

Comisión de Estudio 2 Cuestión 7

# Políticas, directrices, reglamentos y evaluaciones de la exposición de las personas a los campos electromagnéticos de radiofrecuencia



**Informe de resultados sobre la  
Cuestión 7/2 del UIT-D**

**Políticas, directrices,  
reglamentos y evaluaciones de  
la exposición de las personas a  
los campos electromagnéticos  
de radiofrecuencia**

Periodo de estudios 2018-2021



## Políticas, directrices, reglamentos y evaluaciones sobre la exposición de las personas a los campos electromagnéticos de radiofrecuencia: Informe de resultados sobre la Cuestión 7/2 del UIT-D para el periodo de estudios 2018-2021

ISBN 978-92-61-34223-4 (versión electrónica)

ISBN 978-92-61-34233-3 (versión EPUB)

ISBN 978-92-61-34243-2 (versión Mobi)

### © Unión Internacional de Telecomunicaciones 2021

Unión Internacional de Telecomunicaciones, Place des Nations, CH-1211 Ginebra, Suiza

Algunos derechos reservados. Esta obra está autorizada para su uso por el público en virtud de una licencia Creative Commons Attribution-Non Commercial- Share Alike 3.0 IGO (CC BY-NC-SA 3.0 OIG).

Con arreglo a los términos de esta licencia, cabe la posibilidad de copiar, redistribuir y adaptar la obra para fines no comerciales siempre que se cite adecuadamente, como se indica a continuación. Sea cual fuere la utilización de esta obra, no debe sugerirse que la UIT respalda ninguna organización, producto o servicio específico. No se permite la utilización no autorizada de los nombres o logotipos de la UIT. En caso de adaptación, la utilización de la obra resultante debe autorizarse en virtud de la misma licencia Creative Commons o de una equivalente. Si se realiza una traducción de esta obra, debe añadirse el siguiente descargo de responsabilidad junto con la cita sugerida: "Esta traducción no ha sido realizada por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). La UIT no se responsabiliza del contenido o la exactitud de esta traducción. La edición original en inglés será la edición vinculante y auténtica". Para más información, sírvase consultar la página

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo/>

**Cita recomendada:** Políticas, directrices, reglamentos y evaluaciones sobre la exposición de las personas a los campos electromagnéticos de radiofrecuencia: Informe de resultados sobre la Cuestión 7/2 del UIT-D para el periodo de estudios 2018-2021. Ginebra: Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2021. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

**Material de terceros:** Si desea reutilizar algún material de esta obra que se atribuya a un tercero, como cuadros, figuras o imágenes, es su responsabilidad determinar si se necesita permiso para esa reutilización y obtenerlo del titular de los derechos de autor. La responsabilidad de las demandas resultantes de la infracción de cualquier componente de la obra que sea propiedad de terceros recae exclusivamente en el usuario.

**Descargo general de responsabilidad:** Las denominaciones empleadas y la presentación del material en esta publicación no implican la expresión de opinión alguna por parte de la UIT ni de su Secretaría en relación con la situación jurídica de ningún país, territorio, ciudad o zona, ni de sus autoridades, ni en relación con la delimitación de sus fronteras o límites.

La mención de empresas específicas o de productos de determinados fabricantes no implica que la UIT los apruebe o recomiende con preferencia a otros de naturaleza similar que no se mencionan. Salvo error u omisión, las denominaciones de los productos patentados se distinguen mediante iniciales en mayúsculas.

La UIT ha tomado todas las precauciones razonables para comprobar la información contenida en la presente publicación. Sin embargo, el material publicado se distribuye sin garantía de ningún tipo, ni expresa ni implícita. La responsabilidad respecto de la interpretación y del uso del material recae en el lector. La UIT no será responsable en ningún caso de los daños derivados de su utilización.

**Fotografía de la portada:** Shutterstock

## Agradecimientos

Las Comisiones de Estudio del Sector de Desarrollo de las Telecomunicaciones de la UIT (UIT-D) brindan una plataforma neutral en la que expertos de gobiernos, empresas, organizaciones de telecomunicaciones e instituciones académicas de todo el mundo pueden reunirse y crear herramientas y recursos prácticos para abordar cuestiones de desarrollo. A tal efecto, las dos Comisiones de Estudio del UIT-D se encargan de elaborar Informes, Directrices y Recomendaciones partiendo de las contribuciones recibidas de los Miembros. Las Cuestiones de estudio se determinan cada cuatro años en el marco de la Conferencia Mundial de Desarrollo de las Telecomunicaciones (CMDT). Los miembros de la UIT, reunidos en la CMDT-17, que se celebró en Buenos Aires en octubre de 2017, decidieron que la Comisión de Estudio 2 se ocupara de siete Cuestiones relacionadas con los "servicios y aplicaciones de las tecnologías de la información y la comunicación en pro del desarrollo sostenible" durante el periodo de estudios 2018-2021.

El presente informe se preparó en respuesta a la Cuestión 7/2: **Políticas, directrices, reglamentos y evaluaciones sobre la exposición de las personas a los campos electromagnéticos de radiofrecuencia**, bajo la dirección y coordinación generales del equipo directivo de la Comisión de Estudio 2 del UIT-D, encabezado por el Sr. Ahmad Reza Sharafat (República Islámica del Irán), en calidad de Presidente, con el apoyo de los siguientes Vicepresidentes: Sr. Nasser Al Marzouqi (Emiratos Árabes Unidos)(dimitió en 2018); Sr. Abdelaziz Alzarooni (Emiratos Árabes Unidos); Sr. Filipe Miguel Antunes Batista (Portugal)(dimitió en 2019); Sra. Nora Abdalla Hassan Basher (Sudán); Sra. Maria Bolshakova (Federación de Rusia); Sra. Celina Delgado Castellón (Nicaragua); Sr. Yakov Gass (Federación de Rusia)(dimitió en 2020); Sr. Ananda Raj Khanal (República de Nepal); Sr. Roland Yaw Kudozia (Ghana); Sr. Tolibjon Oltinovich Mirzakulov (Uzbekistán); Sra. Alina Modan (Rumania); Sr. Henry Chukwudumeme Nkemadu (Nigeria); Sra. Ke Wang (China); y Sr. Dominique WürGES (Francia).

El informe fue elaborado bajo la dirección de los Correladores para la Cuestión 7/2, el Sr. Haim Mazar (ATDI, Francia)(Capítulos 1, 2 y 3); el Sr. Tongning Wu (China)(Capítulo 4); y la Sra. Dan Liu (China)(dimitió en 2018), en colaboración con los siguientes Vicerrelatores: Sra. Aminata Niang Diagne (Senegal)(Capítulo 7); Sr. Gregory Domond (Haití)(Capítulo 5); Sr. R.M. Chaturvedi (India); y Sr. Enock Gothias (República Centroafricana), así como con los siguientes colaboradores activos: Sr. Michael Milligan (Mobile & Wireless Forum)(Capítulo 6) y Sr. Jack Rowley (GSMA)(Resumen ejecutivo).

El presente informe se ha elaborado con el apoyo de los coordinadores de la BDT, los editores, el equipo de producción de publicaciones y la secretaría de las Comisiones de Estudio del UIT-D.

# Índice

Agradecimientos .....	iii
Lista de cuadros y figuras .....	vii
Resumen ejecutivo .....	ix
Abreviaturas y acrónimos .....	xi
<b>Capítulo 1 - Introducción .....</b>	<b>1</b>
1.1 Antecedentes .....	1
1.2 Alcance del informe.....	3
<b>Capítulo 2 - Actividades de la UIT .....</b>	<b>5</b>
2.1 Resolución 176 (Rev. Dubái, 2018) de la Conferencia de Plenipotenciarios .....	5
2.2 Resolución 62 (Rev. Buenos Aires, 2017) de la CMDT.....	5
2.3 Resolución 72 de la AMNT y productos de la Cuestión 3/5.....	6
<b>Capítulo 3 - Límites internacionales de exposición a los CEM-RF actualizados .....</b>	<b>7</b>
3.1 Generalidades .....	7
3.2 Directrices de la ICNIRP (2010) y (2020) en vigor.....	8
3.2.1 Descripción general .....	8
3.2.2 Elaboración de los cuadros y figuras de la ICNIRP (2020) .....	9
3.3 IEEE C95.1-2019.....	17
3.3.1 Niveles de referencia: factores de seguridad que se aplican en 100 kHz - 6 GHz; efectos térmicos.....	17
3.3.2 Límites de referencia dosimétricos y nivel de referencia de exposición .....	18
3.3.3 Comparación y cotejo de ICNIRP (1998), IEEE 95-1 (2019) e ICNIRP (2020) .....	22
3.4 Referencias internacionales adicionales .....	26
3.4.1 Recomendaciones del UIT-T y sus correspondientes suplementos de la serie K.....	26
3.4.2 Informe UIT-R SM.2452 .....	27
3.4.3 Normas de la Comisión Electrotécnica Internacional .....	27
3.4.4 Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE).....	28
3.4.5 Resumen - Prácticas óptimas, límites internacionales de exposición a CEM-RF .....	29

<b>Capítulo 4 - Políticas para limitar la exposición a los campos de radiofrecuencia.....</b>	<b>30</b>
4.1 Directrices para la regulación nacional.....	30
4.2 Prácticas nacionales para garantizar el cumplimiento de los límites de exposición.....	31
4.3 Repercusión de las IMT-2020 (5G) en los CEM.....	32
4.4 Exposición a otros emisores de dispositivos de corto alcance, como Wi-Fi y Bluetooth.....	35
<b>Capítulo 5 - Formulación de políticas nacionales sobre límites de exposición a CEM.....</b>	<b>37</b>
5.1 Marco jurídico.....	37
5.2 Establecimiento de normas.....	38
5.3 Evaluación de las preocupaciones relacionadas con la exposición de las personas a los CEM-RF.....	38
5.4 Sensibilización pública.....	39
5.5 Límites de exposición en zonas cercanas a guarderías, escuelas y hospitales.....	40
5.6 Evaluación de la exposición a CEM-RF en el entorno de los transmisores.....	40
5.6.1 Cálculo de la exposición a CEM-RF.....	41
5.6.2 Medición de la exposición a CEM-RF.....	43
5.6.3 Presentación de los resultados correspondientes a los sitios web.....	44
5.6.4 Procedimientos simplificados de evaluación de emplazamientos de las estaciones base.....	44
<b>Capítulo 6 - Exposición de las personas a los CEM de las estaciones de base y los aparatos portátiles.....</b>	<b>45</b>
6.1 Comparación internacional de los niveles de exposición a las estaciones base.....	45
6.2 Niveles de exposición a aparatos portátiles.....	47
6.3 Mediciones nacionales de la SAR.....	49
6.4 Exposición de los niños a RF.....	49
<b>Capítulo 7 - Estudios de casos.....</b>	<b>52</b>
7.1 Antecedentes.....	52
7.2 Iniciativas nacionales.....	52
7.2.1 El caso de Burundi.....	53
7.2.2 El caso de la República Centroafricana.....	53
7.2.3 El caso de Senegal.....	54

7.2.4 El caso de China.....	55
7.3 Recapitulación de las prácticas óptimas .....	55
<b>Annexes .....</b>	<b>57</b>
<b>Annex 1: List of contributions and liaison statements received on Question 7/2.....</b>	<b>57</b>

## Lista de cuadros y figuras

### Cuadros

Cuadro 1: (Cuadro 1 de la ICNIRP) Cantidades y unidades SI correspondientes utilizadas en las Directrices.....	9
Cuadro 2: (Cuadro 5 de la ICNIRP) Niveles de referencia para la exposición, promediados durante <u>30 minutos</u> y en <u>todo el cuerpo</u> .....	10
Cuadro 3: (Cuadro 6 de la ICNIRP) Niveles de referencia para la exposición <u>local</u> , promediados durante <u>6 minutos</u> .....	11
Cuadro 4: Resumen de las Directrices de la ICNIRP (2020) - Restricciones básicas .....	15
Cuadro 5: C95.1-2019 (Cuadro 5) - Límites de referencia dosimétricos (DRL) (de 100 kHz a 6 GHz) .....	18
Cuadro 6: C95.1-2019 (Cuadro 6) - DRL (de 6 GHz a 300 GHz).....	18
Cuadro 7: C95.1-2019 (Cuadro 7) - Nivel de referencia de exposición (ERL) (de 100 kHz a 300 GHz).....	19
Cuadro 8: C95.1-2019 (Cuadro 8) - ERL en entornos <u>restringidos</u> (de 100 kHz a 300 GHz).....	21
Cuadro 9: Lista de prácticas óptimas .....	55

### Figuras

Figura 1: Tasa mundial de abonados a telefonía móvil celular.....	3
Figura 2: Niveles de referencia <u>promediados en todo el cuerpo</u> para el <u>público en general</u> según las Directrices de la ICNIRP (1998), ICNIRP (2010) y ICNIRP (2020).....	13
Figura 3: Niveles de referencia de la ICNIRP (2020) para el <u>público en general</u> que se aplican a exposiciones <u>locales <math>\geq 6</math> min</u> .....	14
Figura 4: Niveles de referencia <u>promediados en todo el cuerpo</u> para los <u>trabajadores</u> según las Directrices de la ICNIRP (1998), ICNIRP (2010) y ICNIRP (2020).....	14
Figura 5: Niveles de referencia para los <u>trabajadores</u> en exposiciones <u>locales <math>\geq 6</math> min</u> según las Directrices de la ICNIRP (2020).....	15
Figura 6: Comparación de la <u>densidad de potencia</u> para la exposición ocupacional y la exposición pública general de 30 MHz a 300 GHz según el Cuadro 5 de ICNIRP (2020) .....	16
Figura 7: Comparación de la <u>intensidad de campo</u> para la exposición ocupacional y la exposición del público en general de 0,1 MHz a 2 000 MHz según el Cuadro 5 de las ICNIRP (2020), limitada por debajo de $\approx 7$ MHz por los Cuadros 3 y 4 de las ICNIRP (2010).....	16
Figura 8: Comparación de la exposición <u>ocupacional</u> y la <u>pública en general</u> del Cuadro 6 de las ICNIRP (2020).....	17
Figura 9: CEM y densidad de potencia en entornos <u>no restringidos</u> según la C95.1-2019 (Figura 3).....	20

Figura 10: CEM y densidad de potencia en entornos <u>restringidos</u> según la C95.1-2019 (Figura 4).....	22
Figura 11: Límites de referencia (RL) para la exposición ocupacional en las Directrices de la ICNIRP y la norma del IEEE .....	23
Figura 12: Límites de exposición local y de todo el cuerpo según IEEE C95.1 (2019) e ICNIRP (2020) .....	23
Figura 13: Niveles de referencia: para el público en general según ICNIRP (1998), IEEE (2019) e ICNIRP (2020) .....	24
Figura 14: Contornos tridimensionales de exposición pública general y ocupacional a la DTV .....	42
Figura 15: Imagen satelital bidimensional de las distancias de exposición celular.....	43
Figura 16: Datos de la encuesta sobre CEM-RF (20 países).....	46
Figura 17: Resultados de la medición de la intensidad de campo en V/m en los emplazamientos de 98 células pequeñas.....	47

# Resumen ejecutivo

El presente informe elaborado por el Sector de Desarrollo de las Telecomunicaciones de la UIT (UIT-D) en el marco de la Cuestión 7/2 del UIT-D (Estrategias y políticas relativas a la exposición de las personas a los campos electromagnéticos) abarca una materia especializada y se remite a organismos y opiniones de expertos científicos para proporcionar un contexto. Esto reviste importancia para los responsables de las políticas, ya que las medidas, reglamentos y planteamientos innecesariamente restrictivos tienen un efecto negativo en la prestación de servicios de radiocomunicaciones. Existen innumerables estudios sobre los riesgos de los campos electromagnéticos de radiofrecuencia (CEM-RF). Este informe se centra en las políticas, directrices, reglamentos y evaluaciones de base científica en lo que concierne a la exposición de las personas a los CEM-RF, sin entrar en el ámbito biológico. La Organización Mundial de la Salud (OMS) creó en 1996 el Proyecto Internacional CEM para evaluar las pruebas científicas de los posibles efectos nocivos de los CEM en la gama de frecuencias de 0 a 300 GHz<sup>1</sup>.

En marzo de 2020, la Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante (ICNIRP) publicó una actualización de las Directrices de la ICNIRP (1998)<sup>2</sup>. El Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) también publicó la actualización de la norma C95.1-2019<sup>3</sup> en octubre de 2019. Los límites establecidos por la ICNIRP y el IEEE están en gran medida armonizados y, por encima de los 30 MHz, los límites de densidad de potencia para la exposición de todo el cuerpo a campos continuos son idénticos.

La gran mayoría de los países han adoptado valores límite de exposición a CEM-RF basados en las directrices de la ICNIRP o en las normas del IEEE; sin embargo, algunos países han decidido adoptar medidas adicionales para proteger a su población. La adopción de diferentes límites de exposición en los distintos países suscita preocupación pública. Se insta a las administraciones a seguir las directrices estipuladas por los grupos de expertos científicos de la ICNIRP y del IEEE, o los límites que fijen sus propios expertos. La práctica más recomendable para las administraciones que decidan utilizar los límites internacionales de exposición a CEM-RF será limitar los niveles de exposición a los umbrales definidos en las Directrices de la ICNIRP (2020).

Las actividades de comprobación técnica de la exposición a CEM-RF están muy extendidas en todo el mundo. Estas actividades muestran sistemáticamente niveles bajos de CEM-RF en zonas públicas próximas a antenas de redes móviles y ponen de manifiesto que los niveles no cambian significativamente con el tiempo ni difieren entre países, independientemente de que se adopten los límites internacionales de CEM-RF u otros más restrictivos. En lo que se refiere a la exposición de las personas, no hay razones técnicas para restringir el emplazamiento de las estaciones base en el entorno de guarderías, escuelas y hospitales, ya que las directrices de exposición vigentes incorporan márgenes de seguridad para proteger a todos los miembros de la comunidad.

Del peso de las pruebas científicas se desprende que no hay indicios de ningún efecto adverso para la salud por el uso de teléfonos móviles o dispositivos inalámbricos. La mayor exposición

<sup>1</sup> OMS. Campos electromagnéticos (CEM). [El Proyecto Internacional CEM](#).

<sup>2</sup> ICNIRP (2020). [RF EMF Guidelines 2020](#).

<sup>3</sup> IEEE (2019). [IEEE C95.1-2019](#). IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Electric, Magnetic and Electromagnetic Fields, 0 Hz to 300 GHz.

que recibe el público en general procede de dispositivos portátiles como los teléfonos móviles. Las mediciones de la tasa de absorción específica de energía (SAR) a efectos de cumplimiento de las normas en condiciones de laboratorio con dispositivos configurados para funcionar a potencias máximas muestran valores cercanos a los límites. Sin embargo, los valores conformes de SAR indicados para cada modelo de teléfono móvil exageran los niveles de exposición de la vida real. En realidad, los dispositivos funcionan con niveles de potencia significativamente más bajos, especialmente en zonas de buena recepción.

La primera versión de 5G NR (nueva tecnología de acceso radioeléctrico) se publicó oficialmente en diciembre de 2017. Debido a las características de las tecnologías MIMO (entradas múltiples, salidas múltiples) y de ondas milimétricas utilizadas en el sistema de comunicaciones móviles de quinta generación, es urgente evaluar los niveles de CEM-RF. Un estudio pionero indicó que la potencia máxima promediada en el tiempo por dirección del haz resultó ser muy inferior al máximo teórico, y más baja de lo que predecían los modelos estadísticos existentes. La comunicación de los riesgos es también un método importante para reducir la preocupación pública innecesaria acerca de la exposición a los CEM-RF. La OMS y la UIT promueven constantemente el intercambio de conocimientos entre países y regiones.

El informe incluye estudios de casos de actividades realizadas por varios países para limitar la exposición de las personas a los CEM y sensibilizar eficazmente a las distintas partes interesadas.

# Abreviaturas y acrónimos

3G	tecnología móvil de la tercera generación
4G	tecnología móvil de la cuarta generación
5G	tecnología móvil de la quinta generación
AMNT	Asamblea Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones
BDT	Oficina de desarrollo de las telecomunicaciones
CEI	Comisión Electrotécnica Internacional
CEM	campo electromagnético
CEM-RF	campos electromagnéticos de radiofrecuencia
CMDT	Conferencia Mundial de Desarrollo de las Telecomunicaciones
DRL	límite de referencia dosimétrico ( <i>dosimetric reference limit</i> )
EB	estación base
EBR	estación base radioeléctrica
ERL	nivel de referencia de exposición ( <i>exposure reference level</i> )
ICNIRP	Comisión Internacional para la Protección contra las Radiaciones No Ionizantes ( <i>International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection</i> )
IEEE	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos ( <i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i> )
IMT	Telecomunicaciones Móviles Internacionales ( <i>International Mobile Telecommunications</i> )
MIMO	entrada múltiple/salida múltiple ( <i>multiple-input multiple-output</i> )
NR	nueva tecnología de acceso radioeléctrico ( <i>New Radio (5G)</i> )
OMS	Organización Mundial de la Salud
PA	punto de acceso
PIRE	potencia isotropa radiada equivalente
RF	radiofrecuencia
RNI	radiación no ionizante
SAR	tasa de absorción específica ( <i>specific absorption rate</i> )
SI	Sistema Internacional de Unidades
TIC	tecnología de la información y la comunicación
UIT	Unión Internacional de Telecomunicaciones

(continuación)

UIT-D	Sector de Desarrollo de las Telecomunicaciones de la UIT
UIT-R	Sector de Radiocomunicaciones de la UIT
UIT-T	Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT

# Capítulo 1 - Introducción

## 1.1 Antecedentes

La proliferación de estaciones base de telefonía móvil e instalaciones fijas inalámbricas en todo el mundo, la aversión del público a las grandes estructuras de antenas y la preocupación en algunos países por los posibles riesgos de los campos electromagnéticos (CEM) han llevado a restringir los instrumentos legislativos y normativos para garantizar la protección del público<sup>1</sup>. Los riesgos para los seres humanos se han convertido en un importante problema de salud para los reguladores y los proveedores de servicios y de equipos inalámbricos. Las poblaciones están expuestas a diferentes fuentes de campos electromagnéticos de radiofrecuencia (CEM-RF), cuyos niveles varían en función de los servicios de datos de tráfico, los requisitos de calidad de servicio (QoS), la ampliación de la capacidad y de la cobertura de las redes, así como la introducción de nuevas tecnologías. Los límites de exposición de las personas a las radiofrecuencias (RF) establecen restricciones en ese sentido con el objeto de que sirvan de referencia a los responsables de la seguridad del público en general y de los trabajadores. Las fuentes dominantes de exposición de las personas a los CEM-RF son los transmisores que funcionan sobre el cuerpo o en sus inmediaciones, como los dispositivos portátiles y las fuentes inalámbricas de campo cercano para los trabajadores (véase el mandato de la Cuestión 7/2 del UIT-D recibido de la Conferencia Mundial de Desarrollo de las Telecomunicaciones (CMDT-2017))<sup>2</sup>. La Organización Mundial de la Salud (OMS) afirma que: "La eficacia de ciertos dispositivos comerciales para reducir la exposición a los campos electromagnéticos no está demostrada"<sup>3</sup>.

Los servicios de comunicaciones inalámbricas utilizan frecuencias en las gamas de RF del espectro electromagnético, que son frecuencias mucho más bajas que las radiaciones ionizantes tales como los rayos X o los rayos gamma<sup>4</sup>. Las ondas de RF no tienen energía suficiente para romper los enlaces moleculares ni para provocar la ionización de los átomos en el cuerpo humano; de ahí su clasificación como radiación no ionizante (RNI). La capacidad de calentamiento a corto plazo de la exposición a CEM-RF de alto nivel (por ejemplo, los hornos de microondas) es bien conocida. La cuestión es si existen otros efectos sobre la salud a largo plazo, como el cáncer. Aunque algunos estudios han señalado posibles efectos no térmicos en organismos vivos, tal hipótesis nunca se ha corroborado.

Algunos países (y ciudades) adoptan límites de CEM-RF más restrictivos, que inciden negativamente en el despliegue de los servicios de radiocomunicaciones, pero no reducen los

<sup>1</sup> Haim Mazar (2016). Radio Spectrum Management: Policies, Regulations, Standards and Techniques. Chichester, West Sussex: John Wiley & Sons, Ltd., 2016. Véase el capítulo 9, pp. 359-397.

<sup>2</sup> UIT. Comisiones de Estudio del UIT-D. [Cuestión 7/2](#).

<sup>3</sup> WHO. Newsroom. Fact sheet N°193. [Electromagnetic fields and public health: mobile phones](#). Octubre de 2014.

<sup>4</sup> Las radiaciones electromagnéticas de frecuencias superiores a la banda ultravioleta se clasifican como "radiaciones ionizantes", porque al incidir sobre la materia tienen la energía suficiente para efectuar cambios en los átomos, liberando electrones ionizantes y alterando así sus enlaces químicos. Las radiaciones ionizantes se producen a frecuencias superiores a 2 900 THz (2 900 × 1 012 Hz). Este límite de frecuencia corresponde a una longitud de onda de unos 103,4 nm y una energía de ionización mínima de 12 eV.

niveles típicos de exposición pública a CEM-RF<sup>5</sup>. Las Directrices de la Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante (ICNIRP) sobre la exposición a los CEM-RF están respaldadas por la OMS y constituyen el consenso científico actual. "La OMS alienta el establecimiento de límites de exposición y otras medidas de control que ofrezcan el mismo nivel de protección sanitaria a todo el mundo. Respaldada las directrices de la ICNIRP y alienta a los Estados Miembros a adoptar estas directrices internacionales"<sup>7</sup>. No obstante, las normativas nacionales tienen carácter prioritario y, al estar influidas por factores sociales, económicos y políticos, los valores adoptados en cada país pueden variar.

