un programa de prueba, se puede emplear un  
1262 simulador de una estación base de telefonía móvil con su antena correspondiente y que se  
1263 configure adecuadamente para que el transmisor del equipo terminal opere finalmente a  
1264 su máxima potencia.

1265 El equipo terminal debe estar libre de cables ya sean de alimentación, de su puerto de  
1266 programación, o algún otro, con el propósito de que los campos generados por el equipo  
1267 terminal no se vean alterados por la presencia de estos objetos metálicos. Igualmente, la  
1268 batería del equipo terminal debe estar totalmente cargada.

1269 La medición del SAR se efectúa para todos los modos de operación del equipo terminal  
1270 bajo prueba, ya sean analógicos o digitales, a las distintas bandas de frecuencias en que  
1271 opere dicho dispositivo en México.

1272 Cada modo de operación tiene características particulares que deben tomarse en cuenta  
1273 para configurar el equipo terminal para la prueba del SAR, por ejemplo:

- 1274 • Modo de operación analógico FDMA.- Los equipos terminales que utilizan  
1275 cualquiera de las tecnologías analógicas basadas en el acceso múltiple por división  
1276 de frecuencia (FDMA), pueden probarse con portadoras de señal continua en sus  
1277 canales de prueba ya sea programando secuencias de prueba en el equipo  
1278 terminal o utilizando un simulador de estación base.
- 1279 • Modo de operación digital TDMA.- Cuando los equipos terminales utilizan alguna de  
1280 las tecnologías digitales basadas en el acceso múltiple por división de tiempo  
1281 (TDMA), éstos se pueden probar utilizando códigos de prueba o un simulador de  
1282 estación base que establezca un canal de comunicación en determinada ranura  
1283 de tiempo. Si la tecnología empleada permite la asignación de múltiples ranuras de  
1284 tiempo, la medición se realiza tomando en cuenta la potencia promedio máxima  
1285 transmitida en las diferentes ranuras de tiempo.
- 1286 • Modo de operación digital CDMA.- En las tecnologías digitales derivadas del  
1287 acceso múltiple por división de código (CDMA), también conocidas como de  
1288 espectro disperso, el control de potencia de salida del equipo terminal es un

1289 parámetro que varía de acuerdo al tipo particular de codificación de voz que se  
1290 esté utilizando, la ubicación exacta del equipo terminal respecto a la estación base,  
1291 entre otros factores. En estos casos, es necesario operar el equipo terminal a su  
1292 máxima velocidad del codificador de voz y se deben configurar los códigos de  
1293 prueba o el simulador de la estación base de tal forma que se asegure un  
1294 funcionamiento del equipo terminal a su máximo nivel de potencia.

1295 Para cada modo de operación, la medición del SAR se efectúa para el canal más cercano  
1296 al centro de la banda de frecuencias en que transmite el equipo terminal. Si la banda de  
1297 frecuencias de transmisión del equipo tiene un ancho que excede el 1% de la frecuencia  
1298 central  $f_c$ , es necesario probar también los canales que se encuentran en el extremo  
1299 superior e inferior del ancho de banda. Cuando este ancho de banda de transmisión es  
1300 considerable, más allá del 10% de la frecuencia central, el número de canales a probar  
1301 dentro de este ancho de banda será determinado por la siguiente ecuación:

$$1302 \quad N_c = 2 \times \text{REDONDEO} \left[ \frac{10(f_{\text{sup}} - f_{\text{inf}})}{f_c} \right] + 1 \quad (17)$$

1303 En donde:

1304  $N_c$  = Número de canales donde se realiza la medición del SAR.

1305  $f_{\text{sup}}$  = Frecuencia superior del ancho de banda de transmisión del equipo terminal  
1306 (Hz).

1307  $f_{\text{inf}}$  = Frecuencia inferior del ancho de banda de transmisión del equipo terminal  
1308 (Hz).

1309  $f_c$  = Frecuencia central del ancho de banda de transmisión del equipo terminal  
1310 (Hz).

1311 *REDONDEO* = Función que redondea su argumento al número entero superior.

1312 En general, los equipos terminales de radiocomunicación incluyen modos de prueba que  
1313 pueden ser usados para evaluaciones de desempeño básicas. Tales señales de prueba  
1314 ofrecen medios consistentes para llevar a cabo los métodos de prueba del SAR, por lo que  
1315 son recomendables para la evaluación del referido SAR.

#### 1316 **5.4.5 Procedimiento de medición**

1317 Para determinar el valor máximo del SAR que produce un equipo terminal en particular, se  
1318 debe realizar la medición para cada combinación que resulta de las siguientes  
1319 condiciones:

- 1320 • Posición del equipo terminal en oído izquierdo y oído derecho.

- 1321 • Posición 1 del equipo terminal en contacto con la mejilla y posición 2 alejada de la
- 1322 mejilla.
- 1323 • Las variantes en cada posición como por ejemplo, con la antena del equipo
- 1324 terminal extendida y retraída.
- 1325 • Todos los modos de operación analógicos y digitales del equipo terminal.
- 1326 • Todas las bandas de frecuencia en que opera el equipo terminal.
- 1327 • Todos los canales de prueba que se hayan determinado en cada banda de
- 1328 frecuencias.

1329 El valor del SAR se obtiene midiendo el campo eléctrico y calculando el SAR con la siguiente  
 1330 fórmula:

$$1331 \quad SAR = \frac{\sigma}{\rho} E^2 \quad (18)$$

1332 En donde:

1333  $E$  = Valor rms de intensidad de campo eléctrico (V/m).

1334  $\sigma$  = Conductividad del tejido (S/m) (Ver Tabla 4).

1335  $\rho$  = Densidad de masa del tejido (kg/m<sup>3</sup>) (Establecido en un valor promedio de  
 1336 1,000 kg/m<sup>3</sup>).

1337 Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores se procede con los siguientes pasos:

- 1338 1. Empleando un sistema general para medición del SAR que cumpla con las
- 1339 especificaciones establecidas en la presente Disposición Técnica, así como con el
- 1340 estándar IS/IEC 62209:1 2005 "Human Exposure to radio frequency fields from hand-
- 1341 held and body- mounted Wireless communication devices- human models,
- 1342 instrumentation, and procedures," como se muestra en la figura 12, se mide el SAR
- 1343 local en un punto de prueba dentro del modelo de la cabeza a 10 mm o menos del
- 1344 punto de referencia del oído del modelo, en una dirección normal a la superficie
- 1345 del modelo. Esta medición se registra y se compara con una que se realiza al final
- 1346 de proceso en la misma posición para obtener la variación en las medidas, la cual
- 1347 debe ser menor a  $\pm 5\%$ .
- 1348 2. Se mide el SAR local en diferentes puntos de una superficie imaginaria que tiene una
- 1349 dimensión mayor al área proyectada del equipo terminal dentro del modelo de la
- 1350 cabeza. Sobre dichos puntos se inscribe un área reticular imaginaria en la cual se
- 1351 debe tener una separación no diagonal, menor a 20mm entre puntos. Cada punto
- 1352 de la retícula debe tener una separación constante con la superficie interna del

1353 modelo, la cual debe ser menor a 8mm. La máxima variación en la distancia de  
1354 separación constante será de  $\pm 1$ mm. Esto constituye un área reticular que tiene la  
1355 forma curva del modelo de la cabeza que es necesaria para el cálculo del SAR en  
1356 los siguientes pasos del procedimiento de medición. El ángulo entre el eje principal  
1357 del sensor y la normal a la superficie del modelo en cada punto deberá ser menor  
1358 a  $30^\circ$ , a menos que las condiciones físicas de la configuración de medición no lo  
1359 permitan y en cuyo caso se deberá reportar la incertidumbre adicional esperada.

1360 3. De la medición anterior se identifica el punto con el mayor valor de SAR, así como  
1361 aquellos otros que están debajo de este valor por 2 dB o menos. Posteriormente,  
1362 alrededor de cada uno de estos puntos se forma una retícula imaginaria que tiene  
1363 la forma de un volumen de un tamaño mínimo de 30x30x30mm, cuyo centro se  
1364 ubica lo más cerca posible de los puntos identificados anteriormente con mayor  
1365 valor de SAR. La distancia no diagonal entre puntos de la nueva retícula de mayor  
1366 resolución deberá ser menor de 8mm, excepto en la dirección normal a la superficie  
1367 del modelo, que deberá ser menor de 5mm. La cara del volumen obtenido que está  
1368 más cercana a la superficie interna del modelo deberá tener la misma forma curva  
1369 de la superficie del modelo. Lo mismo sucederá con la cara opuesta, en tanto que  
1370 las caras laterales podrán ser rectas.

