

1  
2  
3  
4 ANEXO ÚNICO

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

10 CONSIDERACIONES PRELIMINARES

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

17  
18 El presente Anteproyecto de Disposición Técnica coadyuvaría al establecimiento de  
19 límites de exposición máxima para seres humanos cercanos a emisores de radiaciones  
20 electromagnéticas de radiofrecuencia no ionizantes, así como a los métodos de prueba  
21 requeridos para evaluar su cumplimiento en el intervalo de frecuencias de 100 kHz a 300  
22 GHz; así como que los equipos terminales de radiocomunicaciones utilizados cerca del  
23 oído no excedan los límites básicos de exposición máxima, particularmente los valores del  
24 índice de absorción específica (SAR, por sus siglas en inglés) establecidos en la presente  
25 Disposición Técnica.

26  
27  
28 En el caso de la emisión y entrada en vigor del presente anteproyecto Disposición Técnica  
29 se alcanzarían los siguientes objetivos:

- 30  
31  
32 a) Establecer los límites máximos de exposición para seres humanos cercanos a emisores  
33 de radiaciones electromagnéticas de radiofrecuencia no ionizantes,

34

35 b) Establecer los métodos de prueba requeridos para evaluar la conformidad de los  
36 límites a los cuales se encuentra expuesta la población a esos campos  
37 electromagnéticos.

38

39

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

42

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

46 b) Asegurar que la exposición a los equipos terminales de radiocomunicaciones  
47 utilizados cerca de la cabeza de los seres humanos, no exceda los niveles de  
48 exposición máxima establecidos en la Disposición Técnica.

49 c) Dar certeza jurídica a todos los involucrados y respuesta a las frecuentes demandas  
50 ciudadanas al respecto.

51 d) Brindar un marco de referencia con relación a las radiaciones no ionizantes emitidas  
52 por estaciones de radiocomunicaciones que presten servicios de telecomunicaciones  
53 y de radiodifusión.

54 e) Proveer un referente, tanto a los concesionarios como a las autoridades  
55 correspondientes, que pudiera facilitar los trámites para la instalación y despliegue de  
56 infraestructura de telecomunicaciones y radiodifusión.

57

58

59	
60	ÍNDICE
61	
62	1 INTRODUCCIÓN
63	2 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN
64	3 DEFINICIONES
65	4 ABREVIATURAS
66	5 ESPECIFICACIONES
67	5.1 LÍMITES DE EXPOSICIÓN MÁXIMA.
68	5.1.1 <i>Limites básicos de exposición máxima.</i>
69	5.1.2 <i>Límites de referencia de exposición máxima.</i>
70	6 MÉTODOS DE PRUEBA.
71	6.1 CÁLCULO DE LOS NIVELES DE EXPOSICIÓN.
72	6.1.1 <i>Características de la fuente emisora y las condiciones de propagación.</i>
73	6.1.2 <i>Cálculo.</i>
74	6.2 SISTEMA DE MEDICIÓN DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS.
75	6.2.1 <i>Instrumentación.</i>
76	6.2.2 <i>Requisitos técnicos del sistema de medición de campos electromagnéticos.</i>
77	6.2.3 <i>Características del sistema de medición de banda ancha y de banda angosta.</i>
78	6.2.4 <i>Características de los sistemas que miden campo eléctrico (E) y campo magnético (H) de</i>
79	<i>forma simultánea.</i>
80	6.2.5 <i>Sensores.- Tipos de antenas utilizados para mediciones a diferentes intervalos de frecuencia.</i>
81	6.3 MEDICIÓN DE LOS NIVELES DE EXPOSICIÓN.
82	6.3.1 <i>Consideraciones preliminares a la medición de campos electromagnéticos.</i>
83	6.3.2 <i>Consideraciones de seguridad.</i>
84	6.3.3 <i>Procedimientos de medición</i>
85	6.4 MEDICIÓN DEL ÍNDICE DE ABSORCIÓN ESPECÍFICA (SAR).
86	6.4.1 <i>Instrumentación utilizada para la medición del SAR.</i>
87	6.4.2 <i>Modelo antropométrico de la cabeza humana para la medición del SAR.</i>
88	6.4.3 <i>Posicionamiento del teléfono móvil relativo al modelo de la cabeza.</i>
89	6.4.4 <i>Modos de operación del teléfono móvil para la medición del SAR.</i>
90	6.4.5 <i>Procedimiento de medición</i>
91	6.4.6 <i>Evaluación de la incertidumbre de las mediciones</i>

92	6.4.7	Reporte de medición del SAR
93		APENDICE A (INFORMATIVO)
94		<i>Ejemplo de cálculo considerando un solo emisor de RF</i>
95		<i>Ejemplo de cálculo considerando múltiples emisores de RF</i>
96		APENDICE B (INFORMATIVO)
97		<i>Consideraciones de Seguridad</i>
98		APENDICE C (NORMATIVO)
99		<i>Procedimiento para Evaluar la Conformidad</i>
100		
101	7	VIGILANCIA DEL CUMPLIMIENTO
102	8	BIBLIOGRAFÍA
103	9	CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES
104		
105	10	DISPOSICIONES TRANSITORIAS
106		

3



107

108

## 1. Introducción

109

110

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

117

118

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

123

124

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

131

132

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

137

---

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

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

144

145 Adicionalmente y con el fin de validar el cumplimiento de los límites de exposición de esta  
146 Disposición Técnica, se incorporan métodos de prueba que proporcionan los  
147 requerimientos fundamentales a seguir para calcular y/o medir los niveles de campos  
148 electromagnéticos emitidos por diversos emisores de energía electromagnética. Dichos  
149 métodos de prueba son consistentes con las especificaciones del estándar C95.3  
150 publicado en el año 2002 por el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE)  
151 referente a mediciones y cálculos de campos electromagnéticos de radiofrecuencia con  
152 respecto a la exposición humana a dichos campos, en las frecuencias de 100 kHz a 300  
153 GHz. Los métodos de prueba en comento también incluyen la medición del índice de  
154 absorción específica (SAR) producido por teléfonos móviles portátiles, de forma  
155 compatible con las especificaciones de la Norma Internacional 62209-1 publicada en el  
156 año 2005 por parte del Comité Electrotécnico Internacional (IEC), referente a los  
157 procedimientos para determinar el SAR producido por dispositivos de comunicación  
158 inalámbricos portátiles utilizados cerca del oído, en el intervalo de frecuencias de 300 MHz  
159 a 3 GHz.

160

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

165

166

167

168

## 2.- Objetivo y Campo de Aplicación

169

170

171

172

173

174

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

175

176

177

178

179

a) Asegurar que en las zonas de exposición a campos electromagnéticos producidos por la operación de estaciones de radiocomunicaciones en donde habitualmente se encuentre público en general, no se excedan los niveles de exposición máxima establecidos en el intervalo de frecuencias de 100 kHz a 300 GHz.

180

181

182

183

184

b) Asegurar que los equipos terminales de radiocomunicaciones utilizados cerca del oído no excedan los límites básicos de exposición máxima, específicamente los valores del SAR localizado en la cabeza y el tronco en el intervalo de frecuencias de 300 MHz a 3 GHz.

185

186

187

188

189

190

191

La Disposición Técnica es aplicable a:

- Los concesionarios y autorizados que cuenten con estaciones de radiocomunicaciones que estén operando o a ser puestas en operación para la prestación de servicios de telecomunicaciones y de radiodifusión en el intervalo que va de 100 kHz a 300 GHz.

192

193

194

195

- Las personas físicas o morales que importen, fabriquen y/o comercialicen equipos terminales de radiocomunicaciones que se conecten a través de un acceso inalámbrico a una red pública de telecomunicaciones.

196

## 3. Definiciones

197

198

199

200

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

- 201 I. **Absorción específica de energía (SA).**- Es la energía absorbida por unidad de  
202 masa del tejido biológico expresada en joules por kilogramo (J/kg). La  
203 absorción específica de energía es igual a la integral en el tiempo del índice  
204 de absorción específica.  
205
- 206 II. **Ciclo de trabajo.**- La razón entre la duración de un pulso y el periodo de un  
207 tren de pulsos.  
208
- 209 III. **Compatibilidad electromagnética (EMC).**- Es la capacidad de un equipo o  
210 sistema para funcionar de manera satisfactoria en un ambiente  
211 electromagnético sin generar interferencias significativas a otros equipos o  
212 sistemas.  
213
- 214 IV. **Densidad de corriente.**- Es igual a la corriente eléctrica por unidad de  
215 superficie. Se expresa en amperes por metro cuadrado (A/m<sup>2</sup>).  
216
- 217 V. **Densidad de flujo magnético.**- Es un campo vectorial que ejerce una fuerza  
218 sobre una carga o cargas que se mueven a determinada velocidad y se  
219 expresa en teslas (T).  
220
- 221 VI. **Densidad de potencia (S).**- Potencia por unidad de área, normal a la dirección  
222 de propagación, expresada en watts por metro cuadrado (W/m<sup>2</sup>). Para ondas  
223 planas, la densidad de potencia (S), la intensidad de campo eléctrico (E) y la  
224 intensidad de campo magnético (H), están relacionadas por la impedancia  
225 del espacio libre, 377 Ohms, como sigue:  $S = \frac{E^2}{377} = 377H^2$ .  
226
- 227 VII. **Disposición Técnica (DT).**- Ordenamiento técnico de observancia obligatoria  
228 emitido por el Instituto Federal de Telecomunicaciones.  
229
- 230 VIII. **Equipos terminales de radiocomunicaciones.**- Equipos de radiocomunicaciones  
231 destinados a usuarios, que se conecte más allá del punto de conexión terminal  
232 de una red pública con el propósito de tener acceso a servicios de

233 telecomunicaciones y que se utilizan muy próximos a la cabeza y  
234 particularmente al oído.

235

236 IX. **Estación de radiocomunicaciones.**- Uno o más transmisores o una combinación  
237 de transmisores y en su caso receptores, incluyendo elementos radiadores, las  
238 instalaciones y equipos de soporte necesarios para asegurar un servicio de  
239 telecomunicaciones o radiodifusión en el intervalo de frecuencias de 100 kHz a  
240 300 GHz.

241

242 X. **Exposición al público en general.**- Exposición a la radiación de RF que recibe  
243 una persona del público en general y que no es consecuencia directa de la  
244 actividad que desempeña en el transcurso de sus labores de trabajo.

245

246 XI. **Índice de absorción específica (SAR).**- Es la derivada respecto al tiempo del  
247 incremento de energía ( $dU$ ) absorbida (disipada) en un incremental de masa  
248 ( $dm$ ), que está contenida en un elemento de volumen ( $dV$ ) con densidad de  
249 masa  $\rho$ :

250

251

252

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

253

En donde:

254

$\sigma$  = Conductividad del tejido (S/m).

255

$\rho$  = Densidad de masa (kg/m<sup>3</sup>).

256

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

257

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

260

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

262

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

266

267

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

271

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

275

276

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

281

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

285

$$286 \quad \epsilon^* = \epsilon_0(\epsilon' - j\epsilon'') = \epsilon_0 \left( \epsilon' - j \frac{\sigma}{\omega \epsilon_0} \right)$$

287

288 Donde  $\epsilon_0$  es la permitividad en el espacio libre ( $8.854 \times 10^{-12}$  faradios por  
289 metro),  $\epsilon'$  es la constante dieléctrica, o la parte real de la permitividad  
290 compleja,  $\epsilon''$  es la parte imaginaria de la permitividad relativa compleja,  $\sigma$  es  
291 la conductividad del medio, y  $\omega$  es la frecuencia angular en radianes

292

293

294 XVIII. **Permitividad relativa.**- Es la razón entre la permitividad compleja y la  
295 permitividad del espacio libre.

296

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

300

301

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

302

303

304

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

305

306

307

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

308

309

310

311

312

313

314

315

316

317

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

318

319

320

321

322

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

323

324

325

326

327

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

328

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

329

330

B

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

333

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

336

337

#### 338 4. Abreviaturas

339

340 En esta Disposición Técnica se emplean las siguientes abreviaturas.

341

342 **EMC** Compatibilidad electromagnética (por sus siglas en inglés "Electromagnetic  
343 Compatibility").

344 **EMF** Campo electromagnético (por sus siglas en idioma inglés de "Electromagnetic  
345 Field").

346 **PIRE** Potencia isotrópica radiada equivalente.

347 **RF** Radiofrecuencia.

348 **S** Densidad de potencia.

349 **SA** Absorción específica de energía (por sus siglas en idioma inglés de "Specific  
350 Absorption").

351 **SAR** Índice de absorción específica (por sus siglas en inglés de "Specific Absorption  
352 Rate").

353

354

355

356

---

#### 357 5. Especificaciones

358

##### 359 5.1 Límites de exposición máxima.

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

363 **5.1.1 Límites básicos de exposición máxima.**

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

367

- 368 • Entre 100 kHz y 10 MHz, se establecen límites básicos en términos de la densidad de  
369 corriente para prevenir efectos en las funciones del sistema nervioso.
- 370 • Entre 100 kHz y 10 GHz, se establecen límites básicos expresados en términos del  
371 índice de absorción específica (SAR) para prevenir un determinado calentamiento  
372 en los tejidos de todo el cuerpo o de partes localizadas del cuerpo.
- 373 • Entre 10 GHz y 300 GHz, los límites básicos están dados en términos de la densidad  
374 de potencia para prevenir el calentamiento excesivo en los tejidos cercanos a la  
375 superficie del cuerpo.

376

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

382

383 En el intervalo de frecuencias de 10 MHz a 10 GHz, los efectos al organismo que se pueden  
384 detectar se relacionan con el incremento de temperatura del cuerpo en más de 1°C. Este  
385 nivel de incremento de temperatura resulta de la exposición de personas bajo  
386 condiciones ambientales moderadas a un SAR de cuerpo entero de 4 W/kg por cerca de  
387 30 minutos. Basado en este efecto, se ha seleccionado como límite básico un SAR de  
388 cuerpo entero de 0.08 W/kg como la restricción que proporciona una adecuada  
389 protección para la exposición al público en general.

390

391 A frecuencias mayores de 10 GHz, el criterio más adecuado para establecer un límite  
392 básico es la densidad de potencia debido a que los campos electromagnéticos penetran  
393 cada vez menos los tejidos a medida que crece la frecuencia. De esta forma, el  
394 comportamiento de los campos se acerca más al de la luz visible que solamente tiene un  
395 efecto superficial. Este efecto superficial también es causante de un incremento de  
396 temperatura en los tejidos externos, por lo cual, los límites de exposición a estas

397 frecuencias buscan prevenir un calentamiento moderado. El límite básico que se ha  
398 establecido para el público en general es de  $10 \text{ W/m}^2$ .

399  
400 En la Tabla 1 se muestran los límites básicos.

401  
402

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

403  
404

Notas:

- 405 1.  $f$  es la frecuencia en Hz.
- 406 2. Debido a que el cuerpo humano no es homogéneo, las densidades de corriente deben ser promediadas sobre una sección transversal de  $1 \text{ cm}^2$ , perpendicular a la dirección de la corriente.
- 407 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  $\sqrt{2}$  ( $\approx 1.414$ ).
- 408 4. Todos los valores del SAR deben ser promediados sobre cualquier periodo de 6 minutos.
- 409 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.
- 410 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  $2 \text{ mJ/kg}$  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.

411

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

### 423 5.1.2 Límites de referencia de exposición máxima.

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

431

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

436

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

438

439

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> )
Público en general	100-150 kHz	87	5	-
	0.15-1 MHz	87	0.73 / f	-
	1-10 MHz	87 / f <sup>0.5</sup>	0.73 / f	-
	10-400 MHz	28	0.073	2
	400-2000 MHz	1.375 f <sup>0.5</sup>	0.0037 f <sup>0.5</sup>	f / 200
	2-300 GHz	61	0.16	10

440

441

442

443

444

445

446

447

448

449

450

451

452

453

454

455

456

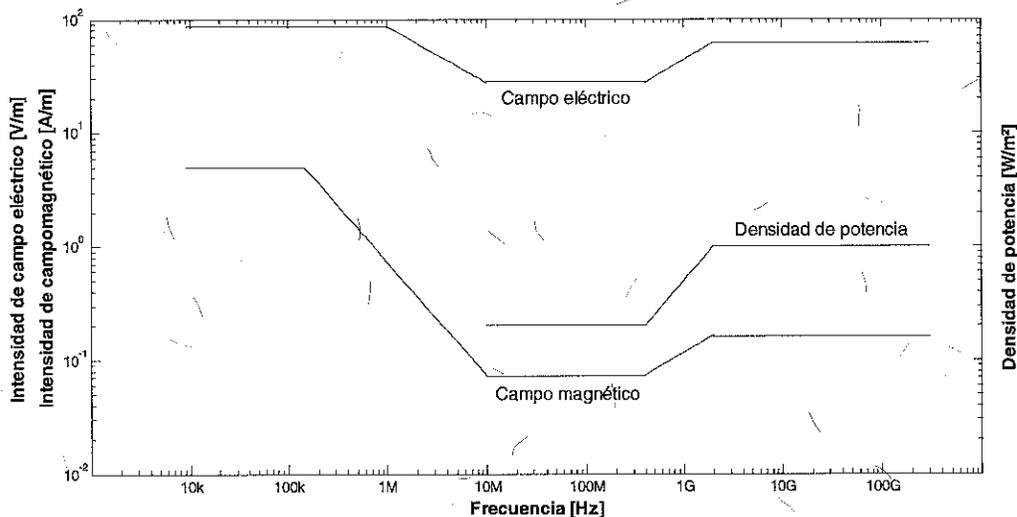
457

458

Notas:

1. f es la frecuencia expresada en las unidades indicadas en la columna de intervalo de frecuencias.
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.
3. Para frecuencias entre 100 kHz y 10 GHz, los valores de E<sup>2</sup>, H<sup>2</sup> y de la densidad de potencia equivalente de onda plana (S) deben ser promediados sobre cualquier periodo de 6 minutos.
4. Todos los valores de la tabla son valores rms.
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).
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.
7. Para frecuencias mayores a 10 GHz, los valores de E<sup>2</sup>, H<sup>2</sup> 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.



459

460

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

461

462

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.

463

464

465

466

467

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.

468

469

470

471

472

473

474

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.

475

476

477

478

479

480

481

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

*(Handwritten signature and number 3)*

482 cercanas a múltiples estaciones de radiocomunicaciones donde, habitualmente esté  
483 presente público en general deberá ser  $\leq 1$ .

484

485

486 Si el nivel de exposición porcentual calculado o medido en la región de campo lejano en  
487 zonas cercanas a múltiples emisores, donde habitualmente esté presente público en  
488 general es mayor a la unidad; el Instituto convocará a los involucrados que contribuyen al  
489 nivel de exposición porcentual, para resolver dicho incumplimiento.

490

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

492

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

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

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

514

515

516

517 **6. Métodos de prueba.**

518

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

523

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

526

527 I. El cálculo de los niveles de exposición máxima se debe realizar cuando en el  
528 entorno próximo que rodea a cada estación de radiocomunicaciones esté  
529 habitualmente presente público en general y dicho entorno pertenezca a la  
530 región de campo lejano. En este caso, se deberán considerar las  
531 características básicas del emisor y las condiciones bajo las cuales se tendría  
532 un nivel máximo de exposición, es decir, las condiciones de emisión más  
533 desfavorables.