La opinión pública sigue preocupada en cierta medida y afirma que no se han estudiado todos los posibles efectos sobre la salud. Es fundamental analizar el equilibrio entre el coste y los posibles riesgos. Es científicamente imposible demostrar la seguridad absoluta (la hipótesis nula) de cualquier agente físico<sup>8</sup>; también es imposible demostrar lo negativo (que algo no existe). Aunque lógicamente no existen pruebas absolutas, los reguladores nacionales están sometidos a la presión del público. Para responder a este dilema, algunos países dicen aplicar el principio de precaución a fin de restringir los posibles riesgos para el ser humano. La aplicación del enfoque de precaución y del concepto de ALARA ("as low as reasonably achievable" o tan bajo como sea razonablemente posible) al problema de la gestión del riesgo de los CEM-RF para la salud puede sustituir al modelo de gestión del riesgo de doble estado (por encima/por debajo del umbral), permitiendo la introducción de otros factores.

Se trata de encontrar un equilibrio entre la incertidumbre persistente (y los daños en caso de que el peor escenario resulte ser cierto) frente a la aplicación de prescripciones más estrictas (que requieren recursos adicionales y suponen la reducción de la calidad del servicio), y otros impactos sociales más amplios<sup>9</sup>. La OMS advierte que, si las autoridades reguladoras reaccionan a la presión pública introduciendo límites de precaución además de los límites de base científica ya existentes, deben tener presente que eso socava la credibilidad de la ciencia y de los límites de exposición<sup>10</sup>. En las Directrices de la ICNIRP (2020) se afirma que no hay pruebas de que las medidas de precaución adicionales entrañen algún beneficio para la salud de la población<sup>11</sup>. Es importante implicar a todas las partes interesadas en las actividades de sensibilización colectiva: organismos gubernamentales, el sector privado de Internet, organizaciones no gubernamentales, grupos comunitarios y el público en general.

La proliferación de estaciones base de telefonía móvil en todo el mundo se puede observar en la **Figura 1** (basada en los indicadores de la UIT)<sup>12</sup>, que muestra el número de abonados a la telefonía móvil y el promedio mundial de penetración de la telefonía móvil por cada

<sup>5</sup> Sanjay Sagar et al. (2018). [Radiofrequency electromagnetic field exposure in everyday microenvironments in Europe: A systematic literature review](#). *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, 28(2):147-60, marzo de 2018.

<sup>6</sup> Hamed Jalilian et al. (2019). [Public exposure to radiofrequency electromagnetic fields in everyday micro-environments: An updated systematic review for Europe](#). *Environmental Research*, 176:108517, septiembre de 2019.

<sup>7</sup> OMS (2006). [Framework for Developing Health-Based EMF Standards](#), pp. 7-8.

<sup>8</sup> IEEE (2005). [IEEE C95.1-2005. IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz, p. 2](#).

<sup>9</sup> Olivia Wu et al. (2012). [Mobile Phone Use for Contacting Emergency Services in Life-threatening Circumstances](#). *The Journal of Emergency Medicine*, 52(3):291-298.e293, marzo de 2012.

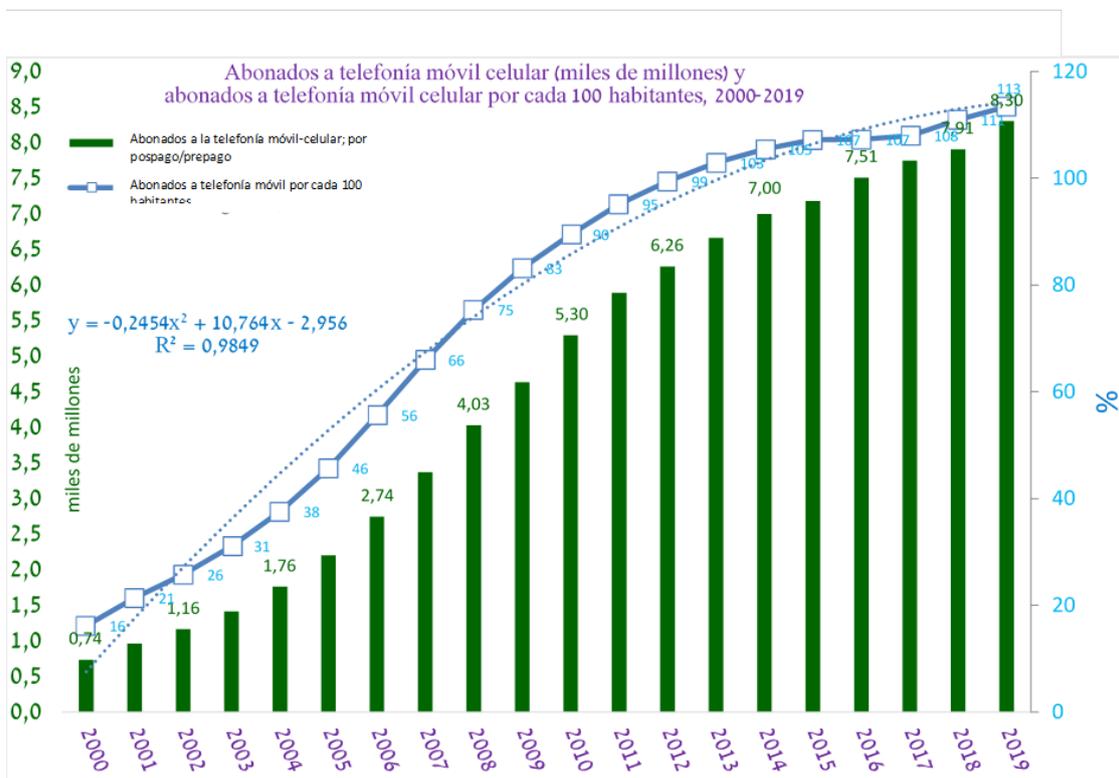
<sup>10</sup> OMS (2002). Temas de salud. Campos electromagnéticos. [Establishing a dialogue on risks from electromagnetic fields](#).

<sup>11</sup> ICNIRP (2020). Comisión Internacional para la Protección contra las Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP). [RE EMF Guidelines 2020](#). Guidelines for Limiting Exposure to Electromagnetic Fields (100 kHz to 300 GHz) 2020. *Health Physics*, 118(5):483-524, mayo de 2020.

<sup>12</sup> UIT. [Base de datos de indicadores mundiales de las telecomunicaciones/TIC](#).

100 habitantes, en el periodo de 2000 a 2019. La 24.ª edición (diciembre de 2020) indica que en 2019 había 8 300 millones de abonados y 111 abonados a la telefonía móvil por cada 100 habitantes. A modo de ejemplo, aproximadamente cada 1 000 abonados se necesita un mástil de antena de telefonía móvil<sup>13</sup>, y se calcula que hay más de 8 millones de estaciones base en todo el mundo.

Figura 1: Tasa mundial de abonados a telefonía móvil celular



Fuente: Haim Mazar, adaptado de [Indicadores de la UIT](#) (24ª edición, diciembre de 2020)

## 1.2 Alcance del informe

El presente informe del UIT-D en el marco de la Cuestión 7/2 abarca una materia especializada y se remite a organismos y opiniones de expertos científicos para proporcionar un contexto. Es importante para los responsables de políticas, ya que las medidas, reglamentos y enfoques que presentan una complejidad innecesaria tienen un efecto negativo en la prestación de servicios de radiocomunicaciones. Se han publicado numerosos estudios sobre los riesgos de los CEM<sup>14</sup>. Este informe se centra en las políticas, directrices, reglamentos y evaluaciones de base científica en lo que se refiere a la exposición de las personas a los CEM-RF, sin entrar en el ámbito biológico. La Organización Mundial de la Salud (OMS) creó en 1996 el Proyecto Internacional CEM para evaluar las pruebas científicas de los posibles efectos sobre la salud de los CEM en la gama de frecuencias de 0 a 300 GHz<sup>15</sup>.

<sup>13</sup> Haim Mazar (2016). [Radio Spectrum Management: Policies, Regulations, Standards and Techniques](#). Chichester, West Sussex: John Wiley & Sons, Ltd., 2016. Véase [Capítulo 9](#), sección 9.7.2.

<sup>14</sup> RWTH Aachen University. Internet information platform [EMF-portal](#).

<sup>15</sup> OMS. Campos electromagnéticos (CEM). [El Proyecto Internacional CEM](#).

El Informe Final para la Cuestión 7/2 de la Comisión de Estudio 2 del UIT-D, de 2017, sobre "Estrategias y políticas relativas a la exposición de las personas a los campos electromagnéticos", del 6º Periodo de Estudios (2014-2017)<sup>16</sup> es significativo. En el informe de 2017 se recopiló y difundió información sobre la exposición a los CEM-RF, en apoyo de las administraciones nacionales de los Estados Miembros de la UIT, en particular las de los países en desarrollo, y para impulsar los oportunos reglamentos nacionales. Fue un instrumento útil para que las administraciones examinaran los temores del público en relación con los CEM-RF y tomaran medidas al respecto.

Son muchas las razones que inducen a revisar el Informe Final anterior sobre la Cuestión 7/2. Tras la revisión de las Directrices de la ICNIRP en marzo de 2020, se actualizaron los límites internacionales de CEM; y estos cambios tienen repercusiones en el marco reglamentario. También se ha revisado la norma C95.1-2005 del IEEE (véase IEEE C95.1-2019)<sup>17</sup>. En el presente informe se incluyen nuevos estudios de casos que reflejan las actividades nacionales sobre los CEM-RF. El taller del UIT-D de octubre de 2018 sobre CEM ofrece importantes reflexiones al respecto<sup>18</sup>. Además, se llevan a cabo fructíferas actividades sobre CEM-RF en el seno de los tres Sectores de la UIT (el Sector de Radiocomunicaciones de la UIT (UIT-R), el Sector de Normalización de la UIT (UIT-T) y el UIT-D) en virtud de:

- La Resolución 176 (Rev. Dubái, 2018) de la Conferencia de Plenipotenciarios, sobre Problemas de la medición y evaluación de la exposición de las personas a los CEM.
- La Resolución 72 (Rev. Hammamet, 2016) de la Asamblea Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (AMNT), sobre problemas de medición y evaluación de la exposición de las personas a los CEM. Esta resolución puede ser objeto de una nueva revisión en la próxima AMNT de 2022.
- La Resolución 62 (Rev. Buenos Aires, 2017) de la Conferencia Mundial de Desarrollo de las Telecomunicaciones (CMDT) sobre evaluación y medición de la exposición de las personas a los CEM, y la revisión de la Cuestión 7/2 sobre estrategias y políticas relativas a la exposición de las personas a los CEM<sup>19</sup>.

Sobre la base de la revisión de la Resolución 62 de la CMDT-17 y la revisión de la Cuestión 7/2, en el presente informe se actualiza y revisa el Informe Final de 2017 sobre la Cuestión 7/2 y se aporta nuevo material, como las Directrices de la ICNIRP (2020) y la IEEE 95.1 (2019), sobre las políticas nacionales, las evaluaciones y los límites de exposición, tales como las Directrices de la ICNIRP (2020) e IEEE C95.1 (2019).

<sup>16</sup> UIT-D. Informe Final sobre la Cuestión 7/2 del UIT-D para el periodo de estudios 2014-2017. [Estrategias y políticas relativas a la exposición de las personas a los campos electromagnéticos](#). UIT, 2017.

<sup>17</sup> IEEE (2019). [IEEE C95.1-2019](#). IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Electric, Magnetic and Electromagnetic Fields, 0 Hz to 300 GHz.

<sup>18</sup> UIT. [Sesión del UIT-D sobre Políticas, directrices, reglamentos y evaluaciones modernas de la exposición de las personas a los CEM-RE](#), Ginebra, 10 de octubre de 2018.

<sup>19</sup> CMDT (Buenos Aires, 2017). [Informe Final](#). UIT, 2018.

## Capítulo 2 - Actividades de la UIT

### 2.1 Resolución 176 (Rev. Dubái, 2018) de la Conferencia de Plenipotenciarios

La Conferencia de Plenipotenciarios (PP) establece el marco de la UIT relativo a los CEM. La Resolución 176 (Rev. Dubái, 2018)<sup>20</sup> *resuelve encargar a los Directores de las tres Oficinas:*

- 1) que compilen y divulguen información sobre la exposición a los CEM, incluidos los métodos para su medición, a fin de ayudar a las administraciones nacionales y, en particular, las de los países en desarrollo, a elaborar reglamentaciones nacionales apropiadas;
- 2) que colaboren estrechamente con todas las organizaciones pertinentes en la aplicación de esta Resolución, así como de la Resolución 72 (Rev. Hammamet, 2016) de la AMNT y la Resolución 62 (Rev. Buenos Aires, 2017) de la CMDT, a fin de seguir prestando una cada vez mejor asistencia técnica a los Estados Miembros.

*Además, encarga al Director de la Oficina de Desarrollo de las Telecomunicaciones que, en colaboración con el Director de la Oficina de Radiocomunicaciones y el Director de la Oficina de Normalización de las Telecomunicaciones que:*

- 1) organice seminarios y talleres regionales o internacionales para definir las necesidades de los países en desarrollo y ofrecer capacitación en materia de medición de los CEM en relación con la exposición de las personas a dichos campos;
- 2) aliente a los Estados Miembros de las distintas regiones a cooperar y compartir conocimientos y recursos, así como a designar un coordinador o mecanismo de cooperación regional, incluido, en su caso, un centro regional, para ayudar a todos los Estados Miembros de la región a efectos de la medición y la capacitación;
- 3) aliente a los organismos competentes a seguir realizando los estudios científicos necesarios para investigar los posibles efectos de la radiación CEM sobre el cuerpo humano;
- 4) formule las medidas y directrices necesarias para mitigar las posibles consecuencias de la radiación CEM para la salud de las personas;
- 5) aliente a los Estados Miembros a realizar exámenes periódicos para garantizar que se aplican las Recomendaciones de la UIT y otras normas internacionales en materia de exposición a los CEM.

### 2.2 Resolución 62 (Rev. Buenos Aires, 2017) de la CMDT

La Resolución 62 (Rev. Buenos Aires, 2017) de la CMDT *encarga a la Comisión de Estudio 2 del UIT-D que coopere con la Comisión de Estudio 5 del UIT-T y las Comisiones de Estudio 1, 4, 5 y 6 del UIT-R a fin de:*

- i) colaborar, en particular con la Comisión de Estudio 5 del UIT-T, para actualizar la aplicación móvil de la guía sobre CEM, relativa a la exposición de las personas a los CEM, y las orientaciones de implementación con carácter altamente prioritario;
- ii) contribuir a la organización de seminarios, talleres y cursos de formación sobre el tema de los campos electromagnéticos;

<sup>20</sup> UIT. [Actas finales de la Conferencia de Plenipotenciarios \(Dubái, 2018\)](#). UIT, 2019.

- iii) velar por la amplia divulgación de las publicaciones y artículos de la UIT sobre cuestiones relativas a los campos electromagnéticos;
- iv) contribuir a la preparación de la guía sobre la utilización de las publicaciones del UIT-T relativas a la compatibilidad y seguridad electromagnéticas y las relativas a los métodos de medición, la necesidad de que un "ingeniero o técnico de radiocomunicaciones cualificado y certificado" realice las mediciones y los criterios que debe cumplir dicho "ingeniero o técnico", y sobre las especificaciones de los sistemas;
- v) seguir cooperando con la OMS, la ICNIRP, el IEEE y otras organizaciones internacionales relevantes en relación con la divulgación de conocimientos e información a los Estados Miembros y al público en general.

Por consiguiente, el presente informe remite a la actualización de la resolución adoptada por la Conferencia de Plenipotenciarios en Dubái, 2018, a la actualización de la resolución y la Cuestión adoptadas por la CMDT-17 en Buenos Aires, 2017 y a las últimas Directrices de la ICNIRP y normas del IEEE.

### 2.3 Resolución 72 de la AMNT y productos de la Cuestión 3/5

La Asamblea Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones de 2016 (AMNT-16), celebrada en Hammamet (Túnez), acordó revisar la resolución sobre exposición de las personas a los CEM - Resolución 72 (Rev. Hammamet, 2016)<sup>21</sup>. Las actividades del UIT-T sobre CEM se llevan a cabo en la Comisión de Estudio 5 en el marco de la Cuestión 3/5 ("Exposición de las personas a los campos electromagnéticos (CEM) de las tecnologías digitales")<sup>22</sup>. Las Recomendaciones sobre CEM se incluyen en la serie K del UIT-T<sup>23</sup>.

<sup>21</sup> AMNT (Hammamet, 2016). [Resolución 72 \(Rev. Hammamet, 2016\)](#), sobre Problemas de medición y evaluación relativos a la exposición de las personas a los campos electromagnéticos.

<sup>22</sup> Comisión de Estudio 5 del UIT-T. [Lista de Cuestiones y Relatores \(periodo de estudios 2017-2020\)](#).

<sup>23</sup> UIT-T. [Serie K de Recomendaciones UIT-T](#).

## Capítulo 3 - Límites internacionales de exposición a los CEM-RF actualizados

### 3.1 Generalidades

El cumplimiento de los límites de exposición de las personas a los CEM es una cuestión de salud y seguridad que reviste especial importancia para los reguladores y los proveedores de servicios y de equipos inalámbricos. Existe una enorme variabilidad entre los países en lo que atañe a los reglamentos y las medidas específicas para la protección del público en general contra la exposición a los CEM-RF de los transmisores: *"La OMS alienta el establecimiento de límites de exposición y otras medidas de control que ofrezcan el mismo nivel de protección sanitaria a todo el mundo. Respalda las directrices de la ICNIRP y alienta a los Estados Miembros a adoptar estas directrices internacionales"*<sup>24</sup>.

Si bien se realizan actividades de seguimiento de la exposición a CEM-RF en casi todas las regiones del mundo, la escala y el alcance de dichas actividades son muy disímiles. Estas actividades muestran sistemáticamente bajos niveles de exposición en zonas públicas próximas a antenas de redes móviles e indican que los niveles no varían significativamente con el tiempo ni difieren entre países, y son similares independientemente de que se adopten límites internacionales o restrictivos de CEM-RF<sup>25, 26</sup>.

La Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante (ICNIRP) ha revisado sus Directrices de la ICNIRP de 1998 sobre limitación de la exposición a campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos variables en el tiempo (hasta 300 GHz)<sup>27</sup>. Tras un amplio proceso de consulta pública en el que la UIT aportó 32 comentarios como respuesta intersectorial, en 2020 se publicó la versión final de las Directrices de la ICNIRP. Por su parte, el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) publicó la "Norma IEEE sobre niveles de seguridad con respecto a la exposición de las personas a campos a campos electromagnéticos de radiofrecuencia de 0 Hz a 300 GHz", IEEE C95.1-2019, que es una actualización de la norma IEEE C95.1-2005.

Con independencia de la finalización de las citadas 'Directrices' y de la 'norma' sobre CEM-RF, como consecuencia de la incertidumbre percibida varios órganos legislativos han promulgado medidas adicionales, por ejemplo, adoptando límites más restrictivos que los de la ICNIRP, o aconsejando medidas personales para reducir las exposiciones. Las mediciones muestran que los niveles normales de exposición en las zonas públicas no se reducen con la adopción de límites más restrictivos. En una encuesta realizada para la Comisión Europea se ha podido

<sup>24</sup> OMS (2006). [Framework for Developing Health-Based EMF Standards](#), pp. 7-8.

<sup>25</sup> Hamed Jalilian et al. (2019). [Public exposure to radiofrequency electromagnetic fields in everyday micro-environments: An updated systematic review for Europe](#). *Environmental Research*, 176:108517, septiembre de 2019.

<sup>26</sup> Jack Rowley et al. (2012). [Comparative international analysis of radiofrequency exposure surveys of mobile communication radio base stations](#). *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*, 22(3):304-315, mayo/junio de 2012.

<sup>27</sup> ICNIRP (1998). [Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic and Electromagnetic Fields \(up to 300 GHz\) 1998](#).

observar que se adoptan límites restrictivos y se toman otras medidas cautelares cuando las inquietudes del público son mayores. La migración de GSM a 3G/UMTS y a las tecnologías móviles posteriores es también una forma de reducir la exposición a los CEM-RF de los dispositivos, gracias a los algoritmos de control de potencia más eficientes<sup>28</sup>.

La autoridad nacional que asigna las frecuencias, protege el medio ambiente o vela por la salud pública puede encargarse de la verificación del cumplimiento. La autoridad local de planificación y los ayuntamientos pueden también encargarse de ese proceso. Para demostrar que cumple la normativa, el solicitante (operador de la transmisión) debe proporcionar la información pertinente. Algunas autoridades adoptan modelos predictivos para calcular los niveles de exposición o la zona de cumplimiento en el entorno de la antena.

Pueden realizarse mediciones de muestras aleatorias para supervisar los niveles de CEM-RF en el entorno de un transmisor, especialmente en zonas de interés comunitario (como escuelas y hospitales), por iniciativa de las autoridades o en respuesta a las preocupaciones planteadas por el público en general. Sin embargo, los requisitos específicos que se aplican a esas ubicaciones no están respaldados por pruebas científicas y, como se indica en la sección 4.3, las mediciones muestran sistemáticamente niveles bajos de exposición en zonas públicas próximas a antenas de redes móviles.

Se insta a las administraciones a seguir las directrices estipuladas por los grupos de expertos científicos de la ICNIRP y del IEEE, o los límites que fijen sus propios expertos. Se recomienda encarecidamente que se adopten normas internacionales y límites de exposición a los CEM armonizados. **Conviene hacer hincapié en que la norma C95.1-2019 del IEEE y las Directrices de la ICNIRP de 2020 están en gran medida armonizadas.**

## 3.2 Directrices de la ICNIRP (2010) y (2020) en vigor

### 3.2.1 Descripción general

Las Directrices de la ICNIRP son las siguientes:

- 1) [ICNIRP \(1998\)](#): Directrices para limitar la exposición a campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos variables en el tiempo (hasta 300 GHz).
- 2) [ICNIRP \(2010\)](#): Directrices para limitar la exposición a campos eléctricos y magnéticos variables en el tiempo (1Hz-100 kHz)<sup>29</sup>.
- 3) [ICNIRP \(2020\)](#): Directrices para limitar la exposición a los campos electromagnéticos (de 100 kHz a 300 GHz).

Los límites por debajo de 100 kHz son los publicados en ICNIRP (2010). **Con la publicación de las Directrices RF de 2020, las Directrices de 1998 han quedado obsoletas.**

- 1) **Cómo se elaboraron las Directrices de la ICNIRP (2020)**: Se identificaron los datos científicos sobre los efectos de la exposición; se determinaron los efectos considerados adversos para las personas sobre una base fundamentada científicamente; se identificaron los niveles mínimos de exposición necesarios para producir daños; y se aplicaron factores de reducción más estrictos para el público en general que para los trabajadores. Esto da lugar a restricciones de la exposición con un amplio margen de seguridad.

<sup>28</sup> UIT-T. [Series K Supplement 13 \(05/2018\)](#). Radiofrequency electromagnetic field (RF-EMF) exposure levels from mobile and portable devices during different conditions of use.

<sup>29</sup> ICNIRP (2010). [Guidelines for limiting exposure to time varying electric and magnetic fields \(1 Hz - 100 kHz\)](#).

- 2) **Base científica:** Importantes revisiones bibliográficas y artículos originales en que se evalúan los efectos nocivos de la estimulación nerviosa (hasta ~10 MHz, límites de las Directrices de 2010) y del calentamiento (a partir de ~100 kHz). No hay pruebas de cáncer, hipersensibilidad electromagnética, infertilidad u otros efectos nocivos. Los efectos nocivos identificados son el aumento de la temperatura corporal profunda en más de 1°C y de la temperatura de los tejidos locales por encima de 41°C.
- 3) **Física y temperatura:** Se utilizan diferentes magnitudes para correlacionar con la temperatura, dependiendo de la frecuencia y la duración de la exposición. Por ejemplo, para las exposiciones locales continuas, la tasa de energía absorbida (SAR) en frecuencias más bajas ( $\leq 6$  GHz), y la densidad de potencia absorbida en frecuencias más altas ( $> 6$  GHz).

### 3.2.2 Elaboración de los cuadros y figuras de la ICNIRP (2020)

En esta sección se detallan los cuadros (Cuadros 1, 5 y 6) de las Directrices de la ICNIRP (2020) para el informe de la Cuestión 7/2. Las siguientes figuras (que no proceden de las Directrices) representan los valores. El texto subrayado<sup>30</sup> indica el parámetro significativo. Se insertan comparaciones con la ICNIRP 2010 (para frecuencias inferiores a 100 kHz).