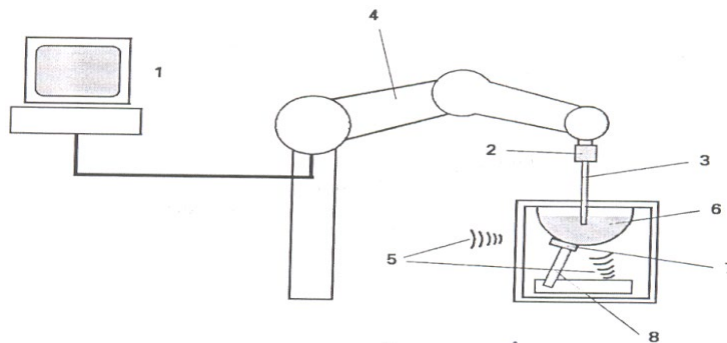
1371 4. Debido a que la punta del sensor no corresponde al punto que se encuentra en el  
1372 centro de los dipolos ortogonales del sensor, donde se realizan las mediciones, no es  
1373 posible medir justo en la superficie del modelo. Por ello, es necesario utilizar técnicas  
1374 de extrapolación matemática para encontrar los valores del SAR a lo largo de la  
1375 superficie del modelo que se encuentra cercana al equipo terminal y que es donde  
1376 frecuentemente se ubican los valores pico del SAR. Tampoco es conveniente  
1377 acercar la punta del sensor a la superficie interna del modelo en una distancia  
1378 menor a la mitad de la longitud de los dipolos del sensor, debido a que los efectos  
1379 de frontera entre medios de diferentes características interactuando con el sensor,  
1380 pueden crear altos valores de incertidumbre. También por esta razón es necesario  
1381 extrapolar los valores medidos para hallar el SAR en la superficie del modelo.

1382 5. Finalmente se procede a obtener por interpolación matemática todos los puntos  
1383 intermedios a los puntos medidos en el volumen reticular, más los puntos  
1384 extrapolados, de tal manera que se obtenga una nueva retícula que tenga una  
1385 separación no diagonal de 1mm entre puntos y que incluye los puntos medidos y los

1386 extrapolados. Con una retícula de esta resolución se obtiene el promedio del SAR  
1387 utilizando técnicas comunes de integración en los diferentes cubos que se pueden  
1388 formar con la nueva retícula y que incorporan los suficientes puntos medidos e  
1389 interpolados para contener 10 gramos de masa de tejido. De esta forma, se  
1390 identifica el cubo con el mayor valor promediado, siendo éste el valor pico del SAR  
1391 promediado en 10 gramos de tejido. Alrededor de cada uno de los puntos medidos  
1392 inicialmente y que presentaban los valores más altos de SAR se obtiene igualmente  
1393 por interpolación e integración los valores pico promediados y de los resultados para  
1394 cada punto se obtiene el de mayor valor, el cual debe ser menor a 2 W/kg, como  
1395 se establece en los límites básicos de la Tabla 1.

#### 1396 5.4.6 Evaluación de la incertidumbre de las mediciones

1397 Un sistema típico para las mediciones del SAR se presenta en la Figura 12.



1398  
1399 Figura 12.-Sistema general para la medición del SAR.

1400 En la figura 12 se enumeran las siguientes fuentes principales de incertidumbre que deben  
1401 valorarse con detalle y que es necesario reportar como parte de la medición del SAR:

- 1402 1. Sistema de control y de adquisición de datos.
- 1403 2. Circuitos electrónicos para acondicionamiento y medición de la señal del sensor
- 1404 3. Sensor de campos eléctricos.
- 1405 4. Sistema de barrido electromecánico para posicionamiento del sensor (brazo  
1406 mecánico).
- 1407 5. Campos electromagnéticos interferentes y ruido en el laboratorio de pruebas.
- 1408 6. Modelo de la cabeza humana relleno de líquido dieléctrico.
- 1409 7. equipo terminal bajo prueba.
- 1410 8. Dispositivo de soporte para el equipo terminal equipo terminal.

1411 Para cada una de estas fuentes principales de incertidumbre, se hace un desglose de las  
1412 fuentes secundarias asociadas a estas fuentes primarias y se combinan ponderadamente



1413 para obtener un valor total de incertidumbre que no debe exceder el  $\pm 30\%$  de los valores  
1414 picos promediados del SAR en el intervalo de 0.4 a 10 W/kg. El análisis detallado de todas  
1415 las fuentes de incertidumbre deberá incluirse en el reporte de las mediciones del SAR, y  
1416 deberá apegarse a los planteamientos matemáticos expuestos para los efectos del cálculo  
1417 de la incertidumbre en la sección 7 "Uncertainty estimation", del estándar IS/IEC 62209:1  
1418 2005 "Human Exposure to radio frequency fields from hand-held and body-mounted  
1419 Wireless communication devices- human models, instrumentation, and procedures".

#### 1420 **5.4.7 Reporte de medición del SAR**

1421 Toda la información que sea necesaria para realizar las mediciones del SAR de una forma  
1422 repetible dentro de los límites requeridos de incertidumbre y bajo las características de  
1423 calibración del sistema de medición, deberá incluirse en un reporte de las mediciones del  
1424 SAR, el cual contendrá, al menos, las siguientes partes:

1425

- 1426 a) Descripción del equipo terminal y la configuración utilizada para la prueba.
- 1427 b) Una lista de los instrumentos de prueba y sus especificaciones técnicas generales.
- 1428 c) Especificaciones del modelo de la cabeza y propiedades del líquido dieléctrico.
- 1429 d) Una lista de las pruebas realizadas para cada configuración de prueba  
1430 determinada por el modo de operación del equipo terminal, las bandas de  
1431 frecuencias, las posiciones del equipo terminal, los canales en donde se realizan las  
1432 pruebas, etc.
- 1433 e) Descripción de los métodos utilizados para la extrapolación, interpolación y  
1434 promediación de datos.
- 1435 f) Análisis detallado de incertidumbre en la medición.
- 1436 g) Representación gráfica de los resultados de las mediciones del SAR.

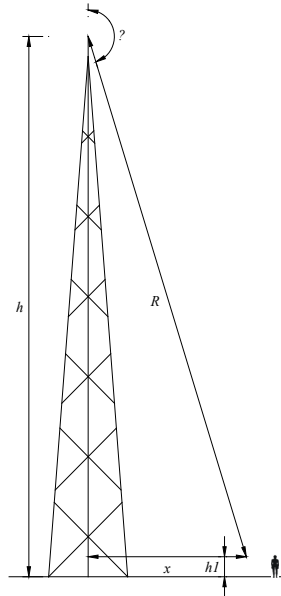
1437

1438

## APENDICE A (INFORMATIVO)

### 1439 Ejemplo de cálculo considerando un solo emisor de RF

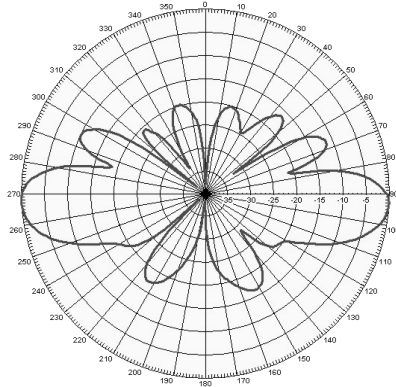
1440 Cálculo de los niveles de exposición aplicando la ecuación (1). Considérese el siguiente  
1441 escenario hipotético mostrado en la Figura 13 en el que existe un solo emisor de campos  
1442 electromagnéticos.



1443

1444 Figura 13.- Nivel de exposición en las cercanías de una antena radiodifusora de  
1445 FM.

1446 Supóngase que en el esquema anterior una antena de un sistema de radiodifusión de  
1447 frecuencia modulada (FM) se encuentra en la parte más alta de la torre a una altura de 90  
1448 m sobre el nivel del piso. La antena está transmitiendo con una potencia radiada efectiva  
1449 de 100 kW a la frecuencia de 107.3 MHz y una persona de 1.7 m de estatura se encuentra  
1450 parada a una distancia de 20 m de la base de la torre. Si el patrón de radiación vertical de  
1451 la antena expresado en decibeles es el que se muestra en la Figura 14, el nivel de exposición  
1452 al que está sometido la persona se calcula de la siguiente manera.



1453

1454

Figura 14.- Patrón de radiación vertical de una antena transmisora de FM.

1455

Primeramente se determina si la zona en que se encuentra el punto de exposición

1456

pertenece a la región de campo lejano. Para ello, se calcula por trigonometría básica la

1457

distancia R a la que se encuentra la persona alejada de la antena.

1458

$$R = \sqrt{(h - h_1)^2 + x^2} = \sqrt{(90 \text{ m} - 1.7 \text{ m})^2 + (20 \text{ m})^2} \cong 90.5 \text{ m} \quad (19)$$

1459

Para que se cumpla la condición de campo lejano, la distancia anterior deberá ser mayor

1460

a  $2D^2/\lambda$ . Como no se conoce la dimensión máxima de la antena, se va a suponer que se

1461

utiliza una serie de dipolos de media longitud de onda como los elementos radiadores. De

1462

esta forma, la frontera a partir de la cual se tienen las condiciones de campo lejano para

1463

cada elemento radiador es:

1464

$$\frac{2D^2}{\lambda} = \frac{2\left(\frac{\lambda}{2}\right)^2}{\lambda} = \frac{\lambda}{2} \quad (20)$$

1465

Y puesto que la longitud de onda correspondiente a la frecuencia de 107.3 MHz es de:

1466

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{107.3 \times 10^6 \text{ Hz}} \cong 2.8 \text{ m} \quad (21)$$

1467

La frontera a partir de la cual se tienen las condiciones de campo lejano es de 1.4 metros

1468

aproximadamente. Por lo tanto, la distancia R cumple fácilmente con las condiciones de

1469

campo lejano y por consiguiente, el cálculo se puede realizar.