534

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

536

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

540

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

545

546 c) El nivel de exposición porcentual calculado o medido en la región  
547 de campo lejano en zonas cercanas a múltiples emisores donde

548                   esté habitualmente presente público en general llegue a ser mayor  
549                   a la unidad. En este caso, se deben realizar mediciones de los  
550                   niveles de exposición de cada emisor involucrado en la zona  
551                   cercana a múltiples emisiones con el fin de verificar el cumplimiento  
552                   con los niveles de exposición máxima correspondientes a su  
553                   frecuencia de operación.

554  
555                   Así mismo, los métodos de prueba permiten determinar los límites básicos de exposición  
556                   máxima, específicamente los valores del SAR localizado en la cabeza y el tronco  
557                   producidos por los equipos terminales de radiocomunicaciones.

558

## 559                   **6.1 Cálculo de los niveles de exposición.**

### 560                   **6.1.1 Características de la fuente emisora y las condiciones de propagación.**

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

565

- 566                   i) Tipo de emisor e intervalo de potencia.
- 567                   ii) Frecuencia de la señal portadora (en su caso) y ciclo de trabajo (en su caso).
- 568                   iii) Características de modulación, valor pico, valor promedio y forma de onda.
- 569                   iv) Número de emisores, sus características y probabilidad de que sus intensidades de  
570                   campo se sumen linealmente o puedan crear patrones de interferencia, ondas  
571                   estacionarias, etc.
- 572                   v) Generación de frecuencias no deseadas, incluyendo armónicos y productos de  
573                   intermodulación que se transmitan al espacio.
- 574                   vi) Dimensiones físicas y eléctricas de la antena (anexar esquema con medidas).
- 575                   vii) Ganancia de la antena (respecto a una antena isotrópica).
- 576                   viii) Polarización de la antena (vertical, horizontal, elíptica, etc.).
- 577                   ix) Altura de la antena respecto al nivel del piso.
- 578                   x) Coordenadas geográficas (grados, minutos, segundos y altura sobre el nivel del  
579                   mar).

- 580 xi) Planos, esquemas o fotografías donde se muestre el entorno que rodea a la  
581 estación, incluyendo las distancias entre la estación y edificios, montañas y otros  
582 objetos cercanos, morfología y tipo de suelo, etc. De igual forma, se deberán  
583 mostrar el entorno próximo que rodea a la estación de radiocomunicaciones que  
584 se encuentra en operación y que se emplea para transmitir servicios de  
585 telecomunicaciones y/o de radiodifusión en donde esté habitualmente presente  
586 público en general. Se debe identificar la zona y especificar la distancia respecto  
587 a la antena o la base de la torre que soporta a la antena.
- 588 xii) Ángulo de elevación de la(s) antena(s) (Tilt eléctrico y mecánico).
- 589 xiii) Distancia entre el emisor y el sitio a evaluar.
- 590 xiv) Existencia de objetos absorbentes o que dispersan la energía de RF y que puedan  
591 influir en la distribución del campo en el sitio a evaluar.

592

593 Una vez conocidas las características propias de cada fuente emisora de campos  
594 electromagnéticos y las condiciones de propagación en el entorno en donde se van a  
595 evaluar los niveles de exposición, se debe realizar el cálculo de los niveles de exposición.

### 596 6.1.2 Cálculo.

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

600

601 La región que rodea a una antena emisora es de campo cercano cuando la distancia  
602 entre cualquier punto de esa región y la antena es menor a  $2\frac{D^2}{\lambda}$ , donde  $D$  es la  
603 dimensión más grande de la antena y  $\lambda$  es la longitud de onda. Esta región se subdivide a  
604 su vez en campo cercano reactivo que abarca la zona más próxima a la antena, donde  
605 está contenida la mayor parte de la energía almacenada asociada a la antena, y  
606 campo cercano radiante donde predominan los campos de radiación que tienen en esta  
607 región una distribución angular que varía en función de la distancia hacia la antena.

608

609 A distancias mayores a  $2\frac{D^2}{\lambda}$  se tiene la región de campo lejano en donde los campos  
610 radiados tienen una distribución angular que es aproximadamente independiente de la

611 distancia hacia la antena y las componentes del campo eléctrico y magnético son  
612 transversales entre sí, formando de esta manera lo que se conoce como una onda plana.

613

614 Cuando las dimensiones de la antena son muy pequeñas en comparación con la longitud

615 de onda, es decir,  $D \leq \frac{\lambda}{2\sqrt{\pi}}$  la frontera entre la región de campo cercano y campo lejano

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

617

618 En general, el cálculo de los niveles de exposición en la región de campo cercano es

619 difícil de obtener debido a la complejidad de los campos en esa zona y las

620 aproximaciones que se pueden hacer introducen errores importantes que resultan en un

621 cálculo inexacto. Por lo tanto, si la zona de exposición donde esté habitualmente

622 presente público en general pertenece a la región de campo cercano, se debe realizar la

623 medición de los niveles de exposición máxima.

624

625 Cuando se cumple la condición de campo lejano se debe realizar el cálculo de los niveles

626 de exposición máxima considerando las características básicas del emisor y las

627 condiciones bajo las cuales se tendría un nivel máximo de exposición.

628

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

630

631 
$$S = (1 + \rho)^2 \frac{PIRE}{4\pi R^2} F(\theta, \varphi) \quad (1)$$

632

633 En donde:

634  $S$  = Densidad de potencia ( $W/m^2$ ).

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

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

638  $PIRE$  = Potencia isotrópica radiada equivalente, es decir, el producto de la  
639 potencia neta entregada a la antena ( $P_t$ ) y de la ganancia de la misma

640 respecto a una antena isotrópica ( $G$ ).

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

644  
645 Cuando existe la condición de reflexión total, el coeficiente de reflexión será de -1 (   
646 menos uno). Este valor se puede considerar cuando se hace un cálculo del peor caso en  
647 el que existe una superficie reflectora muy cercana al punto donde se quiere evaluar el  
648 nivel de exposición y no se tienen datos de las características eléctricas de la superficie  
649 reflectora. Sin embargo, un valor más típico es de alrededor de 0.6 como máximo cuando  
650 el punto a evaluar está cercano al nivel de la tierra y la antena se encuentra montada en  
651 lo alto de una torre o un edificio.

652  
653 Por otro lado, el factor de potencia radiada que se introduce en la ecuación (1),  
654 determinará el nivel de atenuación que se obtendrá en la dirección del punto a evaluar,  
655 con respecto a la dirección de máxima radiación. Este factor lo determina el patrón de  
656 radiación de potencia de una antena, el cual muestra la forma en que varía la potencia  
657 radiada para un par de coordenadas específicas  $(\theta, \varphi)$ , manteniendo la coordenada  $r$   
658 como constante. El patrón de radiación más general es un diagrama tridimensional que  
659 está dado en función de las coordenadas  $\theta$  y  $\varphi$ , sin embargo, lo más común es que los  
660 patrones de radiación de las antenas se proporcionen como cortes bidimensionales del  
661 patrón más general. Los casos especiales más frecuentes que se pueden encontrar son el  
662 patrón de radiación horizontal y el patrón de radiación vertical. El primero se obtiene  
663 dejando  $\theta$  a un valor fijo de  $0^\circ$  y variando  $\varphi$ , mientras que el segundo se obtiene dejando  
664  $\varphi$  en un valor fijo de  $0^\circ$  y variando  $\theta$ . De esta forma se derivan los factores de potencia  
665 bidimensionales  $F(\varphi)$  y  $F(\theta)$ , respectivamente.

666  
667 En el Apéndice A se muestran ejemplos de cálculos matemáticos de los niveles de  
668 exposición máxima en las zonas más cercanas a estaciones de radiocomunicaciones  
669 donde está habitualmente presente público en general, considerando un solo emisor y  
670 múltiples emisores de RF.

671  
672 Tratándose de un solo emisor de RF y si la zona de exposición donde esté habitualmente  
673 presente público en general pertenece a la región de campo lejano, se deberá realizar el

674 cálculo de los niveles de exposición máxima empleando la ecuación (1). Dicho cálculo  
675 deberá dar valores menores a los establecidos en los límites de referencia de exposición  
676 máxima de la Tabla 2.

677

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

683

684 
$$\sum_{i=100\text{kHz}}^{300\text{GHz}} \left( \frac{E_i}{E_{ref,i}} \right)^2 \leq 1 \quad (2)$$

685

686

687 
$$\sum_{i=100\text{kHz}}^{300\text{GHz}} \left( \frac{H_i}{H_{ref,i}} \right)^2 \leq 1 \quad (3)$$

688

689

690 
$$\sum_{i=100\text{kHz}}^{300\text{GHz}} \frac{S_i}{S_{ref,i}} \leq 1 \quad (4)$$

691

692 En donde:

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

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

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

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

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

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

699

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

702 
$$S = \frac{E^2}{\eta_0} = \eta_0 H^2 = \dot{E}H \quad (5)$$

703

704

En donde:

705

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

706

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

707

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

708

709

## 6.2 Sistema de Medición de Campos Electromagnéticos.

710

Requerimientos básicos.

711

### 6.2.1 Instrumentación.

712

Para la medición de los niveles de radiación no ionizante que existen en el entorno

713

próximo que rodea a las estaciones de radiocomunicaciones donde esté habitualmente

714

presente público en general se requiere de un sistema de medición de campos

715

electromagnéticos que conste al menos de las siguientes tres partes:

716

717

- Equipo de medición

718

- Sensor, y

719

- Cables que unen al equipo de medición con el sensor (para aquellos equipos que

720

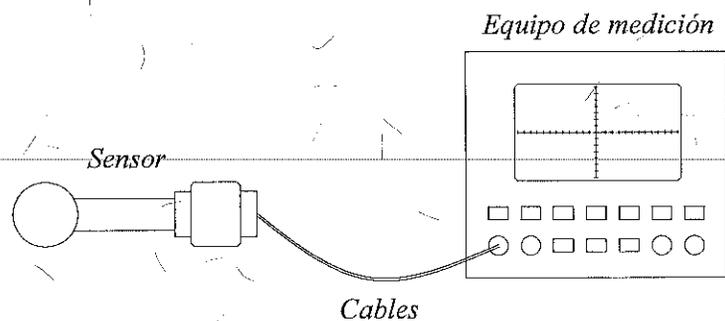
así lo requiera su configuración).

721

722

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

723



724

725

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

726

727

A frecuencias de RF y microondas el equipo de medición es comúnmente un

728

radioreceptor que incluye circuitos electrónicos para acondicionamiento de la señal y

729 dispositivos para el despliegado de las mismas y/o lectura de los parámetros importantes  
730 de dichas señales que determinan el nivel de campo electromagnético medido.

731

732 El sensor normalmente es una antena que puede incluir dispositivos electrónicos para la  
733 detección de la señal, entre otras funciones. El diseño y las características del sensor  
734 determinan en gran medida el desempeño de todo el sistema de medición. Si el sensor  
735 exhibe una respuesta en frecuencia que es plana en determinado intervalo de  
736 frecuencias, entonces la intensidad de campo será directamente proporcional a la señal  
737 de salida del sensor. Sin embargo, también existen sensores que están especialmente  
738 diseñados para producir una señal de salida que se ajusta automáticamente a la  
739 respuesta en frecuencia que tiene la forma de los límites de referencia de la Figura 1, y por  
740 lo tanto, proporcionan una medida directa en relación al cumplimiento o no  
741 cumplimiento de los límites de referencia. El sensor está compuesto normalmente por una  
742 antena cuya señal de salida es proporcional a la intensidad del campo que incide sobre  
743 la antena. Posteriormente, esta señal de salida es detectada, lo cual permite obtener el  
744 valor rms de la intensidad de campo para su despliegue en el equipo de medición. Es  
745 importante hacer notar que los valores obtenidos siempre van a ser valores promedio que  
746 no se ven afectados en general por el tipo de modulación que tenga el campo incidente  
747 en el sensor.

748

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

755

## 756 6.2.2 Requisitos técnicos del sistema de medición de campos 757 electromagnéticos.

### 758 6.2.2.1 Estabilidad.

759

760 El sistema de medición de campos electromagnéticos deberá mostrar una estabilidad  
761 que permita mediciones de campos eléctricos o magnéticos por periodos de tiempo que

762 sean consistentes con los tiempos normalmente requeridos para una medición en  
763 particular. El sistema deberá ser capaz de operar por un mínimo de 10 a 30 minutos sin la  
764 necesidad de ajustar el equipo de medición para que su lectura marque cero, en  
765 ausencia de la señal radiada. Algunos equipos de medición automáticos realizan este  
766 ajuste a cero de forma electrónica para evitar el requerimiento de blindar el sensor del  
767 ambiente cada vez que se tiene que ajustar a cero.

768  
769 El sistema de medición de campos electromagnéticos también deberá ser insensible a las  
770 variaciones de temperatura que normalmente se pueden encontrar en cualquier tipo de  
771 ambiente. Las especificaciones del sistema deberán indicar la desviación máxima de  
772 cero para diversas condiciones de operación.

773

#### 774 **6.2.2.2 Exactitud.**

775

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

784

785 La incertidumbre absoluta de la calibración de la intensidad de campo debe ser  $\pm 1$  dB  
786 alrededor del valor real, sin embargo se aceptan valores de  $\pm 2$  dB siempre y cuando los  
787 niveles de intensidad de campo o densidad de potencia estén claramente por debajo de  
788 los límites de referencia.

789

790 Las especificaciones de medición también deberán indicar la respuesta del equipo de  
791 medición a campos de amplitud modulada (AM), así como a múltiples señales que  
792 puedan incidir simultáneamente sobre el sensor.

793

794 **6.2.3 Características del sistema de medición de banda ancha y de banda**  
795 **angosta.**

796  
797 La medición de los valores del campo eléctrico, campo magnético o de la densidad de  
798 potencia se puede realizar mediante la integración por banda ancha o por banda  
799 angosta.

800  
801 El sistema de medición de banda ancha deberá tener las siguientes características:

- 802
- 803 i) La respuesta del sensor deberá ser esencialmente isotrópica.
  - 804 ii) La exactitud del sistema deberá indicarse en sus especificaciones como una  
805 medida de la variación que puede tener la magnitud de la función de  
806 transferencia del sistema de medición en todo el ancho de banda de operación  
807 (por ejemplo, una exactitud de  $\pm 0.5\text{dB}$  en el intervalo de frecuencias de 3 a 300  
808 MHz indicará los límites máximos de variación que puede tener la medición en ese  
809 ancho de banda).
  - 810 iii) El intervalo dinámico del medidor debe abarcar por lo menos  $-10\text{dB}$  a  $+5\text{dB}$   
811 respecto al límite de referencia que aplique a determinada frecuencia en la cual  
812 se estén realizando las mediciones.
  - 813 iv) Deberá contar con un detector de pico de las señales, en caso de que éstas  
814 cambien de magnitud durante el proceso de medición.
  - 815 v) El sistema deberá ser calibrado con respecto a la magnitud que se quiere  
816 determinar, ya sea  $E$ ,  $E^2$ ,  $H$ ,  $H^2$  o  $S$ . Normalmente, la densidad de potencia  $S$ , se  
817 calibra con base en el campo eléctrico o magnético para después aplicar la  
818 impedancia intrínseca del aire de  $377\Omega$ , que relaciona ambas cantidades, y así  
819 obtener un equivalente de onda plana que solamente es válido para las  
820 condiciones de campo lejano. Cuando se trata de condiciones de campo  
821 cercano, esta impedancia es compleja y generalmente desconocida.
  - 822 vi) El tiempo de respuesta del sistema deberá ser tal que permita una medición del  
823 campo una vez que ha alcanzado su valor estable o por lo menos el 90% de su  
824 valor estable.

825  
826 El medidor de intensidad de campos electromagnéticos de banda ancha deberá medir  
827 las siguientes variables: campo eléctrico (V/m), campo magnético (A/m) y densidad de

828 potencia ( $W/m^2$ ), en el intervalo de frecuencias de operación de 100 kHz a 44 GHz. La  
829 integración por banda ancha solo permite obtener un valor total de los campos  
830 actuantes, sin una discriminación espectral.

831

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

840

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

843

844 Analizador de espectro:

- 845 • Intervalo de frecuencia: de 100 kHz a 44 GHz. Para el intervalo de frecuencias de 44  
846 GHz a 100 GHz se requiere adicionalmente de un Oscilador local y un Mezclador.
- 847 • Separaciones de (Spans) de frecuencias: cero, y de 100 kHz a 44 GHz.
- 848 • Exactitud en la frecuencia:  $\pm 200$  Hz.
- 849 • Exactitud en la amplitud relativa:  $\pm 2$  dB en el intervalo total de frecuencias, con  
850 suficiente detalle en las especificaciones de amplitud para calcular la exactitud  
851 relativa de  $\pm 0.5$  dB.
- 852 • Nivel máximo de entrada: 1 watt nivel de deterioro, acoplada a c.a.
- 853 • Sensibilidad, la señal más pequeña que puede ser medida:  $-60$  dBmV.
- 854 • Ruido de piso, relativo a la sensibilidad:  $-60$  dBmV en anchos de banda con  
855 resoluciones estrechas.
- 856 • Productos de distorsión interna:  $\leq 60$  dBc con una entrada total al mezclador o  
857 combinador del analizador de 10 dBV.
- 858 • Resolución de los anchos de banda: de 1 kHz a 3 MHz, receptor de video con un  
859 ancho de banda de video de 4 MHz.
- 860 • Anchos de banda de video: igual a la resolución de los anchos de banda.

- 861 • Atenuador de entrada: de 0 dB a 60 dB en pasos de 10 dB o menos.
- 862 • Amplificador de entrada: interno o externo >20 dB de ganancia, <7 dB de figura de
- 863 ruido.
- 864 • Impedancia de entrada: 50 Ohms.
- 865 • Funciones de memoria para almacenar las mediciones de amplitudes a diferentes
- 866 frecuencias de medición.

867

868 Medidor de intensidad de campos electromagnéticos:

- 869 • Sensibilidad < 2 $\mu$ V,
- 870 • Error en el establecimiento de la frecuencia < 1 kHz,
- 871 • Ancho de banda de la Frecuencia Intermedia < 50 kHz,
- 872 • Error en la indicación del Voltaje < 2dB.

873

#### 874 **6.2.4 Características de los sistemas que miden campo eléctrico (E) y campo**

875 **magnético (H) de forma simultánea.**

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

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

878 estas circunstancias, es necesario medir ambos campos de manera simultánea, puesto

879 que si se utiliza un método secuencial, por ejemplo, midiendo primero el campo eléctrico

880 y luego el campo magnético, se incurriría en errores significativos de medición debido a

881 que los campos varían rápidamente en función del tiempo. Por este motivo, algunos

882 sistemas de medición utilizan sensores compuestos de banda ancha que combinan tres

883 antenas dipolares mutuamente ortogonales para medir la magnitud de todas las

884 componentes espaciales del campo eléctrico, así como tres antenas de aro, también

885 ortogonales entre sí, para medir las componentes espaciales del campo magnético.