**Cuadro 1: (Cuadro 1 de la ICNIRP) Cantidades y unidades SI correspondientes utilizadas en las Directrices**

Cantidad	Símbolo*	Unidad
Densidad de energía absorbida	$U_{ab}$	julio por metro cuadrado ( $J m^{-2}$ )
Densidad de energía incidente	$U_{inc}$	julio por metro cuadrado ( $J m^{-2}$ )
Densidad de energía incidente de onda plana equivalente	$U_{eq}$	julio por metro cuadrado ( $J m^{-2}$ )
Densidad de potencia absorbida	$S_{ab}$	vatio por metro cuadrado ( $W m^{-2}$ )
Densidad de potencia incidente	$S_{inc}$	vatio por metro cuadrado ( $W m^{-2}$ )
Densidad de potencia incidente de onda plana equivalente	$S_{eq}$	vatio por metro cuadrado ( $W m^{-2}$ )
Intensidad del campo eléctrico inducido	$E_{ind}$	voltio por metro ( $V m^{-1}$ )
Intensidad del campo eléctrico incidente	$E_{inc}$	voltio por metro ( $V m^{-1}$ )
Intensidad del campo magnético incidente	$H_{inc}$	amperio por metro ( $A m^{-1}$ )
Absorción específica de energía	SA	julio por kilogramo ( $J kg^{-1}$ )
Tasa de absorción específica de energía	SAR	vatio por kilogramo ( $W kg^{-1}$ )
Corriente eléctrica	$I$	amperio (A)
Frecuencia	$f$	hertzio (Hz)
Tiempo	$t$	segundo (s)

\* Los símbolos *en cursiva* representan variables; las cantidades se describen en forma escalar (no vectorial) porque la dirección no se utiliza para derivar las restricciones básicas o los niveles de referencia.

<sup>30</sup> Los textos subrayados en esta sección no aparecen subrayados en los cuadros originales.

En el **Cuadro 2** y el **Cuadro 3** (tomados de los cuadros 5 y 6 de la ICNIRP 2020, respectivamente) se detallan los niveles de referencia para la exposición a "campos electromagnéticos de 100 kHz a 300 GHz (valores RMS inalterados)".

**Cuadro 2: (Cuadro 5 de la ICNIRP) Niveles de referencia para la exposición, promediados durante 30 minutos y en todo el cuerpo**

Escenario de exposición	Gama de frecuencias	Intensidad de campo E incidente; $E_{inc}$ (V m <sup>-1</sup> )	Intensidad de campo H incidente; $H_{inc}$ (A m <sup>-1</sup> )	Densidad de potencia incidente; $S_{inc}$ (W m <sup>-2</sup> )
<b>Ocupacional</b>	0,1 – 30 MHz	$660/f_M^{0,7}$	$4,9/f_M$	NA
	>30 – 400 MHz	61	0,16	10
	>400 – 2000 MHz	$3f_M^{0,5}$	$0,008f_M^{0,5}$	$f_M/40$
	<b>&gt;2 – 300 GHz</b>	<b>NA</b>	<b>NA</b>	<b>50</b>
<b>Público en general</b>	0,1 – 30 MHz	$300/f_M^{0,7}$	$2,2/f_M$	NA
	>30 – 400 MHz	$\leq 27,7$	0,073	2
	>400 – 2000 MHz	$1,375f_M^{0,5}$	$0,0037f_M^{0,5}$	$f_M/200$
	<b>&gt;2 – 300 GHz</b>	<b>NA</b>	<b>NA</b>	<b>10</b>

Notas (tomadas de ICNIRP 2020):

1. "NA" significa "no aplicable" y que no es necesario tenerlo en cuenta para determinar el cumplimiento.
2.  $f_M$  es la frecuencia en MHz.
3.  $S_{inc}$ ,  $E_{inc}$  y  $H_{inc}$  deben promediarse durante 30 minutos en el espacio de todo el cuerpo. El promedio temporal y espacial de  $E_{inc}$  y de  $H_{inc}$  debe realizarse promediando sobre los valores cuadrados correspondientes (véanse más detalles en la Ec. 8 del Apéndice A).
4. Para las frecuencias de 100 kHz a 30 MHz, independientemente de las distinciones entre zonas de campo lejano y campo cercano, se demuestra el cumplimiento si ni  $E_{inc}$  ni  $H_{inc}$  superan los valores de nivel de referencia señalados *supra*.
5. Para las frecuencias de >30 MHz a 2 GHz: a) en la zona de campo lejano: se demuestra el cumplimiento si  $S_{inc}$ ,  $E_{inc}$  o  $H_{inc}$  no supera los valores del nivel de referencia señalados *supra* (solo se requiere uno);  $S_{eq}$  puede sustituir a  $S_{inc}$ ; b) en la zona de campo cercano radiante se demuestra el cumplimiento si  $S_{inc}$  o tanto  $E_{inc}$  como  $H_{inc}$  no superan los valores del nivel de referencia señalados *supra*; y c) en la zona de campo cercano reactivo se demuestra el cumplimiento si tanto  $E_{inc}$  como  $H_{inc}$  no superan los valores del nivel de referencia señalados *supra*;  $S_{inc}$  no puede utilizarse para demostrar el cumplimiento, por lo que deben evaluarse las restricciones básicas.
6. Para las frecuencias de >2 GHz a 300 GHz: a) en la zona de campo lejano: se demuestra el cumplimiento si  $S_{inc}$  no supera los valores de nivel de referencia señalados *supra*;  $S_{eq}$  puede sustituir a  $S_{inc}$ ; b) en la zona de campo cercano radiante se demuestra el cumplimiento si  $S_{inc}$  no supera los valores de nivel de referencia señalados *supra*; y c) en la zona de campo cercano reactivo los niveles de referencia no pueden utilizarse para determinar el cumplimiento, por lo que deben evaluarse las restricciones básicas.

**Cuadro 3: (Cuadro 6 de la ICNIRP) Niveles de referencia para la exposición local, promediados durante 6 minutos**

Escenario de exposición	Gama de frecuencias	Intensidad de campo E incidente; $E_{inc}$ (V m <sup>-1</sup> )	Intensidad de campo H incidente; $H_{inc}$ (A m <sup>-1</sup> )	Densidad de potencia incidente; $S_{inc}$ (W m <sup>-2</sup> )
<b>Ocupacional</b>	0,1 - 30 MHz	$1504/f_M^{0,7}$	$10,8/f_M$	NA
	>30 - 400 MHz	<u>139</u>	<u>0,36</u>	<u>50</u>
	>400 - 2000 MHz	$10,58f_M^{0,43}$	$0,0274f_M^{0,43}$	$0,29f_M^{0,86}$
	>2 - 6 GHz	NA	NA	<u>200</u>
	>6 - <300 GHz	NA	NA	$275/f_G^{0,177}$
	300 GHz	NA	NA	<u>100</u>
<b>Público en general</b>	0,1 - 30 MHz	$671/f_M^{0,7}$	$4,9/f_M$	NA
	>30 - 400 MHz	<u>62</u>	<u>0,163</u>	<u>10</u>
	>400 - 2000 MHz	$4,72f_M^{0,43}$	$0,0123f_M^{0,43}$	$0,058f_M^{0,86}$
	>2 - 6 GHz	NA	NA	<u>40</u>
	>6 - 300 GHz	NA	NA	$55/f_G^{0,177}$
	300 GHz	NA	NA	<u>20</u>

Notas (tomadas de ICNIRP 2020):

1. "NA" significa "no aplicable" y que no es necesario tenerlo en cuenta para determinar el cumplimiento.
2.  $f_M$  es la frecuencia en MHz;  $f_G$  es la frecuencia en GHz.
3.  $S_{inc}$ ,  $E_{inc}$  y  $H_{inc}$  deben promediarse durante 6 minutos y, cuando se especifique el promedio espacial en las Notas 6-7, en el espacio corporal proyectado pertinente. El promedio temporal y espacial de  $E_{inc}$  y de  $H_{inc}$  debe realizarse promediando sobre los valores cuadrados correspondientes (véanse más detalles en la Ec. 8 del Apéndice A).
4. Para las frecuencias de 100 kHz a 30 MHz, independientemente de las distinciones entre zonas de campo lejano y campo cercano, se demuestra el cumplimiento si ni el valor de cresta espacial de  $E_{inc}$  ni el valor de cresta espacial de  $H_{inc}$ , sobre el espacio proyectado de todo el cuerpo, superan los valores de nivel de referencia señalados *supra*.
5. Para frecuencias de >30 MHz a 6 GHz: a) dentro de la zona de campo lejano, se demuestra el cumplimiento si uno de los valores de cresta espaciales de  $S_{inc}$ ,  $E_{inc}$  o  $H_{inc}$ , sobre el espacio proyectado de todo el cuerpo, no supera los valores de nivel de referencia señalados *supra* (solo se requiere uno);  $S_{eq}$  puede sustituir a  $S_{inc}$ ; b) dentro de la zona de campo cercano radiante, se demuestra el cumplimiento si cualquiera de los valores de cresta espaciales de  $S_{inc}$ , o los valores de cresta espaciales de  $E_{inc}$  y  $H_{inc}$ , sobre el espacio proyectado de todo el cuerpo, no superan los valores de nivel de referencia anteriores; y c) dentro de la zona de campo cercano reactivo: se demuestra la conformidad si tanto  $E_{inc}$  como  $H_{inc}$  no superan los valores de nivel de referencia señalados *supra*;  $S_{inc}$  no puede utilizarse para demostrar el cumplimiento; para las frecuencias >2 GHz, los niveles de referencia no pueden utilizarse para determinar el cumplimiento, por lo que deben evaluarse las restricciones básicas.
6. Para frecuencias de >6 GHz a 300 GHz: a) dentro de la zona de campo lejano, se demuestra el cumplimiento si  $S_{inc}$ , promediado sobre un espacio de superficie corporal proyectada de 4 cm<sup>2</sup>, no supera los valores del nivel de referencia señalados *supra*;  $S_{eq}$  puede sustituir a  $S_{inc}$ ; b) dentro de la zona

de campo cercano radiante, se demuestra el cumplimiento si  $S_{inc}$ , promediado sobre un espacio de superficie corporal proyectada de 4 cm<sup>2</sup>, no supera los valores del nivel de referencia señalados *supra*; y c) dentro de la zona de campo cercano reactivo, los niveles de referencia no pueden utilizarse para determinar el cumplimiento, por lo que deben evaluarse las restricciones básicas.

7. Para las frecuencias de **>30 GHz a 300 GHz**, la exposición promediada en un espacio de 1 cm<sup>2</sup> de superficie corporal proyectada no debe superar el doble de las restricciones de 4 cm<sup>2</sup>.

En la introducción a las ICNIRP (2020) aparece la siguiente declaración: "*Esta publicación sustituye a la parte de 100 kHz a 300 GHz de las Directrices de la ICNIRP para radiofrecuencia (1998), así como la parte de 100 kHz a 10 MHz de las Directrices de la ICNIRP para baja frecuencia (2010)*". En el párrafo 'Base científica de la limitación de la exposición a la radiofrecuencia en la gama de frecuencias de CEM de 100 kHz a 10 MHz: Relación entre las presentes Directrices de la ICNIRP y otras Directrices de la ICNIRP' se especifica que las ICNIRP (2010) y las ICNIRP (2020) se basan en mecanismos biológicos diferentes: las primeras en el estímulo nervioso que es instantáneo por debajo de 10 MHz, la segunda en el efecto térmico producido por la energía al cabo de un tiempo; que arroja un promedio diverso. Por debajo de 100 kHz, deben aplicarse las ICNIRP (2010). Entre 100 kHz y 10 MHz pueden existir ambos mecanismos, en este caso, debe tomarse el valor más estricto para cada frecuencia.

Además, en el Cuadro 8 de las ICNIRP (2020) se indica (atención al texto en negrita) "*niveles de referencia para **exposición local** a los CEM entre 100 kHz y 10 MHz (valores rms inalterados), para **valores de cresta**, el límite ocupacional es 170 V/m y el correspondiente al público en general 83 V/m*".

La **Figura 2**, la **Figura 3**, la **Figura 4** y la **Figura 5**, tomadas de la ICNIRP, aparecen en "Differences between the ICNIRP (2020) and previous guidelines" (Diferencias entre las ICNIRP (2020) y Directrices anteriores)<sup>31</sup>, y aunque son más claras no pudieron incluirse en la publicación de *Health Physics*. Las unidades de los dos ejes de ordenadas (es decir, el campo eléctrico y la densidad de potencia) son independientes entre sí. Las Directrices de la ICNIRP (1998) e ICNIRP (2010) no indican niveles de referencia de exposición local. Los niveles de referencia de la ICNIRP (2020) se detienen para el campo eléctrico en las frecuencias superiores a 2 000 MHz, y comienzan a partir de la densidad de potencia superior a 30 MHz (véanse los Cuadros 6 y 7 de la ICNIRP y las **Figuras 2, 3, 4 y 5**).

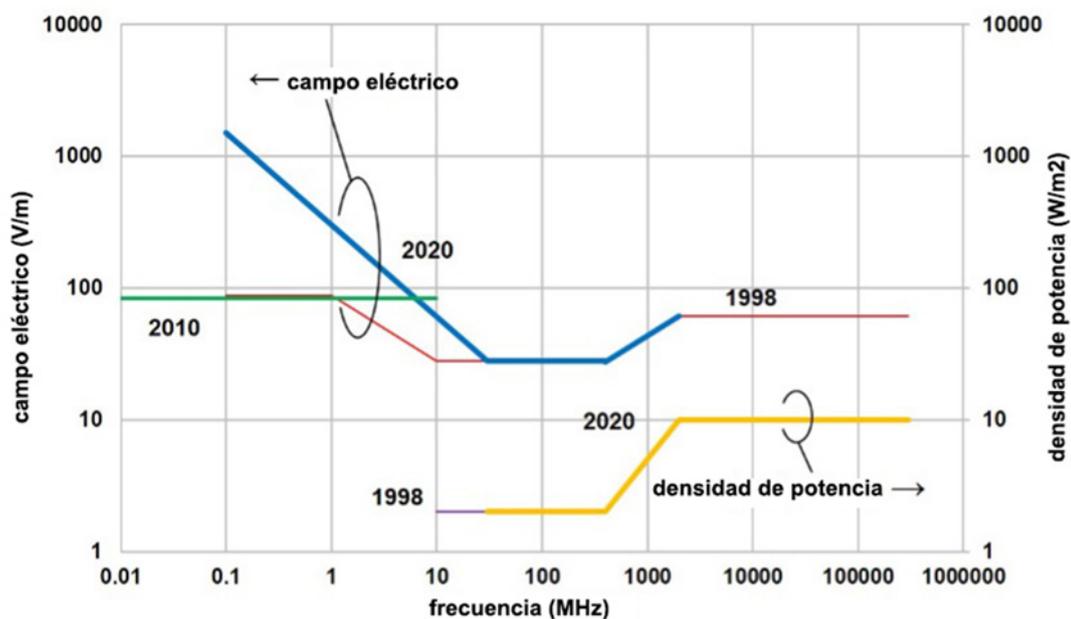
Las cuatro figuras siguientes<sup>32</sup> presentan similitudes entre sí. Los niveles de todo el cuerpo están promediados durante 30 minutos y los niveles locales durante 6 minutos. En aras de la claridad y para poner de relieve las diferencias, se simplifican los títulos. Es decir, no se repite 'gama de frecuencias de 100 kHz a 300 GHz' y se subraya lo específico.

En la **Figura 2**, a continuación, se muestran los cambios significativos por debajo de 30 MHz entre las ICNIRP (1998), las ICNIRP (2010) y las ICNIRP (2020); además, hay una amplia discontinuidad a 100 kHz: 83 V/m (ICNIRP 2010) frente a  $300/f_M^{0,7} = 300/0,1^{0,7} \approx 1\ 500$  V/m (ICNIRP 2020, Cuadro 5).

<sup>31</sup> ICNIRP. [Differences between the ICNIRP \(2020\) and previous guidelines](#).

<sup>32</sup> Tomado de <https://www.icnirp.org/en/differences.html> el 1 de noviembre de 2020.

Figura 2: Niveles de referencia promediados en todo el cuerpo para el público en general según las Directrices de la ICNIRP (1998), ICNIRP (2010) y ICNIRP (2020)



Para el público en general el Cuadro 4 de las ICNIRP (2010), **83 V/m** y el Cuadro 5 de las ICNIRP (2020),  $300 f_M^{0.7}$  se intersecan a **6,27 MHz**. Teniendo en cuenta que los niveles de referencia globales que deben observarse en la práctica para toda la gama de frecuencias son los más bajos de cada frecuencia, deberá seguirse la línea verde de las ICNIRP (2010), y para frecuencias superiores la línea azul de las ICNIRP (2020). Véanse la **Figura 7** y la **Figura 8**, donde los límites por debajo de 6,7 MHz están truncados para el público en general, y a 6,94 MHz para exposición ocupacional<sup>33</sup>. Como las ICNIRP (1998) han quedado obsoletas, las ICNIRP (2010) son más pertinentes para las frecuencias de 100 kHz e inferiores; el nivel de referencia por debajo de 100 kHz para el público en general es 83 V/m (ICNIRP (2010)).

<sup>33</sup> El Cuadro 3 de las ICNIRP (2010) y el Cuadro 5 de las ICNIRP (2020) se intersecan a 6,94 MHz, límite de exposición 170 V/m, para exposición ocupacional.

Figura 3: Niveles de referencia de la ICNIRP (2020) para el público en general que se aplican a exposiciones locales  $\geq 6$  min

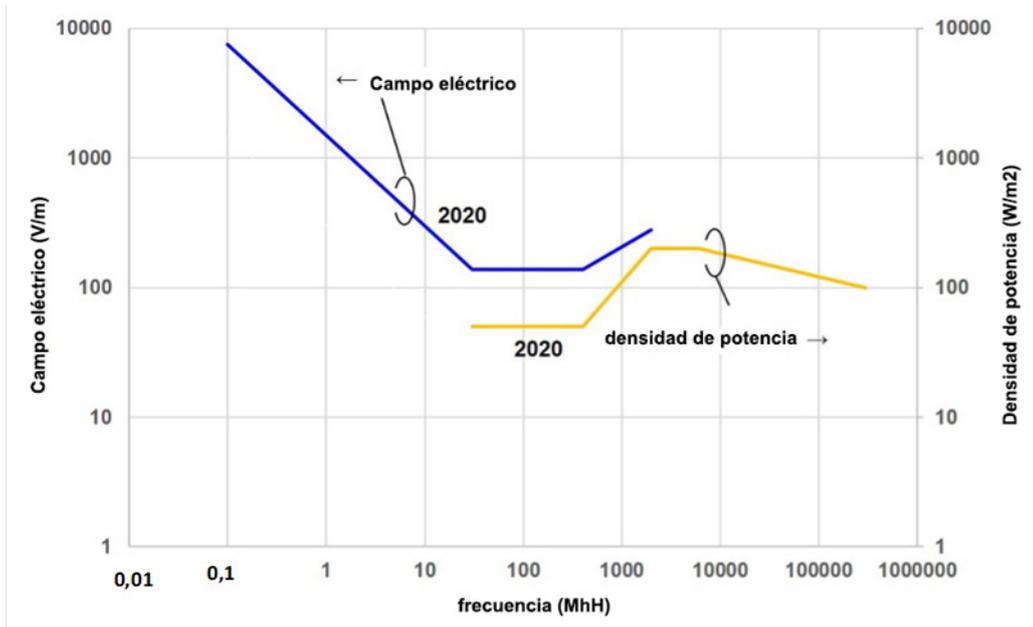


Figura 4: Niveles de referencia promediados en todo el cuerpo para los trabajadores según las Directrices de la ICNIRP (1998), ICNIRP (2010) y ICNIRP (2020)

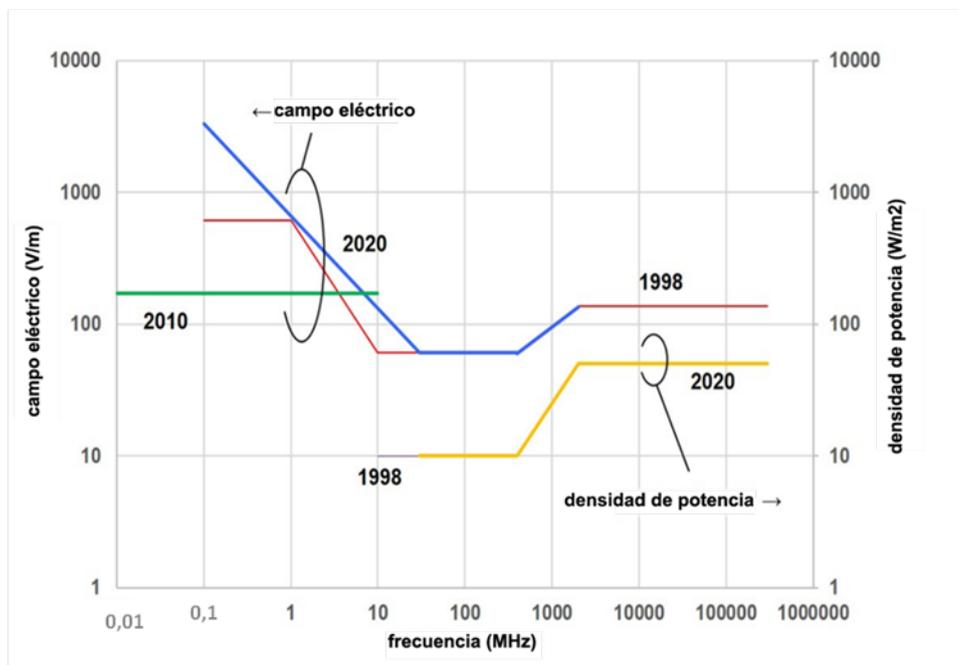
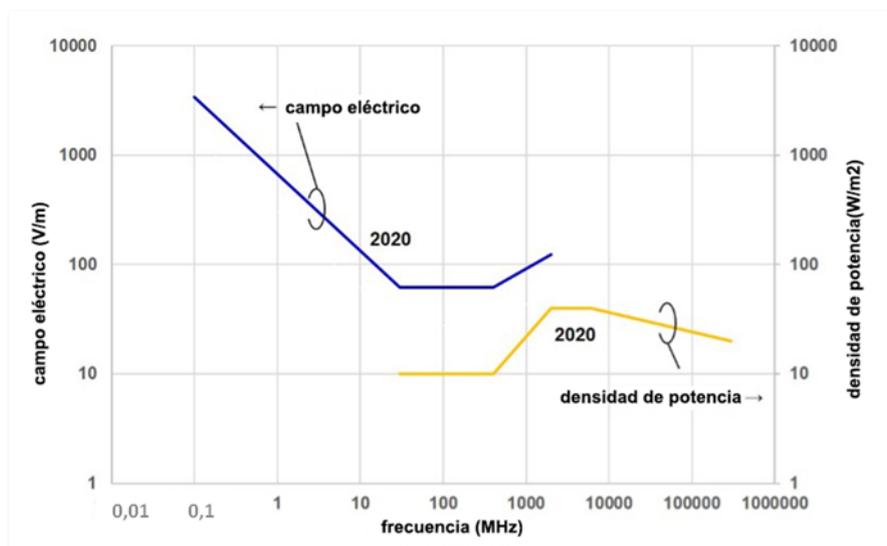


Figura 5: Niveles de referencia para los trabajadores en exposiciones locales  $\geq 6$  min según las Directrices de la ICNIRP (2020)



En el **Cuadro 4**: Resumen de las Directrices de la ICNIRP (2020) <sup>-34</sup> se presenta una síntesis de las restricciones básicas que figuran en las Directrices de la ICNIRP (2020).

**Cuadro 4: Resumen de las Directrices de la ICNIRP (2020) – Restricciones básicas**

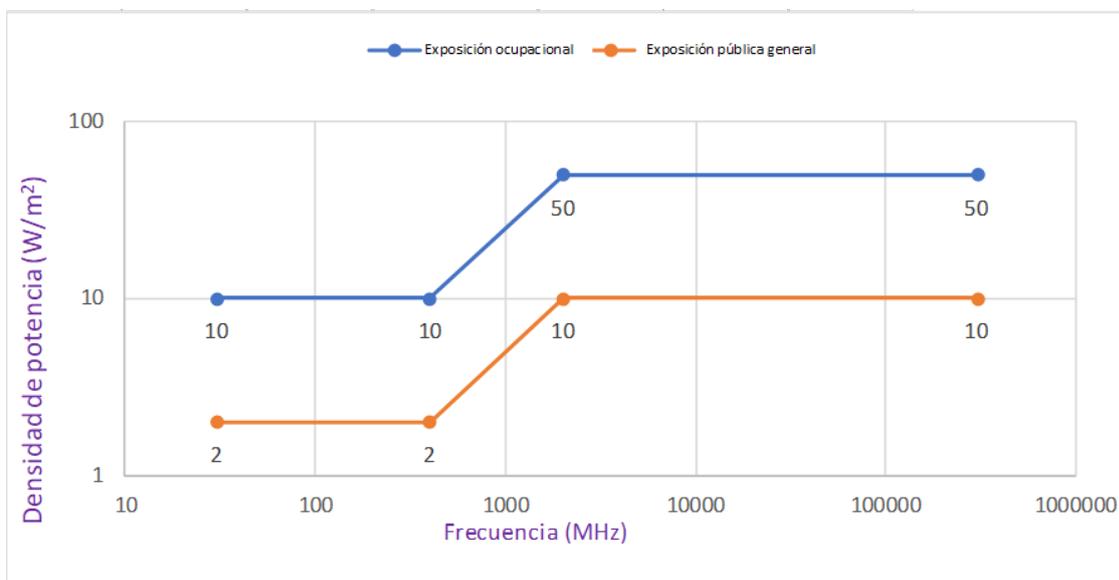
Parámetro	Gama de frecuencias	$\Delta T$	Promedio espacial	Promedio temporal	Nivel de efecto sobre la salud	Factor de reducción	Trabajadores	Factor de reducción	Público en general
$\Delta T$ del núcleo	100 kHz-300 GHz	1°C	PTC (promedio en todo el cuerpo)	30 min	4 W/kg	10	0,4 W/kg	50	0,08 W/kg
$\Delta T$ local (cabeza y torso)	100 kHz-6 GHz	2°C	10 g	6 min	20 W/kg	2	10 W/kg	10	<u>2 W/kg</u>
$\Delta T$ local (extremidades)		5°C	10 g	6 min	40 W/kg	2	20 W/kg	10	4 W/kg
$\Delta T$ local (cabeza y torso, extremidades)	>6-300 GHz 30-300 GHz	5°C	4 cm <sup>2</sup> 1 cm <sup>2</sup>	6 min 6 min	200 W/m <sup>2</sup> 400 W/m <sup>2</sup>	2	100 W/m <sup>2</sup> 200 W/m <sup>2</sup>	10	20 W/m <sup>2</sup> 40 W/m <sup>2</sup>

Nota:  $\Delta T$  es la variación de la temperatura.