1470

El patrón de radiación vertical de la Figura 14 muestra la forma en que varía la potencia

1471

radiada únicamente en función del ángulo  $\theta$  y cuyo valor en grados se observa en la

1472

graduación exterior del patrón. Por su parte, los círculos concéntricos internos tienen una

1473

graduación expresada en decibelios negativos, lo cual indica el nivel en decibelios en que

1474

se reduce la potencia, con relación a la dirección de máxima radiación. Para este ejemplo,

1475

se utiliza únicamente el patrón de radiación vertical puesto que el esquema de la Figura 13

1476

se dibuja precisamente en el plano vertical.

1477 Ahora bien, la antena transmite su máxima potencia cuando  $\theta$  es aproximadamente igual  
 1478 a  $90^\circ$ , de acuerdo al patrón de radiación de la Figura 14. Para encontrar la potencia a la  
 1479 que transmite la antena en la dirección en que se encuentra la persona se calcula el ángulo  
 1480  $\theta$  mostrado en la Figura 13, también por trigonometría básica.

$$1481 \quad \theta = 180^\circ - \tan^{-1}\left[\frac{x}{(h-h_1)}\right] = 180^\circ - \tan^{-1}\left[\frac{20m}{(90m-1.7m)}\right] \cong 167^\circ \quad (22)$$

1482 Consultando la 14 se puede encontrar que la potencia radiada para  $\theta$  igual a  $167^\circ$  es de  
 1483 aproximadamente -21 decibeles (dB), en relación a la potencia en la dirección de máxima  
 1484 radiación. Expresado lo anterior en términos del factor de potencia radiada, se tiene lo  
 1485 siguiente:

$$1486 \quad -21\text{dB} = 10 \log \frac{F(\theta = 167^\circ)}{F(\theta = 90^\circ)} = 10 \log \frac{F(\theta = 167^\circ)}{1} \quad (23)$$

1487 Despejando el factor que se tendría para  $\theta=167^\circ$  se obtiene:

$$1488 \quad F(\theta = 167^\circ) = \text{antilog}\left(-\frac{21}{10}\right) \cong 7.9 \times 10^{-3} \quad (24)$$

1489 En este punto hay que hacer notar que la potencia isotrópica radiada equivalente (PIRE)  
 1490 no es lo mismo que la potencia radiada efectiva (PRE). La PIRE es la potencia referida a un  
 1491 radiador isotrópico ideal, mientras que la PRE es la potencia referida a un dipolo de media  
 1492 onda. La relación entre estas dos cantidades es la siguiente:

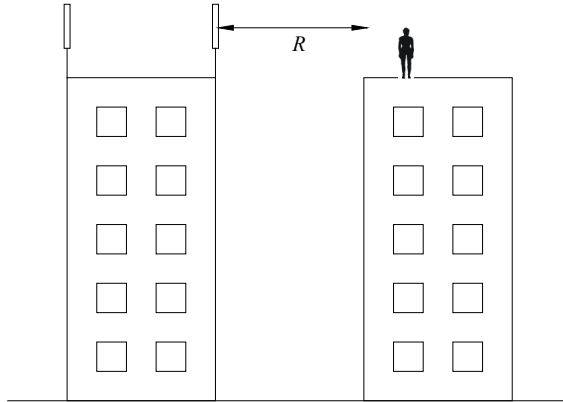
$$1493 \quad PIRE = 1.64PRE \quad (25)$$

1494 Por otra parte, el coeficiente de reflexión es de un valor desconocido para este ejemplo y  
 1495 por ello se puede optar por introducir el valor máximo de  $\rho=-1$  que implica una señal que se  
 1496 refleja totalmente en el suelo. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, un valor más  
 1497 aproximado al caso real de antenas montadas en una torre y zonas de exposición cercanas  
 1498 al suelo, sería de  $\rho=0.6$ . Introduciendo este valor en la ecuación (1) y aplicando las  
 1499 ecuaciones (19), (24) y (25) se obtiene finalmente.

$$1500 \quad S = (1+0.6)^2 \left( \frac{1.64 \times 100 \text{ kW}}{4\pi(90.5\text{m})^2} \right) (7.9 \times 10^{-3}) \cong 0.03 \text{ W/m}^2 \quad (26)$$

1501 Si se consulta el límite de referencia máximo de la Tabla 2 que aplica para la frecuencia de  
 1502 107.3 MHz, se observa que éste se ubica en  $2 \text{ W/m}^2$ . Por lo tanto, el valor de densidad de  
 1503 potencia que produce el sistema de radiodifusión de FM en el punto donde se encuentra  
 1504 la persona de este ejemplo, es alrededor de 66 veces menor al límite establecido.

1505 Considérese ahora un segundo ejemplo hipotético mostrado esquemáticamente en el  
 1506 diagrama de la Figura 15.



1507

1508

1509

Figura 15.- Nivel de exposición a una distancia próxima a una antena de telefonía celular.

1510

En este ejemplo se supone que en el techo del edificio de la izquierda se montan antenas de telefonía celular en forma de panel, trabajando a la frecuencia central de 885 MHz. Las antenas se alimentan con una potencia de entrada de 2 W, tienen una ganancia de 13 dBi y sus patrones de radiación vertical y horizontal son los que se muestran en la Figura 16. Si una persona se coloca en el techo del edificio adyacente de la derecha y su cabeza se encuentra exactamente enfrente de uno de los paneles, en la dirección de máxima radiación de ese panel, alejado 3 metros de éste, el nivel de exposición se puede calcular de la siguiente manera.

1511

1512

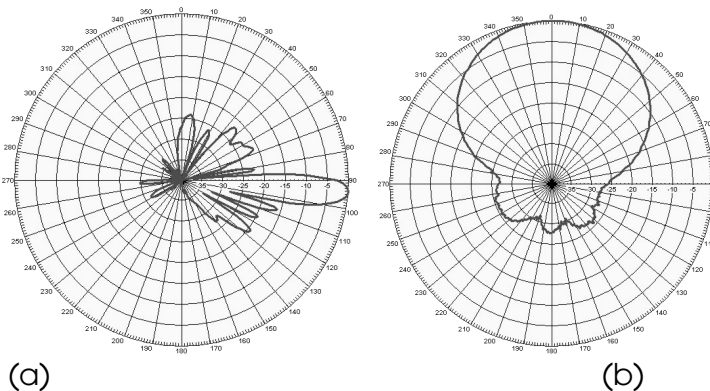
1513

1514

1515

1516

1517



1518

1519

1520

(a) (b)  
Figura 16.- Patrones de radiación vertical (a) y horizontal (b)

1521

de una antena típica de telefonía celular.

1522

En primer término se determina si se cumple la condición de campo lejano. Normalmente, este tipo de paneles para estaciones base de telefonía celular contiene un arreglo de antenas, cada una de dimensiones cercanas a una longitud de onda. Si la dimensión más grande de cada antena del arreglo fuera de media longitud de onda, la frontera más allá de la cual se cumple la condición de campo lejano sería precisamente de  $\lambda/2$ , como se

1523

1524

1525

1526

1527 obtiene de la ecuación (20). En este caso que se está trabajando a una frecuencia de 885  
1528 MHz, la frontera de campo lejano sería:

$$1529 \quad \lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{885.3 \times 10^6 \text{ Hz}} \cong 0.34 \text{ m} \quad (27)$$

1530 Por lo tanto, a una distancia R de 3 metros se cumplen las condiciones de campo lejano.  
1531 Para obtener la PIRE de esta antena se utiliza la siguiente ecuación:

$$1532 \quad PIRE = PG \quad (28)$$

1533 En donde:

1534  $P$  =Potencia de entrada de la antena (W).

1535  $G$  =Ganancia de la antena referida a un radiador isotrópico.

1536 En este ejemplo se tiene una ganancia de 13 decibeles referidos a una antena isotrópica  
1537 (dBi), cuyo valor expresado numéricamente es de:

$$1538 \quad G = \text{antilog}\left(\frac{13}{10}\right) \cong 19.9 \quad (29)$$

1539 Por lo tanto la PIRE de esta antena sería de:

$$1540 \quad PIRE = (2\text{W})(19.9) \cong 40 \text{ W} \quad (30)$$

1541 Esta potencia es la que se tiene en la dirección de máxima radiación de la antena. De los  
1542 patrones de radiación de la Figura 16, se observa que esto se presenta cuando las  
1543 coordenadas  $\theta$  y  $\phi$  son de  $90^\circ$  y  $0^\circ$ , respectivamente. Como en el ejemplo se supone que la  
1544 persona está colocada precisamente en estas coordenadas, viendo de frente a la antena,  
1545 no existe atenuación de la señal, más que la que se presenta por la distancia a la que la  
1546 persona está alejada de la antena.