886 Todas estas antenas se construyen de dimensiones muy pequeñas en comparación a la

887 longitud de onda, con el propósito de que el campo que se está midiendo no sea

888 distorsionado y que el acoplamiento entre antenas sea mínimo. Además de las antenas, el

889 sensor contiene detectores que trabajan en su región de operación cuadrática para

890 señales muy pequeñas y circuitos sumadores y procesadores de señales analógicas o

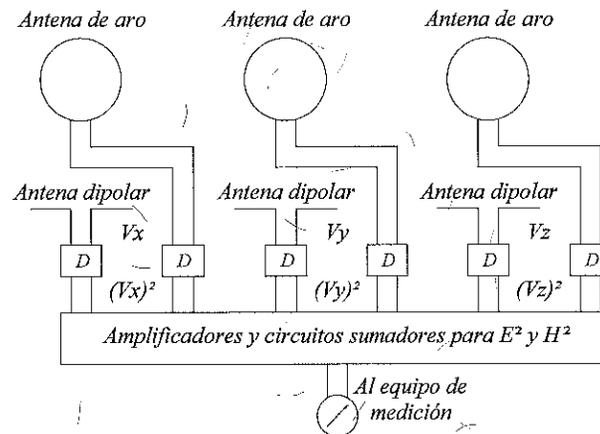
891 digitales que pueden añadirse como parte del sensor o hasta el equipo de medición.

892

893 El equipo de medición debe incorporar un sistema de adquisición de datos que grabe las  
894 mediciones simultáneas para análisis posterior.

895

896 Un diagrama a bloques de un sensor compuesto de banda ancha se muestra en la Figura  
897 3.



898

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

900

901 **6.2.5 Sensores.- Tipos de antenas utilizados para mediciones a diferentes**  
902 **intervalos de frecuencia.**

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

910

911 **6.2.5.1 Antena de Aro o de Lazo.**

912 Las antenas de aro o de lazo circular, son útiles para la medición del campo magnético  
913 desde frecuencias de 30 Hz, hasta un límite máximo alrededor de 100 MHz, cuando la  
914 antena tiene unas dimensiones que pueden ser comparables a la longitud de onda y ya

915 no cumple la condición de antena pequeña que tiene la capacidad de medir  
916 exclusivamente la componente de campo magnético.

917

918 Cuando una antena está calibrada, se obtiene el denominado factor de antena, que  
919 relaciona la intensidad del campo eléctrico incidente con el voltaje que se genera en las  
920 terminales de la antena, a diferentes frecuencias. Este factor de antena cuando se  
921 grafica con respecto a la frecuencia, muestra el comportamiento característico de la  
922 antena y permite hacer mediciones de campo de una forma muy sencilla, midiendo el  
923 voltaje de circuito abierto que se obtiene en las terminales de la antena y multiplicándolo  
924 por el factor de antena para obtener el campo eléctrico.

925

926 En el caso de la antena de aro o de lazo, que sólo mide el campo magnético, el factor de  
927 antena puede expresarse como la relación entre el campo magnético y el voltaje en las  
928 terminales de la antena a diferentes frecuencias. Sin embargo, también puede expresarse  
929 este factor con respecto al campo eléctrico utilizando la ecuación (6) que relaciona los  
930 campos eléctrico y magnético a través de la impedancia intrínseca del aire, siempre y  
931 cuando se cumplan las condiciones de campo lejano. Para una antena de aro o de lazo,  
932 el factor de antena que se obtiene experimentalmente al momento de la calibración, se  
933 puede aproximar con una ecuación que involucra las características físicas de la antena  
934 y la longitud de onda.

935

936 
$$FA = \frac{E}{V_{ant}} \cong \frac{\lambda^3}{\pi AN(2\lambda^2 - \pi A)} \quad (6)$$

937

938

939 En donde:

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

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

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

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

944  $N$  = Número de vueltas del aro.

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

946

947

948 **6.2.5.2 Antena dipolar**

949

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

956

957

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

958

959 En donde:

960

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

961

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

962

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

963

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

964

$R_{ent}$  = Resistencia de entrada del dipolo ( $\Omega$ ).

965

966 **6.2.5.3 Antena monopolo**

967

968 Los monopolos son apropiados para mediciones de campo entre unos 30 kHz y 300 MHz.

969

Esta antena tiene un factor de antena que se puede aproximar con la siguiente ecuación:

970

971

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

972 En donde:

973

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

974

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

975

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

976

$h$  = Altura física del monopolo (m). (Esta altura debe cumplir la relación

977

$h < \lambda/4$ ).

978

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

979

980 **6.2.5.4 Antenas para altas frecuencias**

981

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

985

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

991

992

993 **6.3 Medición de los niveles de exposición.**

994 **6.3.1 Consideraciones preliminares a la medición de campos**  
995 **electromagnéticos.**

996 **6.3.1.1 Selección del tipo de instrumentación requerida**

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

999

1000 i) **Frecuencia.**- El contenido de frecuencias del emisor debe ser conocido con  
1001 antelación para así seleccionar los componentes del sistema de medición de  
1002 campos electromagnéticos. Si existen varias frecuencias en el contenido espectral  
1003 de la señal emitida será necesario utilizar dispositivos con el ancho de banda  
1004 apropiado y que indiquen su medición en valores rms verdaderos. Si el contenido  
1005 espectral de la señal no se puede identificar previamente, es necesario utilizar un  
1006 analizador de espectro que permita identificar el contenido de las señales en el  
1007 dominio de la frecuencia.

1008

1009 ii) **Tiempo de respuesta.**- Es importante comenzar las mediciones con un instrumento  
1010 que tenga o pueda ajustarse a un tiempo de respuesta menor a 1 segundo. De  
1011 esta forma, se puede obtener una medición preliminar aproximada de cualquier  
1012 fuente e incluso identificar una fuente intermitente. La funcionalidad de detección



1013 del pico máximo de la señal, disponible en varios instrumentos, puede  
1014 proporcionar una indicación exacta de impulsos de energía de RF  
1015 moderadamente rápidos (algunos milisegundos) que puedan estar presentes. Una  
1016 vez que se localiza la zona con la mayor intensidad de campo, se procede a  
1017 utilizar un instrumento con un tiempo de respuesta mayor (3 segundos o más) para  
1018 obtener los valores de intensidad de campo promediados en el tiempo. Si el  
1019 sistema de medición indica que existen fuentes intermitentes, es necesario obtener  
1020 el promedio por un método diferente al que utiliza el instrumento, de tal forma que  
1021 los resultados sean los correctos. Para esto es deseable contar con equipos de  
1022 medición que tengan funciones de grabación de varios datos o un sistema de  
1023 adquisición de datos adjunto.

1024

1025 **iii) Nivel máximo aceptable de entrada.-** Es importante conocer este dato con  
1026 anticipación a fin de evitar daños en los sensores, especialmente cuando estén  
1027 presentes campos pulsantes de alta potencia y bajo ciclo de trabajo.

1028

1029 **iv) Polarización.-** Si se conoce el tipo de polarización del campo que se va a medir, es  
1030 posible utilizar un sensor no isotrópico que solamente debe orientarse para recibir  
1031 el máximo de la señal. Si la polarización no se conoce o el campo es relativamente  
1032 complejo, será necesario utilizar un sensor isotrópico para evitar errores de  
1033 medición, además de que permite realizar las mediciones en menor tiempo.

1034

1035 **v) Intervalo dinámico.-** También es importante saber el máximo intervalo de amplitud  
1036 de las señales que se esperan medir. De esta forma, se podrá seleccionar un  
1037 instrumento que no se llegue a dañar por intensidades de campo de gran  
1038 amplitud y al mismo tiempo, que este instrumento sea sensible también para  
1039 mantener una relación señal a ruido adecuada para las intensidades de campo  
1040 más bajas que se pueden esperar en las mediciones.

1041

1042

1043 **vi) Capacidad para la medición de campos cercanos.-** Si existen situaciones en que  
1044 se esté en las cercanías de un emisor no intencional de campos que produce  
1045 radiaciones parásitas por fugas no deseables de la señal (como las que se podrían  
1046 originar por guías de onda rotas) o se está en una zona donde predomina el

1047 campo cercano del emisor, será necesario seleccionar un instrumento para la  
1048 medición de campos electromagnéticos en condiciones de campo cercano.

### 1049 **6.3.2 Consideraciones de seguridad.**

1050

1051 Es importante que, antes y durante el proceso de medición se consideren los riesgos  
1052 potenciales no asociados directamente con dicho proceso y las precauciones durante el  
1053 desarrollo del mismo relacionado con el equipo electrónico o el sistema que está siendo  
1054 evaluado. Ver Apéndice B.

### 1055 **6.3.3 Procedimientos de medición**

#### 1056 **6.3.3.1 Consideraciones generales**

1057

1058 Las estaciones de radiocomunicaciones deberán estar funcionando bajo condiciones de  
1059 operación normal.

1060

1061 La medición deberá realizarse cuando no exista precipitación pluvial.

1062

1063 Para realizar la medición de los campos electromagnéticos presentes en la zona a  
1064 evaluar, será necesario que los niveles de intensidad y densidad de potencia de los  
1065 campos se promedien en un determinado periodo de tiempo y en diferentes puntos del  
1066 espacio donde se deben realizar las mediciones.

1067

1068 Los campos a frecuencias menores a 10 GHz se deben promediar en un periodo de 6  
1069 minutos, mientras que a frecuencias superiores, el promedio se obtiene en un periodo de

1070  $\frac{68}{f^{1.05}}$  minutos, el cual varía con la frecuencia, según se establece en las notas de la Tabla

1071 2 de los límites de referencia.

1072

1073 Las fórmulas utilizadas para obtener el promedio temporal de Intensidad del campo  
1074 eléctrico e Intensidad de campo magnético son las siguientes:

1075

1076

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

1077

1078

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

1079

1080

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

1081

1082

En donde:

1083

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

1084

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

1085

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

1086

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

1087

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

1088

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

1089

$\Delta t_i$  = Intervalo de tiempo donde el campo tiene un valor aproximadamente

1090

constante (min).

1091

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

1092

1093

De forma similar, debido a que los campos no son totalmente uniformes, se requiere una

1094

operación de promedio espacial que se realiza de acuerdo al siguiente procedimiento.

1095

1096

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

1097

1098

2. Alrededor del punto de máxima lectura, se establecen 9 puntos de medición espaciados uniformemente entre sí, formando un rectángulo de las dimensiones

1099

mostradas en la Figura 4. La idea de formar este rectángulo es aproximarse a las

1100

dimensiones del cuerpo humano y promediar sobre este espacio. Uno de los 9

1101

puntos deberá ser el que se encontró con mayor lectura. A partir de este punto se

1102

obtienen los demás puntos tomando en cuenta que el rectángulo debe tener una

1103

1104 altura de entre 1.25 y 2 metros y un ancho de entre 0.35 y 0.5 metros. El rectángulo  
1105 también debe ubicarse entre 0.2 y 0.5 metros arriba del piso, a menos que el punto  
1106 de máxima lectura se localice más abajo. El plano donde se encuentra el  
1107 rectángulo debe ser perpendicular a la dirección de propagación simulando a  
1108 una persona que ve de frente hacia el emisor o antena transmisora que emite los  
1109 campos electromagnéticos.

1110 3. Se mide la intensidad o densidad de potencia de los campos en cada punto,  
1111 teniendo cuidado de promediar en el periodo de tiempo adecuado, de acuerdo  
1112 a la frecuencia de los campos.

1113 4. El promedio espacial se obtiene con las siguientes fórmulas:

1114

1115

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

1116

1117

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

1118

1119

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

1120 En donde:

1121  $E$  = Intensidad del campo eléctrico promediada en el espacio (V/m).

1122  $H$  = Intensidad del campo magnético promediada en el espacio (A/m).

1123  $S$  = Densidad de potencia promediada en el espacio (W/m<sup>2</sup>).

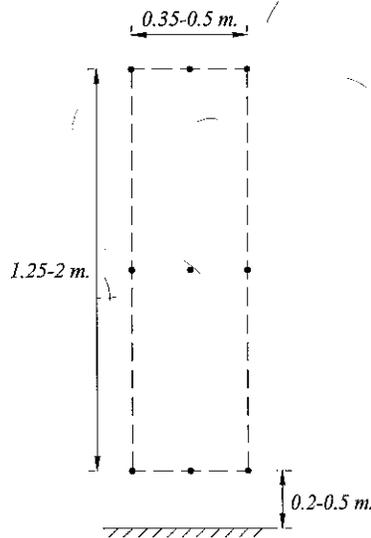
1124  $E_i$  = Intensidad del campo eléctrico promediado en el tiempo en el punto  $i$  (V/m).

1125  $H_i$  = Intensidad del campo magnético promediado en el tiempo en el punto  $i$   
1126 (A/m).

1127  $S_i$  = Densidad de potencia promediada en el tiempo en el punto  $i$  (W/m<sup>2</sup>).

1128  $n$  = Número de puntos a evaluar. (En este caso se usa  $n=9$ ).

1129



1130

1131

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

1132

1133

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.

1142

1143

1144

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.

1150

1151

1152

1153

1154 **6.3.3.2 Consideraciones de uso de los instrumentos de medición.**

1155

1156 Cuando un campo espacialmente uniforme (onda plana) incide aproximadamente con  
1157 la misma intensidad de campo sobre la persona que opera el sistema de medición, el  
1158 cable, la estructura de soporte, el equipo de medición y el sensor, el efecto más  
1159 significativos que se produce es el de dispersión. Esto produce reflexiones que se  
1160 relacionan directamente con la sección transversal de los objetos y su distancia desde el  
1161 sensor. La dispersión producida por el cuerpo de la persona que opera el sistema de  
1162 medición puede introducir errores de más de 2 dB en la densidad de potencia de la onda  
1163 plana equivalente. Las reflexiones de los cables alineados con el campo eléctrico  
1164 incidente y colocados aproximadamente 30 cm detrás del sensor isotrópico pueden  
1165 causar variaciones en la medición de  $\pm 1.5$  dB a 915 MHz y  $\pm 0.75$  dB a 2,450 MHz. Estos  
1166 efectos se vuelven más significativos a frecuencias más bajas donde la longitud del cable  
1167 y la longitud de onda de RF son comparables. La magnitud de las reflexiones de un cable,  
1168 de la persona que opere el sistema de medición u otros objetos, se incrementa a medida  
1169 que la frecuencia disminuye en una relación geométrica fija entre el sensor y el cable. Por  
1170 consiguiente, debería tenerse mayor cuidado a frecuencias por debajo de los 1,000 MHz  
1171 para evitar grandes errores cuando se están efectuando mediciones en campos  
1172 espacialmente uniformes. La orientación del cable para que sea perpendicular al campo  
1173 eléctrico incidente, o la utilización de material absorbente, reducirá este problema. Sin  
1174 embargo, deberá tenerse en cuenta que la mayoría de los absorbentes no son efectivos  
1175 a bajas frecuencias. Por ello, son preferibles los instrumentos acoplados con fibra óptica  
1176 para frecuencias por debajo de los 300 MHz.

1177

1178 Los campos interferentes de RF también se vuelven un problema significativo en las bajas  
1179 frecuencias porque es más difícil blindar los circuitos electrónicos del equipo de medición  
1180 y los cables a frecuencias por debajo de los 500 MHz. Se puede hacer una prueba  
1181 operacional del sistema blindando totalmente la punta de un sensor de campo eléctrico  
1182 con papel metálico. Este procedimiento permite identificar si existen campos interferentes  
1183 o acoplamiento capacitivo entre el cable, el equipo de medición y los objetos radiantes  
1184 cercanos durante la medición. De igual manera, si se reorientan las terminales del sensor,  
1185 sin mover el cuerpo del sensor, y se altera la lectura significativamente (por ejemplo, unos

1186  $\pm 6$  dB) se puede deducir que las interferencias de RF están causando alteraciones en las  
1187 mediciones. Es común encontrar grandes errores en las lecturas de los instrumentos/  
1188 isotrópicos más antiguos cuando estos se usan para medir los campos eléctricos y  
1189 magnéticos por debajo de los 1,000 MHz, especialmente cuando el equipo de medición y  
1190 el cable del sensor están expuestos a un campo de la misma magnitud que el que incide  
1191 sobre el sensor. Esto se debe frecuentemente a un diseño deficiente que no toma en  
1192 cuenta los requerimientos mínimos de compatibilidad electromagnética. Para conectar el  
1193 sensor al equipo de medición, los fabricantes de este tipo de instrumentos de medición  
1194 emplean ahora cables de fibra óptica o cables de alta resistencia para minimizar los  
1195 efectos de las interferencias de RF. Asimismo, para reducir los efectos de las interferencias  
1196 ocasionadas por los cables y un equipo de medición de gran tamaño, existen sistemas  
1197 completos de medición que en un mismo bastidor integran una antena activa y todos los  
1198 circuitos electrónicos necesarios para el procesamiento de las señales y el despliegado de  
1199 los resultados.

### 1200 **6.3.3.3 Medición con condiciones de campo lejano y una sola fuente.**

1201  
1202 La medición de un campo con características de onda plana, linealmente polarizado,  
1203 generado por un emisor cuya frecuencia y polarización son conocidas, se efectúa con un  
1204 medidor de intensidad de campos electromagnéticos sintonizable que cubra el intervalo  
1205 de frecuencia de interés y la precisión requerida. Este instrumento se usa con una antena  
1206 convencional calibrada, para ello se debe elegir el sensor tomando en cuenta el numeral  
1207 6.2.5. También se puede usar un sensor isotrópico.

1208  
1209 Las reflexiones multitrayectoria pueden crear distribuciones de campo altamente no  
1210 uniformes, particularmente a frecuencias que exceden de 300 MHz. Para obtener el nivel  
1211 de exposición en cualquier punto específico, deberá llevarse a cabo un promedio  
1212 espacial de la forma descrita en las consideraciones generales. Las mediciones cercanas  
1213 a objetos metálicos deberán realizarse con el filo del sensor a por lo menos tres "longitudes  
1214 del sensor" para evitar grandes variaciones del campo por los campos dispersados.