Las dos figuras siguientes muestran las diferencias entre los niveles de **intensidad de campo** y de **densidad de potencia** de las ICNIRP (2020) correspondientes a la exposición **ocupacional** y la del **público en general**, promediados durante **30 minutos** y en **todo el cuerpo**. La relación potencia-densidad de 5 en el Cuadro 5 de las ICNIRP (2020) (por ejemplo, a 30 - 400 MHz, relación de 50/10 vatios) da como resultado una relación V/m de  $61,0/27,7 = 2,2 \approx \text{sqrt}(5)$ .

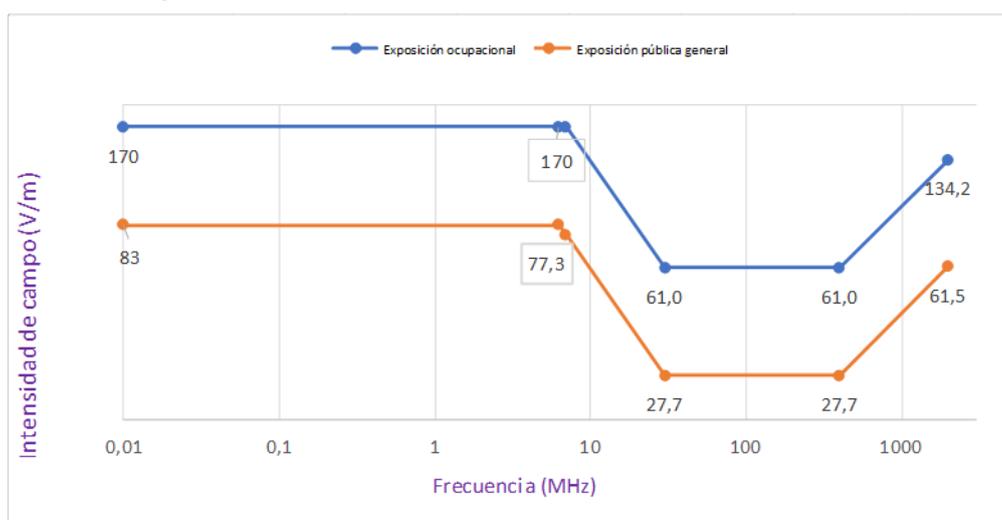
<sup>34</sup> El Cuadro y las tres figuras siguientes han sido elaborados por el autor de este capítulo, Correlator para la Cuestión 7/2.

Figura 6: Comparación de la densidad de potencia para la exposición ocupacional y la exposición pública general de 30 MHz a 300 GHz según el Cuadro 5 de ICNIRP (2020)



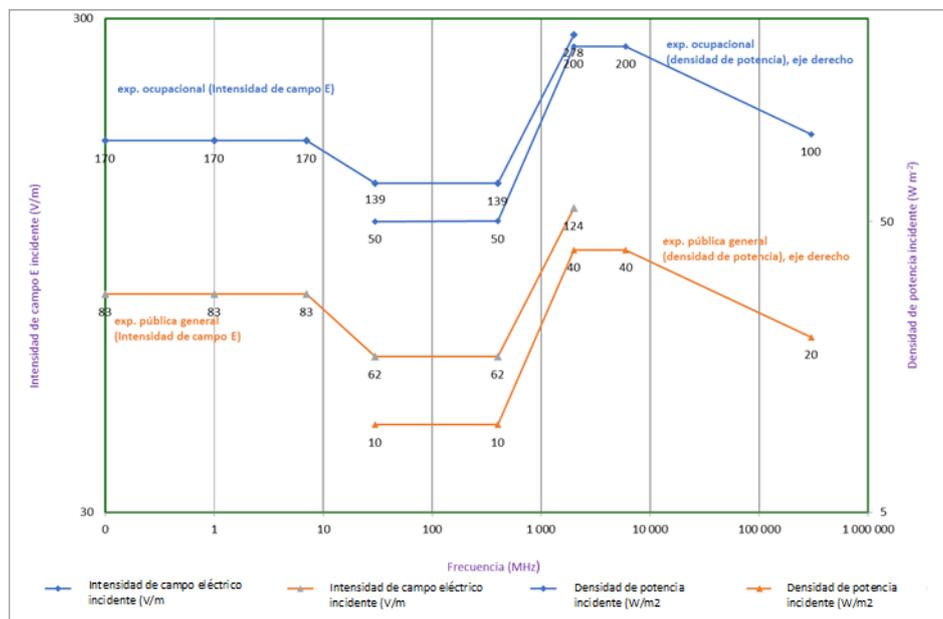
Debe tomarse, igual que entre 100 kHz y 10 MHz, el valor más estricto para cada frecuencia. En la Figura siguiente se representan las exposiciones de las ICNIRP (2020), concentradas donde se aplican las exposiciones de las ICNIRP (2010): para 'ocupacional' por debajo de **6,94 MHz (170 V/m)**, el Cuadro 3 de las ICNIRP (2010), y para el público en general por debajo de **6,27 MHz (83 V/m)**, el Cuadro 4 de las ICNIRP (2010).

Figura 7: Comparación de la intensidad de campo para la exposición ocupacional y la exposición del público en general de 0,1 MHz a 2 000 MHz según el Cuadro 5 de las ICNIRP (2020), limitada por debajo de  $\approx 7$  MHz por los Cuadros 3 y 4 de las ICNIRP (2010)



En la **Figura 8** se comparan las exposiciones locales de la intensidad de campo eléctrico incidente y la densidad de potencia, promediadas durante 6 minutos. Debe tomarse, igual que entre 100 kHz y 10 MHz, el valor más estricto de las ICNIRP (2010) o de las ICNIRP (2020) para cada frecuencia. Por debajo de 7 MHz se aplican los límites de las ICNIRP (2010).

Figura 8: Comparación de la exposición ocupacional y la pública en general del Cuadro 6 de las ICNIRP (2020)



Nota: Las unidades de los dos ejes de ordenadas (es decir, la intensidad de campo eléctrico incidente y la densidad de potencia de potencia) son independientes entre sí.

### 3.3 IEEE C95.1-2019

La versión de la norma C95.1 de 2019 se puede descargar gratuitamente desde el programa Get del IEEE. Se ha publicado un resumen de las diferencias entre la versión de 2019 y las versiones anteriores en IEEE Access<sup>35</sup>.

#### 3.3.1 Niveles de referencia: factores de seguridad que se aplican en 100 kHz - 6 GHz; efectos térmicos<sup>36</sup>

- Promedio en todo el cuerpo (PTC)  
Efectos sobre el comportamiento de los animales en una amplia variabilidad de frecuencias, con umbral a 4 W/kg, antes de dividir por:  
10x - 0,4 W/kg para el nivel superior (entornos restringidos) 50x - 0,08 W/kg para el nivel inferior (entornos no restringidos - público en general).
- Exposición localizada (promedio en 10 g)  
Catarata observada en conejos, umbral a 100 W/kg, antes de dividir por:  
10x - 10 W/kg para el nivel superior 50x - 2 W/kg para el nivel inferior.
- La SAR se promedia durante 30 minutos para la exposición PTC y durante 6 minutos para la exposición local.
- La densidad de potencia epitelial a través de la superficie corporal se promedia durante 6 minutos.

<sup>35</sup> William Bailey et al. (2019). [Synopsis of IEEE Standard C95.1™-2019 "IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields, 0 Hz to 300 GHz"](#). *IEEE Access*, 7, 171346-171356.

<sup>36</sup> Véase IEEE (2019), p. 57.

### 3.3.2 Límites de referencia dosimétricos y nivel de referencia de exposición<sup>37</sup>

Los **Cuadro 5** y **Cuadro 6** siguientes especifican los límites de referencia dosimétricos (DRL) por debajo y por encima de 6 GHz. No hay continuidad a 6 GHz.

**Cuadro 5: C95.1-2019 (Cuadro 5) - Límites de referencia dosimétricos (DRL) (de 100 kHz a 6 GHz)**

Condiciones	Personas en entornos no restringidos, SAR (W/kg) <sup>a</sup>	Personas en entornos restringidos, SAR (W/kg) <sup>a</sup>
Exposición de todo el cuerpo	0,08	0,4
Exposición local <sup>b</sup> (cabeza y torso)	<u>2</u>	<u>10</u>
Exposición local <sup>b</sup> (extremidades y pabellones auriculares)	4	20

<sup>a</sup> El SAR se promedia durante 30 minutos para la exposición de todo el cuerpo y durante 6 minutos para la exposición local.

<sup>b</sup> Promedio en cualesquiera 10 g de tejido (definidos como un volumen de tejido en forma de cubo). El volumen medio de 10 g de tejido se representaría como un cubo de 10 cm<sup>3</sup> (aproximadamente 2,15 cm por cada lado).

[Adaptado y reproducido con permiso del IEEE. Copyright IEEE 2019. Todos los derechos reservados.]

**Cuadro 6: C95.1-2019 (Cuadro 6) - DRL (de 6 GHz a 300 GHz)**

Condiciones	Densidad de potencia epitelial (W/m <sup>2</sup> ) <sup>a,b,c</sup>	
	Personas en entornos no restringidos	Personas autorizadas en entornos restringidos
Superficie corporal	20	100

<sup>a</sup> La densidad de potencia epitelial a través de la superficie corporal se promedia durante 6 minutos.

<sup>b</sup> Promedio en cualesquiera 4 cm<sup>2</sup> de la superficie corporal a frecuencias comprendidas entre 6 GHz y 300 GHz (definidos como una zona en forma de cuadrado en la superficie del cuerpo).

<sup>c</sup> Pequeñas zonas expuestas por encima de 30 GHz: Si la zona expuesta en la superficie corporal es pequeña (< 1 cm<sup>2</sup>, según se define por los contornos de -3 dB en relación con la exposición máxima), se permite que la densidad de potencia epitelial supere los valores de DRL del Cuadro 6 por un factor de 2, con una zona promediada de 1 cm<sup>2</sup> (definida como una zona en forma de cuadrado en la superficie del cuerpo).

[Adaptado y reproducido con permiso del IEEE. Copyright IEEE 2019. Todos los derechos reservados.]

En el **Cuadro 7** y el **Cuadro 8** no se recogen las intensidades de campo eléctrico y magnético por encima de 400 MHz.

En el **Cuadro 7** se detalla el nivel de referencia de exposición (ERL) para la exposición de todo el cuerpo de las personas en entornos no restringidos, con una duración de 30 minutos en promedio.

<sup>37</sup> Véase IEEE (2019), Cuadros 5 a 8, Figuras 3 y 4.

**Cuadro 7: C95.1-2019 (Cuadro 7) - Nivel de referencia de exposición (ERL) (de 100 kHz a 300 GHz)**

Gama de frecuencias (MHz)	Intensidad de campo eléctrico (E) <sup>a,b,c</sup> (V/m)	Intensidad de campo magnético (H) <sup>a,b,c</sup> (A/m)	Densidad de potencia (S) <sup>a,b,c</sup> (W/m <sup>2</sup> )	
			S <sub>E</sub>	S <sub>H</sub>
0,1 a 1,34	614	16,3/f <sub>M</sub>	1 000	100 000 / f <sub>M</sub> <sup>2</sup>
1,34 a 30			1 800 / f <sub>M</sub> <sup>2</sup>	
30 a 100	27,5	158,3/f <sub>M</sub> <sup>1,668</sup>	2	9 400 000 / f <sub>M</sub> <sup>3,336</sup>
100 a 400		0,0729	2	
400 a 2000			f <sub>M</sub> /200	
2000 a 300 000			10	

Nota - S<sub>E</sub> y S<sub>H</sub> son valores de densidad de potencia de onda plana equivalente, basados en la intensidad de campo eléctrico o magnético, respectivamente, que se emplean de forma habitual como un recurso útil de comparación con los ERL a frecuencias más altas y a veces se muestran en instrumentos de uso común.

<sup>a</sup> Para las exposiciones que son uniformes en todas las dimensiones del cuerpo, como ciertas exposiciones de onda plana de campo lejano, las intensidades de campo de exposición y las densidades de potencia se comparan con los ERL del Cuadro 7 de la norma IEEE 95.1. Para exposiciones no uniformes más típicas, los valores medios de los campos de exposición, obtenidos promediando espacialmente las densidades de potencia de onda plana equivalente o los cuadrados de las intensidades de campo, se comparan con los ERL que figuran en el Cuadro 7.

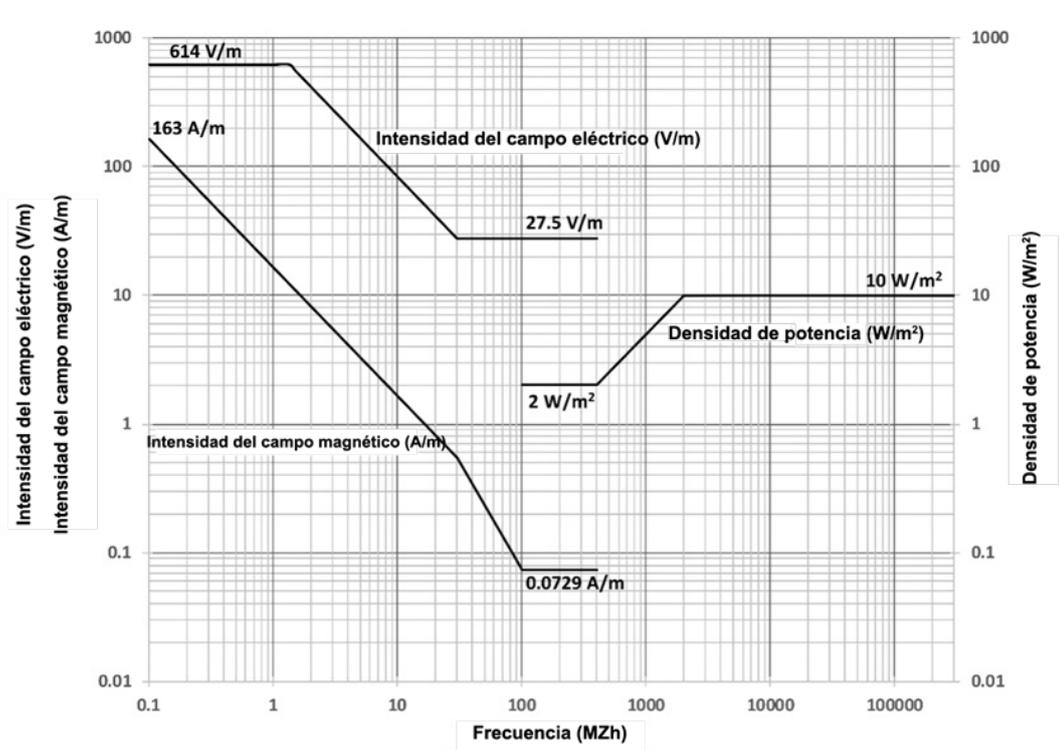
<sup>b</sup> f<sub>M</sub> es la frecuencia en MHz.

<sup>c</sup> Los valores E, H y S son los valores RMS inalterados por la presencia del cuerpo.

[Adaptado y reproducido con permiso del IEEE. Copyright IEEE 2019. Todos los derechos reservados.]

La **Figura 9** representa la figura 3 de C95.1-2019: Representaciones gráficas de los ERL del Cuadro 7 de la norma del IEEE, campos eléctricos y magnéticos y densidad de potencia de onda plana equivalente - Personas en entornos **no restringidos**.

Figura 9: CEM y densidad de potencia en entornos no restringidos según la C95.1-2019 (Figura 3)



Fuente: Adaptado y reproducido con permiso del IEEE. Copyright IEEE 2019. Todos los derechos reservados.

Nota<sup>38</sup>: A frecuencias por debajo de 30 MHz, la longitud de onda es superior a 10 metros. No hay resonancia con nuestro cuerpo (menor de 2 metros). No somos un obstáculo para la señal, y solo una pequeña parte de la energía de RF entra en nuestro cuerpo.

En el **Cuadro 8** se recogen los datos del Cuadro 8 de la norma IEEE C95.1-2019: ERL para la exposición de todo el cuerpo de las personas autorizadas en entornos restringidos (de 100 kHz a 300 GHz), promediados durante 30 minutos.

<sup>38</sup> Esta nota no figura en la norma IEEE 95.1.

**Cuadro 8: C95.1-2019 (Cuadro 8) - ERL en entornos restringidos (de 100 kHz a 300 GHz)**

Gama de frecuencias (MHz)	Intensidad de campo eléctrico (E) <sup>a,b,c</sup> (V/m)	Intensidad de campo magnético (H) <sup>a,b,c</sup> (A/m)	Densidad de potencia (S) <sup>a,b,c</sup> (W/m <sup>2</sup> )	
0,1 a 1,0	1 842	16,3/f <sub>M</sub>	S <sub>E</sub>	S <sub>H</sub>
1,0 a 30	1 842/f <sub>M</sub>		9 000	100 000 f <sub>M</sub> <sup>2</sup>
30 a 100	61,4		9 000 / f <sub>M</sub> <sup>2</sup>	
100 a 400			10	10
400 a 2 000			f <sub>M</sub> /40	
2 000 a 300 000			50	

Nota - S<sub>E</sub> y S<sub>H</sub> son valores de densidad de potencia de onda plana equivalente, basados en la intensidad de campo eléctrico o magnético, respectivamente, que se emplean de forma habitual como un recurso útil de comparación con los ERL a frecuencias más altas y a veces se muestran en instrumentos de uso común.

<sup>a</sup> Para las exposiciones que son uniformes en todas las dimensiones del cuerpo, como ciertas exposiciones de onda plana de campo lejano, las intensidades de campo de exposición y las densidades de potencia se comparan con los ERL del Cuadro 8 de la norma IEEE 95.1. Para exposiciones no uniformes más típicas, los valores medios de los campos de exposición, obtenidos promediando espacialmente las densidades de potencia de onda plana equivalente o los cuadrados de las intensidades de campo, se comparan con los ERL que figuran en el Cuadro 8.

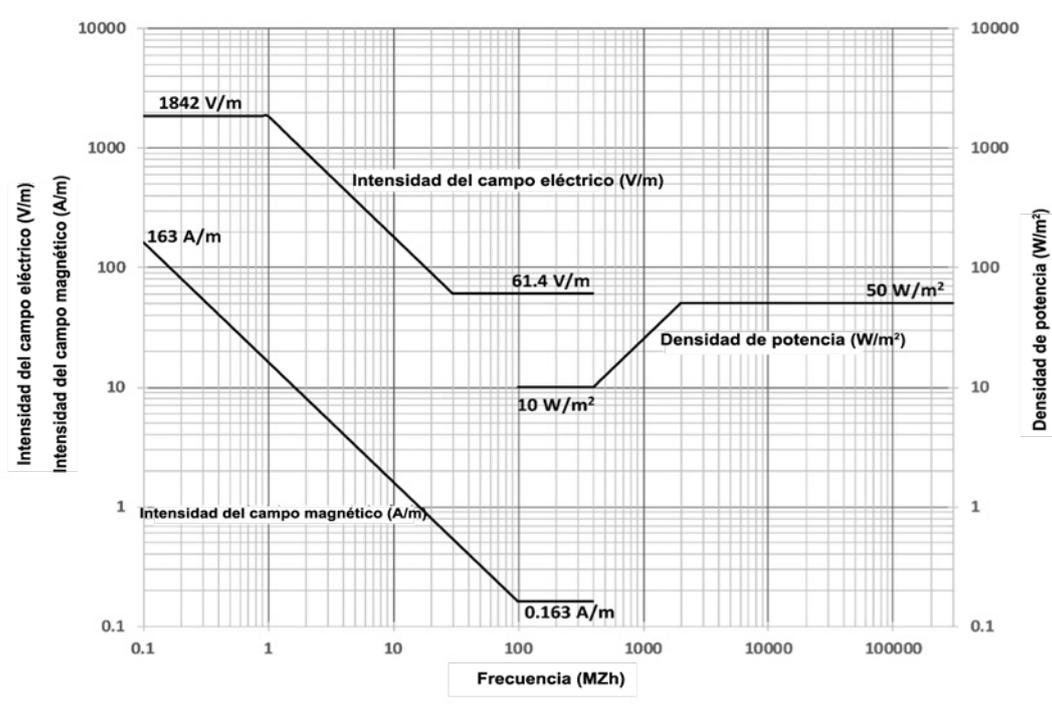
<sup>b</sup> f<sub>M</sub> es la frecuencia en MHz.

<sup>c</sup> Los valores E, H y S son los valores RMS inalterados por la presencia del cuerpo.

[Adaptado y reproducido con permiso del IEEE. Copyright IEEE 2019. Todos los derechos reservados.]

La **Figura 10** representa la figura 4 de la norma C95.1-2019: Representaciones gráficas de los ERL de la norma del IEEE (Cuadro 8) para los campos eléctricos y magnéticos y la densidad de potencia de onda plana equivalente - Personas autorizadas en entornos **restringidos**.

Figura 10: CEM y densidad de potencia en entornos restringidos según la C95.1-2019 (Figura 4)



Fuente: Adaptado y reproducido con permiso del IEEE. Copyright IEEE 2019. Todos los derechos reservados.

### 3.3.3 Comparación y cotejo de ICNIRP (1998), IEEE 95-1 (2019) e ICNIRP (2020)

#### 3.3.3.1 La norma IEEE C95.1 (2019) y las Directrices ICNIRP (2020) están en gran medida armonizadas

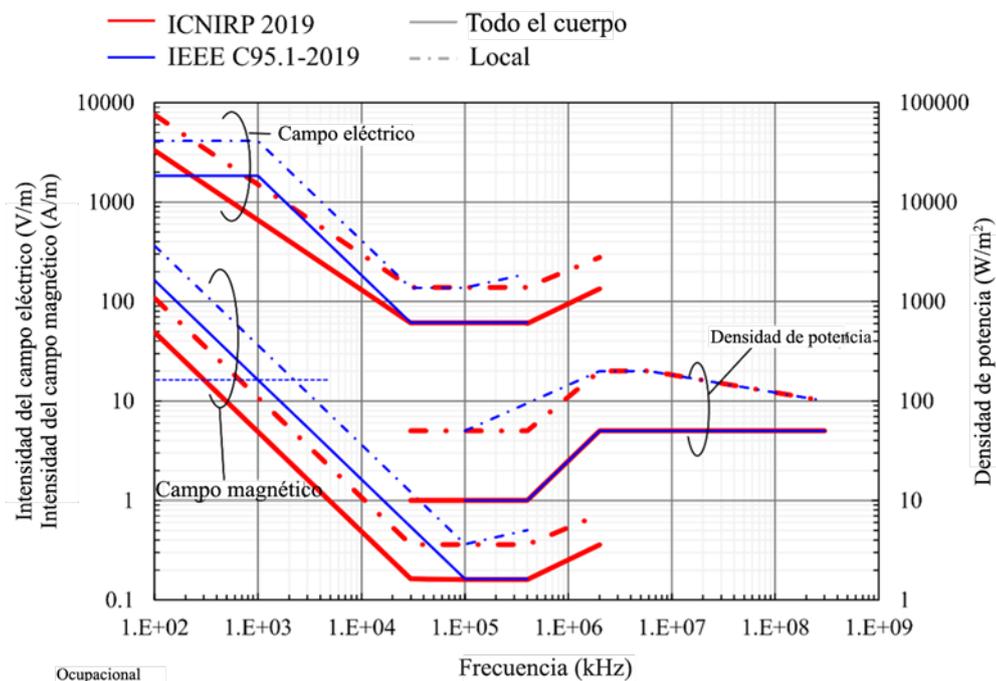
Las Directrices de la ICNIRP (1998 y 2020) y la norma del IEEE (2019) diferencian entre las personas en entornos no restringidos (público en general) y las personas autorizadas en entornos restringidos (ocupacionales). Las restricciones básicas y los niveles de referencia para la **densidad de potencia** de las Directrices de la ICNIRP 2020 y la norma del IEEE para la exposición de todo el cuerpo a campos continuos **por encima de 30 MHz son idénticos**.