1547 Por otra parte, el coeficiente de reflexión para este ejemplo se puede despreciar debido a  
1548 que el suelo refleja la señal pero la atenuación de la estructura del edificio es alta y  
1549 prácticamente sólo influye la señal directa.

1550 Aplicando la ecuación (1), el nivel de densidad de potencia donde se encuentra la  
1551 persona será de:

$$1552 \quad S = (1 + 0)^2 \left( \frac{40 \text{ W}}{4\pi(3)^2} \right) (1) \cong 0.35 \text{ W/m}^2 \quad (31)$$

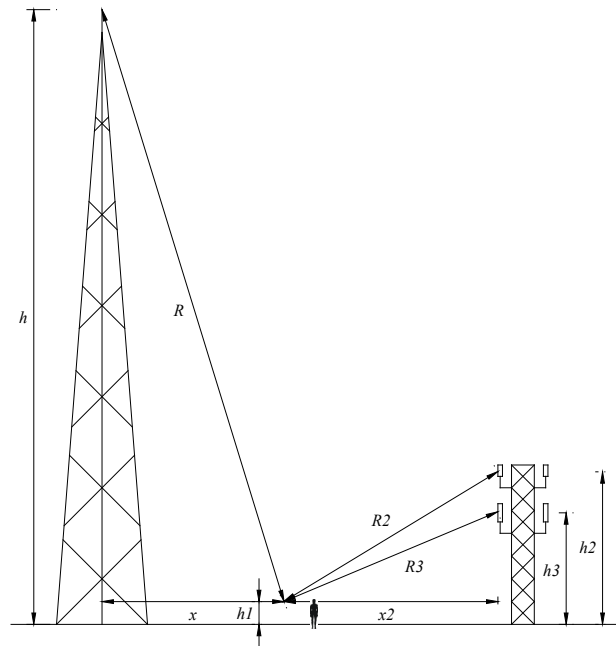
1553 Refiriéndose a la Tabla 2, el límite de referencia para estas frecuencias es de  $f/200 = 885/200$   
1554  $= 4.425 \text{ W/m}^2$ . Por lo tanto, se cumple.

1555 En la zona cercana al techo del edificio de la Figura 14 donde están montadas las antenas  
1556 tampoco existe mayor problema para la gente que se encuentra en el último piso debido  
1557 a que el patrón de radiación indica una atenuación muy alta en la dirección que apunta  
1558 hacia abajo ( $\theta=180^\circ$ ) y además los materiales del edificio atenúan todavía más la señal de  
1559 RF, típicamente entre 10 y 20 decibeles. Incluso, para la gente que sube al techo de este

1560 edificio no se tienen que tomar medidas especiales debido a que los patrones de radiación  
1561 indican una alta atenuación en la parte trasera de la antena.

1562 **Ejemplo de cálculo considerando múltiples emisores de RF**

1563 Aplicación de las relaciones de las ecuaciones 2, 3 y 4, considérese el escenario hipotético  
1564 mostrado en la Figura 17.



1565  
1566 **Figura 17.- Niveles de exposición cuando existen múltiples emisores.**  
1567 Supóngase que este escenario es el mismo del primer ejemplo de esta sección y sólo se está  
1568 adicionando una torre sobre las cual se montan antenas de un sistema personal de  
1569 comunicaciones (PCS) que trabaja a la frecuencia central de 1,857.5 MHz, en la parte  
1570 superior de la torre, y antenas de telefonía celular que operan a la frecuencia central de  
1571 885 MHz, en la parte inferior de la torre. Se asume que las antenas que contribuyen de  
1572 manera significativa al nivel de exposición son las colocadas a la izquierda de esta torre  
1573 debido a que las demás antenas están orientadas hacia otras direcciones y radian muy  
1574 poca energía de RF en la dirección donde se encuentra la persona.  
1575 La densidad de potencia en el punto donde se localiza la persona, originada por la antena  
1576 de FM, ya se obtuvo anteriormente y es de aproximadamente  $S_1=0.03 \text{ W/m}^2$ . Si después de  
1577 aplicar un procedimiento similar al de los ejemplos anteriores, se obtiene que  $S_2= 0.0024$   
1578  $\text{W/m}^2$  para la antena de PCS y  $S_3=0.006 \text{ W/m}^2$  para la antena de telefonía celular, se puede  
1579 aplicar la relación (4) de la siguiente forma:

1580 
$$\frac{S_{1(107.3MHz)}}{S_{ref,1(107.3MHz)}} + \frac{S_{2(1,857.5MHz)}}{S_{ref,2(1,857.5MHz)}} + \frac{S_{3(885MHz)}}{S_{ref,3(885MHz)}} = \frac{0.03}{10} + \frac{0.0024}{46.4} + \frac{0.006}{22.1} \cong 3.3 \times 10^{-3} < 1$$

1581 Para este cálculo se utilizan los límites de referencia para exposición de la Tabla 2, con lo  
 1582 cual se cumple la relación (4). Por lo tanto el nivel de exposición, cumple.

1583 La ecuación que relaciona el campo eléctrico y magnético en condiciones de campo  
 1584 lejano, para ondas planas es:

1585 
$$S = \frac{E^2}{\eta_0} = \eta_0 H^2 = EH$$

1586 En donde:

1587  $E$  = Intensidad de campo eléctrico (V/m).

1588  $H$  = Intensidad de campo magnético (A/m).

1589  $\eta_0$  = Impedancia intrínseca del espacio libre =  $120\pi [\Omega] \cong 377 [\Omega]$ .

1590



1591

## APENDICE B (INFORMATIVO)

### 1592 Consideraciones de Seguridad

#### 1593 **Riesgos potenciales no asociados directamente con el proceso de medición.**

1594 Antes de tomar las medidas de seguridad específicas asociadas al proceso de medición,  
1595 es conveniente describir algunos riesgos potenciales adicionales a los que se originan  
1596 directamente por el proceso de medición y que pueden estar relacionados con el equipo  
1597 electrónico o sistema que está siendo evaluado.

1598 1. **Alto voltaje.**- El equipo eléctrico y electrónico puede producir choques eléctricos  
1599 mortales. Al trabajar con este equipo, es necesario tomar precauciones de rutina  
1600 tales como no desactivar los sistemas de protección, extremar el cuidado en los  
1601 conductores y las terminales de alta tensión que se encuentran expuestas por  
1602 necesidad, así como evitar trabajar a solas cerca de sistemas de alta tensión. Es  
1603 necesario señalar que, en muchos sistemas de alta potencia una de las principales  
1604 causas de fuga de energía de RF son los electrodos de alta tensión de los tubos de  
1605 vacío que utiliza el transmisor. Se deben tener precauciones adicionales cuando se  
1606 efectúen mediciones en la cercanía de estructuras conductoras, tales como grúas  
1607 de gran altitud o cables largos suspendidos verticalmente que se localizan cerca de  
1608 fuentes de alta potencia y baja frecuencia de RF. En tales circunstancias, pueden  
1609 existir grandes voltajes de circuito abierto sobre las estructuras que están expuestas  
1610 a un ambiente de campos de RF; dichos voltajes pueden alcanzar niveles de varios  
1611 kilovolts y tienen el potencial de provocar un arco de alto voltaje a un cuerpo  
1612 aterrizado, causando fuertes sobresaltos y en algunos casos, serias quemaduras por  
1613 energía de RF. Por lo anterior, se deben tomar las precauciones apropiadas para  
1614 evitar el contacto con objetos aterrizados inadecuadamente en campos de RF  
1615 intensos.

1616 2. **Rayos X.**- Generalmente existe el potencial de emitir rayos X en los sistemas de alta  
1617 potencia que utilizan transmisores con tubos de vacío de alto voltaje (mayores a 20  
1618 kV). En estos casos se debe realizar primero una evaluación de las emisiones de rayos  
1619 X antes de comenzar el proceso de medición de energía de RF en las cercanías de  
1620 dichos transmisores. Aquí debe tenerse cuidado de que el instrumento de medición  
1621 de rayos X no sea susceptible a las interferencias de radiofrecuencia.

1622 3. **Campos magnéticos de corriente directa.**- Los sistemas de muy alta potencia  
1623 pueden incluir fuentes de campos magnéticos estáticos y de muy baja frecuencia.

1624 El personal a cargo de las mediciones debe evitar la cercanía prolongada a dichas  
1625 fuentes, que pueden exceder los límites recomendados por diferentes normas para  
1626 campos estáticos.