1215  
1216 Alternativamente se puede emplear un analizador de espectro, éste debe ser  
1217 configurado estableciendo las siguientes condiciones:

1218

- 1219 • Frecuencia Central: Establecer la frecuencia central a la misma frecuencia  
1220 central del emisor.
- 1221 • Intervalo de frecuencias (Span): Suficiente para comprender la señal del emisor.
- 1222 • Ancho de banda del filtro de resolución (RBW): Ancho de banda a 6 dB de la  
1223 emisión de la estación bajo prueba.
- 1224 • Ancho de banda de video (VBW): Auto.
- 1225 • Tiempo de barrido (Sweep Time): Auto.
- 1226 • Detector (Detector Function): RMS.
- 1227 • Trazo (Trace): Retención máxima de Imagen (Max Hold).
- 1228
- 1229 • En ambos casos se debe considerar lo especificado en los numerales 6.2.3 y 6.3.1.
- 1230
- 1231 • Elegir el sensor tomando en cuenta lo establecido en el numeral 6.2.5,  
1232 posteriormente conectar y acoplar la antena al equipo de medición como se  
1233 muestra en el ejemplo de la Figura 2.
- 1234
- 1235 • Identificar los puntos en donde se deben realizar las mediciones, estos puntos  
1236 serán los de máximo nivel de emisión en los espacios en donde esté  
1237 habitualmente presente público en general.
- 1238
- 1239 • Maximizar todas las componentes espectrales activando para ello la función de  
1240 que disponga el equipo de medición (Max Hold en el analizador de espectros).  
1241 Para asegura la medición en el peor caso.
- 1242
- 1243 • Mover la antena, en altura, orientación y polarización, con el fin de buscar el  
1244 máximo de todas las componentes espectrales.
- 1245
- 1246 • Verificar si existe sobrecarga en el analizador de espectro, incrementando el  
1247 atenuador en 10 dB. Si hay cambios en el nivel de la señal, dejar el atenuador en  
1248 el nivel más alto.
- 1249
- 1250 Mientras se esté montando o sosteniendo la antena o el sensor de medición, debe tenerse  
1251 el cuidado de evitar reflexiones o perturbaciones del campo producidas por las

1252 estructuras de soporte o por el cuerpo de la persona que opera el sistema de medición.  
 1253 Para evitar perturbaciones del campo, deberán cubrirse con material absorbente las  
 1254 partes metálicas del dispositivo de medición o de la estructura de soporte, solamente  
 1255 cuando sea necesario. De ser posible, los cables interconectados del sensor deberán  
 1256 orientarse en una dirección normal al campo eléctrico. Cuando esto no sea práctico o  
 1257 cuando algunos efectos severos de multitrayectoria produzcan campos desde múltiples  
 1258 direcciones, los cables metálicos deberán cubrirse con material absorbente, a menos que  
 1259 las pruebas demuestren que la posición del cable no afecta la medición. Los accesorios  
 1260 dieléctricos deben ser lo más pequeños que sea posible para que su sección transversal  
 1261 reflectora sea mínima, y deberán ser de un material con una constante dieléctrica baja, o  
 1262 ser menores a  $\frac{\lambda}{4}$  en grosor efectivo  $T_E$ . El grosor efectivo se calcula de la siguiente forma:

1263  
 1264 
$$T_E = T\sqrt{\epsilon_r} \quad (15)$$

1265 En donde:

- 1266  $T_E$  = Grosor efectivo (m).  
 1267  $T$  = Grosor físico (m).  
 1268  $\epsilon_r$  = Permitividad eléctrica relativa (F/m).

1269  
 1270 Incluso las placas dieléctricas planas uniformes ( $\epsilon_r > 2$ ) pueden alterar significativamente los  
 1271 campos de onda plana si el grosor efectivo es mayor a 0.1 de la longitud de onda.

1272  
 1273 Para obtener la máxima exactitud, las fuentes de error pueden ser calculadas para que  
 1274 de esta manera las intensidades de campo reales puedan evaluarse con menos de  $\pm 2$   
 1275 dB de incertidumbre. Para obtener este nivel de exactitud a frecuencias por encima de  
 1276 los 300 MHz, se puede realizar una medición automatizada por medio de instrumentos con  
 1277 mecanismos de barrido mecánico, el cual es controlado electrónicamente. De esta forma  
 1278 se puede medir en varios puntos fijos, espaciados entre sí por una distancia muy inferior a  
 1279 una longitud de onda, para así obtener la información de las variaciones en la intensidad  
 1280 de campo en la zona de exposición, debidas a las multitrayectorias y a otras reflexiones.  
 1281 Estas mediciones también se pueden hacer de forma manual.

1282  
 1283 Una vez que todas las componentes espectrales se estabilicen, se deben tomar las  
 1284 mediciones, registrarlas y compararlas con los valores de la Tabla 2.

1285

1286 **6.3.3.4 Medición con condiciones de campo lejano y múltiples emisores**

1287

1288 Cuando se miden los campos originados por múltiples emisores con características de  
1289 frecuencia, polarización y dirección de propagación desconocidas, se requerirá utilizar un  
1290 medidor de intensidad de campo de banda ancha y un sensor isotrópico de banda  
1291 ancha. En estos casos se pueden generar campos muy complejos donde existen ondas  
1292 estacionarias e interacciones fuertes entre los campos de cada emisor. Por ello, se deben  
1293 efectuar las mediciones sobre un volumen en el espacio, en vez de hacerlo sobre una  
1294 superficie, como la indicada en la Figura 4. Por lo tanto, formar un paralelepípedo  
1295 solamente al proyectar la superficie descrita en las Consideraciones generales en unos 0.5  
1296 metros de profundidad y agregar otros 9 puntos o más. Las mediciones se hacen en cada  
1297 uno de los 18 puntos resultantes y se obtienen los promedios como se indican en las  
1298 ecuaciones 12, 13 y 14 para un mayor número de puntos.

1299

1300 Aun cuando se utilice un sensor isotrópico para medir simultáneamente todas las  
1301 componentes de los campos eléctrico y magnético, se debe tener cuidado para no crear  
1302 situaciones en que se reflejen las señales por la posición del sensor, los cables, el equipo  
1303 de medición y el mismo operador. En estos casos se deben utilizar cables largos de alta  
1304 resistencia o cables de fibra óptica para realizar las mediciones de una forma remota.

1305

1306 El nivel de exposición en la región de campo lejano en zonas cercanas a múltiples  
1307 emisores a las que normalmente puedan tener acceso o donde habitualmente se  
1308 encuentran seres humanos debe ser  $\leq 1$ . Si éste valor llegase a ser mayor a la unidad,  
1309 entonces se deberán realizar mediciones de los niveles de exposición de cada emisor con  
1310 el fin de verificar el cumplimiento con los valores límites de exposición a la frecuencia de  
1311 operación correspondiente, considerando lo establecido en 6.3.3. Se deberán tomar las  
1312 mediciones correspondientes a cada emisor, registrarlas, compararlas con los valores de  
1313 la Tabla 2.

1314

1315 **6.3.3.5 Medición en campo cercano.**

1316

1317 Debido a la presencia de grandes gradientes de campo en la zona de campo cercano  
1318 de un radiador secundario pasivo o un radiador activo, su medición requiere del uso de  
1319 un sensor con un arreglo eléctricamente pequeño de tres dipolos ortogonales y, para  
1320 frecuencias por debajo de los 300 MHz, un arreglo de tres aros ortogonales eléctricamente  
1321 pequeños, a fin de obtener una medición con una resolución satisfactoria dentro de estos  
1322 gradientes espaciales. Como la polarización de los campos en situaciones de campo  
1323 cercano es generalmente desconocida, en la mayoría de los casos debe usarse un sensor  
1324 isotrópico. Si la frecuencia y la polarización son conocidas, no se requiere de un  
1325 instrumento de banda ancha; en su lugar se puede emplear un sensor de banda angosta  
1326 de respuesta uniforme en un solo plano (similar a algunos instrumentos de medición  
1327 comerciales con dos dipolos ortogonales).

1328  
1329 Para realizar mediciones en condiciones de campo cercano, deben observarse los  
1330 siguientes requerimientos:

1331  
1332 i) El sensor debe responder a un solo parámetro del campo electromagnético y no  
1333 producir emisiones espurias como respuesta a otro de los parámetros del campo.  
1334 (Por ejemplo, si el sensor se diseña únicamente para responder al campo  
1335 magnético, deberá contar con alguna característica que permita cancelar el  
1336 campo eléctrico).

1337  
1338 ii) Las dimensiones del sensor en el medio circundante deberán ser inferiores a una  
1339 longitud de onda, a la frecuencia de operación más alta.

1340  
1341  
1342 ~~iii) El sensor no deberá producir una dispersión significativa de los campos~~  
1343 ~~electromagnéticos incidentes.~~

1344  
1345 iv) La respuesta del sensor deberá ser isotrópica, no dependiente de su orientación,  
1346 no direccional y sin polarización. Sin embargo, cuando se conoce la polarización  
1347 del campo eléctrico o magnético, o si se tiene la facilidad de rotar el sensor para  
1348 encontrar la orientación que produce la respuesta máxima, se puede emplear un  
1349 sensor con una respuesta no isotrópica.

1350

- 1351 v) Los cables que conectan al sensor con el equipo de medición no deberán  
1352 interactuar significativamente con el campo o conducir alguna corriente de RF  
1353 originada por el campo, hacia el sensor.  
1354  
1355 vi) Tomar las mediciones correspondientes, registrarlas y compararlas con los valores  
1356 de la Tabla 2.

1357  
1358  
1359  
1360

#### 1361 **6.4 Medición del índice de absorción específica (SAR).**

1362 Existen casos cuando la medición de los límites de referencia no es suficiente para  
1363 determinar si se cumplen los niveles de exposición máxima. El caso más frecuente se  
1364 presenta en los equipos terminales de radiocomunicaciones que generan un campo  
1365 electromagnético de baja potencia pero que se coloca a un lado de la cabeza y que  
1366 por lo tanto puede crear altos niveles de absorción de energía en los tejidos de la cabeza.  
1367 En este escenario, se tiene un campo cercano de naturaleza compleja que interactúa  
1368 muy de cerca con una estructura de tejido biológico también muy compleja. El resultado  
1369 es una complicada distribución de energía absorbida en la cabeza, para cuya  
1370 evaluación no es suficiente la medición de las intensidades del campo cercano alrededor  
1371 de la antena del equipo terminal, sino que se requiere la presencia del tejido biológico.  
1372 Una medición de esa forma produce errores significativos que no permiten determinar si se  
1373 cumplen los niveles de exposición máxima.  
1374

1375

1376 Cuando los límites de referencia no se pueden aplicar satisfactoriamente para casos  
1377 como el anterior, es necesario recurrir a métodos de medición de los límites básicos  
1378 establecidos en la Tabla 1. El parámetro a medir en este caso es el índice de absorción  
1379 específica (SAR) a las frecuencias que operan los equipos terminales de  
1380 radiocomunicaciones. El método de medición del SAR descrito a continuación es  
1381 aplicable para equipos terminales que operan en las frecuencias que van de 300 MHz a 3  
1382 GHz.

1383



1384 **6.4.1 Instrumentación utilizada para la medición del SAR.**

1385

1386 Para la medición del SAR se deberá utilizar (ver Figura 12):

1387

- Un modelo de la cabeza humana,

1388

- Un sensor de campos eléctricos,

1389

- Equipo electrónico de medición,

1390

- Un sistema de barrido electromecánico para posicionar el sensor (brazo mecánico)

1391

y

1392

Un soporte para el equipo terminal móvil.

1393

1394

La medición del SAR se realiza utilizando un sensor miniatura de campos eléctricos que se

1395

coloca en distintos puntos en el interior de un modelo de la cabeza humana, expuesto a

1396

los campos electromagnéticos de un equipo terminal móvil que se coloca junto al

1397

modelo. El sistema de barrido controlado electrónicamente se utiliza para posicionar el

1398

sensor de campos eléctricos en distintos puntos en el interior del modelo de la cabeza que

1399

está relleno de un líquido dieléctrico para simular los tejidos internos de la cabeza. El

1400

soporte para el equipo terminal móvil mantiene fijo el equipo terminal a un lado de la

1401

oreja del modelo.

1402

1403

La medición deberá realizarse considerando lo siguiente:

1404

1405

- i) La variación de la temperatura del líquido (modelo de la cabeza humana) no

1406

deben exceder  $\pm 2^\circ \text{C}$  durante las mediciones.

1407

- ii) El dispositivo terminal de radiocomunicaciones no debe estar conectado a

1408

una red pública de telecomunicaciones.

1409

- iii) Los efectos de las reflexiones deben ser menor al 3% del SAR medido.

1410

1411

El sistema para la medición de SAR de la Figura 12 debe ser calibrado como un sistema

1412

completo, con todos sus elementos operando para medir los campos eléctricos en el

1413

interior del modelo de la cabeza en condiciones de temperatura y frecuencia específicas.

1414

1415

En particular, el sensor del campo eléctrico es una de las partes fundamentales para la

1416

medición del SAR. Típicamente, este sensor está constituido por tres dipolos pequeños de

1417

una dimensión mucho menor a la longitud de onda. Los dipolos se posicionan ortogonales

1418 entre sí y por lo tanto forman un sensor isotrópico que mide las tres componentes  
1419 espaciales del campo eléctrico. A la salida de los dipolos se tienen diodos detectores que  
1420 rectifican la señal y producen una salida que es proporcional al cuadrado de la magnitud  
1421 del campo eléctrico en las tres direcciones espaciales. De esta manera, la magnitud del  
1422 campo eléctrico equivalente en un punto determinado en el interior del modelo de la  
1423 cabeza, simplemente será:

1424

$$1425 \quad |\bar{E}| = \sqrt{|E_x|^2 + |E_y|^2 + |E_z|^2}$$

1426 (16)

1427

1428 Esta medida del campo eléctrico, sin embargo, se ve modificada por múltiples factores  
1429 que incluyen las características no ideales en la respuesta de los dispositivos que forman el  
1430 sensor, las características de construcción del sensor, así como la isotropía del sensor que  
1431 determina la habilidad del sensor de responder igualmente a todos los campos,  
1432 independientemente de la dirección de incidencia de los mismos. Por este motivo, es  
1433 necesario calibrar cuidadosamente el sensor de campo, trabajando junto a todo la  
1434 instrumentación requerida para la medición del SAR en condiciones reales de medición  
1435 en el interior del modelo de la cabeza. Los sistemas completos, disponibles  
1436 comercialmente para la medición del SAR, deberán calibrarse de esa forma y deberán  
1437 especificar la incertidumbre máxima esperada en las mediciones.

1438

1439 El sistema de medición deberá tener un límite mínimo de detección de 0.02 W/kg y al  
1440 mismo tiempo deberá tener la capacidad de medir valores de al menos 100 W/kg. En este  
1441 intervalo, el sistema de medición, deberá mostrar un comportamiento lineal que no  
1442 introduzca errores mayores a  $\pm 0.5$  dB.

1443

1444 El sistema de barrido electromecánico debe tener la capacidad de posicionar el sensor  
1445 de campos eléctricos en todo el volumen interno del modelo de la cabeza con el fin de  
1446 evaluar la distribución tridimensional del SAR. El sistema de barrido deberá posicionar el  
1447 sensor en cualquier punto del volumen interno del modelo de la cabeza con una  
1448 resolución de por lo menos 1 mm y con un error en la posición de  $\pm 0.2$  mm como máximo.

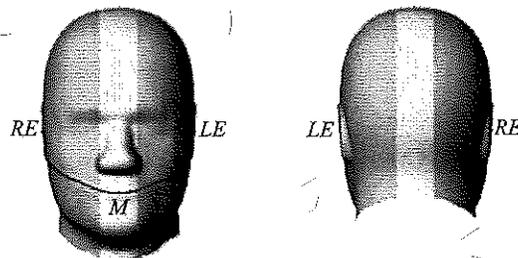
1449

 3

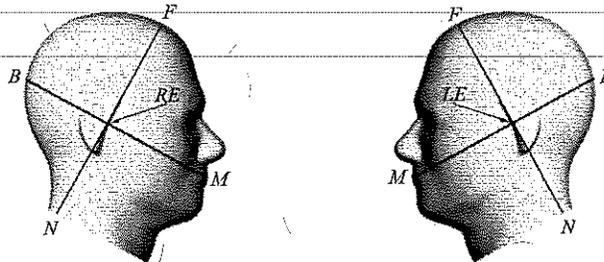
1450 El dispositivo de soporte que mantiene el equipo terminal en la posición para la medición,  
1451 estará compuesto de materiales con una tangente de pérdidas menor a 0.05 y una  
1452 permitividad eléctrica relativa inferior a 5.  
1453

1454 **6.4.2 Modelo antropométrico de la cabeza humana para la medición del**  
1455 **SAR.**

1456  
1457 El sensor de campos eléctricos va a medir los niveles de campo generados por el equipo  
1458 terminal en el interior de un modelo de la cabeza que tiene una forma que corresponde  
1459 al de un hombre adulto con dimensiones mayores a las que presentan el 90% de los  
1460 hombres adultos, de acuerdo a estudios antropométricos de la población. Este tipo de  
1461 modelo se utiliza debido a que una cabeza de mayor tamaño en general absorbe mayor  
1462 cantidad de energía electromagnética y por ello la medición se realiza para un peor caso  
1463 que no se presenta en la exposición real a la que están sometidas la mayor parte de las  
1464 personas. El modelo de la cabeza se muestra esquemáticamente en varias posiciones en  
1465 las Figura 5 y 6.



1466  
1467 Figura 5.-Modelo de la cabeza humana en posición anterior y posterior.  
1468



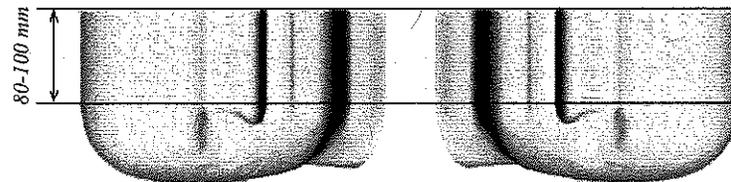
1469  
1470 Figura 6.-Modelo de la cabeza humana en posición lateral derecha e izquierda.

1471  
1472 En la Figura 5 se observan tres puntos de referencia principales: el centro de la boca (M),  
1473 el oído izquierdo (LE) y el oído derecho (RE). La línea que se observa y que atraviesa los

1474 tres puntos anteriores corresponde al plano de referencia. En la Figura 6, se muestran  
1475 también los puntos de referencia principal, así como el plano de referencia marcado por  
1476 la línea que va del punto M al B, y el plano normal, perpendicular al primero, marcado por  
1477 la línea que va de N a F. En este modelo se practica una abertura en su parte más alta  
1478 para permitir la introducción del sensor de campos eléctricos y realizar las mediciones.

1479  
1480 Una variante del mismo modelo de la cabeza, que también puede utilizarse para la  
1481 medición del SAR, es un modelo bisectado que permite dividir la parte izquierda y  
1482 derecha para colocarlas horizontalmente, de la forma en que se observa en la Figura 7.

1483



1484

1485

1486 Figura 7.- Modelo de la cabeza humana dividida en parte izquierda y derecha.

1487

1488 Nótese que en el modelo bisectado, se prolonga el perímetro de cada lado del modelo  
1489 entre 80 y 100 mm con el fin de rellenar con suficiente líquido dieléctrico el interior del  
1490 modelo y así evitar errores de medición por la reflexión del campo en la superficie del  
1491 líquido. Para ello, el líquido debe tener al menos 15 cm de profundidad.

1492

1493 Las medidas que caracterizan la forma del modelo de la cabeza se enumeran en la Tabla  
1494 3 y se muestran gráficamente en la Figura 8.