- La SAR es igual a 2 W/kg para el público en general y a 10 W/kg para los entornos ocupacionales.
- Los niveles de referencia de la exposición son iguales en las siguientes gamas de frecuencias:
  - 400 a 2 000 MHz  $f_M/200$  W/m<sup>2</sup> para el público en general y  $f_M/40$  W/m<sup>2</sup> para los entornos ocupacionales.
  - 2 000 a 300 000 MHz  $10$  W/m<sup>2</sup> para el público en general  $50$  W/m<sup>2</sup> para los entornos ocupacionales.

Las tres figuras siguientes ilustran que la norma IEEE C95.1 (2019) y las Directrices de la ICNIRP (2020) están **en gran medida armonizadas**.

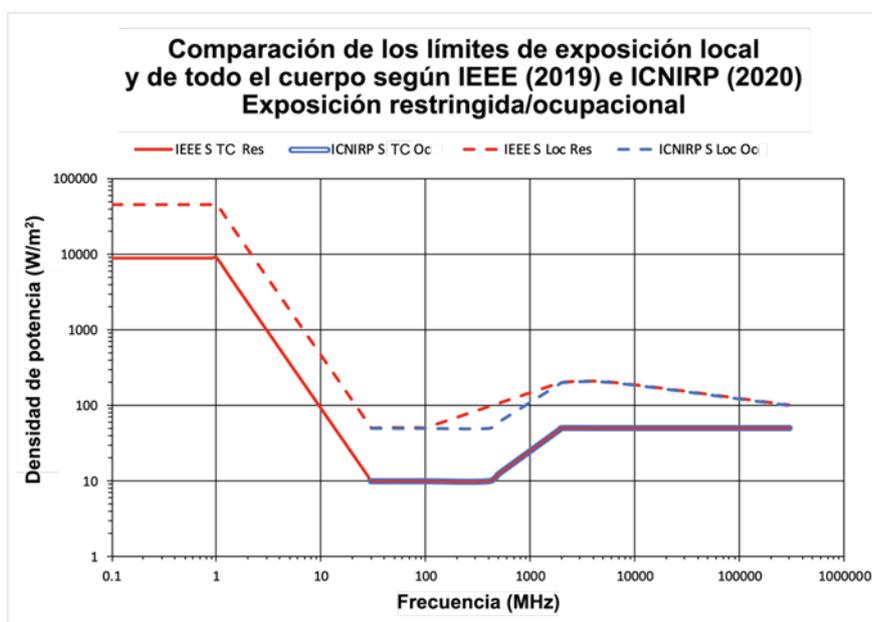
En la **Figura 11** se comparan los límites de referencia (RL) entre las Directrices de la ICNIRP y la norma del IEEE para la exposición ocupacional.

Figura 11: Límites de referencia (RL) para la exposición ocupacional en las Directrices de la ICNIRP y la norma del IEEE



Fuente: Akimasa Hirata<sup>39</sup>

Figura 12: Límites de exposición local y de todo el cuerpo según IEEE C95.1 (2019) e ICNIRP (2020)

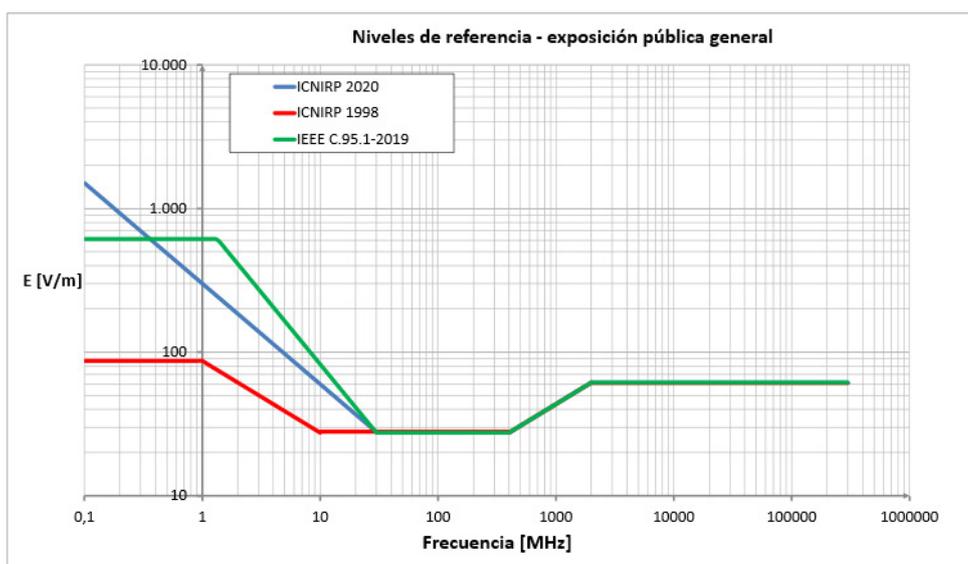


Fuente: IEEE/ICES Ric Tell, 4 de junio de 2020

<sup>39</sup> Akimasa Hirata. Human Exposure Standards and Compliance Assessment- 5G and Beyond. Discurso inaugural de la sesión abierta de la plenaria de [EMC Europe 2020](#), 23 de septiembre de 2020. N.B. La figura indica ICNIRP 2019 en vez de ICNIRP 2020.

En la **Figura 13** se comparan los niveles de referencia de las Directrices de la ICNIRP (1998), la norma del IEEE (2019) y las Directrices de la ICNIRP (2020) para el público en general. Aclaración: Los niveles de referencia de ICNIRP (2020) se detienen para el campo eléctrico en las frecuencias superiores a 2 000 MHz; sin embargo, las unidades de campo eléctrico y las mediciones de V/m son útiles para muchas administraciones, ya que indican las intensidades de campo y no la densidad de potencia. Debe tomarse, igual que entre 100 kHz y 10 MHz, el valor más estricto de las ICNIRP (2010) o de las ICNIRP (2020) para cada frecuencia. Por debajo de 6,27 MHz el límite para el público en general es 83 V/m.

**Figura 13: Niveles de referencia: para el público en general según ICNIRP (1998), IEEE (2019) e ICNIRP (2020)**



Fuente: Dr. Lewicki Fryderyk<sup>40</sup>

### 3.3.3.2 Límites aplicables a los dispositivos portátiles celulares según ICNIRP (1998), (2020) e IEEE 95.1 (2019)

El público en general está más expuesto a las señales de dispositivos portátiles tales como teléfonos móviles, que depositan la mayor parte de la energía de radiofrecuencia (RF) en el cerebro y los tejidos circundantes. La exposición del cerebro a los microteléfonos suele ser varios órdenes de magnitud superior a la de las estaciones base de telefonía móvil en tejados o las estaciones de radiocomunicaciones y televisión terrestre. Con respecto a los niveles de exposición, se hace una distinción entre los transmisores radiantes fijos de las estaciones base y los microteléfonos portátiles. La exposición en campo lejano<sup>41</sup> a las radiaciones de las estaciones inalámbricas fijas en relación con los límites de densidad de potencia (o intensidad de campo) es sencilla de analizar (se puede simular y medir con facilidad). Por otra parte, los usuarios utilizan los microteléfonos cerca de su cuerpo, de modo que el cuerpo junto con el diseño del

<sup>40</sup> F Lewicki. [Electromagnetic fields and 5G implementation. ITU Seminar for Europe and CIS on Spectrum Management and Broadcasting](#), 2 de julio de 2020.

<sup>41</sup> Sobre la base de la Recomendación [UIT-T K.61](#), en la Recomendación [UIT-T K.91](#) se define el campo lejano como "la región del campo de una antena en la que la distribución angular del campo es esencialmente independiente de la distancia a la antena. En esta región, el campo es predominantemente del tipo onda plana, lo que equivale a la distribución localmente uniforme de la intensidad del campo eléctrico y la intensidad del campo magnético en planos transversales a la dirección de propagación".

microteléfono tienen notables repercusiones sobre el CEM-RF en el campo cercano<sup>42</sup>. La tasa de absorción específica de energía (SAR)<sup>43</sup> está relacionada con el campo eléctrico interno y, por extensión, con el aumento de temperatura provocado por la absorción de los CEM-RF. La SAR se utiliza principalmente para definir los umbrales aplicables a las fuentes utilizadas cerca del cuerpo, incluidos los microteléfonos y las computadoras portátiles.

Los fabricantes siguen las normas internacionales en materia de pruebas de conformidad para garantizar que cuando se prueba un dispositivo a máxima potencia se cumplen los límites nacionales e internacionales pertinentes. Los microteléfonos funcionan a máxima potencia de salida en las condiciones más conservadoras (obstáculos o larga distancia con respecto a la estación base) y a mínima potencia de salida en las mejores condiciones de conexión (propagación con visibilidad directa y cercanía a la estación base). La SAR máxima para los distintos microteléfonos varía en función de la tecnología y de muchos otros factores, como por ejemplo parámetros técnicos tales como el tipo de antena utilizada y su ubicación dentro del dispositivo.

El Cuadro 4 de las Directrices de la ICNIRP (1998) establece que la SAR localizada (en cabeza y tronco) de 10 MHz a 10 GHz y la SAR localizada (en cabeza y tronco) de 100 kHz a 10 MHz son de **2,0 (W kg<sup>-1</sup>)**, promediadas sobre 10 g de tejido, para el público en general. Las restricciones de SAR local en las Directrices de la ICNIRP (2020) (100 kHz a 6 GHz) se recogen en el Cuadro 2 de ICNIRP (2020), "Restricciones básicas de la exposición a campos electromagnéticos de 100 kHz a 300 GHz, para intervalos de promediación  $\geq 6$  min", y se resumen en el **Cuadro 4** del presente informe: Resumen de las Directrices de la ICNIRP (2020). Los valores no se han modificado en comparación con las Directrices de la ICNIRP (1998): **2,0 (W kg<sup>-1</sup>)**.

Las ICNIRP (2020) introducen una nueva restricción básica ( $S_{ab}$ , la densidad de potencia absorbida) de 6 a 300 GHz de 20 W/m<sup>2</sup> para el público; véanse los cuadros 1 y 2 de ICNIRP (2020). En el Cuadro 6 de ICNIRP (2020) se indican otros niveles de referencia para la exposición local promediada durante 6 minutos. La cuestión de si se debe utilizar la restricción básica o el nivel de referencia para el cumplimiento viene determinada por las notas 5 y 6 del Cuadro 6 (véanse las notas subrayadas del **Cuadro 3** en el presente Informe). Estas nuevas restricciones básicas o niveles de referencia son pertinentes para los dispositivos de telecomunicaciones móviles internacionales (IMT) 5G que funcionan en frecuencias más altas.

En la p. 78 de la norma C95.1 del IEEE (2005) se afirma lo siguiente: "Los valores de cresta medios de la distribución espacial de SAR para la exposición pública y en entornos controlados, que eran respectivamente de 1,6 W/kg y 8 W/kg, se han elevado a 2 W/kg y 10 W/kg, respectivamente". Una frase similar aparece en la norma IEEE C95.1 (2019), p. 72. Por lo tanto, el nivel de SAR de 1995: 1,6 W/kg, se modificó en 2005 y se mantiene en 2 W/kg en la norma IEEE C95.1 (2019). **Cuadro 5:** C95.1-2019 (Cuadro 5) - Límites de referencia dosimétricos, DRL (100 kHz a 6 GHz) en el presente Informe, donde se especifica el valor de 2 W/kg como límite de referencia para la exposición local (en cabeza y torso) de personas en entornos no restringidos. En la norma IEEE C95.1-2019 se explica (pp. 112-113) que el motivo del cambio

<sup>42</sup> Sobre la base de la Recomendación [UIT-T K.52](#), en la Recomendación [UIT-T K.91](#) se define el campo cercano como "la región existente en las proximidades de una antena u otra estructura radiante, en la que los campos eléctricos y magnéticos no son sustancialmente de tipo onda plana, sino que varían considerablemente de un punto a otro".

<sup>43</sup> La SAR puede definirse como la derivada con respecto al tiempo de la potencia incremental absorbida por (disipada en) una masa incremental, y se expresa en W/kg. Véase también la Recomendación [UIT-T K.52](#).

es el abandono de la justificación puramente dosimétrica de la norma anterior para adoptar la justificación biológica de la ICNIRP.

## 3.4 Referencias internacionales adicionales

### 3.4.1 Recomendaciones del UIT-T y sus correspondientes suplementos de la serie K

La Comisión de Estudio 5 del UIT-T (Medio ambiente, cambio climático y economía circular) se ha dedicado especialmente a la elaboración de recomendaciones para la medición/computación de los campos de RF y la protección frente a ellos. En la lista siguiente se enumeran las Recomendaciones (normas) del UIT-T más pertinentes sobre CEM, junto con los suplementos correspondientes<sup>44</sup>.

- [UIT-T K.52](#): Orientación sobre el cumplimiento de los límites de exposición de las personas a los campos electromagnéticos.
- [UIT-T K.61](#): Directrices sobre la medición y la predicción numérica de los campos electromagnéticos para comprobar que las instalaciones de telecomunicaciones cumplen los límites de exposición de las personas.
- [UIT-T K.70](#): Técnicas para limitar la exposición humana a los campos electromagnéticos en cercanías a estaciones de radiocomunicaciones.
- [UIT-T K.83](#): Supervisión de los niveles de intensidad del campo electromagnético.
- [UIT-T K.90](#): Técnicas de evaluación y procedimientos de trabajo para el cumplimiento de los límites de tensión de la exposición al campo electromagnético del personal de explotación de la red.
- [UIT-T K.91](#): Orientación para la valoración, la evaluación y el seguimiento de la exposición humana a los campos electromagnéticos de las radiofrecuencias.
- [UIT-T K.100](#): Medición de los campos electromagnéticos de radiofrecuencia para determinar el cumplimiento de los límites de exposición de las personas cuando se pone en servicio una estación de base.
- [UIT-T K.113](#): Trazado de mapas de campos electromagnéticos de radiofrecuencias.
- [UIT-T K.122](#): Niveles de exposición a proximidad inmediata de antenas de radiocomunicaciones.
- [UIT-T K.145](#): Evaluación y gestión del cumplimiento de los límites de exposición a los campos electromagnéticos de radiofrecuencia para los trabajadores en los emplazamientos e instalaciones de radiocomunicaciones.

Como se pone de manifiesto en esta lista, ya existe un amplio corpus de Recomendaciones y normas de la UIT para abordar las preocupaciones realistas sobre la exposición a los CEM-RF de redes y dispositivos.

Entre los suplementos de la serie K del UIT-T cabe citar los siguientes:

- [K Suppl. 1](#): UIT-T K.91 – Guía sobre campos electromagnéticos y salud.
- [K Suppl. 4](#): UIT-T K.91 – Consideraciones relativas a los campos electromagnéticos en las ciudades inteligentes y sostenibles.
- [K Suppl. 9](#): La tecnología 5G y la exposición de las personas a los campos electromagnéticos de radiofrecuencia.
- [K Suppl. 13](#): Niveles de exposición al campo electromagnético de radiofrecuencia (CEM-RF) de dispositivos móviles y portátiles en diferentes condiciones de utilización.

<sup>44</sup> UIT-T. [Serie K de Recomendaciones UIT-T](#).

- [K Suppl. 14](#): Efectos de unos límites de exposición combinada a RF y CEM más estrictos que los de las directrices de la ICNIRP o la IEEE sobre el despliegue de redes móviles 4G y 5G.
- [K Suppl. 16](#): Evaluación de la conformidad de los campos electromagnéticos para redes inalámbricas 5G.
- [K Suppl. 19](#): Intensidad del campo electromagnético (CEM) en el interior de los trenes subterráneos.
- [K Suppl. 20](#): UIT-T K.91 - Suplemento sobre la evaluación de la exposición a radiofrecuencias en el entorno de las estaciones base subterráneas.

Gracias al fructífero trabajo de la Comisión de Estudio 5, se revisan periódicamente las Recomendaciones del UIT-T de la serie K y sus suplementos conexos. Las versiones más recientes se pueden consultar en <https://www.itu.int/itu-t/recommendations/index.aspx?ser=K>.

### 3.4.2 Informe UIT-R SM.2452

El Informe del Sector de Radiocomunicaciones de la UIT UIT-R SM.2452,<sup>45</sup> sobre medición de campos electromagnéticos para la evaluación de la exposición de las personas, publicado en junio de 2019, proporciona información sobre importantes mediciones. En la introducción del informe se subraya que: "La proliferación de instalaciones inalámbricas de todo tipo en todo el mundo hace necesario tomar medidas exactas". En el Índice que se reproduce a continuación se destacan los temas abordados en ese importante informe del UIT-R:

- 1 Introducción
- 2 Marco reglamentario
  - 2.1 Directrices de la ICNIRP de 1998 para transmisores: Niveles de referencia
  - 2.2 Presentación de mapas de la intensidad de campo calculada en torno a los transmisores
- 3 Guía práctica para la medición de CEM a fin de evaluar la exposición de las personas
  - 3.1 Nociones básicas del proceso de medición de CEM
  - 3.2 Instrumentos de medición con funcionalidades específicas para la evaluación de CEM
  - 3.3 Reducción del número de puntos de medición en el espacio
  - 3.4 Reducción del tiempo de observación y extrapolación de la exposición máxima
  - 3.5 Cómo evaluar la exposición a servicios concretos
- 4 Referencias
- 5 Glosario y abreviaturas

### 3.4.3 Normas de la Comisión Electrotécnica Internacional

A continuación, se enumeran las normas e informes técnicos de la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI)<sup>46</sup> recientemente actualizados y publicados en 2018/2019:

- [IEC TR 62669:2019](#) Edición 2.0, Estudios de casos que respaldan la norma CEI 62232 - Determinación de la intensidad de campo de RF, densidad de potencia y SAR en la proximidad de las estaciones base de radiocomunicaciones con el fin de evaluar la exposición humana (actualización 5G).
- [CEI TR 63170:2018](#) Edición 1.0 (15.08.2018) - Procedimiento de medición para la evaluación de la densidad de potencia en relación con la exposición de las personas a

<sup>45</sup> UIT-R. Informe [UIT-R SM.2452](#). Medición de campos electromagnéticos para la evaluación de la exposición de las personas.

<sup>46</sup> Comisión Electrotécnica Internacional (CEI). <https://www.iec.ch/homepage>.

los campos de radiofrecuencia de los dispositivos de comunicaciones inalámbricas que funcionan entre 6 GHz y 100 GHz (aplicaciones 5G).

- [CEI PAS 63151:2018](#) Edición 1.0 (15.01.2018) - Procedimiento de medición para la evaluación de la tasa de absorción específica de la exposición de las personas a los campos de radiofrecuencia de dispositivos de comunicaciones inalámbricas portátiles y montados sobre el cuerpo humano - Sistemas basados en mediciones vectoriales (gama de frecuencias de 30 MHz a 6 GHz)
- [CEI TR 62905:2018](#) Edición 1.0 (06.02.2018) - Métodos de evaluación de la exposición para sistemas de transmisión inalámbrica de potencia.
- [CEI TR 63167:2018](#) Edición 1.0 (05.06.2018) - Evaluación de las corrientes de contacto relacionadas con la exposición de las personas a los campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos.

Otras normas e informes importantes de la CEI son los siguientes:

#### Normas:

- [CEI 62209-1](#) (2016): Procedimiento de medición para la evaluación de la tasa de absorción específica de la exposición de las personas a los campos de radiofrecuencia de dispositivos de comunicaciones inalámbricas portátiles y montados sobre el cuerpo humano - Parte 1: Dispositivos utilizados junto al oído (gama de frecuencias de 300 MHz a 6 GHz).
- [Norma 62232 del IEC](#) (2017): Determinación de la intensidad de campo de RF, densidad de potencia y SAR en la proximidad de las estaciones base de radiocomunicaciones con el fin de evaluar la exposición humana.

#### Informes:

- |  |                 |                               |
|--|-----------------|-------------------------------|
| - <a href="#">CEI TR36170</a> <sup>47</sup>      | Informe técnico | 6-100GHz, julio de 2018.      |
| - <a href="#">CEI/IEEE 62704-5</a> <sup>48</sup> | Int Std (Calc)  | 6-100 GHz, mayo de 2020.      |
| - <a href="#">CEI/IEEE 63195-1</a> <sup>49</sup> | Int Std (Meas)  | 6-100 GHz, diciembre de 2020. |

Las principales normas internacionales de medición de la SAR en la cabeza humana son la CEI 62209-1 y la IEEE 1528.

### 3.4.4 Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE)

- [Norma IEEE 1528](#) (2003): Práctica recomendada por el IEEE para determinar el valor de cresta medio de la distribución espacial de la tasa de absorción específica (SAR) en la cabeza humana por exposición a dispositivos de comunicaciones inalámbricas: técnica de medición.
- [Norma IEEE C95.1-2005](#): Niveles de seguridad con respecto a la exposición del cuerpo humano a los campos electromagnéticos de radiofrecuencia, 3 kHz a 300 GHz.
- [Norma IEEE C95.1-2019](#): Norma del IEEE para los niveles de seguridad con respecto a la exposición de las personas a campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos, de 0 Hz a 300 GHz.

<sup>47</sup> CEI. [IEC TR 63170:2018](#). Measurement procedure for the evaluation of power density related to human exposure to RF fields from wireless communication devices operating between 6 GHz and 100 GHz.

<sup>48</sup> CEI e IEEE. [IEC/IEEE 62704-5](#). Determining the Peak SAR in the Human Body from Wireless Communications Devices, 30 MHz - 6 GHz: Part 4: General Requirements for Using the finite element method (FEM) for SAR Calculations.

<sup>49</sup> CEI e IEEE. [IEC/IEEE 63195-1](#). Measurement procedure for the assessment of power density of human exposure to RF fields from wireless devices operating in close proximity to the head and body - Frequency range of 6 GHz to 300 GHz.

### 3.4.5 Resumen - Prácticas óptimas, límites internacionales de exposición a CEM-RF

Se insta a las administraciones a seguir las directrices estipuladas por los grupos de expertos científicos de la ICNIRP y del IEEE, o los límites que fijen sus propios expertos. La práctica más recomendable para las administraciones que decidan utilizar los límites internacionales de exposición a los campos electromagnéticos de radiofrecuencia (CEM-RF) será limitar los niveles de exposición a los umbrales definidos en las Directrices de la ICNIRP de 2020.

## Capítulo 4 – Políticas para limitar la exposición a los campos de radiofrecuencia

Con el despliegue de las redes inalámbricas 5G, la exposición de las personas a los campos electromagnéticos (CEM) resultantes ha suscitado preocupación pública en algunos países. En este capítulo se resumen las principales medidas reguladoras de la exposición a CEM-RF adoptadas por diferentes países y se exponen las prácticas nacionales para limitar la exposición.

### 4.1 Directrices para la regulación nacional

En el mundo coexisten diversos sistemas de limitación de los CEM-RF<sup>50</sup>. El IEEE publicó su versión revisada de la norma IEEE C95.1 en octubre de 2019<sup>51</sup>. Las versiones anteriores de la norma se han adoptado en Samoa Americana, Bolivia, los Estados Federados de Micronesia, Guam, Iraq, las Islas Marshall, las Islas Marianas Septentrionales, Palau, Puerto Rico, Estados Unidos y las Islas Vírgenes de Estados Unidos para evaluar la exposición a los transmisores radioeléctricos. Bolivia, Canadá, Cuba, la India, la República Islámica de Irán, Iraq, Panamá, la República de Corea, Estados Unidos de América y Viet Nam adoptaron límites basados en la norma IEEE C95.1-1992 para evaluar la exposición en campo cercano a los teléfonos móviles y a los equipos de radiocomunicaciones bidireccionales.

En marzo de 2020, *Health Physics*<sup>52</sup> publicó la revisión de las Directrices de la ICNIRP sobre CEM-RF. Las Directrices sobre CEM-RF de la ICNIRP (1998) son los límites de seguridad utilizados por el mayor número de países y regiones del mundo. Las diferencias entre la versión de 2020 y la de 1998 de las Directrices de la ICNIRP se ha publicado en línea<sup>53</sup>. En febrero de 2021, Australia pasó a ser uno de los primeros países en plasmar las directrices de la ICNIRP (2020) en una norma nacional<sup>54</sup>.

La OMS reconoce tanto las Directrices de la ICNIRP como la norma del IEEE en su sitio web, pero promueve la adopción de las Directrices de la ICNIRP. Los dos grupos de normalización han realizado numerosas actividades destinadas a armonizar las normas. Los límites establecidos en la norma IEEE C95.1-2019 y en las Directrices de la ICNIRP (2020) están en gran medida armonizados, y los límites de densidad de potencia para la exposición de todo el cuerpo a campos continuos son idénticos por encima de los 30 MHz. La versión de 2019 de la norma C95.1 tiene los mismos límites para la exposición de campo cercano que las Directrices de la ICNIRP (2020).

<sup>50</sup> OMS. [The Global Health Observatory](#).

<sup>51</sup> IEEE (2019). [IEEE C95.1-2019](#). IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields, 0 Hz to 300 GHz.

<sup>52</sup> ICNIRP (2020). International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). [RF EMF Guidelines 2020](#). Guidelines for Limiting Exposure to Electromagnetic Fields (100 kHz to 300 GHz) 2020. *Health Physics*, 118(5):483-524, mayo de 2020.

<sup>53</sup> ICNIRP. [Differences between the ICNIRP \(2020\) and previous guidelines](#).