1627 4. **Riesgos indirectos causados por los campos de RF.**- Es importante recordar que la  
1628 presencia de campos de RF puede provocar peligros a la salud, o por lo menos  
1629 efectos indeseables, además de aquellos derivados de la exposición del tejido  
1630 corporal. Puesto que las mediciones pueden ser realizadas no sólo en condiciones  
1631 controladas de laboratorio, sino también cerca de transmisores móviles se debe  
1632 estar consciente de las siguientes posibilidades:

1633 a. Existen riesgos importantes que están asociados cuando alguien está cerca  
1634 de dispositivos explosivos activados eléctrica o electrónicamente, así como  
1635 gas combustible o materiales que pueden incendiarse a causa de su  
1636 exposición a campos electromagnéticos.

1637 b. En general es importante advertir que la interferencia potencial de campos  
1638 electromagnéticos a los sistemas o dispositivos electrónicos, a menudo se  
1639 presenta en niveles muy por debajo de aquellos que causan un daño  
1640 corporal. En estas condiciones, este tipo de interferencia puede causar  
1641 únicamente cierta molestia, como por ejemplo, cuando en una televisión se  
1642 observa una imagen distorsionada originada por la operación a baja altura  
1643 de un radar, o también puede ser causa de un riesgo mucho mayor como  
1644 por ejemplo cuando se altera la programación de dispositivos médicos  
1645 controlados por microprocesadores, tales como los marcapasos, o se  
1646 inducen errores en computadoras digitales que controlan procesos  
1647 industriales. En cualquiera de estos casos, esa interferencia es indeseable y  
1648 es necesario llevar a cabo una clara evaluación del impacto que pueden  
1649 causar las señales interferentes de RF en el proceso de medición.

1650 5. **Quemaduras.**- Se debe tener cuidado para prevenir las quemaduras por energía de  
1651 RF que pudieran resultar de la manipulación de objetos conductores expuestos a  
1652 campos o a cables de RF con conectores expuestos. Además, deben tomarse  
1653 precauciones rutinarias durante las mediciones cuando se trabaja con sistemas de  
1654 calentamiento y selladores de plástico que funcionan en base a energía de RF,  
1655 como por ejemplo, evitar la manipulación de cargas de prueba, barras selladoras y  
1656 líquidos a alta temperatura.

1657 6. **Modos de operación anormales.**- Se debe estar consciente que los sistemas  
1658 electrónicos tienen el potencial de trabajar en modos de operación anormales en  
1659 los cuales las frecuencias no deseadas y la radiación por fuga no intencional son  
1660 generadas a niveles de potencia significativos. Para evitar estas situaciones, el  
1661 personal que realiza las mediciones no deberá intentar operar un sistema sin la  
1662 presencia del personal calificado que verifique que el sistema esté trabajando en su  
1663 modo normal.

#### 1664 **Precauciones durante el proceso de medición**

1665 Se requieren estrictas precauciones durante el proceso de evaluación experimental de los  
1666 niveles de exposición producidos por un sistema radiante de alta potencia. Dichas  
1667 precauciones incluyen lo siguiente:

- 1668 1. El proceso de medición debe planearse de manera tal que la exposición de todo el  
1669 personal que está presente durante las mediciones, no exceda los límites de  
1670 referencia establecidos en esta disposición técnica . Esta limitación no solo se  
1671 relaciona con la densidad de potencia, sino también con la duración de la  
1672 exposición. En tales situaciones, lo más apropiado es usar una escala de potencia  
1673 para registrar los niveles de campo correspondientes que existirán durante la  
1674 operación normal a máxima potencia.
- 1675 2. La manipulación de antenas de exploración por barrido que giran o tienen partes  
1676 móviles, se debe realizar bajo las más estrictas medidas de seguridad. Dichas  
1677 medidas van desde aquellas para evitar lesiones por colisiones contra las estructuras  
1678 móviles o rotatorias, hasta las requeridas para evitar el encendido accidental de los  
1679 generadores de RF con las antenas dirigidas hacia el personal. Antes de comenzar  
1680 las mediciones, las antenas deberán moverse hacia la posición de menor peligro  
1681 potencial para el personal operativo. Además, si se van a tomar mediciones  
1682 mientras la antena está operando normalmente con sus ciclos de barrido, primero  
1683 se deberá determinar si el tiempo de respuesta del instrumento es lo suficientemente  
1684 rápido para responder a la señal que llega por un periodo corto de tiempo al  
1685 instrumento.
- 1686 3. Se debe realizar un análisis teórico previo de los patrones de radiación de la antena  
1687 antes de comenzar el proceso de medición.
- 1688 4. Las antenas no deben apuntarse hacia estructuras metálicas. De igual forma, los  
1689 objetos metálicos no deben estar inadvertidamente localizados cerca de las

1690 antenas. Estos no solo crean situaciones que origina dispersión y multitrayectorias  
1691 sino que también son una fuente potencial de quemaduras por energía de RF. Sin  
1692 embargo, si el área normal de transmisión incluye dichos objetos metálicos, se  
1693 tendrán que realizar las mediciones con esos objetos presentes, tomando las  
1694 medidas de precaución pertinentes. La presencia de estructuras secundarias tales  
1695 como torres, retenida de alambre, bardas, superficies reflectoras, etc., puede  
1696 intensificar los campos y producir zonas de alta energía de RF. Se debe tener una  
1697 cierta tolerancia para evitar esos efectos cuando se realicen las mediciones.  
1698 Durante el proceso de evaluación el operador del sistema de medición debe estar  
1699 en constante comunicación con su contraparte que controla el emisor de RF para  
1700 que en conjunto ejecuten el procedimiento requerido para las mediciones.

1701 Cuando se miden las radiaciones de fuga que producen emisores no intencionales de  
1702 energía de RF, se deben observar las siguientes precauciones:

- 1703 1. Existe la posibilidad de fuga en el sitio donde se encuentre un transmisor de RF, a lo  
1704 largo de cualquier línea de transmisión o guía de onda que transporta potencia del  
1705 transmisor (particularmente en las uniones de las guías de onda) y en todas las  
1706 puertas de acceso y paneles del gabinete que aloja al equipo transmisor.  
1707 Normalmente, la energía que se fuga decae en proporción inversa al cuadrado de  
1708 la distancia. Por consiguiente, al realizar las mediciones, se debe tener cuidado al  
1709 aproximarse al transmisor, la antena o cualquier otra estructura no deseada radiante  
1710 o causante de fuga y mantenerse a una distancia segura. El sistema de medición  
1711 debe ajustarse en estos casos a un nivel de sensibilidad suficiente para alertar al  
1712 operador de una posible exposición que excede los límites de referencia.
- 1713 2. Existe la posibilidad de quemaduras de RF, por lo que se debe evitar contacto con  
1714 cualquier estructura metálica que esté sobre, o cerca de un punto donde pudieran  
1715 existir altas intensidades de campo.
- 1716 3. Al abrir las puertas o paneles de acceso para insertar o remover algún objeto, por  
1717 ejemplo, en una cámara de pruebas de compatibilidad electromagnética de  
1718 equipos eléctricos o electrónicos, es necesario apagar el equipo y mantener  
1719 operando el dispositivo de seguridad del sistema.
- 1720 4. Si se observa un posible mal funcionamiento de los dispositivos de seguridad en la  
1721 puerta de acceso del gabinete de RF, se deberán determinar los niveles de fuga  
1722 mientras la fuente esté encendida y la puerta cerrada. Una vez hecho esto, el

- 1723            operador podrá abrir la puerta lentamente para observar cualquier incremento en  
1724            la fuga y una posible falla en el dispositivo de seguridad.
- 1725            5. No se debe insertar objetos extraños, especialmente los metálicos, en ninguna  
1726            abertura o puerta del gabinete de RF. Esto aplica particularmente en el caso de los  
1727            sistemas industriales de alta potencia que usan bandas conductoras que  
1728            transportan materiales cerca de gabinetes de RF.
- 1729            6. Con la fuente apagada, el operador debe inspeccionar visualmente todas las guías  
1730            de onda flexibles que transportan alta potencia. Esta inspección deberá determinar  
1731            signos de fatiga, envejecimiento, daños en las uniones, falta de mantenimiento, etc.
- 1732