1495

1496

1497

1498

1499

1500

1501

1502

1503

1504

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
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

1505

1506

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

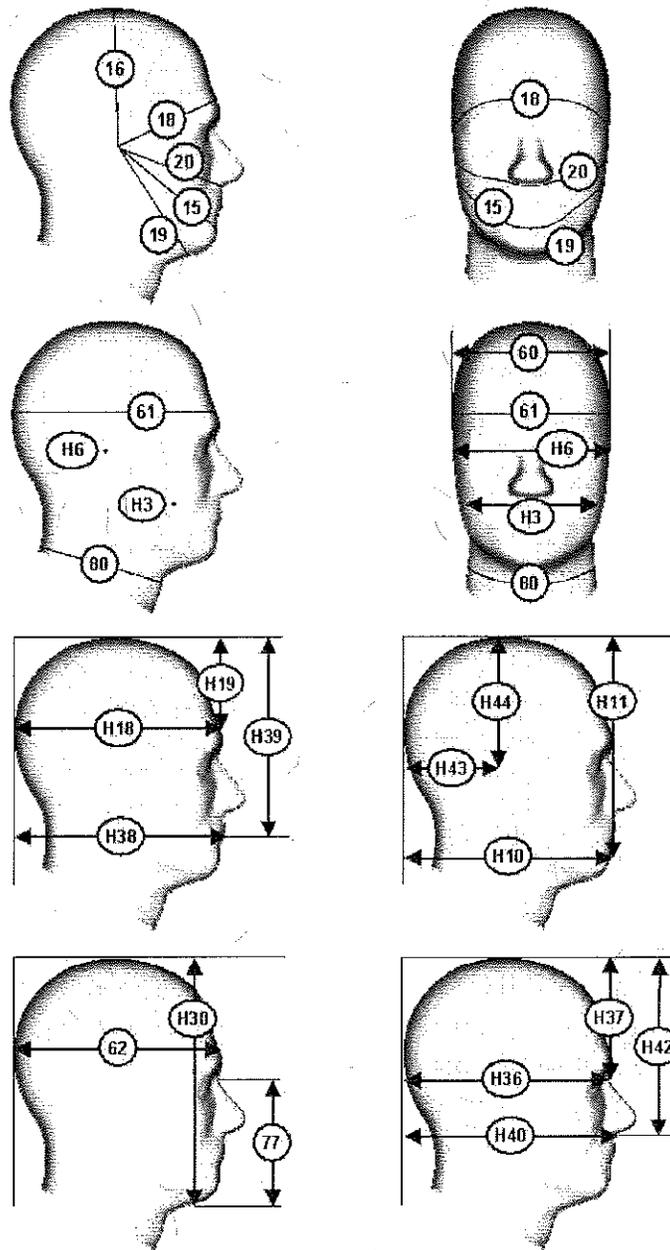
1507

1508

1509

3





1510  
1511

1512

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

1513

1514

1515

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

1516

1517



1518 a ser sólidas y deberán permitir un espaciamiento entre el equipo terminal y la superficie  
 1519 principal del modelo de 6mm. El material del modelo deberá tener una tangente de  
 1520 pérdidas menor a 0.05 y una permitividad relativa menor de 5.

1521  
 1522 El líquido dieléctrico con el que se rellena el modelo deberá tener las propiedades  
 1523 dieléctricas que se establecen en la Tabla 4.

1524

1525 **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

1526  
 1527 Los valores de la Tabla 4 no deberán desviarse más allá del  $\pm 5\%$ , excepto en el valor de la  
 1528 constante dieléctrica relativa entre 2 y 3 GHz, en donde se podrá tener una desviación  
 1529 máxima de  $\pm 10\%$ .

1530

1531 **6.4.3 Posicionamiento del equipo terminal de radiocomunicación relativo al**  
 1532 **modelo de la cabeza.**

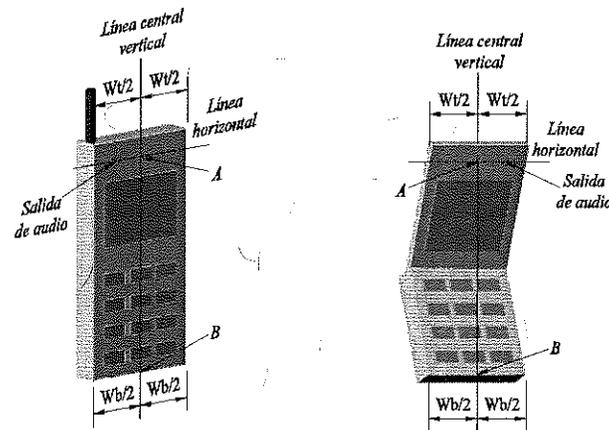
1533

1534 La medición del SAR debe realizarse colocando el equipo terminal móvil en dos  
 1535 posiciones, una en contacto con la mejilla y otra inclinada alejándose del contacto con la  
 1536 mejilla. Para cada una de estas posiciones, se debe medir el SAR tanto en el oído  
 1537 izquierdo como el derecho. La forma de colocar el equipo terminal en estas dos  
 1538 posiciones es la siguiente:

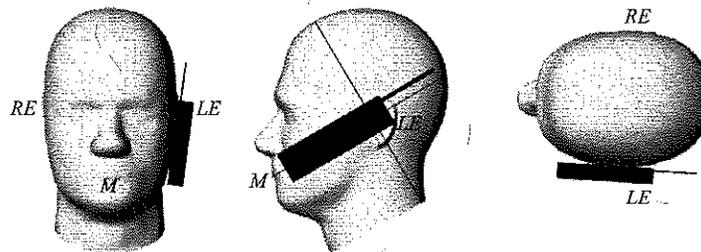
1539

- 1540 • *Posición 1.-* Para definir esta posición se trazan dos líneas imaginarias en el equipo  
 1541 terminal, una línea central vertical y una horizontal que se cruzan a la altura de la  
 1542 salida de audio del equipo terminal en el punto A, tal como se muestra en la Figura

1543 9, tanto para los modelos que tienen una cubierta desplegable que se puede  
 1544 abrir, como los modelos que no tienen ésta cubierta. Obsérvese que la línea  
 1545 vertical pasa por el punto central inferior B del equipo terminal que está en la  
 1546 superficie frontal del mismo, donde regularmente se encuentran las teclas. Una vez  
 1547 definidas esta líneas se procede a colocar el equipo terminal en contacto con la  
 1548 oreja del modelo de la cabeza de tal manera que el punto A se ubique sobre la  
 1549 línea extendida que pasa por los puntos LE y RE del modelo. Se ajusta la posición  
 1550 del equipo terminal para que la línea central vertical del equipo terminal quede  
 1551 sobre el plano de referencia del modelo y se rota o mueve el equipo terminal para  
 1552 que exista algún punto de contacto adicional al punto A pero debajo de la oreja.  
 1553 La configuración se muestra gráficamente en la Figura 10.  
 1554  
 1555



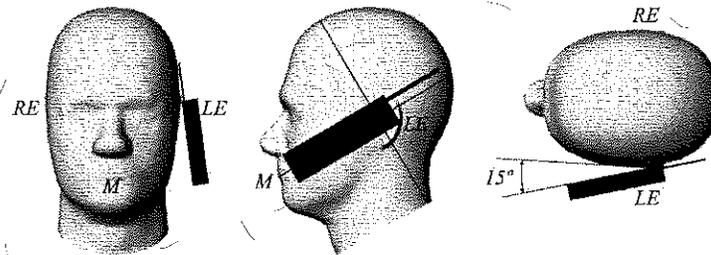
1556  
 1557 Figura 9.-Líneas de referencia para posicionar el equipo terminal.  
 1558



1559  
 1560  
 1561 Figura 10.-Posición 1 del equipo terminal junto al modelo de la cabeza.  
 1562

- 1563 • *Posición 2.-* Para colocar el equipo terminal en esta posición se siguen los mismos  
1564 pasos para colocarlo en la posición 1, con la diferencia de que al final se rota el  
1565 equipo terminal de tal manera que la línea central vertical todavía se encuentre  
1566 en el plano de referencia del modelo pero el contacto debajo de la oreja se  
1567 elimina con esta rotación y se aleja del modelo unos 15° en relación a la posición  
1568 1, como se muestra en la configuración de la Figura 11.

1569



1570

1571 Figura 11.-Posición 2 del equipo terminal de radiocomunicación junto al modelo de la  
1572 cabeza.

1573

#### 1574 6.4.4 Modos de operación del equipo terminal para la medición del SAR.

1575

1576 La medición del SAR se realiza con un equipo terminal operando en su régimen de  
1577 máxima potencia, utilizando para ello un programa especial de prueba almacenado en  
1578 el equipo terminal. Alternativamente, si no se utiliza un programa de prueba, se puede  
1579 emplear un simulador de una estación base de telefonía móvil con su antena  
1580 correspondiente y que se configure adecuadamente para que el transmisor del equipo  
1581 terminal opere finalmente a su máxima potencia.

1582

1583 El equipo terminal debe estar libre de cables ya sean de alimentación, de su puerto de  
1584 programación, o algún otro, con el propósito de que los campos generados por el equipo  
1585 terminal no se vean alterados por la presencia de estos objetos metálicos. Igualmente, la  
1586 batería del equipo terminal debe estar totalmente cargada.

1587

1588 La medición del SAR se efectúa para todos los modos de operación del equipo terminal  
1589 bajo prueba, ya sean analógicos o digitales, a las distintas bandas de frecuencias en que  
1590 opere dicho dispositivo en México.

1591

1592 Cada modo de operación tiene características particulares que deben tomarse en  
1593 cuenta para configurar el equipo terminal para la prueba del SAR, por ejemplo:

1594

1595 • Modo de operación analógico FDMA.- Los equipos terminales que utilizan  
1596 cualquiera de las tecnologías analógicas basadas en el acceso múltiple por  
1597 división de frecuencia (FDMA), pueden probarse con portadoras de señal continua  
1598 en sus canales de prueba ya sea programando secuencias de prueba en el  
1599 equipo terminal o utilizando un simulador de estación base.

1600

1601 • Modo de operación digital TDMA.- Cuando los equipos terminales utilizan alguna  
1602 de las tecnologías digitales basadas en el acceso múltiple por división de tiempo  
1603 (TDMA), éstos se pueden probar utilizando códigos de prueba o un simulador de  
1604 estación base que establezca un canal de comunicación en determinada ranura  
1605 de tiempo. Si la tecnología empleada permite la asignación de múltiples ranuras  
1606 de tiempo, la medición se realiza tomando en cuenta la potencia promedio  
1607 máxima transmitida en las diferentes ranuras de tiempo.

1608

1609

1610 • Modo de operación digital CDMA.- En las tecnologías digitales derivadas del  
1611 acceso múltiple por división de código (CDMA), también conocidas como de  
1612 espectro disperso, el control de potencia de salida del equipo terminal es un  
1613 parámetro que varía de acuerdo al tipo particular de codificación de voz que se  
1614 esté utilizando, la ubicación exacta del equipo terminal respecto a la estación  
1615 base, entre otros factores. En estos casos, es necesario operar el equipo terminal a  
1616 su máxima velocidad del codificador de voz y se deben configurar los códigos de  
1617 prueba o el simulador de la estación base de tal forma que se asegure un  
1618 funcionamiento del equipo terminal a su máximo nivel de potencia.

1619

1620 Para cada modo de operación, la medición del SAR se efectúa para el canal más  
1621 cercano al centro de la banda de frecuencias en que transmite el equipo terminal. Si la  
1622 banda de frecuencias de transmisión del equipo tiene un ancho que excede el 1% de la  
1623 frecuencia central  $f_c$ , es necesario probar también los canales que se encuentran en el  
1624 extremo superior e inferior del ancho de banda. Cuando este ancho de banda de  
1625 transmisión es considerable, más allá del 10% de la frecuencia central, el número de

1626 canales a probar dentro de este ancho de banda será determinado por la siguiente  
1627 ecuación:

1628

1629

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

1630

1631 En donde:

1632

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

1633

$f_{\text{sup}}$  = Frecuencia superior del ancho de banda de transmisión del equipo terminal

1634

(Hz).

1635

$f_{\text{inf}}$  = Frecuencia inferior del ancho de banda de transmisión del equipo terminal

1636

(Hz).

1637

$f_c$  = Frecuencia central del ancho de banda de transmisión del equipo terminal

1638

(Hz).

1639

$\text{REDONDEO}$  = Función que redondea su argumento al número entero superior.

1640

1641 En general, los equipos terminales de radiocomunicación incluyen modos de prueba que  
1642 pueden ser usados para evaluaciones de desempeño básicas. Tales señales de prueba  
1643 ofrecen medios consistentes para llevar a cabo los métodos de prueba del SAR, por lo  
1644 que son recomendables para la evaluación del referido SAR.

1645

#### 1646 6.4.5 Procedimiento de medición

1647

1648 Para determinar el valor máximo del SAR que produce un equipo terminal en particular, se

1649

debe realizar la medición para cada combinación que resulta de las siguientes

1650

condiciones:

1651

1652

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

1653

- Posición 1 del equipo terminal en contacto con la mejilla y posición 2 alejada de la mejilla.

1654

1655

- Las variantes en cada posición como por ejemplo, con la antena del equipo terminal extendida y retraída.

1656

1657

- Todos los modos de operación analógicos y digitales del equipo terminal.

1658

- Todas las bandas de frecuencia en que opera el equipo terminal.

1659 • Todos los canales de prueba que se hayan determinado en cada banda de  
1660 frecuencias.

1661

1662 El valor del SAR se obtiene midiendo el campo eléctrico y calculando el SAR con la  
1663 siguiente fórmula:

1664

$$1665 \quad SAR = \frac{\sigma}{\rho} E^2 \quad (18)$$

1666

1667 En donde:

1668  $E$  = Valor rms de intensidad de campo eléctrico (V/m).

1669  $\sigma$  = Conductividad del tejido (S/m) (Ver Tabla 4).

1670  $\rho$  = Densidad de masa del tejido (kg/m<sup>3</sup>) (Establecido en un valor promedio de  
1671 1,000 kg/m<sup>3</sup>).

1672

1673 Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores se procede con los siguientes pasos:

1674

1675 1. Empleando un sistema general para medición del SAR que cumpla con las  
1676 especificaciones establecidas en la presente Disposición Técnica, así como con el  
1677 estándar IS/IEC 62209:1 2005 "Human Exposure to radio frequency fields from  
1678 hand-held and body-mounted Wireless communication devices- human models,  
1679 instrumentation, and procedures," como se muestra en la figura 12, se mide el SAR  
1680 local en un punto de prueba dentro del modelo de la cabeza a 10 mm o menos  
1681 del punto de referencia del oído del modelo, en una dirección normal a la  
1682 superficie del modelo. Esta medición se registra y se compara con una que se  
1683 realiza al final de proceso en la misma posición para obtener la variación en las  
1684 medidas, la cual debe ser menor a ±5%.

1685

1686 2. Se mide el SAR local en diferentes puntos de una superficie imaginaria que tiene  
1687 una dimensión mayor al área proyectada del equipo terminal dentro del modelo  
1688 de la cabeza. Sobre dichos puntos se inscribe un área reticular imaginaria en la  
1689 cual se debe tener una separación no diagonal, menor a 20mm entre puntos.  
1690 Cada punto de la retícula debe tener una separación constante con la superficie  
1691 interna del modelo, la cual debe ser menor a 8mm. La máxima variación en la

1692 distancia de separación constante será de  $\pm 1$  mm. Esto constituye un área reticular  
1693 que tiene la forma curva del modelo de la cabeza que es necesaria para el  
1694 cálculo del SAR en los siguientes pasos del procedimiento de medición. El ángulo  
1695 entre el eje principal del sensor y la normal a la superficie del modelo en cada  
1696 punto deberá ser menor a  $30^\circ$ , a menos que las condiciones físicas de la  
1697 configuración de medición no lo permitan y en cuyo caso se deberá reportar la  
1698 incertidumbre adicional esperada.

1699  
1700

1701 3. De la medición anterior se identifica el punto con el mayor valor de SAR, así como  
1702 aquellos otros que están debajo de este valor por 2 dB o menos. Posteriormente,  
1703 alrededor de cada uno de estos puntos se forma una retícula imaginaria que tiene  
1704 la forma de un volumen de un tamaño mínimo de 30x30x30mm, cuyo centro se  
1705 ubica lo más cerca posible de los puntos identificados anteriormente con mayor  
1706 valor de SAR. La distancia no diagonal entre puntos de la nueva retícula de mayor  
1707 resolución deberá ser menor de 8mm, excepto en la dirección normal a la  
1708 superficie del modelo, que deberá ser menor de 5mm. La cara del volumen  
1709 obtenido que está más cercana a la superficie interna del modelo deberá tener la  
1710 misma forma curva de la superficie del modelo. Lo mismo sucederá con la cara  
1711 opuesta, en tanto que las caras laterales podrán ser rectas.

1712

1713 4. Debido a que la punta del sensor no corresponde al punto que se encuentra en el  
1714 centro de los dipolos ortogonales del sensor, donde se realizan las mediciones, no  
1715 es posible medir justo en la superficie del modelo. Por ello, es necesario utilizar  
1716 técnicas de extrapolación matemática para encontrar los valores del SAR a lo  
1717 largo de la superficie del modelo que se encuentra cercana al equipo terminal y  
1718 que es donde frecuentemente se ubican los valores pico del SAR. Tampoco es  
1719 conveniente acercar la punta del sensor a la superficie interna del modelo en una  
1720 distancia menor a la mitad de la longitud de los dipolos del sensor, debido a que  
1721 los efectos de frontera entre medios de diferentes características interactuando  
1722 con el sensor, pueden crear altos valores de incertidumbre. También por esta razón  
1723 es necesario extrapolar los valores medidos para hallar el SAR en la superficie del  
1724 modelo.

1725

1726

1727

1728

1729

1730

1731

1732

1733

1734

1735

1736

1737

1738

1739

1740

1741

1742

5. Finalmente se procede a obtener por interpolación matemática todos los puntos intermedios a los puntos medidos en el volumen reticular, más los puntos extrapolados, de tal manera que se obtenga una nueva retícula que tenga una separación no diagonal de 1mm entre puntos y que incluye los puntos medidos y los extrapolados. Con una retícula de esta resolución se obtiene el promedio del SAR utilizando técnicas comunes de integración en los diferentes cubos que se pueden formar con la nueva retícula y que incorporan los suficientes puntos medidos e interpolados para contener 10 gramos de masa de tejido. De esta forma, se identifica el cubo con el mayor valor promediado, siendo éste el valor pico del SAR promediado en 10 gramos de tejido. Alrededor de cada uno de los puntos medidos inicialmente y que presentaban los valores más altos de SAR se obtiene igualmente por interpolación e integración, los valores pico promediados y de los resultados para cada punto se obtiene el de mayor valor, el cual debe ser menor a 2 W/kg, como se establece en los límites básicos de la Tabla 1.

1743

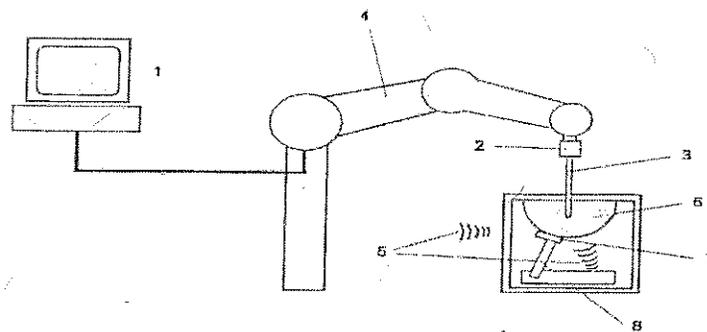
#### 6.4.6 Evaluación de la incertidumbre de las mediciones

1744

1745

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

1746



1747

1748

1749

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

1750

1751

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

1752

1753

- 1754 1. Sistema de control y de adquisición de datos.  
1755 2. Circuitos electrónicos para acondicionamiento y medición de la señal del sensor  
1756 3. Sensor de campos eléctricos.  
1757 4. Sistema de barrido electromecánico para posicionamiento del sensor (brazo  
1758 mecánico).  
1759 5. Campos electromagnéticos interferentes y ruido en el laboratorio de pruebas.  
1760 6. Modelo de la cabeza humana relleno de líquido dieléctrico.  
1761 7. equipo terminal bajo prueba.  
1762 8. Dispositivo de soporte para el equipo terminal equipo terminal.