<sup>54</sup> Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency (ARPANSA). [ARPANSA releases new Australian radio wave safety standard](#), 25 de febrero de 2021.

Algunos países aplican límites de exposición mucho más conservadores que los recomendados por la ICNIRP; es el caso de Bélgica, Italia, Luxemburgo y Suiza. La Federación de Rusia ha adoptado tradicionalmente un sistema de límites estrictos. La India adoptó las Directrices de la ICNIRP pero en septiembre de 2012 cambió los límites a 1/10 de los recomendados por la ICNIRP para las fuentes de exposición de campo lejano. China sigue un enfoque diferente para establecer sus límites de exposición, que también son mucho más restrictivos que los recomendados por la ICNIRP.

## 4.2 Prácticas nacionales para garantizar el cumplimiento de los límites de exposición

Con la creciente popularidad de los dispositivos móviles, es necesario construir un gran número de estaciones base para mejorar la calidad de las comunicaciones y satisfacer la creciente demanda de datos inalámbricos. Las características técnicas de la 5G dificultan aún más ese reto. Por ello, muchos países han establecido una serie de prácticas para garantizar el cumplimiento de los límites de exposición.

Con el avance de la tecnología de comunicaciones inalámbricas de 2G a 4G, los operadores internacionales realizaron una labor de planificación e implantaron sistemas de compartición de infraestructuras, a fin de minimizar el número de estaciones base o antenas y de reducir los costos de construcción. En 2014, por ejemplo, China constituyó una empresa de construcción y mantenimiento de infraestructuras a gran escala: China Tower Corporation Limited (China Tower)<sup>55</sup>. Esta empresa, fundada por los tres principales operadores, se encarga de proporcionar la infraestructura. Los operadores comparten la torre para su ubicación, y China Tower coordina los requisitos de los tres operadores y elabora un plan integral para la instalación de antenas, lo que podría reducir la exposición innecesaria de los habitantes a los CEM-RF.

Burundi<sup>56</sup> adoptó un marco jurídico adecuado para la gestión de las infraestructuras de telecomunicaciones, lo que permite subsanar los defectos en la instalación de antenas y postes de telecomunicaciones de manera eficiente. Entre estas iniciativas, Burundi, en colaboración con la UIT, ha establecido un marco jurídico adecuado para la gestión de la compartición de las infraestructuras de telecomunicaciones en el país, cuya aplicación dará lugar a cambios y mejoras en términos reglamentarios, técnicos y financieros en este sector. Por último, la elaboración de directrices que integren valores límite y umbrales permitirá cumplir los límites de exposición.

Haití<sup>57</sup> ha adoptado medidas para que el Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL) verifique rigurosamente el despliegue de la infraestructura inalámbrica necesaria para la cobertura nacional, con el fin de regular la proliferación de instalaciones de radiocomunicaciones en todo el país.

Senegal<sup>58</sup> está al corriente de la preocupación por los efectos de las ondas no ionizantes en las poblaciones a través de diversos estudios que están llevando a cabo las organizaciones internacionales. Senegal ha emprendido campañas de medición para evaluar la exposición a CEM-RF y ha adquirido equipos para controlar y supervisar los niveles de campos

<sup>55</sup> Documento de la CE 2 del UIT-D [SG2RGO/68](#) de China.

<sup>56</sup> Documento de la CE 2 del UIT-D [2/271](#) de Burundi.

<sup>57</sup> Documento de la CE 2 del UIT-D [2/255](#) de Haití.

<sup>58</sup> Documento de la CE 2 del UIT-D [SG2RGO/50](#) de Senegal [en francés].

electromagnéticos en todo el país. Se han llevado a cabo campañas de medición de CEM-RNI (*Champ Électromagnétique – Rayonnements Non-Ionisants*) en zonas urbanas densamente pobladas de Senegal, con arreglo a las recomendaciones que figuran en el *Manual sobre comprobación técnica del espectro* del UIT-R, las Recomendaciones del UIT-T de la serie K, las directrices del UIT-D y las Directrices de la ICNIRP.

Con el fin de contar con un ecosistema transparente y responsable de intercambio de información sobre la conformidad de las torres móviles y la exposición a CEM-RF, el Departamento de Telecomunicaciones (DoT) de la India<sup>59</sup> ha puesto en marcha un portal web denominado "Tarang Sanchar" que tiene por objeto generar confianza y certidumbre con respecto a la seguridad e inocuidad de las torres móviles, así como aclarar malentendidos y mitos.

Ghana<sup>60</sup> ha utilizado pruebas de homologación para la protección de los usuarios, los dispositivos y las redes de telecomunicaciones y TIC. El laboratorio de homologación de Ghana, que es el primero de su tipo en la subregión de África Occidental, no solo se encarga de la supervisión de los mercados en el país, sino que también sirve como centro de pruebas de equipos abierto a los reguladores y proveedores en la región africana.

Por lo que se refiere a Guinea<sup>61</sup>, la Autoridad de Regulación de Correos y Telecomunicaciones (ARPT) ha adoptado medidas con el objeto de abordar esta cuestión de interés nacional, la radiación no ionizante, respecto de la cual el regulador ha elaborado unas directrices. Tras la adquisición de diversas herramientas técnicas para la medición periódica de los niveles de radiación, se está estudiando la posibilidad de crear un laboratorio para verificar la conformidad de los equipos radioeléctricos. Se llevan a cabo periódicamente campañas de medición de la exposición a CEM, cuyos resultados se publican en el sitio web de la ARPT.

La comunicación de riesgos también es un método importante para reducir la preocupación del público por la exposición a los CEM-RF. La OMS y la UIT han establecido planes de comunicación de los riesgos asociados a las radiaciones electromagnéticas. Ambas organizaciones promueven constantemente el intercambio de conocimientos sobre la exposición a los CEM entre países y regiones en diversos aspectos, como la elaboración de normas, las actividades de investigación, el resumen periódico de los resultados de las investigaciones, los informes y la organización de simposios.

La Oficina de Desarrollo de las Telecomunicaciones de la UIT (BDT)<sup>62</sup> ha facilitado información sobre las actividades nacionales mediante las presentaciones realizadas en el seminario regional para Europa y la CEI sobre la implantación de la 5G en esas regiones, celebrado del 3 al 5 de julio de 2018 en Budapest (Hungría) y centrado específicamente en las estrategias y normas que permiten nuevas oportunidades de crecimiento.

### 4.3 Repercusión de las IMT-2020 (5G) en los CEM

La primera versión de la 5G NR (nueva tecnología de acceso radioeléctrico) se presentó oficialmente en la 78ª Asamblea Plenaria del 3GPP RAN (red de acceso radioeléctrico) el 21 de diciembre de 2017, lo que la convierte en la primera norma 5G que puede desplegarse comercialmente en el mundo. En la actualidad, la gama de frecuencias 5G definida por el

<sup>59</sup> Documento de la CE 2 del UIT-D [SG2RGQ/71](#) de la India.

<sup>60</sup> Documento de la CE 2 del UIT-D [SG2RGQ/82](#) de Ghana.

<sup>61</sup> Documento de la CE 2 del UIT-D [2/292](#) de Guinea.

<sup>62</sup> Documento de la CE 2 del UIT-D [SG2RGQ/40+Annex](#) de la BDT.

3GPP se divide en la gama de frecuencias 1 (FR1) y la gama de frecuencias 2 (FR2). La FR1 suele denominarse sub-6 GHz, es decir, por debajo de 6 GHz. En la actualidad, 3,5 GHz es una de las bandas principales de las aplicaciones 5G. Sin embargo, el 3GPP ha definido también otras bandas disponibles para facilitar un despliegue flexible. La gama FR2 es principalmente de alta frecuencia, lo que se conoce comúnmente como onda milimétrica. Su capacidad de penetración es débil, pero el ancho de banda es suficiente y no hay fuentes de interferencia. Su espectro es limpio y se utilizará ampliamente en el futuro.

Debido a las características de las tecnologías MIMO (entradas múltiples, salidas múltiples) y de ondas milimétricas utilizadas en el sistema de comunicaciones móviles de quinta generación, es urgente evaluar sus niveles de CEM-RF. Un estudio pionero<sup>63</sup> puso de manifiesto que la potencia máxima promediada en el tiempo por dirección del haz resultó ser muy inferior al máximo teórico, y más baja de lo que predecían los modelos estadísticos existentes.

La tecnología MIMO se refiere al uso simultáneo de múltiples antenas de transmisión y recepción, de modo que las señales pueden ser transmitidas y recibidas a través de múltiples antenas en el transmisor y el receptor, mejorando así la calidad de la comunicación. Sin aumentar los recursos del espectro ni la potencia de transmisión de la antena, multiplica la capacidad del canal del sistema, lo que comporta algunas ventajas evidentes. Está considerada como la tecnología clave de la próxima generación de comunicaciones móviles.

Se propone un modelo de niveles máximos de potencia realistas promediados en el tiempo para la evaluación de la exposición a los CEM-RF de las estaciones base radioeléctricas (RBS) 5G que emplean MIMO masivo<sup>64</sup>. El modelo se basa en un enfoque estadístico y se ha desarrollado para proporcionar una evaluación realista y conservadora de la exposición a RF para una proporción significativa de todos los posibles escenarios de exposición al enlace descendente (percentil 95). Se tienen en cuenta factores tales como la utilización de RBS, el dúplex por división en el tiempo, el tiempo de programación y la distribución espacial de los usuarios dentro de una célula. El modelo se presenta como una ecuación de forma cerrada. Para un escenario de ejemplo correspondiente a un producto de RBS 5G previsto, se observó que el mayor nivel de potencia máxima realista era inferior al 15% del máximo teórico correspondiente. Para los escenarios de exposición en campo lejano, esto equivale a una reducción de la distancia de cumplimiento del límite de CEM-RF en un factor aproximado de 2,6. Se ofrecen resultados para sistemas de antenas de diferentes tamaños y para escenarios de conformación de haz en acimut y en elevación.

Por otra parte, el Instituto Federal de Metrología de Suiza (METAS) ha presentado un método de medición de CEM selectivo en código para 5G NR<sup>65</sup>. Según este método, se decodifican y se miden las señales específicamente 5G, por ejemplo, SSB (Bloque PBCH/señal de sincronización) y PCI (Identificador de célula de la capa física). Aplicando el factor de antena de la antena de medición directiva y sumando todas las SSB por PCI, puede obtenerse un resultado fiable y único en mV/m por PCI. Se facilita toda la información, lo que permite a los operadores y proveedores de infraestructuras encontrar el mejor compromiso entre el cumplimiento de los

<sup>63</sup> Davide Colombi et al. (2020). [Analysis of the Actual Power and EMF Exposure from Base Stations in a Commercial 5G Network](#). *Applied Sciences* (35), 10:5280.

<sup>64</sup> Björn Thors et al. (2017). [Time-averaged realistic maximum power levels for the assessment of radio frequency exposure for 5G radio base stations using massive MIMO](#). *IEEE Access*, 5, 19711-19719.

<sup>65</sup> Federal Institute of Metrology (METAS), Switzerland (2020). [Technical Report: Measurement Method for 5G \(New Radio\) NR Base Stations up to 6 GHz](#), 18 de febrero de 2020. Véase asimismo UIT (2020) *infra*.

límites de exposición a los CEM específicos del país y el suministro de la cobertura y capacidad óptimas de red, y a las administraciones nacionales verificar los límites.

En la sección de preguntas y respuestas de la OMS sobre los efectos de las redes móviles 5G sobre la salud se indica que "siempre que la exposición global se mantenga por debajo de las directrices internacionales, no se prevén consecuencias nocivas para la salud pública"<sup>66</sup>.

En respuesta a las preocupaciones de la población, se han llevado a cabo diversas campañas de mediciones. En febrero de 2020, Ofcom publicó los resultados de mediciones de la exposición a CEM en las inmediaciones de 16 estaciones base con tecnología 5G, en los que se muestran los niveles de CEM-RF en un total de 22 emplazamientos de 5G de 10 ciudades del Reino Unido, así como mediciones de 2G, 3G y 4G<sup>67</sup>. Todas las ubicaciones se encontraban a pequeñas fracciones de los niveles de referencia para la exposición pública establecidos en las Directrices de la ICNIRP<sup>68</sup>. La Agencia Nacional de Frecuencias (ANFR) de Francia publica periódicamente en su sitio web<sup>69</sup> datos sobre el despliegue de emplazamientos 5G; los resultados de las mediciones pueden localizarse en línea<sup>70</sup>. También se ha simulado la optimización de la coexistencia de las tecnologías 4G y 5G<sup>71</sup>.

Se ha acordado que los sistemas 5G que funcionen por encima de 10 GHz (6-10 GHz como frecuencia de transición para la exposición local) no utilizarán la tasa de absorción específica (SAR) para la exposición corporal parcial, sino la densidad de potencia como restricción básica, porque es difícil determinar un volumen significativo para la evaluación de la SAR a muy poca profundidad de penetración. Sin embargo, la ICNIRP mantuvo los límites de SAR promediados en todo el cuerpo como una restricción básica adicional para la exposición de todo el cuerpo hasta 300 GHz. En las Directrices de la ICNIRP (1998) se utiliza la densidad de potencia incidente como niveles de referencia, de manera que no se tiene en cuenta la reflexión o la transmisión de energía en el límite, ni se considera la transferencia de calor entre tejidos o entre los tejidos y el entorno. Las Directrices de la ICNIRP (2020) también introducen la densidad de potencia absorbida como una restricción básica en frecuencias más altas (>6 GHz). En el futuro, la temperatura puede considerarse un parámetro aceptable para demostrar la seguridad de la exposición a los CEM-RF (como en la industria de la imagen por resonancia magnética), al tratarse de un factor más pertinente para el daño real.

Zhao et al. (2015)<sup>72</sup> estudiaron la exposición a CEM-RF de los dispositivos móviles que funcionan a 15 GHz y 28 GHz. Thors et al. (2016)<sup>73</sup> realizaron una serie de simulaciones sobre la exposición a CEM-RF de sistemas de antenas de equipos de comunicaciones móviles 5G entre 10 GHz y 15 GHz. Con el fin de cumplir los principales criterios de exposición a CEM-RF, se está investigando la potencia máxima de transmisión de los sistemas de antenas desplegados en los equipos de usuario y en las estaciones base inalámbricas de baja potencia en los sistemas

<sup>66</sup> UIT (2020). [Background Paper - Implementing 5G for good: Does EMF matter?](#), p. 21. [ITU Regional Forum for Europe: 5G strategies, policies, and implementation](#), 22-23 de octubre de 2020.

<sup>67</sup> Ofcom, Reino Unido (2020). [Electromagnetic Field \(EMF\) measurements near 5G mobile phone base stations: Summary of results](#). 21 de febrero de 2020.

<sup>68</sup> *Ibidem*, p. 37.

<sup>69</sup> Agence nationale des fréquences (ANFR), France: <https://www.anfr.fr/en/home/>.

<sup>70</sup> ANFR. [Cartoradio](#): Mapa de estaciones radioeléctricas y mediciones de las señales.

<sup>71</sup> ANFR. News. [Simulation de l'exposition aux ondes créée par la téléphonie mobile en zone urbaine dense, tenant compte de l'évolution envisagée en 4G et 5G](#). 15 de septiembre de 2020.

<sup>72</sup> Kun Zhao et al. (2015). [EMF exposure study concerning mmwave phased array in mobile devices for 5G communication](#). *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, 1-1.

<sup>73</sup> Björn Thors et al. (2016). [Exposure to RF-EMF from array antennas in 5G mobile communication equipment](#). *IEEE Access*, 4, 7469-7478.

de comunicaciones móviles 5G, teniendo en cuenta factores tales como la frecuencia, el tamaño del sistema, la distancia al cuerpo humano, el alcance de exploración y la topología del sistema. Los resultados son de gran valor para el diseño de sistemas de comunicaciones móviles que utilizan sistemas de antenas con capacidad de formación de haces. Para permitir mayores niveles de potencia, es necesario dirigir la energía transmitida lejos del cuerpo humano mediante soluciones técnicas viables. Según la norma de exposición a CEM-RF aplicable, el nivel máximo de potencia transmitida y la potencia máxima de radiación omnidireccional equivalente de los sistemas de comunicaciones móviles 5G pueden variar mucho. Esta falta de armonización puede dar lugar a que se establezcan condiciones de acceso heterogéneas a los distintos mercados. Joshi et al. (2020)<sup>74</sup> recopilaron datos de redes comerciales 5G de Australia y la República de Corea y averiguaron que los niveles medios de potencia de transmisión de los dispositivos eran el 1% de los máximos y comparables a los de los dispositivos 4G.

#### 4.4 Exposición a otros emisores de dispositivos de corto alcance, como Wi-Fi y Bluetooth

Otras fuentes de CEM-RF en interiores, como el Wi-Fi, el Bluetooth y diversos dispositivos de conectividad inalámbrica, como los routers y los cargadores inalámbricos, también crean una exposición a CEM-RF. Este es un aspecto que requiere aclaraciones pormenorizadas.

La exposición creada por estos productos depende principalmente de la potencia transmitida. Las normas de las redes de área local inalámbricas (WLAN) establecidas por el IEEE ya pueden proporcionar velocidades de datos de hasta 72 Mbit/s en un solo canal. En Europa, los sistemas que funcionan en la banda de 2,4 GHz tienen una potencia máxima de 100 mW. La exposición personal a las señales Wi-Fi presenta las mismas características generales que la exposición a las estaciones base (campo lejano) y a los teléfonos móviles (campo cercano). Así como la exposición de campo cercano de los dispositivos Wi-Fi conectados al router está generalmente limitada en el tiempo y es mayor para las partes del cuerpo que están más cerca del dispositivo, la exposición de campo lejano debida al router es una exposición de todo el cuerpo. En una medición de puntos de acceso (AP) en contacto con un objeto simulador plano relleno de un tejido que simula un líquido, Kühn et al. (2006)<sup>75</sup> informaron de que la SAR máxima promediada en 10 g era inferior a 1 W/kg. También señalaron que la densidad de potencia máxima era aproximadamente de 3 mW/m<sup>2</sup> a una distancia de 1 m y de 40 mW/m<sup>2</sup> a una distancia de 0,2 m del punto de acceso. A las mismas distancias, Foster obtuvo mediciones de 1 mW/m<sup>2</sup> y unos 180 mW/m<sup>2</sup>, respectivamente. Conviene subrayar que todos los valores indicados están por debajo del nivel de referencia de 10 W/m<sup>2</sup> especificado en las Directrices de CEM-RF de la ICNIRP (1998). Los estudios numéricos de Martínez-Búrdalo et al. (2009)<sup>76</sup> también han confirmado que los valores de SAR local máxima están dentro de las restricciones básicas de la ICNIRP para el público en general. A 2,4 GHz, utilizando una potencia de 100 mW y un factor de actividad de uno (100%), se calculó que el valor de SAR local más alto en la cabeza era de 5,7 mW/kg. Sin embargo, en la realidad, el factor de actividad es aún menor.

<sup>74</sup> Paramananda Joshi et al. (2020). [Actual output power levels of user equipment in 5G commercial networks and implications on realistic RF EMF exposure assessment](#). *IEEE Access*. Online: 9 de noviembre de 2020.

<sup>75</sup> Sven Kühn et al. (2006). [Assessment of human exposure to electromagnetic radiation from wireless devices in home and office environments](#). *Proceedings of the 7th International Symposium on Electromagnetic Compatibility*, Barcelona (España), 4-8 de septiembre de 2006.

<sup>76</sup> M. Martínez-Búrdalo et al. (2009). [FDTD assessment of human exposure to electromagnetic fields from Wi-Fi and Bluetooth devices in some operating situations](#). *Bioelectromagnetics*, 30(2):142-51.

El Bluetooth funciona a 2,4 GHz con una potencia de salida de solo 1 mW, es decir, una millonésima parte de la que utilizan los hornos de microondas. Es 1/200 de la potencia de los teléfonos móviles 5G. Además, el cuerpo humano solo absorbe una pequeña parte, por lo que la exposición es insignificante.

Las conclusiones a las que han llegado los expertos de la OMS y del IEEE son que la exposición a los CEM-RF de los productos Bluetooth no tiene efectos nocivos en el cuerpo humano.

# Capítulo 5 - Formulación de políticas nacionales sobre límites de exposición a CEM

La gran mayoría de los países han adoptado valores límite de exposición a CEM-RF basados en las Directrices de la ICNIRP o en las normas del IEEE. Sin embargo, debido a la percepción de incertidumbre sobre los posibles efectos adversos de los CEM para la salud y a las interpretaciones del principio de precaución, algunos países han decidido adoptar medidas adicionales para proteger a su población. Algunas de estas medidas son la adopción de un marco jurídico, campañas de sensibilización pública, la definición de límites de exposición, mapas del cálculo de la intensidad de campo en el entorno de los transmisores y la publicación de los resultados en la web.

## 5.1 Marco jurídico

A fin de garantizar la adecuada protección de la población frente a las radiaciones no ionizantes a nivel nacional, los Estados Miembros deben contar con un marco jurídico pertinente. El proyecto internacional sobre CEM de la OMS ya ha elaborado un modelo de instrumento legislativo ("Model Legislation") de aplicación a nivel nacional. Consta de un modelo de ley ("Model Act"), un modelo de reglamento ("Model Regulation") y un modelo de memoria explicativa ("Explanatory Memorandum") en la que se describe el enfoque de la ley y su reglamento de aplicación<sup>77</sup>.

Hasta la fecha, más de 40 países han establecido marcos legislativos nacionales que abarcan los campos estáticos de baja frecuencia y alta frecuencia para el público en general y los trabajadores, con carácter obligatorio o voluntario. Los detalles de los diversos marcos jurídicos pueden consultarse en el sitio web de la OMS<sup>78</sup>.

En algunos países también se han promulgado leyes con el objeto de introducir restricciones en el uso o el emplazamiento de dispositivos e infraestructuras de apoyo. Se trata de medidas como la prohibición de la publicidad de teléfonos móviles dirigida a los niños menores de cierta edad, la prohibición o la limitación de la tecnología inalámbrica en las escuelas infantiles o primarias, y el establecimiento de zonas en el entorno de establecimientos comunitarios, como hospitales o escuelas, donde no está permitido construir esos tipos de infraestructuras. Tales medidas se describen o justifican según un principio de "precaución", pero los Estados Miembros deben ser muy cautelosos a la hora de promulgar medidas carentes de fundamentación científica. La OMS recomienda que "se considere indispensable el análisis del equilibrio entre el coste y los posibles riesgos" y solicita una "estricta adhesión a las normas de seguridad nacionales o internacionales existentes"<sup>79</sup>. Estas normas, basadas en los conocimientos actuales, se elaboran para proteger a toda la población con un amplio factor de seguridad.

<sup>77</sup> OMS. Health Topics. Electromagnetic fields. [Model Legislation](#).

<sup>78</sup> OMS. Data. Global Health Observatory data repository. Public health and the environment. [EMF: Legislative status - Data by country](#).

<sup>79</sup> OMS. [What are electromagnetic fields?](#).

## 5.2 Establecimiento de normas

Como complemento del marco jurídico nacional, los países también deberían adoptar las normas de exposición a CEM-RF cuya aplicación puede hacerse efectiva en virtud de dicho marco jurídico.

En junio de 2018, 44 países contaban con normas nacionales de RF. Estas normas abarcan la gama de frecuencias estáticas, bajas y altas, tanto para el público en general como para los trabajadores<sup>80</sup>.

Además del modelo legislativo, la OMS ha publicado también un "Marco para el desarrollo de normas de CEM basadas en la salud". La OMS señala que el marco "aborda la cuestión de cómo desarrollar límites cuantitativos de exposición a los CEM con base científica" y que "está destinado a los organismos consultivos o reguladores nacionales que elaboran nuevas normas para los CEM o revisan la fundamentación de sus normas existentes"<sup>81</sup>.

La mayoría de los países que han adoptado normas nacionales lo han hecho basándose en las recomendaciones de la ICNIRP. Las Directrices de la ICNIRP se actualizaron en 2020. La norma C95.1-2019 del IEEE es una norma similar relativa a los límites de exposición a los CEM. Aunque hay algunas diferencias entre uno y otro documento, ambos están ampliamente armonizados en su enfoque y recomendaciones.

## 5.3 Evaluación de las preocupaciones relacionadas con la exposición de las personas a los CEM-RF

Las personas tienen diversas preocupaciones sociales relacionadas con la exposición a los CEM-RF. En realidad, las preocupaciones sociales son los riesgos o amenazas de peligros que repercuten en la sociedad<sup>82</sup>. Se percibe un peligro de los CEM que no se puede detectar personalmente, pero se tolera la actividad por los beneficios que reporta. La población solo tiene una percepción de cualquier actividad social, pero no puede conocer en detalle la forma en que esa actividad puede afectarle en sentido positivo o negativo.

En un análisis del riesgo y los beneficios de las actividades comunes, tres principios provisionales proporcionan un instrumento cuantitativo:

- 1) El público está dispuesto a aceptar riesgos voluntarios (por ejemplo, esquiar, exponerse a las RF de los teléfonos móviles) unas 1 000 veces más que los riesgos involuntarios (por ejemplo, catástrofes naturales, la exposición a la RF de las estaciones base) que proporcionan el mismo beneficio<sup>83</sup>.
- 2) La aceptabilidad de los riesgos parece ser aproximadamente proporcional a los beneficios reales y percibidos, al cubo (tercera potencia) de los beneficios.