1733	7. APENDICE C (NORMATIVO)
1734	PROCEDIMIENTOS DE EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD DE ESTACIONES Y EQUIPOS
1735	TERMINALES DE RADIOCOMUNICACIONES, SUJETOS AL CUMPLIMIENTO DE LA NORMA
1736	TÉCNICA IFT-007-2015.
1737	CONTENIDO
1738	CAPÍTULO I. DEFINICIONES
1739	CAPÍTULO II. DISPOSICIONES GENERALES
1740	CAPÍTULO III. EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD DE ESTACIONES DE
1741	RADIOCOMUNICACIONES
1742	CAPÍTULO IV. EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD DE EQUIPOS TERMINALES DE
1743	RADIOCOMUNICACIONES
1744	CAPÍTULO V. VIGENCIA DEL DICTÁMEN Y DEL CERTIFICADO DE CONFORMIDAD
1745	CAPÍTULO VI. MEDIOS DE IMPUGNACIÓN
1746	CAPÍTULO I
1747	DEFINICIONES
1748	<b>Artículo 1.</b> Para los efectos del presente ordenamiento, además de las definiciones previstas
1749	en la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión, se entenderá por:
1750	a) <b>Autorizado:</b> Persona física o moral que cuenten con título habilitante en términos de
1751	la fracción I, del artículo 170 de la Ley.
1752	b) <b>Certificación:</b> el procedimiento por el que se asegura que una estación de
1753	radiocomunicación o un equipo terminal de radiocomunicaciones cumple con la
1754	disposición técnica IFT-007-2015.
1755	c) <b>Concesionario:</b> Persona física o moral, titular de una concesión de las previstas en
1756	la LFTR.
1757	d) <b>Contraseña oficial:</b> signo distintivo que denota la conformidad de una estación o
1758	un equipo terminal de radiocomunicaciones con la disposición técnica IFT-007-
1759	2015.
1760	e) <b>Dictamen de conformidad:</b> el documento en que se hace constar el resultado de
1761	la verificación que realicen las unidades de verificación de tercera parte de
1762	conformidad con las disposiciones legales aplicables.
1763	f) <b>Evaluación de la conformidad:</b> la determinación del grado de cumplimiento con
1764	la disposición técnica IFT-007-2015. Comprende la realización de actividades o
1765	procedimientos tales como: muestreo, prueba, calibración, certificación y
1766	verificación.
1767	g) <b>Instituto:</b> Instituto Federal de Telecomunicaciones.

- 1768 h) **Laboratorio de pruebas autorizado:** el laboratorio nacional de tercera parte que  
1769 cuenta con la autorización del Instituto Federal de Telecomunicaciones para  
1770 evaluar la conformidad con la disposición técnica IFT-007-2015.
- 1771 i) **Ley:** la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión.
- 1772 j) **IFT-007-2015:** Disposición Técnica IFT-007-2015 “Telecomunicaciones-  
1773 Radiocomunicaciones-Medidas de operación para el cumplimiento de los límites  
1774 de exposición máxima para seres humanos a emisiones electromagnéticas de  
1775 radiofrecuencia no ionizantes, en el intervalo de 100 kHz a 300 GHz, en el entorno  
1776 de emisores de radiocomunicaciones”.
- 1777 k) **Organismo de certificación:** la persona moral autorizada por el Instituto, que tenga  
1778 por objeto realizar funciones de certificación de Disposiciones Técnicas.
- 1779 l) **Seguimiento:** actividades o procedimientos de evaluación de la conformidad, tales  
1780 como: muestreo, medición, pruebas de laboratorio, constatación ocular o examen  
1781 de documentos, a que están sujetos las estaciones o terminales de  
1782 radiocomunicaciones respecto de los cuales se otorgó un dictamen de  
1783 conformidad o un certificado de conformidad respectivamente, para comprobar  
1784 que continúan cumpliendo con las condiciones y requisitos bajo los cuales fueron  
1785 dictaminados o certificados y, por lo tanto, para mantener la vigencia del  
1786 dictamen o certificado de conformidad respectivo.
- 1787 m) **Titular:** Concesionario o autorizado, o importador, comercializador o fabricante de  
1788 equipos terminales a quien se le otorgó un dictamen o certificado de conformidad  
1789 respectivamente de acuerdo con el presente ordenamiento sobre procedimientos  
1790 de evaluación de la conformidad.
- 1791 n) **Unidad de verificación de tercera parte:** Unidad de verificación autorizada por el  
1792 Instituto que se reconoce como independiente de los intereses de los Titulares o  
1793 Concesionarios.
- 1794 o) **Verificación:** la constatación ocular o la comprobación mediante muestreo,  
1795 medición, cálculos y pruebas de laboratorio o el examen de documentos, que se  
1796 realizan para evaluar la conformidad de la disposición técnica IFT-007-2015 en un  
1797 momento determinado.
- 1798 p) **Verificación de tercera parte:** Verificación que lleva a cabo una Unidad de  
1799 verificación de tercera parte.

**CAPÍTULO II**  
**DISPOSICIONES GENERALES**

1800

1801

1802 **Artículo 2.** Las disposiciones contenidas en el presente ordenamiento aplican a las  
1803 estaciones y a los equipos terminales de radiocomunicaciones que se encuentren sujetos al  
1804 cumplimiento de la disposición técnica IFT-007-2015.

1805 **Artículo 3.** Las estaciones de radiocomunicaciones que se encuentre operando y las que  
1806 serán puestas en operación para la prestación de servicios de telecomunicaciones o de  
1807 radiodifusión deberán cumplir con la disposición técnica IFT-007-2015.

1808 **Artículo 4.** Los equipos terminales de radiocomunicaciones deberán cumplir con la  
1809 disposición técnica IFT-007-2015 y deberán contar con certificado de conformidad de  
1810 manera obligatoria. Dicha evaluación de la conformidad será realizada por organismos de  
1811 certificación autorizados por el Instituto.

1812 **Artículo 5.** Los dictámenes de conformidad y los certificados de conformidad serán  
1813 otorgados a los Titulares por unidades de verificación o por organismos de certificación  
1814 debidamente autorizados por el Instituto según corresponda, una vez que se compruebe  
1815 satisfactoriamente la conformidad de la estación o del equipo terminal de  
1816 radiocomunicaciones con la disposición técnica IFT-007-2015.

1817 En ambos casos, las unidades de verificación de tercera parte y los organismos de  
1818 certificación deberán informar al Instituto de los dictámenes y de los certificados de  
1819 conformidad que otorguen, amplíen, suspendan o cancelen, lo anterior en términos de la  
1820 presente Disposición Técnica y demás normatividad aplicable, a más tardar 5 días hábiles  
1821 contados a partir de realizados dichos actos; así como deberán informar del seguimiento  
1822 que realicen.

1823 **Artículo 6.** La documentación y requisitos necesarios para llevar a cabo los procedimientos  
1824 de evaluación de la conformidad a que se refiere el presente ordenamiento, deben  
1825 presentarse en idioma español.

1826 **Artículo 7.** La lista de las unidades de verificación de tercera parte autorizadas por el Instituto  
1827 para participar conforme lo establece el presente ordenamiento, se dará a conocer  
1828 públicamente a través de los medios de difusión del portal de internet del Instituto.

1829 **Artículo 8.** La interpretación, actualización o modificación del presente ordenamiento así  
1830 como la atención y resolución de los casos no previstos en el mismo, corresponderán al  
1831 Instituto.



### CAPÍTULO III

#### EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD DE ESTACIONES DE RADIOCOMUNICACIONES

**Artículo 9.** La evaluación de la conformidad de cada estación de radiocomunicaciones será a petición de parte mediante Unidades de Verificación de tercera parte autorizadas por el Instituto en términos de la Ley.

Para el caso de estaciones de radiocomunicaciones que vayan a ser puestas en operación, se deberá presentar al Instituto el cálculo de acuerdo al numeral 6.1.2 de la presente disposición técnica, firmado por su representante legal y deberá acompañarlo con la información que se establece en el numeral 6.1.1 a más tardar al día siguiente del inicio de operaciones.

**Artículo 10.** Para la evaluación de la conformidad de estaciones de radiocomunicaciones, la unidad de verificación de tercera parte deberá realizar el **cálculo** de los niveles de exposición, en el entorno próximo que rodea a la estación de radiocomunicaciones que se encuentra en operación y que se emplea para transmitir servicios de telecomunicaciones o de radiodifusión en donde esté habitualmente presente público en general y se cumplan las condiciones de campo lejano. De conformidad con lo establecido en el numeral 6 de la disposición técnica IFT-007-2015.

Para lo anterior, la unidad de verificación de tercera parte deberá emplear las ecuaciones que se establecen en el numeral 6.1.2 de la disposición técnica IFT-007-2015.

En caso de que se cumpla con los límites de referencia de exposición máxima, la unidad de verificación de tercera parte deberá expedir al Titular el dictamen de conformidad correspondiente.

**Artículo 11.** Cuando los valores obtenidos por la unidad de verificación de tercera parte empleando el cálculo de los niveles de exposición en la región de campo lejano, rebase los límites de referencia de exposición máxima indicados en la Tabla 2 de la disposición técnica IFT-007-2015 en el entorno próximo que rodea a la estación de radiocomunicaciones que se encuentra en operación y que se emplea para transmitir servicios de telecomunicaciones o de radiodifusión en donde esté habitualmente presente público en general, se informará al Titular del incumplimiento, quien deberá continuar con lo establecido en el Artículo 12.