1763 Para cada una de estas fuentes principales de incertidumbre, se hace un desglose de las  
1764 fuentes secundarias asociadas a estas fuentes primarias y se combinan ponderadamente  
1765 para obtener un valor total de incertidumbre que no debe exceder el  $\pm 30\%$  de los valores  
1766 picos promediados del SAR en el intervalo de 0.4 a 10 W/kg. El análisis detallado de todas  
1767 las fuentes de incertidumbre deberá incluirse en el reporte de las mediciones del SAR, y  
1768 deberá apegarse a los planteamientos matemáticos expuestos para los efectos del  
1769 cálculo de la incertidumbre en la sección 7 "Uncertainty estimation", del estándar IS/IEC  
1770 62209:1 2005 "Human Exposure to radio frequency fields from hand-held and body-  
1771 mounted Wireless communication devices- human models, instrumentation, and  
1772 procedures".

1773

#### 1774 6.4.7 Reporte de medición del SAR

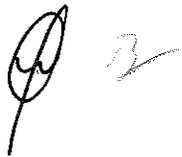
1775

1776 Toda la información que sea necesaria para realizar las mediciones del SAR de una forma  
1777 repetible dentro de los límites requeridos de incertidumbre y bajo las características de  
1778 calibración del sistema de medición, deberá incluirse en un reporte de las mediciones del  
1779 SAR, el cual contendrá, al menos, las siguientes partes:

1780

- 1781 a) Descripción del equipo terminal y la configuración utilizada para la prueba.  
1782 b) Una lista de los instrumentos de prueba y sus especificaciones técnicas generales.  
1783 c) Especificaciones del modelo de la cabeza y propiedades del líquido dieléctrico.  
1784 d) Una lista de las pruebas realizadas para cada configuración de prueba  
1785 determinada por el modo de operación del equipo terminal, las bandas de

- 1786 frecuencias, las posiciones del equipo terminal, los canales en donde se realizan  
1787 las pruebas, etc.
- 1788 e) Descripción de los métodos utilizados para la extrapolación, interpolación y  
1789 promediación de datos.
- 1790 f) Análisis detallado de incertidumbre en la medición.
- 1791 g) Representación gráfica de los resultados de las mediciones del SAR.
- 1792
- 1793
- 1794



1795

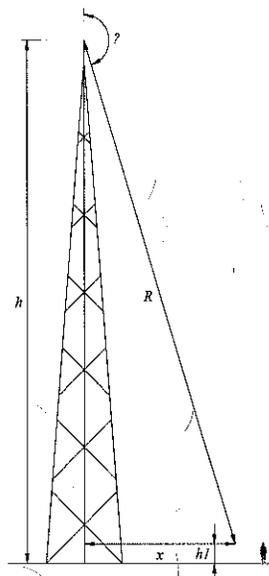
## APENDICE A (INFORMATIVO)

1796 Ejemplo de cálculo considerando un solo emisor de RF

1797

1798 Cálculo de los niveles de exposición aplicando la ecuación (1). Considérese el siguiente  
1799 escenario hipotético mostrado en la Figura 13 en el que existe un solo emisor de campos  
1800 electromagnéticos.

1801



1802

1803 Figura 13.- Nivel de exposición en las cercanías de una antena radiodifusora de  
1804 FM.

1805

1806 Supóngase que en el esquema anterior una antena de un sistema de radiodifusión de  
1807 frecuencia modulada (FM) se encuentra en la parte más alta de la torre a una altura de  
1808 90 m sobre el nivel del piso. La antena está transmitiendo con una potencia radiada  
1809 efectiva de 100 kW a la frecuencia de 107.3 MHz y una persona de 1.7 m de estatura se  
1810 encuentra parada a una distancia de 20 m de la base de la torre. Si el patrón de  
1811 radiación vertical de la antena expresado en decibeles es el que se muestra en la  
1812 Figura 14, el nivel de exposición al que está sometido la persona se calcula de la siguiente  
1813 manera.

1814

3

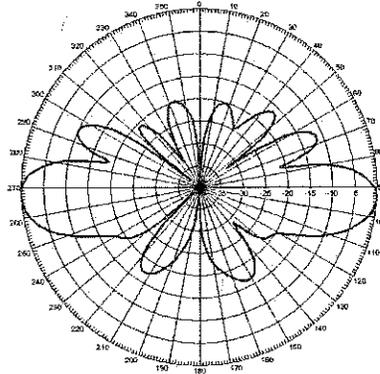


Figura 14.- Patrón de radiación vertical de una antena transmisora de FM.

1815

1816

1817

1818 Primeramente se determina si la zona en que se encuentra el punto de exposición  
 1819 pertenece a la región de campo lejano. Para ello, se calcula por trigonometría básica la  
 1820 distancia R a la que se encuentra la persona alejada de la antena.

1821

1822

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

1823

1824 Para que se cumpla la condición de campo lejano, la distancia anterior deberá ser mayor  
 1825 a  $2D^2/\lambda$ . Como no se conoce la dimensión máxima de la antena, se va a suponer que se  
 1826 utiliza una serie de dipolos de media longitud de onda como los elementos radiadores. De  
 1827 esta forma, la frontera a partir de la cual se tienen las condiciones de campo lejano para  
 1828 cada elemento radiador es:

1829

1830

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

1831

1832 Y puesto que la longitud de onda correspondiente a la frecuencia de 107.3 MHz es de:

1833

1834

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

1835

1836 La frontera a partir de la cual se tienen las condiciones de campo lejano es de 1.4 metros  
 1837 aproximadamente. Por lo tanto, la distancia R cumple fácilmente con las condiciones de  
 1838 campo lejano y por consiguiente, el cálculo se puede realizar.

1839

Handwritten signature and the number 3.

1840 El patrón de radiación vertical de la Figura 14 muestra la forma en que varía la potencia  
1841 radiada únicamente en función del ángulo  $\theta$  y cuyo valor en grados se observa en la  
1842 graduación exterior del patrón. Por su parte, los círculos concéntricos internos tienen una  
1843 graduación expresada en decibeles negativos, lo cual indica el nivel en decibeles en que  
1844 se reduce la potencia, con relación a la dirección de máxima radiación. Para este  
1845 ejemplo, se utiliza únicamente el patrón de radiación vertical puesto que el esquema de  
1846 la Figura 13 se dibuja precisamente en el plano vertical.

1847  
1848 Ahora bien, la antena transmite su máxima potencia cuando  $\theta$  es aproximadamente igual  
1849 a  $90^\circ$ , de acuerdo al patrón de radiación de la Figura 14. Para encontrar la potencia a la  
1850 que transmite la antena en la dirección en que se encuentra la persona se calcula el  
1851 ángulo  $\theta$  mostrado en la Figura 13, también por trigonometría básica.

1852  
1853 
$$\theta = 180^\circ - \tan^{-1}\left[\frac{x}{(h-h_1)}\right] = 180^\circ - \tan^{-1}\left[\frac{20m}{(90m-1.7m)}\right] \cong 167^\circ \quad (22)$$

1854  
1855 Consultando la 14 se puede encontrar que la potencia radiada para  $\theta$  igual a  $167^\circ$  es de  
1856 aproximadamente  $-21$  decibeles (dB), en relación a la potencia en la dirección de  
1857 máxima radiación. Expresado lo anterior en términos del factor de potencia radiada, se  
1858 tiene lo siguiente:

1859  
1860 
$$-21\text{dB} = 10\log\frac{F(\theta=167^\circ)}{F(\theta=90^\circ)} = 10\log\frac{F(\theta=167^\circ)}{1} \quad (23)$$

1861  
1862 Despejando el factor que se tendría para  $\theta=167^\circ$  se obtiene:  
1863

1864 
$$F(\theta=167^\circ) = \text{antilog}\left(-\frac{21}{10}\right) \cong 7.9 \times 10^{-3} \quad (24)$$

1865  
1866 En este punto hay que hacer notar que la potencia isotrópica radiada equivalente (PIRE)  
1867 no es lo mismo que la potencia radiada efectiva (PRE). La PIRE es la potencia referida a un  
1868 radiador isotrópico ideal, mientras que la PRE es la potencia referida a un dipolo de media  
1869 onda. La relación entre estas dos cantidades es la siguiente:

1870  
1871 
$$PIRE = 1.64PRE \quad (25)$$
  
1872

1873 Por otra parte, el coeficiente de reflexión es de un valor desconocido para este ejemplo y  
 1874 por ello se puede optar por introducir el valor máximo de  $\rho = -1$  que implica una señal que  
 1875 se refleja totalmente en el suelo. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, un valor  
 1876 más aproximado al caso real de antenas montadas en una torre y zonas de exposición  
 1877 cercanas al suelo, sería de  $\rho = 0.6$ . Introduciendo este valor en la ecuación (1) y aplicando  
 1878 las ecuaciones (19), (24) y (25) se obtiene finalmente.

1879

1880 
$$S = (1 + 0.6)^2 \left( \frac{1.64 \times 100 \text{ kW}}{4\pi(90.5\text{m})^2} \right) (7.9 \times 10^{-3}) \cong 0.03 \text{ W/m}^2 \quad (26)$$

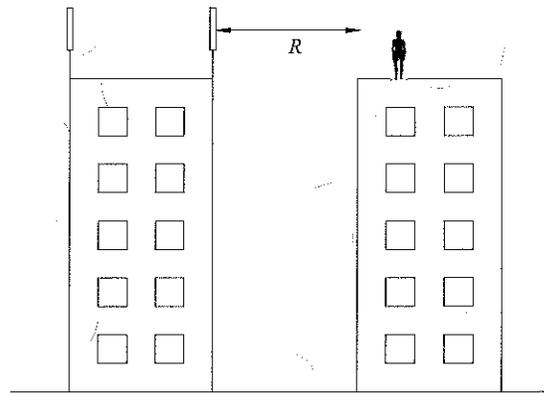
1881

1882 Si se consulta el límite de referencia máximo de la Tabla 2 que aplica para la frecuencia  
 1883 de 107.3 MHz, se observa que éste se ubica en  $2 \text{ W/m}^2$ . Por lo tanto, el valor de densidad  
 1884 de potencia que produce el sistema de radiodifusión de FM en el punto donde se  
 1885 encuentra la persona de este ejemplo, es alrededor de 66 veces menor al límite  
 1886 establecido.

1887

1888 Considérese ahora un segundo ejemplo hipotético mostrado esquemáticamente en el  
 1889 diagrama de la Figura 15.

1890



1891

1892 Figura 15.- Nivel de exposición a una distancia próxima a una antena de telefonía  
 1893 celular.

1894

1895 En este ejemplo se supone que en el techo del edificio de la izquierda se montan antenas  
 1896 de telefonía celular en forma de panel, trabajando a la frecuencia central de 885 MHz.

1897 Las antenas se alimentan con una potencia de entrada de 2 W, tienen una ganancia de

1898 13 dBi y sus patrones de radiación vertical y horizontal son los que se muestran en la Figura

1899 16. Si una persona se coloca en el techo del edificio adyacente de la derecha y su

1900 cabeza se encuentra exactamente enfrente de uno de los paneles, en la dirección de  
1901 máxima radiación de ese panel, alejado 3 metros de éste, el nivel de exposición se puede  
1902 calcular de la siguiente manera.  
1903

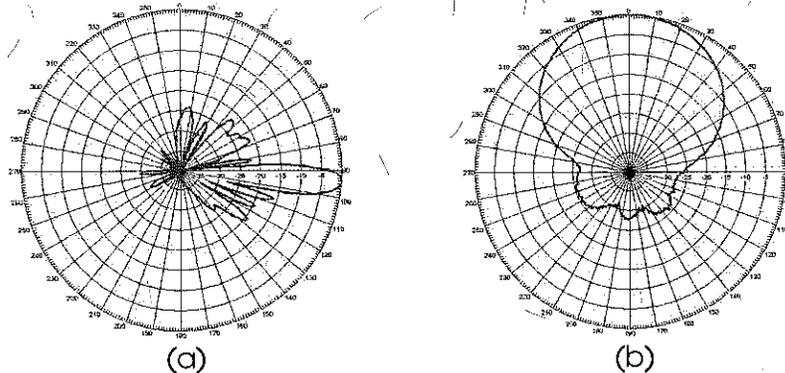


Figura 16.- Patrones de radiación vertical (a) y horizontal (b)  
de una antena típica de telefonía celular.

1904  
1905  
1906  
1907  
1908  
1909  
1910 En primer término se determina si se cumple la condición de campo lejano. Normalmente,  
1911 este tipo de paneles para estaciones base de telefonía celular contiene un arreglo de  
1912 antenas, cada una de dimensiones cercanas a una longitud de onda. Si la dimensión más  
1913 grande de cada antena del arreglo fuera de media longitud de onda, la frontera más allá  
1914 de la cual se cumple la condición de campo lejano sería precisamente de  $\lambda/2$ , como se  
1915 obtiene de la ecuación (20). En este caso que se está trabajando a una frecuencia de  
1916 885 MHz, la frontera de campo lejano sería:

1917

$$1918 \quad \lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{885.3 \times 10^6 \text{ Hz}} \cong 0.34 \text{ m} \quad (27)$$

1919  
1920 Por lo tanto, a una distancia R de 3 metros se cumplen las condiciones de campo lejano.

1921  
1922 Para obtener la PIRE de esta antena se utiliza la siguiente ecuación:

1923  
1924

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

1925  
1926 En donde:

1927  $P$  =Potencia de entrada de la antena (W).

1928  $G$  =Ganancia de la antena referida a un radiador isotrópico.

1929

1930 En este ejemplo se tiene una ganancia de 13 decibeles referidos a una antena isotrópica  
1931 (dBi), cuyo valor expresado numéricamente es de:

1932

1933 
$$G = \text{antilog}\left(\frac{13}{10}\right) \cong 19.9 \quad (29)$$

1934

1935 Por lo tanto la PIRE de esta antena sería de:

1936

1937 
$$PIRE = (2W)(19.9) \cong 40 W \quad (30)$$

1938

1939 Esta potencia es la que se tiene en la dirección de máxima radiación de la antena. De los  
1940 patrones de radiación de la Figura 16, se observa que esto se presenta cuando las  
1941 coordenadas  $\theta$  y  $\phi$  son de  $90^\circ$  y  $0^\circ$ , respectivamente. Como en el ejemplo se supone que  
1942 la persona está colocada precisamente en estas coordenadas, viendo de frente a la  
1943 antena, no existe atenuación de la señal, más que la que se presenta por la distancia a la  
1944 que la persona está alejada de la antena.

1945

1946 Por otra parte, el coeficiente de reflexión para este ejemplo se puede despreciar debido  
1947 a que el suelo refleja la señal pero la atenuación de la estructura del edificio es alta y  
1948 prácticamente sólo influye la señal directa.

1949

1950 Aplicando la ecuación (1), el nivel de densidad de potencia donde se encuentra la  
1951 persona será de:

1952

1953 
$$S = (1+0)^2 \left( \frac{40 W}{4\pi(3)^2} \right) (1) \cong 0.35 W/m^2 \quad (31)$$

1954

1955 Refiriéndose a la Tabla 2, el límite de referencia para estas frecuencias es de  $f/200 =$   
1956  $885/200 = 4.425 W/m^2$ . Por lo tanto, se cumple.

1957

1958 En la zona cercana al techo del edificio de la Figura 14 donde están montadas las  
1959 antenas tampoco existe mayor problema para la gente que se encuentra en el último  
1960 piso debido a que el patrón de radiación indica una atenuación muy alta en la dirección  
1961 que apunta hacia abajo ( $\theta=180^\circ$ ) y además los materiales del edificio atenúan todavía  
1962 más la señal de RF, típicamente entre 10 y 20 decibeles. Incluso, para la gente que sube al

1963 techo de este edificio no se tienen que tomar medidas especiales debido a que los  
1964 patrones de radiación indican una alta atenuación en la parte trasera de la antenna.

1965 **Ejemplo de cálculo considerando múltiples emisores de RF**

1966

1967 Aplicación de las relaciones de las ecuaciones 2, 3 y 4, considérese el escenario

1968 hipotético mostrado en la Figura 17.

1969

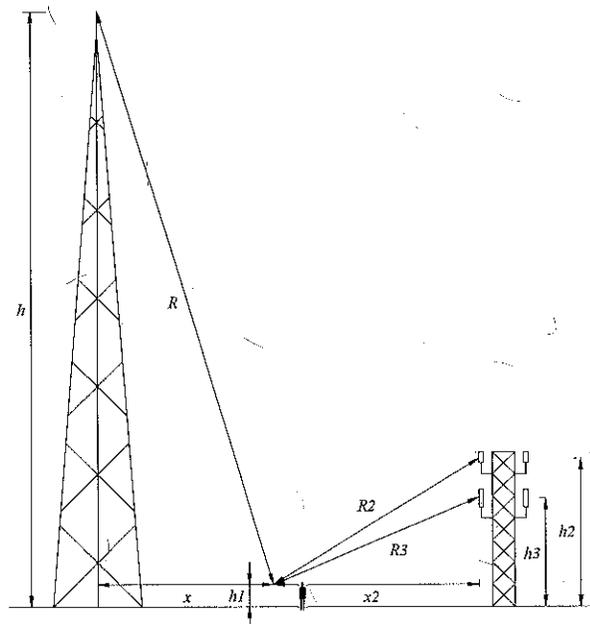


Figura 17.- Niveles de exposición cuando existen múltiples emisores.

1970

1971

1972

1973 Supóngase que este escenario es el mismo del primer ejemplo de esta sección y sólo se

1974 está adicionando una torre sobre las cual se montan antenas de un sistema personal de

1975 comunicaciones (PCS) que trabaja a la frecuencia central de 1,857.5 MHz, en la parte

1976 superior de la torre, y antenas de telefonía celular que operan a la frecuencia central de

1977 885 MHz, en la parte inferior de la torre. Se asume que las antenas que contribuyen de

1978 manera significativa al nivel de exposición son las colocadas a la izquierda de esta torre

1979 debido a que las demás antenas están orientadas hacia otras direcciones y radian muy

1980 poca energía de RF en la dirección donde se encuentra la persona.

1981

1982 La densidad de potencia en el punto donde se localiza la persona, originada por la

1983 antena de FM, ya se obtuvo anteriormente y es de aproximadamente  $S_1=0.03 \text{ W/m}^2$ . Si

1984 después de aplicar un procedimiento similar al de los ejemplos anteriores, se obtiene que

9  
B

1985 S2= 0.0024 W/m<sup>2</sup> para la antena de PCS y S3=0.006 W/m<sup>2</sup> para la antena de telefonía  
1986 celular, se puede aplicar la relación (4) de la siguiente forma:

1987

1988 
$$\frac{S_{1(107.3MHz)}}{S_{ref,1(107.3MHz)}} + \frac{S_{2(1,857.5MHz)}}{S_{ref,2(1,857.5MHz)}} + \frac{S_{3(885MHz)}}{S_{ref,3(885MHz)}} = \frac{0.03}{10} + \frac{0.0024}{46.4} + \frac{0.006}{22.1} \cong 3.3 \times 10^{-3} < 1$$

1989

1990 Para este cálculo se utilizan los límites de referencia para exposición de la Tabla 2, con lo  
1991 cual se cumple la relación (4). Por lo tanto el nivel de exposición, cumple.