<sup>80</sup> OMS. Global Health Observatory data repository. Public health and the environment – EMF. [Existence of standards - Data by country](#).

<sup>81</sup> OMS (2006). [Framework for Developing Health-Based EMF Standards](#).

<sup>82</sup> Health and Safety Executive (HSE) (2001). [Reducing Risks, Protecting People](#). Sudbury: HSE Books, p.12; quoted by David Ball and Sonja Boehmer-Christiansen (2007). [Societal Concerns and Risk Decisions](#). *Journal of Hazardous Materials* 144, pp. 556-63 (p.557).

<sup>83</sup> Paul Slovic (2000). [The Perception of Risk](#), Londres: Earthscan. Slovic llega a la conclusión (pp.121-36) de que los datos no respaldan la formulación cuantitativa; las personas están dispuestas a aceptar grandes riesgos involuntarios que conlleven grandes beneficios. Sin embargo, establece esta interesante ley con algunos inconvenientes para este método (pp. 45,81).

- 3) El nivel de riesgo aceptable está inversamente relacionado con el número de personas expuestas a ese riesgo (más de 3 000 millones de abonados a la telefonía móvil)<sup>84</sup>.

La misma fuente indica el factor de la amplificación social, que potencia el efecto del riesgo directo percibido cuantitativa y cualitativamente. Los medios de comunicación son entidades que amplifican las preocupaciones sociales relacionadas con los CEM y, por lo tanto, generan mayor desasosiego en el seno de las sociedades.

## 5.4 Sensibilización pública

Es necesario informar al público en general sobre los límites de exposición a CEM-RF fundamentados científicamente, su carácter conservador y por qué esos límites protegen contra todos los efectos nocivos conocidos de la exposición para la salud de las personas. A fin de disipar los mitos sobre la exposición a los CEM-RF, también es necesario que el público conozca los límites de exposición a CEM-RF vigentes, fundamentados científicamente, y que se han llevado a cabo numerosas investigaciones sobre los sistemas inalámbricos y la salud. También debe estar informado de que la OMS trabaja en este asunto y ha publicado notas descriptivas sobre cuestiones relativas a los CEM, en particular sobre los terminales móviles, las estaciones base y las redes inalámbricas.

Con respecto a los terminales y dispositivos móviles, en el Suplemento 13 de la serie K del UIT-T se describen los diversos factores que determinan el nivel de exposición a CEM-RF medido como tasa de absorción específica (SAR) y expresado en vatios por kilogramo (W/kg), que es la métrica utilizada en la gama de frecuencias entre 100 kHz y 10 GHz<sup>85</sup>. Sobre la base de esa información técnica, se ofrecen orientaciones prácticas para los usuarios de dispositivos móviles. También se afirma que hay consenso entre los grupos de expertos en que, si se respetan los límites internacionales de exposición, las pruebas científicas no muestran ningún peligro para los usuarios de dispositivos móviles por la exposición a CEM-RF, incluso si se trata de niños o adolescentes. Los métodos de prueba utilizados para verificar la conformidad de los dispositivos móviles están diseñados con un enfoque conservador para los adultos y los niños (véanse las secciones 5.5 y 6.4).

Con el objetivo de informar a la población sobre las estaciones base, algunas administraciones publican periódicamente las posiciones de los emplazamientos de transmisión, tanto en lo que respecta a las estaciones de radio y televisión como a las estaciones base de telefonía móvil. En algunos casos, las bases de datos públicas indican la densidad de potencia o la intensidad de campo en el entorno de la estación base. Este enfoque promueve la apertura y la transparencia de la información sobre los niveles de exposición, utilizando las bases de datos como herramienta para abordar las preocupaciones del público que no han sido analizadas de forma independiente. Australia publica los informes sobre CEM de todas las estaciones base en el Archivo Nacional de Emplazamientos de RF (RF National Site Archive)<sup>86</sup>, que está avalado por la Asociación de la Industria y por el regulador. Además, por lo que se refiere a la sensibilización pública, véase el programa de seguridad de RF de la Asociación Australiana de Telecomunicaciones Móviles (AMTA)<sup>87</sup>.

<sup>84</sup> Haim Mazar (2008). [An analysis of regulatory frameworks for wireless communications, societal concerns and risk: The case of radio frequency \(RF\) allocation and licensing](#) (pp. 43-46). Boca Raton, 2009.

<sup>85</sup> UIT-T. [Series K Supplement 13 \(05/2018\)](#). Radiofrequency electromagnetic field (RF-EMF) exposure levels from mobile and portable devices during different conditions of use.

<sup>86</sup> Australian Mobile Telecommunications Association (AMTA). [Radio Frequency National Site Archive \(RFNSA\)](#).

<sup>87</sup> AMTA. [Mobile Networks Safety](#).

## 5.5 Límites de exposición en zonas cercanas a guarderías, escuelas y hospitales

Como se ha señalado en la sección anterior, en la Recomendación UIT-T K.91<sup>88</sup> se establece que, con respecto a la exposición de las personas, actualmente no existen razones técnicas para restringir el emplazamiento de las estaciones base en el entorno de guarderías, escuelas y hospitales. Esto se debe a que las directrices de exposición existentes incorporan márgenes de seguridad para proteger a todos los miembros de la comunidad. En la Recomendación se señala que el uso del teléfono móvil en zonas con buena recepción también reduce la exposición, por cuanto permite que el dispositivo transmita a una potencia reducida.

En algunos países, en vez de prohibir el emplazamiento de las estaciones base en esas zonas, se han reducido arbitrariamente los límites de exposición más allá de los recomendados en las normas internacionales, mientras que en otros se ha optado por prohibir totalmente el uso de dispositivos en esos lugares. Tales disposiciones, independientemente de que se centren en la infraestructura o en los dispositivos (o en ambos elementos), se basan en las percepciones del público antes que en la ciencia y no pueden justificarse científicamente.

Las encuestas indican que los países que han adoptado este tipo de medidas son los que muestran mayores niveles de preocupación<sup>89</sup>. Sin embargo, en vez de atenuar la inquietud de la sociedad, esas medidas dan credibilidad a las aprensiones, aunque se afirme que solo se establecen por "precaución". Así pues, el público en general parece percibir la precaución como un indicador de peligro subyacente más que como una ayuda para sentirse más seguro<sup>90</sup>.

## 5.6 Evaluación de la exposición a CEM-RF en el entorno de los transmisores

Aunque la realización de mediciones reales sobre el terreno es muy útil, se trata de un proceso largo y costoso. Una medida alternativa, o al menos complementaria, es permitir que los cálculos de la intensidad de campo se realicen con los métodos descritos en las normas técnicas internacionales de la UIT y la CEI (véase la sección 3.4). El regulador australiano ARPANSA afirma que los niveles ambientales calculados suelen superar los valores medidos en factores de 10 a 1 000 o incluso más<sup>91</sup>.

Cuando se estudian los efectos de múltiples tecnologías móviles en un mismo emplazamiento, es posible determinar un valor máximo realista considerando por separado las señales de radiodifusión y los efectos de las demandas de tráfico sobre las distintas tecnologías presentes en un mismo emplazamiento<sup>92</sup>. En el caso de las antenas MIMO para 4G/LTE, los valores calculados pueden ser superiores a los valores medidos, a menos que se tengan en cuenta los

<sup>88</sup> Recomendación [ITU-T K.91 \(01/2018\)](#). Guidance for assessment, evaluation and monitoring of human exposure to radio frequency electromagnetic fields.

<sup>89</sup> Comisión Europea (2010). Eurobarómetro. Informe. [Electromagnetic fields](#).

<sup>90</sup> Christoph Boehmert et al. (2020). [A systematic review of health risk communication about EMF from wireless technologies](#). *Journal of Risk Research*. Publicado en línea el 20 de abril de 2019.

<sup>91</sup> Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency (ARPANSA). [ARPANSA environmental EME reports](#).

<sup>92</sup> Zaher Mahfouz et al. (2011). [Influence of traffic variations on exposure to wireless signals in realistic environments](#). *Bioelectromagnetics*, 33(4):288-297, mayo de 2012.

efectos de la orientación del haz y la duplexación por división en el tiempo (TDD)<sup>93</sup>. Lo mismo ocurre con la 5G (véase la sección 4.3).

### 5.6.1 Cálculo de la exposición a CEM-RF

El cálculo de los niveles de CEM-RF es un parámetro que debería conocerse y analizarse para proteger mejor y tranquilizar a la población que vive cerca de instalaciones que son fuentes de exposición a CEM-RF. Entre las instalaciones de telecomunicaciones que transmiten CEM-RF, se examinan dos ejemplos en este contexto:

- los transmisores de televisión digital;
- los transmisores celulares.

Por dos razones principales:

- la cantidad de energía emitida;
- el número de transmisores instalados en las proximidades de la población.

#### 5.6.1.1 Intensidad de campo calculada en el entorno de los transmisores de televisión digital (DTV)

El siguiente análisis se refiere al canal 22 de UHF (en la Región 1):

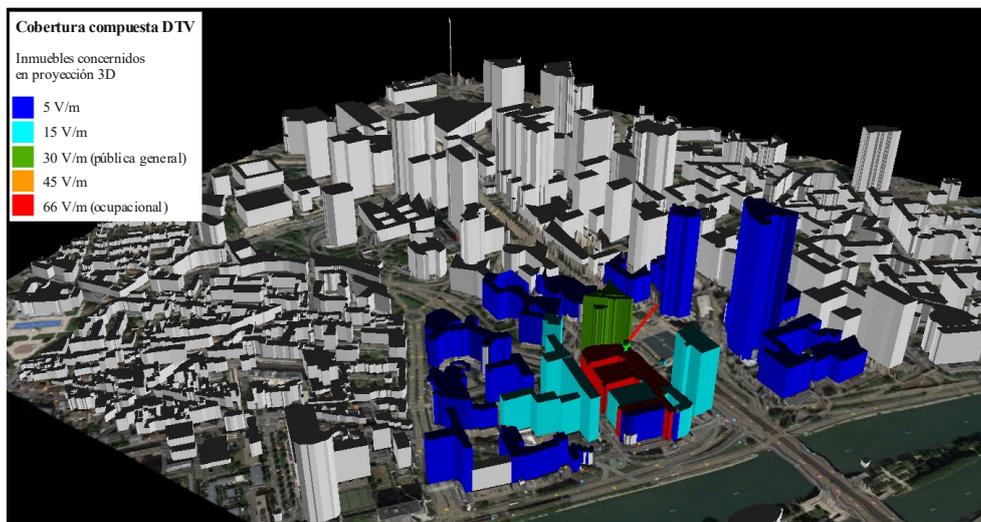
- 478-486 MHz (RF central 482 MHz);
- transmisor con p.i.r.e. (potencia isotropa radiada equivalente) de 60 000 vatios;
- 60 m sobre el nivel del suelo.

A 482 MHz, el nivel de referencia de la exposición del público en general a la intensidad de campo eléctrico (FS) según las Directrices de la ICNIRP es de 30 V/m:  $1,375f^{1/2}$  (MHz) =  $1,375 \times 482^{1/2}$ . El nivel de referencia de la exposición ocupacional a la FS (V/m) según la ICNIRP es de 66 V/m:  $3f^{1/2}$  (MHz) =  $3 \times 482^{1/2}$ .

La **Figura 14** representa los contornos del campo eléctrico superpuestos a los edificios en la imagen tridimensional.

<sup>93</sup> Rob Werner et al. (2019). [A Comparison between Measured and Computed Assessments of the RF Exposure Compliance Boundary of an In-Situ Radio Base Station Massive MIMO Antenna](#). *IEEE Access*, 7(170682 - 170689), 25 de noviembre de 2019.

Figura 14: Contornos tridimensionales de exposición pública general y ocupacional a la DTV



Report SM.2452-03

Fuente: Informe UIT-R SM.2452, Figura 3

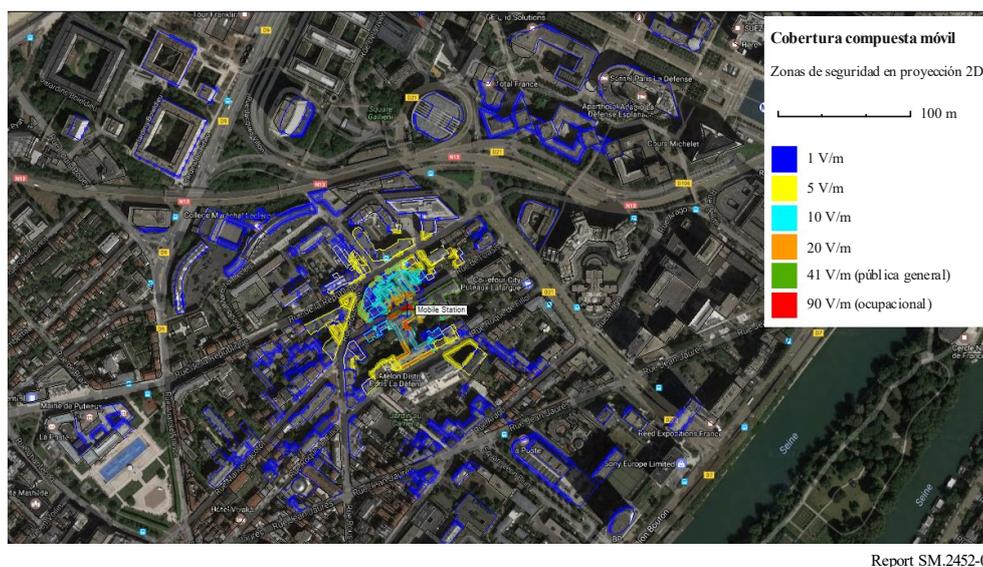
### 5.6.1.2 Intensidad de campo en el entorno de los transmisores de redes móviles

En la simulación no se tiene en cuenta el patrón de elevación de la antena, aunque sea significativo. En realidad, las estaciones base de redes móviles bajo el transmisor presentan una ganancia de antena reducida. La inclusión del patrón de elevación en la imagen bidimensional podría confundir al lector. A 900 MHz, 30 metros por encima de la altura de los tejados, con una potencia de enlace descendente máxima de 100 W y una ganancia de antena (pérdidas incluidas) de 17 dBi, la p.i.r.e. es de 5 kW y el receptor está a 1,5 m por encima del nivel del suelo).

El nivel de referencia para el público general en las ICNIRP (1998) e ICNIRP (2020) es  $41 (1,375f^{1/2} = 1,375 \times 30) \text{ V/m}$  y el nivel de referencia ocupacional es  $90 \text{ V/M: } 3f^{1/2} (\text{MHz})$ ; las escalas de intensidad de campo (FS) son 1, 5, 10, 20, 41 (exposición pública general) y 90 (exposición ocupacional) V/M. En este estudio, solo se examina la señal de las estaciones base al dispositivo móvil. Los diagramas celulares pueden ser no direccionales en acimut o sectoriales (por ejemplo, tres sectores de  $120^\circ$ ).

La **Figura 15** representa los contornos de la intensidad del campo eléctrico superpuestos a los edificios. El color del edificio corresponde a la FS máxima recibida en un punto determinado del edificio (es decir, la FS máxima en las fachadas).

Figura 15: Imagen satelital bidimensional de las distancias de exposición celular



Fuente: Informe UIT-R SM.2452 Figura 4

## 5.6.2 Medición de la exposición a CEM-RF

Como se describe en el Suplemento 4 de la Recomendación UIT-T K.91<sup>94</sup>, el cumplimiento de los límites de exposición a CEM-RF del público o de los trabajadores (ocupacional) puede evaluarse mediante cálculos o mediciones. Las normas técnicas elaboradas por la UIT y otras organizaciones internacionales, como la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI) o el Comité Europeo de Normalización Electrotécnica (CENELEC), ofrecen directrices detalladas para llevar a cabo las evaluaciones. En algunos casos, pueden establecerse prescripciones nacionales basadas en las normas técnicas internacionales.

Las mediciones pueden ser necesarias en emplazamientos complejos con múltiples transmisores o numerosos objetos reflectantes, por ejemplo, un tejado con muchas antenas que tienen patrones de transmisión superpuestos. Para la evaluación pueden utilizarse equipos de banda ancha y de frecuencia selectiva (UIT-T K.6<sup>95</sup>, UIT-T K.100<sup>96</sup>, CEI 62232<sup>97</sup>). Sin embargo, las mediciones realizadas con equipos de banda ancha podrían generar resultados demasiado conservadores. Si las mediciones de banda ancha permiten comprobar que el nivel de exposición en las zonas accesibles al público en general supera los límites, deberá verificarse el cumplimiento con equipos de frecuencia selectiva. En caso contrario, deben aplicarse las técnicas de mitigación descritas en la Recomendación UIT-T K.70<sup>98</sup>.

<sup>94</sup> UIT-T. [UIT-T K.91 Supplement 4 \(09/2018\)](#). Electromagnetic field (EMF) considerations in smart sustainable cities.

<sup>95</sup> UIT-T. Recomendación [UIT-T K.61 \(01/2018\)](#). Guidance on measurement and numerical prediction of electromagnetic fields for compliance with human exposure limits for telecommunication installations.

<sup>96</sup> UIT-T. Recomendación [UIT-T K.100 \(07/2019\)](#). Measurement of radio frequency electromagnetic fields to determine compliance with human exposure limits when a base station is put into service.

<sup>97</sup> CEI. [IEC 62232:2017](#). Determination of RF field strength, power density and SAR in the vicinity of radiocommunication base stations for the purpose of evaluating human exposure.

<sup>98</sup> UIT-T. Recomendación [UIT-T K.70 \(01/2018\)](#). Mitigation techniques to limit human exposure to EMFs in the vicinity of radiocommunication stations.

### 5.6.3 Presentación de los resultados correspondientes a los sitios web

A fin de informar a la población y a los posibles compradores e inquilinos acerca de las posiciones exactas de las fuentes de exposición a CEM-RF, algunas administraciones de Estados Miembros de la UIT publican periódicamente las posiciones exactas de los emplazamientos de transmisión, como las estaciones de radio y televisión y las estaciones base de telefonía móvil.

La información específica que figura en esos sitios web es la posición de la antena transmisora; los parámetros técnicos (tales como la frecuencia, la potencia, la ganancia de antena y la elevación sobre el suelo); y el nivel de exposición. Puede consultarse más información sobre la presentación de los niveles de exposición a CEM-RF calculados y medidos en la Recomendación UIT-T K.113<sup>99</sup> y en el Informe UIT-R SM.2452.

### 5.6.4 Procedimientos simplificados de evaluación de emplazamientos de las estaciones base

Como se describe en la sección 8 de la Recomendación UIT-T K.100, se pueden utilizar procedimientos de evaluación simplificados basados en la norma CEI 62232 para identificar una instalación de antena que, según es sabido, cumple los límites de exposición pertinentes, sin necesidad de seguir procesos de evaluación de la exposición generales o exhaustivos. Esto es pertinente, por ejemplo, dada la baja potencia transmitida o la posición de los transmisores o antenas y fuentes de que se trata con respecto al público en general.

Los procedimientos simplificados de evaluación se basan en el conocimiento de la potencia isotropa radiada equivalente (p.i.r.e.), en función del nivel de p.i.r.e. y de las características de instalación de la antena, como la altura de montaje, la dirección del lóbulo principal y la distancia a otras fuentes ambientales, tal como se especifica en el Cuadro 8-1.3 de la Recomendación UIT-T K.100. Si se cumplen los criterios, la instalación es conforme con las normas.

---

<sup>99</sup> UIT-T. Recomendación [UIT-T K.113 \(11/2015\)](#). Generation of radiofrequency electromagnetic fields (RF-EMF) level maps.

## Capítulo 6 - Exposición de las personas a los CEM de las estaciones de base y los aparatos portátiles

Este capítulo trata sobre la exposición de las personas a los CEM procedentes de dos fuentes muy comunes: las estaciones base y los aparatos portátiles. Por supuesto, todos los sistemas de radiocomunicaciones, como la televisión, la radiodifusión en AM y FM, los servicios de buscapersonas, los teléfonos inalámbricos, los servicios de emergencia y los sistemas de comunicaciones rurales o de zonas remotas, utilizan CEM-RF para facilitar la comunicación.

En el capítulo se examinan los resultados de las campañas de medición para evaluar los niveles de exposición a las estaciones base realizadas en todo el mundo, muchas de las cuales han aplicado protocolos basados en las Recomendaciones de la UIT. Después se analiza la exposición debida a los aparatos portátiles, antes de pasar revista a los datos científicos y a las actuales recomendaciones sobre la exposición de los niños a RF.

### 6.1 Comparación internacional de los niveles de exposición a las estaciones base

Se han realizado varios estudios en los que se han comparado los datos de medición de RF de las estaciones base de telefonía móvil de diferentes países. En el primer estudio<sup>100</sup> se investigaron más de 173 000 mediciones realizadas a partir del año 2000 en más de 20 países de los cinco continentes. El segundo estudio<sup>101</sup> contenía casi 260 000 puntos de medición de siete países africanos a lo largo de dos periodos, de 2001 a 2003 y de 2006 a 2012. El tercer trabajo<sup>102</sup> consistió en un análisis de más de 50 millones de puntos de datos de la red nacional italiana de comprobación técnica de RF que estuvo en funcionamiento entre 2002 y 2006 (véase la **Figura 16** *infra*).

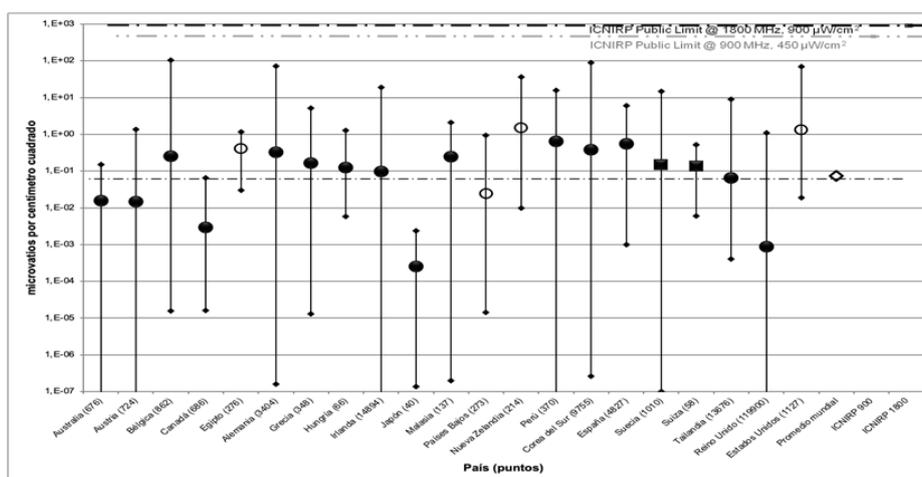
En la **Figura 16** se muestran los promedios de todos los datos de encuestas correspondientes a cada uno de los 20 países. Entre paréntesis se indica el número de puntos de medición de cada país. Con fines comparativos, también se muestra el promedio mundial ponderado marcado con una línea discontinua (- · -) y mediante (◊), junto con los niveles de referencia de la ICNIRP para el público a 900 y 1800 MHz.

<sup>100</sup> Jack Rowley et al. (2012). [Comparative international analysis of radiofrequency exposure surveys of mobile communication radio base stations](#). *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*, 22(3):304-315, mayo/junio de 2012.

<sup>101</sup> Ken Joyner et al. (2013). [National Surveys of Radiofrequency Field Strengths from Radio Base Stations in Africa](#). *Radiation Protection Dosimetry* (2013), 1-12.

<sup>102</sup> Jack Rowley and Ken Joyner (2016). [Observations from national Italian fixed radiofrequency monitoring network](#). *Bioelectromagnetics* (Febrero de 2016), 37(2):136-9.

Figura 16: Datos de la encuesta sobre CEM-RF (20 países)



Clave: mínimo (◆), máximo (◆) y promedio de banda estrecha (●), promedio de banda ancha (○) o promedio mixto de banda estrecha/banda ancha (■)

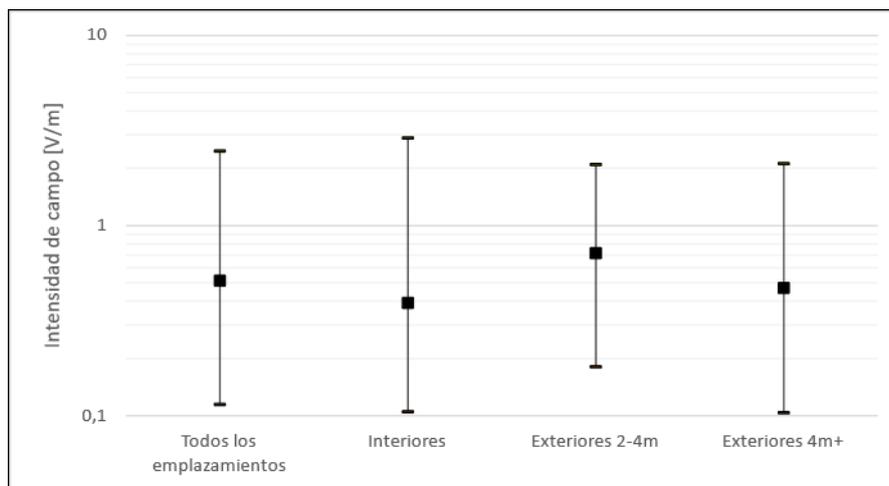
Otros enfoques de medición novedosos, tales como el propuesto por Huang et al. (2016)<sup>103</sup>, en el que se evaluó la exposición tomando tanto la exposición de enlace ascendente como la de enlace descendente para crear una nueva métrica denominada "Índice de Exposición" (EI), han permitido constatar que "todos los valores del EI están muy por debajo de los límites de exposición de las personas establecidos en las normas internacionales". Rowley y Joyner (2012) también investigaron las tendencias temporales de las diversas tecnologías y en distintos países.