**Artículo 12.** La unidad de verificación de tercera parte deberá realizar **mediciones** de los niveles de exposición en el entorno próximo que rodea a la estación de radiocomunicaciones que se encuentra en operación y que se emplea para transmitir

1865 servicios de telecomunicaciones o de radiodifusión en donde esté habitualmente presente  
1866 público en general de conformidad con lo establecido en el numeral 6 de la disposición  
1867 técnica IFT-007-2015, para verificar el cumplimiento con los valores límites de referencia de  
1868 exposición máxima, como lo establece la referida disposición técnica, cuando:

1869 a) Los valores obtenidos con el cálculo de los niveles de exposición en la región de  
1870 campo lejano en el entorno próximo que rodea a la estación de  
1871 radiocomunicaciones en donde esté habitualmente presente público en general  
1872 rebase los límites de referencia de exposición máxima, o

1873 b) En el entorno próximo que rodea a la estación de radiocomunicaciones esté  
1874 habitualmente presente público en general y se cumplan las condiciones de campo  
1875 cercano.

1876 En caso de que se cumpla con los límites de referencia de exposición máxima, la unidad  
1877 de verificación de tercera parte deberá expedir al Titular el dictamen de conformidad  
1878 correspondiente.

1879 **Artículo 12.** Cuando los valores obtenidos por las unidades de verificación a través de la  
1880 medición de los niveles de exposición sobrepasen los límites aplicables indicados en la Tabla  
1881 2 de la disposición técnica IFT-007-2015 en el entorno próximo que rodea a la estación de  
1882 radiocomunicaciones que se encuentra en operación y que se emplea para transmitir  
1883 servicios de telecomunicaciones o de radiodifusión en donde esté habitualmente presente  
1884 público en general, las unidades de verificación informarán al Titular y al Instituto del  
1885 incumplimiento.

1886 Al respecto el Instituto aplicará las sanciones que correspondan conforme a la Ley.

1887 **Artículo 13.** En caso de que exista una modificación en alguno de los elementos de la  
1888 estación de radiocomunicaciones que se encuentra en operación y que influya en el  
1889 comportamiento radioeléctrico de ésta, el Titular deberá entregar al Instituto un nuevo  
1890 cálculo de acuerdo al numeral 6 de la presente disposición técnica, para mostrar que se  
1891 cumple con los límites de la Tabla 2; a más tardar quince días hábiles después de la  
1892 modificación realizada.

1893 **Artículo 14.** En el caso de múltiples emisores de RF, la realización del 1) cálculo de los niveles  
1894 de exposición porcentual en la región de campo lejano obtenido mediante la suma de las  
1895 contribuciones ponderadas de cada uno de los emisores de acuerdo a los límites de  
1896 referencia que aplican para cada emisor, de acuerdo con las relaciones 2, 3, y 4, del  
1897 numeral 6.1.2 de la disposición técnica donde habitualmente esté presente público en

1898 general y, 2) las mediciones multiemisores de RF, no serán obligatorias para los  
1899 concesionarios.

1900

#### CAPÍTULO IV

1901

#### EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD DE EQUIPOS TERMINALES DE

1902

#### RADIOCOMUNICACIONES

1903

**Artículo 15.** Los equipos terminales de radiocomunicaciones deberán cumplir con los límites  
1904 básicos de exposición máxima, específicamente con los valores de SAR localizado en la  
1905 cabeza y el tronco que se han establecido para cumplimiento en la disposición técnica IFT-  
1906 007-2015 y contar con un certificado de conformidad de manera obligatoria. La evaluación  
1907 de la conformidad será realizada por organismos de certificación y por laboratorios de  
1908 prueba autorizados por el Instituto. Al respecto se deberá seguir el procedimiento descrito  
1909 en la resolución publicada en el Diario Oficial de la Federación el 11 de agosto de 2005,  
1910 mediante la cual la Comisión Federal de Telecomunicaciones expide los "*Procedimientos*  
1911 *de evaluación de la conformidad de productos sujetos al cumplimiento de normas oficiales*  
1912 *mexicanas de la competencia de la Secretaría a través de la Comisión*", en tanto el Instituto  
1913 establezca los lineamientos que los sustituyan.

1914

**Artículo 16.** En caso de que se cumpla con los límites básicos de exposición máxima de la  
1915 Tabla 1, específicamente con los valores de SAR localizado en la cabeza y el tronco el  
1916 laboratorio de pruebas expedirá el informe de resultados y el organismo de certificación  
1917 expedirá al Titular el certificado de conformidad correspondiente.

1918

Sin perjuicio de los procedimientos establecidos en los capítulos III y IV de la presente  
1919 disposición técnica, el Instituto podrá en el marco de sus atribuciones realizar las  
1920 verificaciones que estime convenientes.

1921

#### CAPÍTULO V

1922

#### VIGENCIA DEL DICTAMEN DE CONFORMIDAD Y DEL CERTIFICADO DE

1923

#### CONFORMIDAD

1924

**Artículo 17.** La vigencia del dictamen y del certificado de conformidad será definitiva. Sin  
1925 embargo, para mantener dicha vigencia las estaciones y los equipos terminales de  
1926 radiocomunicaciones serán sometidos a seguimiento, verificación y vigilancia según  
1927 corresponda.

1928

**Artículo 19.** El dictamen y el certificado de conformidad podrán ser suspendidos o  
1929 cancelados, si se incurre en alguna de las causas señaladas en los artículos 20 al 22 del  
1930 presente ordenamiento.

1931 **Artículo 18.** La vigencia del dictamen de conformidad de estaciones de  
1932 radiocomunicaciones podrá ser suspendida por el Instituto en cualquiera de los siguientes  
1933 supuestos:

1934 a) Cuando el titular impida u obstaculice las labores de verificación y/o vigilancia  
1935 llevadas a cabo por el Instituto.

1936 b) Cuando se dejen de cumplir las condiciones originales bajo las cuales se otorgó el  
1937 dictamen de conformidad.

1938 c) Cuando se impongan valores límite básicos y de referencia más estrictos en la DT IFT-  
1939 007-2015, bajo la cual se otorgó originalmente el dictamen de conformidad de la  
1940 estación.

1941 **Artículo 19.** El dictamen de conformidad de las estaciones de radiocomunicaciones podrá  
1942 ser cancelada por el Instituto por cualquiera de las siguientes causas:

1943 1. Cuando lo solicite el Titular.

1944 2. Cuando el Titular haya proporcionado información falsa.

1945 3. Cuando se reincida en los supuestos a que se refieren los incisos a) y/o b) del artículo  
1946 anterior.

1947 **Artículo 20.** El certificado de conformidad de equipos terminales de radiocomunicaciones  
1948 podrá ser suspendido por el Instituto por cualquiera de las siguientes causas:

1949 a) Cuando el Titular no proporcione en forma oportuna y completa al organismo de  
1950 certificación, la información o las muestras para el seguimiento a su certificado de  
1951 conformidad vigente.

1952 b) Cuando el Titular impida u obstaculice las labores de seguimiento, verificación o  
1953 vigilancia llevadas a cabo por el Instituto.

1954 c) Cuando los equipos terminales de radiocomunicaciones dejen de cumplir las  
1955 condiciones originales bajo las cuales se otorgó el certificado de conformidad.

1956 d) Cuando se impongan valores límite básicos más estrictos en la DT IFT-007-2015, bajo  
1957 la cual se otorgó originalmente el certificado de conformidad del equipo terminal  
1958 de radiocomunicaciones.

1959

1960

## CAPÍTULO VI MEDIOS DE IMPUGNACIÓN

1961 **Artículo 21.** Las personas afectadas por las resoluciones dictadas con fundamento en las  
1962 disposiciones previstas en el presente ordenamiento deberán sujetarse a los medios de  
1963 impugnación consagrados en el Título Décimo Sexto, Capítulo Único de la Ley.

1964 **8. Verificación y Vigilancia del cumplimiento**  
1965 Corresponde al Instituto la verificación y vigilancia del cumplimiento del presente  
1966 ordenamiento de conformidad con las disposiciones legales aplicables.

1967 **8. Bibliografía**

- 1968 (1) U.S. Federal Communications Commission, "Guidelines for evaluating the  
1969 environmental effects of radiofrequency radiation", Report and Order, ET Docket No.  
1970 93-62, FCC 96-326, August 1, 1996.
- 1971 (2) U.S. Federal Communications Commission, Office of Engineering and Technology,  
1972 "Evaluating compliance with FCC guidelines for human exposure to radiofrequency  
1973 electromagnetic fields", OET Bulletin 65, Edition 97-01, August 1997, Washington, D.C.
- 1974 (3) U.S. Federal Communications Commission, Office of Engineering and Technology,  
1975 "Evaluating compliance with FCC guidelines for human exposure to radiofrequency  
1976 electromagnetic fields, additional information for evaluating compliance of mobile  
1977 and portable devices with FCC limits for human exposure to radiofrequency  
1978 emissions", Supplement C to OET Bulletin 65, Edition 01-01, June 2001, Washington, D.C.
- 1979 (4) U.S. Federal Communications Commission, Office of Engineering and Technology,  
1980 "Evaluating compliance with FCC guidelines for human exposure to radiofrequency  
1981 electromagnetic fields, additional information for Radio and Television Broadcast  
1982 Stations", Supplement A to OET Bulletin 65, Edition 97-01, Washington, D.C.
- 1983 (5) International Electrotechnical Commission, "Human exposure to radio frequency fields  
1984 from hand-held and body-mounted wireless communication devices-Human models,  
1985 instrumentation, and procedures-Part1: Procedure to determine the specific  
1986 absorption rate (SAR) for hand-held devices used in close proximity to the ear  
1987 (frequency range of 300 MHz to 3 GHz)", International Standard IEC 62209-1, First Edition  
1988 2005-02, Geneve, Switzerland.
- 1989 (6) Institute of Electrical and Electronics Engineers, "IEEE recommended practice for  
1990 determining the peak spatial-average specific absorption rate (SAR) in the human  
1991 head from wireless communications devices: measurement techniques", IEEE Std 1528-  
1992 2003.
- 1993 (7) Institute of Electrical and Electronics Engineers, "IEEE recommended practice for  
1994 measurements and computation of radio frequency electromagnetic fields with  
1995 respect to human exposure to such fields, 100 kHz-300 GHz", IEEE Std C95.3-2002.