1992

1993 La ecuación que relaciona el campo eléctrico y magnético en condiciones de campo  
1994 lejano, para ondas planas es:

1995

1996 
$$S = \frac{E^2}{\eta_0} = \eta_0 H^2 = EH$$

1997

1998 En donde:

1999 E =Intensidad de campo eléctrico (V/m).

2000 H =Intensidad de campo magnético (A/m),

2001  $\eta_0 =$  Impedancia intrínseca del espacio libre =  $120\pi [\Omega] \cong 377 [\Omega]$ .

2002

2003

2004

2005

2006 **APENDICE B (INFORMATIVO)**

2007 **Consideraciones de Seguridad**

2008 **Riesgos potenciales no asociados directamente con el proceso de medición.**

2009  
2010 Antes de tomar las medidas de seguridad específicas asociadas al proceso de medición,  
2011 es conveniente describir algunos riesgos potenciales adicionales a los que se originan  
2012 directamente por el proceso de medición y que pueden estar relacionados con el equipo  
2013 electrónico o sistema que está siendo evaluado.

2014  
2015 1. **Alto voltaje.**- El equipo eléctrico y electrónico puede producir choques eléctricos  
2016 mortales. Al trabajar con este equipo, es necesario tomar precauciones de rutina  
2017 tales como no desactivar los sistemas de protección, extremar el cuidado en los  
2018 conductores y las terminales de alta tensión que se encuentran expuestas por  
2019 necesidad, así como evitar trabajar a solas cerca de sistemas de alta tensión. Es  
2020 necesario señalar que, en muchos sistemas de alta potencia una de las principales  
2021 causas de fuga de energía de RF son los electrodos de alta tensión de los tubos de  
2022 vacío que utiliza el transmisor. Se deben tener precauciones adicionales cuando se  
2023 efectúen mediciones en la cercanía de estructuras conductoras, tales como grúas  
2024 de gran altitud o cables largos suspendidos verticalmente que se localizan cerca  
2025 de fuentes de alta potencia y baja frecuencia de RF. En tales circunstancias,  
2026 pueden existir grandes voltajes de circuito abierto sobre las estructuras que están  
2027 expuestas a un ambiente de campos de RF; dichos voltajes pueden alcanzar  
2028 niveles de varios kilovolts y tienen el potencial de provocar un arco de alto voltaje  
2029 a un cuerpo aterrizado, causando fuertes sobresaltos y en algunos casos, serias  
2030 quemaduras por energía de RF. Por lo anterior, se deben tomar las precauciones  
2031 apropiadas para evitar el contacto con objetos aterrizados inadecuadamente en  
2032 campos de RF intensos.

2033 2. **Rayos X.**- Generalmente existe el potencial de emitir rayos X en los sistemas de alta  
2034 potencia que utilizan transmisores con tubos de vacío de alto voltaje (mayores a  
2035 20 kV). En estos casos se debe realizar primero una evaluación de las emisiones de  
2036 rayos X antes de comenzar el proceso de medición de energía de RF en las  
2037 cercanías de dichos transmisores. Aquí debe tenerse cuidado de que el

2038/ instrumento de medición de rayos X no sea susceptible a las interferencias de  
2039 radiofrecuencia.

2040 3. **Campos magnéticos de corriente directa.**- Los sistemas de muy alta potencia  
2041 pueden incluir fuentes de campos magnéticos estáticos y de muy baja frecuencia.  
2042 El personal a cargo de las mediciones debe evitar la cercanía prolongada a  
2043 dichas fuentes, que pueden exceder los límites recomendados por diferentes  
2044 normas para campos estáticos.

2045 4. **Riesgos indirectos causados por los campos de RF.**- Es importante recordar que la  
2046 presencia de campos de RF puede provocar peligros a la salud, o por lo menos  
2047 efectos indeseables, además de aquellos derivados de la exposición del tejido  
2048 corporal. Puesto que las mediciones pueden ser realizadas no sólo en condiciones  
2049 controladas de laboratorio, sino también cerca de transmisores móviles se debe  
2050 estar consciente de las siguientes posibilidades:

2051 a. Existen riesgos importantes que están asociados cuando alguien está cerca  
2052 de dispositivos explosivos activados eléctrica o electrónicamente, así como  
2053 gas combustible o materiales que pueden incendiarse a causa de su  
2054 exposición a campos electromagnéticos.

2055 b. En general es importante advertir que la interferencia potencial de campos  
2056 electromagnéticos a los sistemas o dispositivos electrónicos, a menudo se  
2057 presenta en niveles muy por debajo de aquellos que causan un daño  
2058 corporal. En estas condiciones, este tipo de interferencia puede causar  
2059 únicamente cierta molestia, como por ejemplo, cuando en una televisión  
2060 se observa una imagen distorsionada originada por la operación a baja  
2061 altura de un radar, o también puede ser causa de un riesgo mucho mayor  
2062 como por ejemplo cuando se altera la programación de dispositivos  
2063 médicos controlados por microprocesadores, tales como los marcapasos, o  
2064 se inducen errores en computadoras digitales que controlan procesos  
2065 industriales. En cualquiera de estos casos, esa interferencia es indeseable y  
2066 es necesario llevar a cabo una clara evaluación del impacto que pueden  
2067 causar las señales interferentes de RF en el proceso de medición.

2068 5. **Quemaduras.**- Se debe tener cuidado para prevenir las quemaduras por energía  
2069 de RF que pudieran resultar de la manipulación de objetos conductores expuestos  
2070 a campos o a cables de RF con conectores expuestos. Además, deben tomarse

2071 precauciones rutinarias durante las mediciones cuando se trabaja con sistemas de  
2072 calentamiento y selladores de plástico que funcionan en base a energía de RF,  
2073 como por ejemplo, evitar la manipulación de cargas de prueba, barras selladoras  
2074 y líquidos a alta temperatura.

2075 6. **Modos de operación anormales.**- Se debe estar consciente que los sistemas  
2076 electrónicos tienen el potencial de trabajar en modos de operación anormales en  
2077 los cuales las frecuencias no deseadas y la radiación por fuga no intencional son  
2078 generadas a niveles de potencia significativos. Para evitar estas situaciones, el  
2079 personal que realiza las mediciones no deberá intentar operar un sistema sin la  
2080 presencia del personal calificado que verifique que el sistema esté trabajando en  
2081 su modo normal.

#### 2082 Precauciones durante el proceso de medición

2083 Se requieren estrictas precauciones durante el proceso de evaluación experimental de los  
2084 niveles de exposición producidos por un sistema radiante de alta potencia. Dichas  
2085 precauciones incluyen lo siguiente:

2086

- 2087 1. El proceso de medición debe planearse de manera tal que la exposición de todo  
2088 el personal que está presente durante las mediciones, no exceda los límites de  
2089 referencia establecidos en esta disposición técnica. Esta limitación no solo se  
2090 relaciona con la densidad de potencia, sino también con la duración de la  
2091 exposición. En tales situaciones, lo más apropiado es usar una escala de potencia  
2092 para registrar los niveles de campo correspondientes que existirán durante la  
2093 operación normal a máxima potencia.

- 2094 2. La manipulación de antenas de exploración por barrido que giran o tienen partes  
2095 móviles, se debe realizar bajo las más estrictas medidas de seguridad. Dichas  
2096 medidas van desde aquellas para evitar lesiones por colisiones contra las  
2097 estructuras móviles o rotatorias, hasta las requeridas para evitar el encendido  
2098 accidental de los generadores de RF con las antenas dirigidas hacia el personal.  
2099 Antes de comenzar las mediciones, las antenas deberán moverse hacia la posición  
2100 de menor peligro potencial para el personal operativo. Además, si se van a tomar  
2101 mediciones mientras la antena está operando normalmente con sus ciclos de  
2102 barrido, primero se deberá determinar si el tiempo de respuesta del instrumento es

2103 lo suficientemente rápido para responder a la señal que llega por un periodo corto  
2104 de tiempo al instrumento.

2105 3. Se debe realizar un análisis teórico previo de los patrones de radiación de la  
2106 antena antes de comenzar el proceso de medición.

2107 4. Las antenas no deben apuntarse hacia estructuras metálicas. De igual forma, los  
2108 objetos metálicos no deben estar inadvertidamente localizados cerca de las  
2109 antenas. Estos no solo crean situaciones que origina dispersión y multitrayectorias  
2110 sino que también son una fuente potencial de quemaduras por energía de RF. Sin  
2111 embargo, si el área normal de transmisión incluye dichos objetos metálicos, se  
2112 tendrán que realizar las mediciones con esos objetos presentes, tomando las  
2113 medidas de precaución pertinentes. La presencia de estructuras secundarias tales  
2114 como torres, retenida de alambre, bardas, superficies reflectoras, etc., puede  
2115 intensificar los campos y producir zonas de alta energía de RF. Se debe tener una  
2116 cierta tolerancia para evitar esos efectos cuando se realicen las mediciones.  
2117 Durante el proceso de evaluación el operador del sistema de medición debe estar  
2118 en constante comunicación con su contraparte que controla el emisor de RF para  
2119 que en conjunto ejecuten el procedimiento requerido para las mediciones.

2120

2121 Cuando se miden las radiaciones de fuga que producen emisores no intencionales de  
2122 energía de RF, se deben observar las siguientes precauciones:

2123

2124 1. Existe la posibilidad de fuga en el sitio donde se encuentre un transmisor de RF, a lo  
2125 largo de cualquier línea de transmisión o guía de onda que transporta potencia  
2126 del transmisor (particularmente en las uniones de las guías de onda) y en todas las  
2127 puertas de acceso y paneles del gabinete que aloja al equipo transmisor.  
2128 Normalmente, la energía que se fuga decae en proporción inversa al cuadrado  
2129 de la distancia. Por consiguiente, al realizar las mediciones, se debe tener cuidado  
2130 al aproximarse al transmisor, la antena o cualquier otra estructura no deseada  
2131 radiante o causante de fuga y mantenerse a una distancia segura. El sistema de  
2132 medición debe ajustarse en estos casos a un nivel de sensibilidad suficiente para  
2133 alertar al operador de una posible exposición que excede los límites de referencia.

- 2134 2. Existe la posibilidad de quemaduras de RF, por lo que se debe evitar contacto con  
2135 cualquier estructura metálica que esté sobre, o cerca de un punto donde  
2136 pudieran existir altas intensidades de campo.
- 2137 3. Al abrir las puertas o paneles de acceso para insertar o remover algún objeto, por  
2138 ejemplo, en una cámara de pruebas de compatibilidad electromagnética de  
2139 equipos eléctricos o electrónicos, es necesario apagar el equipo y mantener  
2140 operando el dispositivo de seguridad del sistema.
- 2141 4. Si se observa un posible mal funcionamiento de los dispositivos de seguridad en la  
2142 puerta de acceso del gabinete de RF, se deberán determinar los niveles de fuga  
2143 mientras la fuente esté encendida y la puerta cerrada. Una vez hecho esto, el  
2144 operador podrá abrir la puerta lentamente para observar cualquier incremento en  
2145 la fuga y una posible falla en el dispositivo de seguridad.
- 2146 5. No se debe insertar objetos extraños, especialmente los metálicos, en ninguna  
2147 abertura o puerta del gabinete de RF. Esto aplica particularmente en el caso de  
2148 los sistemas industriales de alta potencia que usan bandas conductoras que  
2149 transportan materiales cerca de gabinetes de RF.
- 2150 6. Con la fuente apagada, el operador debe inspeccionar visualmente todas las  
2151 guías de onda flexibles que transportan alta potencia. Esta inspección deberá  
2152 determinar signos de fatiga, envejecimiento, daños en las uniones, falta de  
2153 mantenimiento, etc.
- 2154  
2155  
2156

2157  
2158  
2159  
2160  
2161  
2162  
2163  
2164  
2165  
2166  
2167  
2168  
2169  
2170  
2171  
2172  
2173  
2174  
2175  
2176  
2177  
2178  
2179  
2180  
2181  
2182  
2183  
2184  
2185  
2186  
2187  
2188  
2189  
2190  
2191  
2192  
2193  
2194  
2195  
2196

APENDICE C (NORMATIVO)

PROCEDIMIENTOS DE EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD DE ESTACIONES Y EQUIPOS  
TERMINALES DE RADIOCOMUNICACIONES, SUJETOS AL CUMPLIMIENTO DE LA NORMA  
TÉCNICA IFT-007-2015.

CONTENIDO

CAPÍTULO I.	DEFINICIONES
CAPÍTULO II.	DISPOSICIONES GENERALES
CAPÍTULO III.	EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD DE ESTACIONES DE RADIOCOMUNICACIONES
CAPÍTULO IV.	EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD DE EQUIPOS TERMINALES DE RADIOCOMUNICACIONES
CAPÍTULO V.	VIGENCIA DEL DICTÁMEN Y DEL CERTIFICADO DE CONFORMIDAD
CAPÍTULO VI.	MEDIOS DE IMPUGNACIÓN

CAPÍTULO I  
DEFINICIONES

Artículo 1. Para los efectos del presente ordenamiento, además de las definiciones  
previstas en la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión, se entenderá por:

- a) **Autorizado:** Persona física o moral que cuenten con título habilitante en términos de la fracción I, del artículo 170 de la Ley.
- b) **Certificación:** el procedimiento por el que se asegura que una estación de radiocomunicación o un equipo terminal de radiocomunicaciones cumple con la disposición técnica IFT-007-2015.
- c) **Concesionario:** Persona física o moral, titular de una concesión de las previstas en la LFTR.

- 2197 d) **Contraseña oficial:** signo distintivo que denota la conformidad de una estación o  
2198 un equipo terminal de radiocomunicaciones con la disposición técnica IFT-007-  
2199 2015.  
2200
- 2201 e) **Dictamen de conformidad:** el documento en que se hace constar el resultado de  
2202 la verificación que realicen las unidades de verificación de tercera parte de  
2203 conformidad con las disposiciones legales aplicables.  
2204
- 2205 f) **Evaluación de la conformidad:** la determinación del grado de cumplimiento con  
2206 la disposición técnica IFT-007-2015. Comprende la realización de actividades o  
2207 procedimientos tales como: muestreo, prueba, calibración, certificación y  
2208 verificación.  
2209
- 2210 g) **Instituto:** Instituto Federal de Telecomunicaciones.  
2211
- 2212 h) **Laboratorio de pruebas autorizado:** el laboratorio nacional de tercera parte que  
2213 cuenta con la autorización del Instituto Federal de Telecomunicaciones para  
2214 evaluar la conformidad con la disposición técnica IFT-007-2015.  
2215
- 2216 i) **Ley:** la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión.  
2217
- 2218 j) **IFT-007-2015:** Disposición Técnica IFT-007-2015 "Telecomunicaciones-  
2219 Radiocomunicaciones-Medidas de operación para el cumplimiento de los límites  
2220 de exposición máxima para seres humanos a emisiones electromagnéticas de  
2221 radiofrecuencia no ionizantes, en el intervalo de 100 kHz a 300 GHz, en el entorno  
2222 de emisores de radiocomunicaciones".  
2223
- 2224 k) **Organismo de certificación:** la persona moral autorizada por el Instituto, que  
2225 tenga por objeto realizar funciones de certificación de Disposiciones Técnicas.  
2226
- 2227 l) **Seguimiento:** actividades o procedimientos de evaluación de la conformidad,  
2228 tales como: muestreo, medición, pruebas de laboratorio, constatación ocular o  
2229 examen de documentos, a que están sujetos las estaciones o terminales de  
2230 radiocomunicaciones respecto de los cuales se otorgó un dictamen de

2231 conformidad o un certificado de conformidad respectivamente, para comprobar  
2232 que continúan cumpliendo con las condiciones y requisitos bajo los cuales fueron  
2233 dictaminados o certificados y, por lo tanto, para mantener la vigencia del  
2234 dictamen o certificado de conformidad respectivo.

2235

2236 m) **Titular:** Concesionario o autorizado, o Importador, comercializador o fabricante de  
2237 equipos terminales a quien se le otorgó un dictamen o certificado de  
2238 conformidad respectivamente de acuerdo con el presente ordenamiento sobre  
2239 procedimientos de evaluación de la conformidad.

2240

2241 n) **Unidad de verificación de tercera parte:** Unidad de verificación autorizada por el  
2242 Instituto que se reconoce como independiente de los intereses de los Titulares o  
2243 Concesionarios.

2244

2245 o) **Verificación:** la constatación ocular o la comprobación mediante muestreo,  
2246 medición, cálculos y pruebas de laboratorio o el examen de documentos, que se  
2247 realizan para evaluar la conformidad de la disposición técnica IFT-007-2015 en un  
2248 momento determinado.

2249

2250 p) **Verificación de tercera parte:** Verificación que lleva a cabo una Unidad de  
2251 verificación de tercera parte.

2252

2253

2254

2255

## CAPÍTULO II DISPOSICIONES GENERALES

2256

2257

2258

2259

2260

2261

2262

2263

2264

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

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

2265

2266 **Artículo 4.** Los equipos terminales de radiocomunicaciones deberán cumplir con la  
2267 disposición técnica IFT-007-2015 y deberán contar con certificado de conformidad de  
2268 manera obligatoria. Dicha evaluación de la conformidad será realizada por organismos  
2269 de certificación autorizados por el Instituto.

2270

2271 **Artículo 5.** Los dictámenes de conformidad y los certificados de conformidad serán  
2272 otorgados a los Titulares por unidades de verificación o por organismos de certificación  
2273 debidamente autorizados por el Instituto según corresponda, una vez que se compruebe  
2274 satisfactoriamente la conformidad de la estación o del equipo terminal de  
2275 radiocomunicaciones con la disposición técnica IFT-007-2015.

2276

2277 En ambos casos, las unidades de verificación de tercera parte y los organismos de  
2278 certificación deberán informar al Instituto de los dictámenes y de los certificados de  
2279 conformidad que otorguen, amplíen, suspendan o cancelen, lo anterior en términos de la  
2280 presente Disposición Técnica y demás normatividad aplicable, a más tardar 5 días hábiles  
2281 contados a partir de realizados dichos actos; así como deberán informar del seguimiento  
2282 que realicen.

2283

2284 **Artículo 6.** La documentación y requisitos necesarios para llevar a cabo los procedimientos  
2285 de evaluación de la conformidad a que se refiere el presente ordenamiento, deben  
2286 presentarse en idioma español.

2287

2288 **Artículo 7.** La lista de las unidades de verificación de tercera parte autorizadas por el  
2289 Instituto para participar conforme lo establece el presente ordenamiento, se dará a  
2290 conocer públicamente a través de los medios de difusión del portal de internet del  
2291 Instituto.

2292

2293 **Artículo 8.** La interpretación, actualización o modificación del presente ordenamiento así  
2294 como la atención y resolución de los casos no previstos en el mismo, corresponderán al  
2295 Instituto.

2296

2297

2298

### CAPÍTULO III

2299

## EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD DE ESTACIONES DE RADIOCOMUNICACIONES

2300

2301

**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.

2302

2303

2304

2305

2306

2307

2308

2309

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.

2310

2311

2312

2313

2314

2315

2316

2317

2318

**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.

2319

2320

2321

2322

2323

2324

2325

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.

2326

2327

2328

2329

2330

2331

**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

2332 presente público en general, se informará al Titular del incumplimiento, quien deberá  
2333 continuar con lo establecido en el Artículo 12.

2334

2335 **Artículo 12.** La unidad de verificación de tercera parte deberá realizar **mediciones** de los  
2336 niveles de exposición en el entorno próximo que rodea a la estación de  
2337 radiocomunicaciones que se encuentra en operación y que se emplea para transmitir  
2338 servicios de telecomunicaciones o de radiodifusión en donde esté habitualmente  
2339 presente público en general de conformidad con lo establecido en el numeral 6 de la  
2340 disposición técnica IFT-007-2015, para verificar el cumplimiento con los valores límites de  
2341 referencia de exposición máxima, como lo establece la referida disposición técnica,  
2342 cuando:

2343

2344 a) Los valores obtenidos con el cálculo de los niveles de exposición en la región de  
2345 campo lejano en el entorno próximo que rodea a la estación de  
2346 radiocomunicaciones en donde esté habitualmente presente público en general  
2347 rebasa los límites de referencia de exposición máxima, o

2348

2349 b) En el entorno próximo que rodea a la estación de radiocomunicaciones esté  
2350 habitualmente presente público en general y se cumplan las condiciones de  
2351 campo cercano.

2352

2353 En caso de que se cumpla con los límites de referencia de exposición máxima, la unidad  
2354 de verificación de tercera parte deberá expedir al Titular el dictamen de conformidad  
2355 correspondiente.

2356

2357 **Artículo 12.** Cuando los valores obtenidos por las unidades de verificación a través de la  
2358 medición de los niveles de exposición sobrepasen los límites aplicables indicados en la  
2359 Tabla 2 de la disposición técnica IFT-007-2015 en el entorno próximo que rodea a la  
2360 estación de radiocomunicaciones que se encuentra en operación y que se emplea para  
2361 transmitir servicios de telecomunicaciones o de radiodifusión en donde esté  
2362 habitualmente presente público en general, las unidades de verificación informarán al  
2363 Titular y al Instituto del incumplimiento.

2364

2365 Al respecto el Instituto aplicará las sanciones que correspondan conforme a la Ley.

2366

2367 **Artículo 13.** En caso de que exista una modificación en alguno de los elementos de la  
2368 estación de radiocomunicaciones que se encuentra en operación y que influya en el  
2369 comportamiento radioeléctrico de ésta, el Titular deberá entregar al Instituto un nuevo  
2370 cálculo de acuerdo al numeral 6 de la presente disposición técnica, para mostrar que se  
2371 cumple con los límites de la Tabla 2; a más tardar quince días hábiles después de la  
2372 modificación realizada.

2373

2374 **Artículo 14.** En el caso de múltiples emisores de RF, la realización del 1) cálculo de los  
2375 niveles de exposición porcentual en la región de campo lejano obtenido mediante la  
2376 suma de las contribuciones ponderadas de cada uno de los emisores de acuerdo a los  
2377 límites de referencia que aplican para cada emisor, de acuerdo con las relaciones 2, 3, y  
2378 4, del numeral 6.1.2 de la disposición técnica donde habitualmente esté presente público  
2379 en general y, 2) las mediciones multiemisores de RF, no serán obligatorias para los  
2380 concesionarios.

2381

2382

#### CAPÍTULO IV

2383

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

2384

#### RADIOCOMUNICACIONES

2385

2386 **Artículo 15.** Los equipos terminales de radiocomunicaciones deberán cumplir con los  
2387 límites básicos de exposición máxima, específicamente con los valores de SAR localizado  
2388 en la cabeza y el tronco que se han establecido para cumplimiento en la disposición  
2389 técnica IFT-007-2015 y contar con un certificado de conformidad de manera obligatoria.  
2390 La evaluación de la conformidad será realizada por organismos de certificación y por  
2391 laboratorios de prueba autorizados por el Instituto. Al respecto se deberá seguir el  
2392 procedimiento descrito en la resolución publicada en el Diario Oficial de la Federación el  
2393 11 de agosto de 2005, mediante la cual la Comisión Federal de Telecomunicaciones  
2394 expide los "Procedimientos de evaluación de la conformidad de productos sujetos al  
2395 cumplimiento de normas oficiales mexicanas de la competencia de la Secretaría a través  
2396 de la Comisión", en tanto el Instituto establezca los lineamientos que los sustituyan.

2397

2398 **Artículo 16.** En caso de que se cumpla con los límites básicos de exposición máxima de la  
2399 Tabla 1, específicamente con los valores de SAR localizado en la cabeza y el tronco el  
2400 laboratorio de pruebas expedirá el informe de resultados y el organismo de certificación  
2401 expedirá al Titular el certificado de conformidad correspondiente.

2402

2403 Sin perjuicio de los procedimientos establecidos en los capítulos III y IV de la presente  
2404 disposición técnica, el Instituto podrá en el marco de sus atribuciones realizar las  
2405 verificaciones que estime convenientes.

2406

2407

2408

## CAPÍTULO V

2409

### VIGENCIA DEL DICTAMEN DE CONFORMIDAD Y DEL CERTIFICADO DE 2410 CONFORMIDAD

2411

2412 **Artículo 17.** La vigencia del dictamen y del certificado de conformidad será definitiva. Sin  
2413 embargo, para mantener dicha vigencia las estaciones y los equipos terminales de  
2414 radiocomunicaciones serán sometidos a seguimiento, verificación y vigilancia según  
2415 corresponda.

2416

2417 **Artículo 19.** El dictamen y el certificado de conformidad podrán ser suspendidos o  
2418 cancelados, si se incurre en alguna de las causas señaladas en los artículos 20 al 22 del  
2419 presente ordenamiento.

2420

2421 **Artículo 18.** La vigencia del dictamen de conformidad de estaciones de  
2422 radiocomunicaciones podrá ser suspendida por el Instituto en cualquiera de los siguientes  
2423 supuestos:

2424

2425 a) Cuando el titular impida u obstaculice las labores de verificación y/o vigilancia  
2426 llevadas a cabo por el Instituto.

2427 b) Cuando se dejen de cumplir las condiciones originales bajo las cuales se otorgó el  
2428 dictamen de conformidad.

2429 c) Cuando se impongan valores límite básicos y de referencia más estrictos en la DT  
2430 IFT-007-2015, bajo la cual se otorgó originalmente el dictamen de conformidad de  
2431 la estación.

2432

2433 **Artículo 19.** El dictamen de conformidad de las estaciones de radiocomunicaciones podrá  
2434 ser cancelada por el Instituto por cualquiera de las siguientes causas:

2435

2436 1. Cuando lo solicite el Titular.

2437 2. Cuando el Titular haya proporcionado información falsa.

2438 3. Cuando se reincida en los supuestos a que se refieren los incisos a) y/o b) del  
2439 artículo anterior.

2440

2441 **Artículo 20.** El certificado de conformidad de equipos terminales de radiocomunicaciones  
2442 podrá ser suspendido por el Instituto por cualquiera de las siguientes causas:

2443

2444 a) Cuando el Titular no proporcione en forma oportuna y completa al organismo de  
2445 certificación, la información o las muestras para el seguimiento a su certificado de  
2446 conformidad vigente.

2447 b) Cuando el Titular impida u obstaculice las labores de seguimiento, verificación o  
2448 vigilancia llevadas a cabo por el Instituto.

2449 c) Cuando los equipos terminales de radiocomunicaciones dejen de cumplir las  
2450 condiciones originales bajo las cuales se otorgó el certificado de conformidad.

2451 d) Cuando se impongan valores límite básicos más estrictos en la DT IFT-007-2015, bajo  
2452 la cual se otorgó originalmente el certificado de conformidad del equipo terminal  
2453 de radiocomunicaciones.

2454

2455

2456

## CAPÍTULO VI

### MEDIOS DE IMPUGNACIÓN

2457

2458

2459 **Artículo 21.** Las personas afectadas por las resoluciones dictadas con fundamento en las  
2460 disposiciones previstas en el presente ordenamiento deberán sujetarse a los medios de  
2461 impugnación consagrados en el Título Décimo Sexto, Capítulo Único de la Ley.

2462

2463

2464

2465 **7. Verificación y Vigilancia del cumplimiento**

2466

2467 Corresponde al Instituto la verificación y vigilancia del cumplimiento del presente  
2468 ordenamiento de conformidad con las disposiciones legales aplicables.

2469

2470 **8. Bibliografía**

2471

2472 (1) U.S. Federal Communications Commission, "Guidelines for evaluating the  
2473 environmental effects of radiofrequency radiation", Report and Order, ET Docket No.  
2474 93-62, FCC 96-326, August 1, 1996.

2475 (2) U.S. Federal Communications Commission, Office of Engineering and Technology,  
2476 "Evaluating compliance with FCC guidelines for human exposure to radiofrequency  
2477 electromagnetic fields", OET Bulletin 65, Edition 97-01, August 1997, Washington, D.C.

2478 (3) U.S. Federal Communications Commission, Office of Engineering and Technology,  
2479 "Evaluating compliance with FCC guidelines for human exposure to radiofrequency  
2480 electromagnetic fields, additional information for evaluating compliance of mobile  
2481 and portable devices with FCC limits for human exposure to radiofrequency  
2482 emissions", Supplement C to OET Bulletin 65, Edition 01-01, June 2001, Washington,  
2483 D.C.

2484 (4) U.S. Federal Communications Commission, Office of Engineering and Technology,  
2485 "Evaluating compliance with FCC guidelines for human exposure to radiofrequency  
2486 electromagnetic fields, additional information for Radio and Television Broadcast  
2487 Stations", Supplement A to OET Bulletin 65, Edition 97-01, Washington, D.C.

2488 (5) International Electrotechnical Commission, "Human exposure to radio frequency  
2489 fields from hand-held and body-mounted wireless communication devices-Human  
2490 models, instrumentation, and procedures-Part1: Procedure to determine the specific  
2491 absorption rate (SAR) for hand-held devices used in close proximity to the ear  
2492 (frequency range of 300 MHz to 3 GHz)", International Standard IEC 62209-1, First  
2493 Edition 2005-02, Geneva, Switzerland.

2494 (6) Institute of Electrical and Electronics Engineers, "IEEE recommended practice for  
2495 determining the peak spatial-average specific absorption rate (SAR) in the human  
2496 head from wireless communications devices: measurement techniques", IEEE Std  
2497 1528-2003.

- 2498 (7) Institute of Electrical and Electronics Engineers, "IEEE recommended practice for  
 2499 measurements and computation of radio frequency electromagnetic fields with  
 2500 respect to human exposure to such fields, 100 kHz-300 GHz", IEEE Std C95.3-2002.
- 2501 (8) Institute of Electrical and Electronics Engineers, "IEEE standard methods for measuring  
 2502 electromagnetic field strength of sinusoidal continuous waves, 30 Hz to 30 GHz", IEEE  
 2503 Std 291-1991.
- 2504 (9) Unión Internacional de Telecomunicaciones, "Orientación sobre el cumplimiento de  
 2505 los límites de exposición de las personas a los campos electromagnéticos",  
 2506 Recomendación UIT-T K.52, Febrero, 2000.
- 2507 (10) Electronic Communications Committee (ECC), European Conference of Postal and  
 2508 Telecommunications Administrations, (CEPT), "Measuring non-ionising  
 2509 electromagnetic radiation (9 kHz-300 GHz)", ECC Recommendation (02)04, Edition  
 2510 October, 2003.
- 2511 (11) International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, "Guidelines for  
 2512 limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up  
 2513 to 300 GHz", Health Physics, April, 1998, Vol. 74, No. 4.
- 2514 (12) Institute of Electrical and Electronics Engineers, "IEEE standards for safety levels with  
 2515 respect to human exposure to radio frequency electromagnetic fields, 3kHz to 300  
 2516 GHz", IEEE Std C95.1, 1999 Edition.
- 2517 (13) Council of the European Union, "Council recommendation on the limitation of  
 2518 exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz)", Official  
 2519 Journal of the European Communities, July 30, 1999.
- 2520 (14) Asociación Interamericana de Centros de Investigación y Empresas de  
 2521 Telecomunicaciones (AHCJET), "Estudio sobre normas legislativas y procedimientos  
 2522 de control de emisiones radioeléctricas en América Latina", AHCJET 2004.
- 2523 (15) Health Protection Branch, Minister of Health Canada, "Limits of human exposure to  
 2524 radiofrequency electromagnetic fields in the frequency range from 3kHz to 300 GHz",  
 2525 Minister of Public Works and Government Services, Canada 1999.
- 2526 (16) R. Abd-Alhameed, P. Excell., M. Mangoud, "Computation of specific absorption rate  
 2527 in the human body due to base-station antennas using a hybrid formulation", IEEE  
 2528 Transactions on Electromagnetic Compatibility, Vol. 47, No. 2, May 2005, pp. 378-381.
- 2529 (17) D. Razansky, D. Soldea, P. Einziger, "Generalized transmission-line model for  
 2530 estimation of cellular handset power absorption in biological tissues", IEEE

- 2531 Transactions on Electromagnetic Compatibility, Vol. 47, No. 1, February 2005, pp. 61-  
2532 67.
- 2533 (18) S. Pisa, M. Cavagnaro, E. Piuzei, P. Bernardi, J. Lin, "Power density and temperature  
2534 distribution produced by interstitial arrays of sleeved-slot antennas for hyperthermia  
2535 cancer therapy", IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, Vol. 51,  
2536 No. 12, December 2003, pp. 2418-2426.
- 2537 (19) P. Bernardi, M. Cavagnaro, S. Pisa, E. Piuzei, "Numerical evaluation of human  
2538 exposure to radio base stations antennas", International Symposium on  
2539 Electromagnetic Compatibility (EMC Europe 2002), Sorrento, Italy, 2002.
- 2540 (20) P. Bernardi, M. Cavagnaro, S. Pisa, E. Piuzei, "Power absorption and temperature  
2541 elevations induced in the human head by a dual-band monopole-helix antenna  
2542 phone", IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, Vol. 49, No. 12,  
2543 December 2001, pp. 2539-2546.
- 2544 (21) P. Bernardi, M. Cavagnaro, S. Pisa, E. Piuzei, "Human exposure to radio base-station  
2545 antennas in urban environment", IEEE Transactions on Microwave Theory and  
2546 Techniques, Vol. 48, No. 11, November 2000, pp. 1996-2002.
- 2547 (22) P. Bernardi, M. Cavagnaro, S. Pisa, E. Piuzei, "Specific absorption rate and  
2548 temperature increases in the head of a cellular-phone user", IEEE Transactions on  
2549 Microwave Theory and Techniques, Vol. 48, No. 7, July 2000, pp. 1118-1119-XXX-2015.
- 2550 (23) P. Bernardi, M. Cavagnaro, S. Pisa, "Evaluation of the SAR distribution in the human  
2551 head for cellular phones used in a partially closed environment", IEEE Transactions on  
2552 Electromagnetic Compatibility, Vol. 38, No. 3, August 1996, pp. 357-366.
- 2553 (24) Gandhi O, Lazzi G, Furse C., "Electromagnetic absorption in the human head and  
2554 neck for mobile telephones at 835 and 1900 MHz", IEEE Transactions on Microwave  
2555 Theory and Techniques, Vol. 44, No. 10, October 1996, pp. 1884-1897.
- 2556 (25) S. Watanabe, M. Taki, T. Nojima, O. Fujiwara, "Characteristics of the SAR distribution in  
2557 a head exposed to electromagnetic fields radiated by a hand-held portable radio",  
2558 IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, Vol. 44, No. 10, October  
2559 1996, pp. 1874-1883.
- 2560 (26) V. Hombach, K. Meier, M. Burkhardt, E. Kühn, N. Kuster, "The dependence of EM  
2561 energy absorption upon human head modeling at 900 MHz", IEEE Transactions on  
2562 Microwave Theory and Techniques, Vol. 44, No. 10, October 1996, pp. 1865-1873.

- 2563 (27) M. Okoniewski, M. Stuchly, "A study of the handset antenna and human body  
2564 interaction", IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, Vol. 44, No. 10,  
2565 October 1996, pp. 1855-1864.
- 2566 (28) P. Bernardi, M. Cavagnaro, S. Pisa, "Evaluation of the SAR distribution in the human  
2567 head for cellular phones used in partially closed environment", IEEE Transactions on  
2568 Electromagnetic Compatibility, Vol. 38, No. 3, August 1996.
- 2569 (29) Q. Balzano, O. Garay, T. Manning, "Electromagnetic energy exposure of simulated  
2570 users of portable cellular telephones", IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol.  
2571 44, No. 3, August 1995, pp. 390-403.
- 2572 (30) T. Nagatsuma, M. Shinagawa, N. Sahri, A. Sasaki, Y. Royter, A. Hirata, "1.55- $\mu$ m  
2573 photonic systems for microwave and millimeter-wave measurement", IEEE  
2574 Transactions on Microwave Theory and Techniques, Vol. 49, No. 10, October 2001,  
2575 pp. 1831-1839.

## 2576 9. Concordancia con normas internacionales

2577

2578 Esta disposición técnica coincide con las siguientes normas internacionales:

- 2579 • International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, "Guidelines for  
2580 limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up  
2581 to 300 GHz")
- 2582 • International Electrotechnical Commission, "Human exposure to radio frequency  
2583 fields from hand-held and body-mounted wireless communication devices-Human  
2584 models, instrumentation, and procedures-Part1: Procedure to determine the  
2585 specific absorption rate (SAR) for hand-held devices used in close proximity to the  
2586 ear (frequency range of 300 MHz to 3 GHz)", International Standard IEC 62209-1.
- 2587 • Institute of Electrical and Electronics Engineers, "IEEE recommended practice for  
2588 measurements and computation of radio frequency electromagnetic fields with  
2589 respect to human exposure to such fields, 100 kHz-300 GHz", IEEE Std C95.3-2002.

2590

2591

2592

2593

2594

2595

2596

2597

2598

## 2599 10 Disposiciones Transitorias

2600

2601 Primero.- La presente norma entrará en vigor a los 60 días naturales posteriores a su  
2602 publicación en el Diario Oficial de la Federación.

2603

2604 Segundo.- Los Titulares de las estaciones de radiocomunicaciones que se encuentren en  
2605 operación deberán presentar ante el Instituto, a más tardar doce meses contados a  
2606 partir de la entrada en vigor de la presente disposición, el cálculo de acuerdo al numeral  
2607 6 o la medición de acuerdo al numeral 6.3, en el entorno próximo que rodea a la estación  
2608 de radiocomunicaciones en donde esté habitualmente presente público en general;  
2609 mismo que deberá estar firmado por su representante legal y acompañado con la  
2610 información que se establece en el numeral 6.1.1., de la presente disposición técnica.

2611

2612

2613

015-06-26