- 1996 (8) Institute of Electrical and Electronics Engineers, "IEEE standard methods for measuring  
1997 electromagnetic field strength of sinusoidal continuous waves, 30 Hz to 30 GHz", IEEE  
1998 Std 291-1991.
- 1999 (9) Unión Internacional de Telecomunicaciones, "Orientación sobre el cumplimiento de  
2000 los límites de exposición de las personas a los campos electromagnéticos",  
2001 Recomendación UIT-T K.52, Febrero, 2000.
- 2002 (10) Electronic Communications Committee (ECC), European Conference of Postal and  
2003 Telecommunications Administrations, (CEPT), "Measuring non-ionising  
2004 electromagnetic radiation (9 kHz-300 GHz)", ECC Recommendation (02)04, Edition  
2005 October, 2003.
- 2006 (11) International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, "Guidelines for limiting  
2007 exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300  
2008 GHz", Health Physics, April, 1998, Vol. 74, No. 4.
- 2009 (12) Institute of Electrical and Electronics Engineers, "IEEE standards for safety levels with  
2010 respect to human exposure to radio frequency electromagnetic fields, 3kHz to 300  
2011 GHz", IEEE Std C95.1, 1999 Edition.
- 2012 (13) Council of the European Union, "Council recommendation on the limitation of  
2013 exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz)", Official  
2014 Journal of the European Communities, July 30, 1999.
- 2015 (14) Asociación Interamericana de Centros de Investigación y Empresas de  
2016 Telecomunicaciones (AHCJET), "Estudio sobre normas legislativas y procedimientos de  
2017 control de emisiones radioeléctricas en América Latina", AHCJET 2004.
- 2018 (15) Health Protection Branch, Minister of Health Canada, "Limits of human exposure to  
2019 radiofrequency electromagnetic fields in the frequency range from 3kHz to 300 GHz",  
2020 Minister of Public Works and Government Services, Canada 1999.
- 2021 (16) R. Abd-Alhameed, P. Excell., M. Mangoud, "Computation of specific absorption rate  
2022 in the human body due to base-station antennas using a hybrid formulation", IEEE  
2023 Transactions on Electromagnetic Compatibility, Vol. 47, No. 2, May 2005, pp. 378-381.
- 2024 (17) D. Razansky, D. Soldea, P. Einziger, "Generalized transmission-line model for estimation  
2025 of cellular handset power absorption in biological tissues", IEEE Transactions on  
2026 Electromagnetic Compatibility, Vol. 47, No. 1, February 2005, pp. 61-67.
- 2027 (18) S. Pisa, M. Cavagnaro, E. Piuze, P. Bernardi, J. Lin, "Power density and temperature  
2028 distribution produced by interstitial arrays of sleeved-slot antennas for hyperthermia

- 2029 cancer therapy", IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, Vol. 51, No.  
2030 12, December 2003, pp. 2418-2426.
- 2031 (19) P. Bernardi, M. Cavagnaro, S. Pisa, E. Piuze, "Numerical evaluation of human exposure  
2032 to radio base stations antennas", International Symposium on Electromagnetic  
2033 Compatibility (EMC Europe 2002), Sorrento, Italy, 2002.
- 2034 (20) P. Bernardi, M. Cavagnaro, S. Pisa, E. Piuze, "Power absorption and temperature  
2035 elevations induced in the human head by a dual-band monopole-helix antenna  
2036 phone", IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, Vol. 49, No. 12,  
2037 December 2001, pp. 2539-2546.
- 2038 (21) P. Bernardi, M. Cavagnaro, S. Pisa, E. Piuze, " Human exposure to radio base-station  
2039 antennas in urban environment", IEEE Transactions on Microwave Theory and  
2040 Techniques, Vol. 48, No. 11, November 2000, pp. 1996-2002.
- 2041 (22) P. Bernardi, M. Cavagnaro, S. Pisa, E. Piuze, "Specific absorption rate and temperature  
2042 increases in the head of a cellular-phone user", IEEE Transactions on Microwave Theory  
2043 and Techniques, Vol. 48, No. 7, July 2000, pp. 1118-1123.
- 2044 (23) P. Bernardi, M. Cavagnaro, S. Pisa, "Evaluation of the SAR distribution in the human  
2045 head for cellular phones used in a partially closed environment", IEEE Transactions on  
2046 Electromagnetic Compatibility, Vol. 38, No. 3, August 1996, pp. 357-366.
- 2047 (24) Gandhi O, Lazzi G, Furse C., "Electromagnetic absorption in the human head and neck  
2048 for mobile telephones at 835 and 1900 MHz", IEEE Transactions on Microwave Theory  
2049 and Techniques, Vol. 44, No. 10, October 1996, pp. 1884-1897.
- 2050 (25) S. Watanabe, M. Taki, T. Nojima, O. Fujiwara, "Characteristics of the SAR distribution in  
2051 a head exposed to electromagnetic fields radiated by a hand-held portable radio",  
2052 IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, Vol. 44, No. 10, October 1996,  
2053 pp. 1874-1883.
- 2054 (26) V. Hombach, K. Meier, M. Burkhardt, E. Kühn, N. Kuster, "The dependence of EM energy  
2055 absorption upon human head modeling at 900 MHz", IEEE Transactions on Microwave  
2056 Theory and Techniques, Vol. 44, No. 10, October 1996, pp. 1865-1873.
- 2057 (27) M. Okoniewski, M. Stuchly, "A study of the handset antenna and human body  
2058 interaction", IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, Vol. 44, No. 10,  
2059 October 1996, pp. 1855-1864.

- 2060 (28) P. Bernardi, M. Cavagnaro, S. Pisa, "Evaluation of the SAR distribution in the human  
2061 head for cellular phones used in partially closed environment", IEEE Transactions on  
2062 Electromagnetic Compatibility, Vol. 38, No. 3, August 1996.
- 2063 (29) Q. Balzano, O. Garay, T. Manning, "Electromagnetic energy exposure of simulated  
2064 users of portable cellular telephones", IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol.  
2065 44, No. 3, August 1995, pp. 390-403.
- 2066 (30) T. Nagatsuma, M. Shinagawa, N. Sahri, A. Sasaki, Y. Royter, A. Hirata, "1.55- $\mu$ m photonic  
2067 systems for microwave and millimeter-wave measurement", IEEE Transactions on  
2068 Microwave Theory and Techniques, Vol. 49, No. 10, October 2001, pp. 1831-1839.

## 2069 9. Concordancia con normas internacionales

2070 Esta disposición técnica coincide con las siguientes normas internacionales:

- 2071 • International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, "Guidelines for  
2072 limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up  
2073 to 300 GHz")
- 2074 • International Electrotechnical Commission, "Human exposure to radio frequency  
2075 fields from hand-held and body-mounted wireless communication devices-Human  
2076 models, instrumentation, and procedures-Part1: Procedure to determine the specific  
2077 absorption rate (SAR) for hand-held devices used in close proximity to the ear  
2078 (frequency range of 300 MHz to 3 GHz)", International Standard IEC 62209-1.
- 2079 • Institute of Electrical and Electronics Engineers, "IEEE recommended practice for  
2080 measurements and computation of radio frequency electromagnetic fields with  
2081 respect to human exposure to such fields, 100 kHz-300 GHz", IEEE Std C95.3-2002.

## 2082 10 Disposiciones Transitorias

2083 **Primero.-** La presente norma entrará en vigor a los 60 días naturales posteriores a su  
2084 publicación en el Diario Oficial de la Federación.

2085 **Segundo.-** Los Titulares de las estaciones de radiocomunicaciones que se encuentren en  
2086 operación deberán presentar ante el Instituto, a más tardar doce meses contados a partir  
2087 de la entrada en vigor de la presente disposición, el cálculo de acuerdo al numeral 6 o la  
2088 medición de acuerdo al numeral 6.3, en el entorno próximo que rodea a la estación de  
2089 radiocomunicaciones en donde esté habitualmente presente público en general; mismo  
2090 que deberá estar firmado por su representante legal y acompañado con la información  
2091 que se establece en el numeral 6.1.1., de la presente disposición técnica.

2092

015-06-26