Dado que las células pequeñas desempeñan una función cada vez más importante en la adición de capacidad en zonas de alta densidad y adquirirán una relevancia cada vez mayor en las redes 5G, también se han realizado estudios para medir los campos de RF de esos emplazamientos. Van Wyk et al. (2019)<sup>104</sup> realizaron mediciones en Italia, los Países Bajos y Sudáfrica, sobre instalaciones que se suelen utilizar en las paradas de autobús, la señalización publicitaria y el interior de los edificios. Se efectuaron hasta 295 mediciones en el entorno de 98 pequeñas células en los tres países. A continuación, se muestran los resultados.

<sup>103</sup> Yuan Yuan Huang Y. et al. (2016). [Comparison of Average Global Exposure of Population Induced by a Macro 3G Network in Different Geographical Areas in France and Serbia](#). *Bioelectromagnetics* (2016), 37:382-390.

<sup>104</sup> Martinhus et al. (2019). [Measurement of EMF Exposure around Small Cell Base Station Sites](#). *Radiation Protection Dosimetry*, Vol. 184, Issue 2, 20 de agosto 2019, pp.211-215.

**Figura 17: Resultados de la medición de la intensidad de campo en V/m en los emplazamientos de 98 células pequeñas**



Según los autores, "los resultados muestran que todos los niveles de exposición a los CEM medidos están muy por debajo de los límites para el público en general especificados por las ICNIRP". También señalan que sus resultados concuerdan con otros estudios de medición nacionales, como los realizados en Francia, y con los estudios comentados anteriormente.

La conclusión más importante de todos estos estudios es que, con independencia del país, el año y la tecnología móvil, los campos RF a nivel del suelo eran solo una pequeña fracción de las recomendaciones internacionales de exposición de las personas a RF. Es importante señalar que los niveles ambientales han permanecido esencialmente constantes a pesar del creciente número de estaciones base y del despliegue de tecnologías móviles adicionales.

Los resultados de todos los estudios y mediciones respaldan aún más las recomendaciones de la OMS<sup>105</sup> en relación con las estaciones base y las tecnologías inalámbricas: "Habida cuenta de los bajísimos niveles de exposición y los resultados de las investigaciones de que se tiene constancia hasta la fecha, no hay pruebas científicas convincentes de que las débiles señales de radiofrecuencia de las estaciones base y las redes inalámbricas causen efectos nocivos para la salud".

## 6.2 Niveles de exposición a aparatos portátiles

El valor de la SAR<sup>106</sup> es una medida de la cantidad de energía de radiofrecuencia absorbida por el cuerpo cuando se utiliza un teléfono móvil.

Con fines de verificación del cumplimiento de los límites establecidos, se mide la SAR a niveles de potencia máximos en condiciones de laboratorio según las normas de medición, que prescriben las posiciones de prueba y todas las características operativas del teléfono móvil, incluida la potencia máxima de transmisión.

<sup>105</sup> OMS (2006). Health Topics. Electromagnetic fields and public health. Fact Sheet No. 304. [Base stations and wireless technologies](#).

<sup>106</sup> SAR significa "tasa de absorción específica". Se puede consultar información detallada sobre la SAR en <http://www.sartick.com>.

Los valores de SAR indicados para cada modelo de teléfono móvil exageran los niveles de exposición de la vida real, porque las normas aplicables son conservadoras<sup>107</sup>. Además, en la realidad, los dispositivos funcionan con niveles de energía significativamente más bajos, adaptándose constantemente para utilizar la mínima energía necesaria al hacer y recibir una llamada, con el fin de maximizar la duración de la batería. Varios estudios<sup>108, 109</sup> sobre teléfonos móviles de uso cotidiano han demostrado que, cuando se utilizan para hablar mientras se camina por una gran ciudad o en el interior de los edificios urbanos, los teléfonos inteligentes suelen funcionar con una pequeña fracción de su máxima potencia de salida. En el artículo de Gati et al. (2009), los investigadores observaron que el 90% de las mediciones recogidas, realizadas en interiores y exteriores, eran inferiores a 4 dBm, lo que supone aproximadamente el 1% de la potencia máxima emitida. En consecuencia, concluyeron lo siguiente:

*"La exposición real debida a los teléfonos móviles en términos de tasa de absorción específica (SAR) está muy por debajo (100 veces por debajo) de los valores normativos dados a potencias máximas".*

En una publicación reciente se presentan los datos de potencia de salida de unos 7 000 dispositivos 4G conectados a 41 estaciones base de radiocomunicaciones LTE situadas en entornos rurales, periurbanos, urbanos e interiores en Suecia: *"Se recogieron más de 300 000 muestras de potencia. En entornos rurales, los valores de potencia de salida promediada en el tiempo del percentil 95 resultaron ser el 2,2% de la potencia máxima disponible, mientras que los valores correspondientes fueron inferiores al 1% en otros entornos. Las potencias medias de salida en todos los entornos resultaron ser inferiores al 1% de la potencia de salida máxima disponible. Estos valores concuerdan con los resultados obtenidos para equipos de usuario de 3G, a pesar de que el caudal de datos máximo alcanzable casi se ha decuplicado. Estos resultados demuestran que el conocimiento de los niveles de potencia realistas es importante para evaluar con exactitud la exposición realista debida a los modernos teléfonos inteligentes"*<sup>110</sup>.

Se han establecido normas de exposición a RF en las que se especifica la SAR máxima permitida para los aparatos de comunicaciones inalámbricas, como los teléfonos móviles, que incorporan un factor de seguridad adicional para garantizar que todos los usuarios, incluidos los niños, las mujeres embarazadas y las personas mayores, puedan utilizar estos dispositivos de forma segura. Según una investigación de las prescripciones normativas de más de 200 países, a grandes rasgos solo hay dos normas y regímenes reglamentarios aplicables: 150 países han adoptado los límites de la ICNIRP de 2 W/kg medidos en el equivalente de tejido biológico de 10 g<sup>111, 112</sup>, mientras que 28 países han adoptado los límites de la Federal Communications Commission (FCC) de EE.UU. de 1,6 W/kg medidos en el equivalente de tejido biológico de 1 g<sup>113</sup>. Hay 50 países para los que no hay información reglamentaria disponible. Sin embargo,

<sup>107</sup> Mobile Manufacturers Forum (MMF). Viewpoint. [Conservativeness of mobile phone SAR measurements](#). Noviembre de 2011.

<sup>108</sup> Tomas Persson et al. (2012). [Output power distributions of terminals in a 3G mobile communication network](#). *Bioelectromagnetics*, Vol. 33, pp. 320-325, 2012.

<sup>109</sup> Azzedine Gati et al. (2009). [Exposure induced by WCDMA Mobile Phones in Operating Networks](#). *IEEE Trans on wireless communications*, Vol. 8 No. 12, 2009.

<sup>110</sup> Paramananda Joshi et al. (2017). [Output Power Levels of 4G User Equipment and Implications on Realistic RF-EMF Exposure Assessments](#). *IEEE Access*, Vol. 5, pp. 4545-4550, 2017.

<sup>111</sup> La mayoría de los límites nacionales se basan formalmente en la ICNIRP (1998).

<sup>112</sup> ICNRP. [ICNIRP Statement on the Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields \(up to 300 GHz\)](#). *Health Physics*, 2009. 97(3): pp. 257-258.

<sup>113</sup> FCC. [Guidelines for Evaluating the Environmental Effects of Radiofrequency Radiation](#), in 47 CFR Parts 1, 2, 15, 24 and 97, FCC, Editor. 1996: Federal Register.

cuando no se establecen límites obligatorios, los fabricantes aplican los límites de la ICNIRP, que son conformes con la Recomendación UIT-T K.52<sup>114</sup>.

### 6.3 Mediciones nacionales de la SAR

Como ya se ha señalado, solo hay dos normas y regímenes reglamentarios aplicables: las de la ICNIRP y la FCC. Incluso en los países en que no se especifican prescripciones normativas, los fabricantes aplican los límites de la ICNIRP.

Los organismos reguladores nacionales tienen tres métodos diferentes para garantizar la conformidad de los productos. En Europa se aplica una presunción de conformidad basada en normas armonizadas y centrada en la vigilancia posventa, mientras que en América del Norte y muchos países de la Región de Asia y el Pacífico el proceso se basa en la aprobación previa a la comercialización. En algunos otros países de esta última región, los fabricantes e importadores de dispositivos están sujetos a una auditoría continua. Los valores de SAR de los dispositivos pueden consultarse en los sitios web de los fabricantes y de numerosos organismos reguladores nacionales.

### 6.4 Exposición de los niños a RF

Entre los diversos objetos de estudio de las investigaciones científicas sobre este campo figura la cuestión de si existen diferencias entre la absorción de los CEM-RF en adultos y niños. Los trabajos de Schönborn et al.(1998)<sup>115</sup>, Kuster y Balzano (1992)<sup>116</sup>, Hornbach et al.(1996)<sup>117</sup> y Meir et al.(1997)<sup>118</sup> han constatado que no existen diferencias significativas entre la absorción de RF en adultos y niños. Gandhi y Kang (2002)<sup>119</sup> y Bit-Babik et al.(2005)<sup>120</sup> han observado patrones de SAR similares en la cabeza de adultos y niños, en contraste con los resultados mostrados en un estudio muy anterior de Gandhi et al.(1996)<sup>121</sup>, que se debían a un escalado inadecuado del tamaño y el color. Foster y Chou (2014)<sup>122</sup> revisaron también la dosimetría y llegaron a la conclusión de que, en lo que respecta al cumplimiento de los límites reglamentarios impuestos a los aparatos portátiles, no hay evidencias claras de que existan diferencias relacionadas con la edad en la exposición medida como valor de cresta medio de la distribución espacial de SAR en la cabeza.

<sup>114</sup> UIT-T. Recomendación [UIT-T K.52 \(01/2018\)](#). Guidance on complying with limits for human exposure to electromagnetic fields.

<sup>115</sup> Frank Schönborn et al. (1998). [Differences in Energy Absorption between Heads of Adults and Children in the Near Field of Sources](#). *Health Physics*, Vol. 74, pp. 160-168, 1998.

<sup>116</sup> Niels Kuster and Q. Balzano (1992). [Energy Absorption Mechanism by Biological Bodies in the Near Field of Dipole Antennas above 300 MHz](#). *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, Vol. 41, No. 1, febrero de 1992.

<sup>117</sup> V. Hornbach et al. (1996). [The Dependence of EM Energy Absorption upon Human Head Modelling at 900 MHz](#). *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, Vol. 44, No. 10, octubre de 1996.

<sup>118</sup> Klaus Meier et al. (1997). [The Dependence of Electromagnetic Energy Absorption upon Human-Head Modelling at 1800 MHz](#). *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, Vol. 45, No. 11, noviembre de 1997.

<sup>119</sup> Om Gandhi and Gang Kang (2002). [Some Present Problems and a Proposed Experimental Phantom for SAR Compliance Testing for Cellular Telephones at 835 and 1900 MHz](#). *Phys. Med. Biol.* 47: 1501-18.

<sup>120</sup> G. Bit-Babik et al. (2005). [Simulation of Exposure and SAR Estimation for Adult and Child Heads Exposed to Radiofrequency Energy from Portable Communication Devices](#). *Radiation Research* 163: 580-90.

<sup>121</sup> Om. Gandhi et al. (1996). [Electromagnetic Absorption in the Human Head and Neck for Mobile Telephones at 835 and 1900 MHz](#). *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*. 44: 1884-97.

<sup>122</sup> Kenneth Foster and Chung-Kwang Chou (2014). [Are Children More Exposed to Radio Frequency Energy from Mobile Phones than Adults?](#) *IEEE Access* vol. 2, pp. 1497-1509.

Por lo que se refiere a los organismos de salud pública que han estudiado esta cuestión, la Food and Drug Administration (FDA) de Estados Unidos ha declarado que: *"Las evidencias científicas hasta el momento no demuestran que la energía de RF de los teléfonos celulares resulta peligrosa para los usuarios, incluidos los niños y los adolescentes. Además, hay unas simples medidas que cualquiera, y en particular los niños y los adolescentes, pueden adoptar para reducir la exposición a la RF:*

- Reducir el tiempo que se pasa con el teléfono móvil.
- Utilizar el modo de altavoz o unos auriculares para mantener una mayor distancia entre la cabeza y el teléfono celular"<sup>123</sup>.

Algunos colectivos patrocinados por otros Gobiernos nacionales aconsejan que se disuada a los niños de utilizar teléfonos celulares para realizar llamadas no esenciales, o que no los utilicen en absoluto. Por ejemplo, el Informe Stewart del Reino Unido hizo una recomendación en ese sentido en diciembre de 2000<sup>124</sup>. En dicho informe, un grupo de expertos independientes señaló que no había pruebas de que el uso del teléfono móvil provocara tumores cerebrales u otros efectos nocivos. Su recomendación de limitar a las llamadas esenciales el uso del teléfono celular en la población infantil era estrictamente preventiva; no se basaba en evidencias científicas de ningún peligro para la salud. También cabe recordar que, cuando se formuló esa recomendación, el Reino Unido aplicaba límites de exposición similares, sin distinción entre los trabajadores y el público, y que también se recomendaba adoptar las Directrices de la ICNIRP como medida de precaución<sup>125</sup>.

El Consejo de Salud de los Países Bajos<sup>126</sup>, que también ha estudiado esta cuestión, ha concluido que: *"No hay evidencias científicas de una influencia negativa de la exposición al campo electromagnético de los teléfonos móviles, las antenas de las estaciones base o los equipos Wi-Fi en el desarrollo y el funcionamiento del cerebro y en la salud de los niños"*.

En una publicación titulada NIR and Children's Health<sup>127</sup>, la ICNIRP afirmó lo siguiente: *"Aunque se han publicado numerosos estudios científicos sobre los posibles efectos de la RNI en la salud de las personas y se han celebrado multitud de reuniones científicas, las evidencias de tales efectos siguen siendo inciertas, particularmente con respecto a la salud de los niños"*.

De la misma fuente: *"En los últimos años, los resultados de numerosos estudios epidemiológicos y biológicos han constituido la base principal de las evaluaciones del riesgo para la salud y de los posibles efectos cancerígenos de los CEM realizadas por la Organización Mundial de la Salud (OMS) en Ginebra, por el Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (CIIC) de Lyon y por diversos organismos nacionales. El CIIC, al igual que varios organismos nacionales, también ha evaluado recientemente la carcinogenicidad de la radiación ultravioleta y de las cabinas de bronceado."*

<sup>123</sup> FDA. [Children and teens and cell phones](#).

<sup>124</sup> UK national Archives. Independent Expert Group on Mobile Phones (IEGMP), presidido por Sir William Stewart (2000). [Mobile Phones and Health](#).

<sup>125</sup> Véase el párrafo de House of Commons Select Committee on Trade and Industry. [Trade and Industry - Tenth Report](#).

<sup>126</sup> Health Council of the Netherlands (2011). [Influence of radiofrequency telecommunication signals on children's brains](#). The Hague: Health Council of the Netherlands, 2011; publication no. 2011/20E. ISBN 978-90-5549-859-8.

<sup>127</sup> ICNIRP. [Non-ionizing Radiation \(NIR\) and Children's Health](#). Proceedings of an International Joint Workshop organized by COST/ICNIRP/WHO/EuroSkin and hosted by INIS on 18-20 May 2011, Ljubljana, Slovenia. [Progress in Biophysics & Molecular Biology \(107\)3:311-482 \(2011\)](#).

*Como se recoge en las citadas actas, la ciencia que aborda esta cuestión es multidisciplinar y reúne conocimientos en los campos de la medicina, la epidemiología, la biología, la ingeniería eléctrica y de telecomunicaciones, la física computacional y la gestión de riesgos.*

*Las revisiones bibliográficas, los trabajos de investigación y los debates recogidos en la citada publicación no revelan nuevas sensibilidades en cuanto a la salud de los niños en función de la edad, pero persiste la incertidumbre en torno a cuestiones como la leucemia infantil, que plantean dificultades metodológicas. Aunque las pruebas científicas de los efectos adversos de la exposición a la radiación ultravioleta son mucho más claras y se acepta que la exposición excesiva y/o prolongada/repetida es un factor de riesgo importante, al causar cánceres de piel y enfermedades oculares, es necesario investigar más a fondo los mecanismos de la enfermedad para fundamentar mejor los métodos de protección, especialmente en lo que respecta a los jóvenes.*

*Estas actas deberían ser de interés para los científicos y de utilidad para los organismos gubernamentales de elaboración de políticas. Asimismo, deberían tenerse en cuenta en la formulación de los programas de investigación, a fin de colmar las lagunas de conocimiento".*

Las conclusiones concuerdan con la siguiente declaración de la OMS: "Las evidencias científicas actuales no indican la necesidad de adoptar ninguna medida de precaución especial respecto del uso de teléfonos móviles. Aquellas personas para las que este asunto sea motivo de preocupación pueden optar por limitar su propia exposición, o la de sus hijos, a las RF reduciendo la duración de las llamadas o utilizando dispositivos de 'manos libres' para mantener los teléfonos móviles alejados de la cabeza y el cuerpo".

Además, la OMS afirma lo siguiente: "En los dos últimos decenios se ha realizado un gran número de estudios para determinar si los teléfonos móviles pueden plantear riesgos para la salud. Hasta la fecha no se ha confirmado que el uso del teléfono móvil tenga efectos perjudiciales para la salud"<sup>128</sup>.

En resumen, la evidencia científica indica que no hay pruebas de ningún efecto adverso para la salud por el uso de teléfonos móviles o dispositivos inalámbricos. En consonancia con las recomendaciones de la OMS para los padres o personas preocupadas, existen varias opciones para limitar su exposición o la de sus hijos, reduciendo el uso del dispositivo y la duración de las llamadas o utilizando sistemas de "manos libres" para mantener los dispositivos alejados de la cabeza y del cuerpo.

---

<sup>128</sup> OMS. Centro de prensa. Notas descriptivas. [Campos electromagnéticos y salud pública: teléfonos móviles.](#)

# Capítulo 7 - Estudios de casos

## 7.1 Antecedentes

El rápido desarrollo de las telecomunicaciones/TIC se está traduciendo en la omnipresencia de CEM en el entorno. Esto es motivo de preocupación en algunos países por los posibles efectos de la exposición prolongada para la salud pública. Como consecuencia del rápido crecimiento de las comunicaciones electrónicas y de la proliferación exponencial de fuentes de CEM-RF, han surgido muchas dudas y los operadores y organismos gubernamentales responsables de las radiocomunicaciones/TIC han recibido muchas quejas.

Los Gobiernos son conscientes de la necesidad de adoptar medidas para facilitar información o respuestas a las preocupaciones del público y, en ese proceso, se remiten a las Recomendaciones de la UIT o a las normativas nacionales para introducir diversas prácticas sobre las formas de limitar la exposición a los CEM-RF. El objetivo es generar confianza en la seguridad e inocuidad de las antenas de telefonía móvil, así como disipar mitos y malentendidos, con el fin de crear un ecosistema transparente y responsable para el intercambio de información y el cumplimiento de las normas de exposición a CEM-RF.

Algunos países establecen límites basados en las Directrices de la ICNIRP, otros realizan estudios y adoptan restricciones adicionales.

En consecuencia, varios países han tomado medidas para limitar la exposición de las personas a los CEM-RF y para sensibilizar de forma efectiva a las distintas partes interesadas sobre cómo abordar la cuestión en lo que respecta a las prácticas óptimas que el Gobierno, los proveedores de servicios y el público deben adoptar.

La OMS y la UIT han elaborado planes para comunicar los riesgos de los CEM-RF, incidiendo especialmente en el intercambio de información sobre distintos aspectos de los peligros de los CEM-RF entre países y regiones, lo que incluye la elaboración de normas, investigaciones, resúmenes periódicos de los resultados de las investigaciones, informes y la celebración de simposios.

Las contribuciones recibidas en el curso de los trabajos de la Comisión de Estudio 2 del UIT-D, Cuestión 7/2, y los trabajos realizados por la Comisión de Estudio 5 del UIT-T han permitido identificar las prácticas adoptadas por diversos países para abordar con eficacia las cuestiones que preocupan.

## 7.2 Iniciativas nacionales

Las diferentes iniciativas difundidas para tener en cuenta de forma efectiva las cuestiones relacionadas con la exposición a los CEM-RF pueden recapitularse del siguiente modo:

- introducción de normas que establezcan umbrales y límites de exposición a los CEM;
- campaña de medición de CEM;
- campaña de sensibilización sobre las prácticas que deben adoptarse;

- introducción de herramientas de comunicación entre el Gobierno y el público para informar a este último de las medidas adoptadas y responder a las cuestiones que preocupan;
- estudios sobre los efectos de los CEM-RF.

### 7.2.1 El caso de Burundi<sup>129</sup>

Burundi es consciente de que la introducción de un marco jurídico y reglamentario propicio al desarrollo de las telecomunicaciones garantiza una mayor calidad del servicio y mejora las condiciones de vida de la población. La política de fomento de la compartición de infraestructura de telecomunicaciones también contribuye a reducir los efectos percibidos de la exposición de las personas a los CEM-RF. El riesgo percibido de los campos electromagnéticos es una cuestión recurrente que el público plantea. La Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (*Agence de régulation et de contrôle des télécommunications - ARCT*) de Burundi ha establecido unas directrices que fijan los umbrales y límites que deben cumplir los operadores al instalar estaciones base para el despliegue de redes de telecomunicaciones.

La compartición de infraestructura reduce la proliferación de estaciones base al agrupar antenas en pilones claramente indicados en ubicaciones que cumplen plenamente las normas pertinentes. Por consiguiente, la ARCT ha llevado a cabo lo siguiente:

- sensibilización de los operadores sobre la necesidad de compartir infraestructura para optimizar y reducir costes;
- sensibilización de la población de la necesidad de respetar las instalaciones de operadores a fin de impedir actos de sabotaje y vandalismo a las redes de telecomunicaciones;
- inspecciones de la conformidad técnica y operativa de los equipos de los operadores de telecomunicaciones;
- elaboración de directrices sobre compartición de infraestructura de telecomunicaciones.

### 7.2.2 El caso de la República Centroafricana<sup>130</sup>

La liberalización total del sector de las telecomunicaciones/TIC en la República Centroafricana, caracterizado por la presencia de cuatro operadores de telefonía móvil (Telecel, Moov, Azur y Orange) además del operador tradicional, Socatel, que ostenta el monopolio de la telefonía fija, ha dado lugar a la proliferación de antenas de estación base (BTS) en la capital, Bangui, así como en la mayor parte de las ciudades de sus provincias. La implantación anárquica de las estaciones base provoca efectos negativos en la percepción de los efectos de los CEM-RF en la población. Ante este problema, el Gobierno ha creado el Organismo nacional para la protección contra la radiación (*Agence nationale de radioprotection - ANR*), cuya misión es elaborar políticas y estrategias para hacer frente al problema.

Para subsanar esta deficiencia, el Gobierno, a través de su regulador de telecomunicaciones (*Agence de régulation des télécommunications - ART*), adoptó como medida inicial una serie de normas que obligan a los operadores a recurrir a acuerdos de compartición de infraestructuras. Lamentablemente, la aplicación de la normativa por parte de los operadores y de la ART ha sido problemática.

<sup>129</sup> Documento de la CE 2 del UIT-D [2/42](#) de Burundi.

<sup>130</sup> Documento de la CE 2 del UIT-D [SG2RGO/42\(Rev.1\)](#) de la República Centroafricana [en francés].

La ART se encarga de recaudar un porcentaje del volumen de negocio de los operadores, que se destina a ayudar a la población afectada. El organismo tiene dificultades para desempeñar su labor debido a la reticencia de los operadores a contribuir a los fondos que necesita.

No obstante, a este respecto se están tomando una serie de medidas como las siguientes:

- sensibilización de los operadores sobre la necesidad de compartir infraestructura para optimizar y reducir costes;
- sensibilización de la población de la necesidad de respetar las instalaciones de operadores a fin de impedir actos de sabotaje y vandalismo a las redes de telecomunicaciones;
- inspecciones de la conformidad técnica y operativa de los equipos de los operadores de telecomunicaciones;
- elaboración de directrices sobre compartición de infraestructura de telecomunicaciones;
- adquisición del equipo necesario para realizar comprobaciones técnicas sobre los CEM-RF;
- creación de un centro de llamadas para recibir y tramitar eficazmente las reclamaciones de los consumidores.

### 7.2.3 El caso de Senegal<sup>131</sup>

Consciente de la percepción pública de los efectos de los CEM-RFF a raíz de varios estudios ya realizados por organismos internacionales, Senegal lleva a cabo campañas para medir la exposición a los CEM-RF a través de su regulador de correos y telecomunicaciones (*Autorité de régulation des télécommunications et des postes* - ARTP). Senegal ha adquirido equipos para el control y la comprobación técnica de los niveles de CEM-RF en su territorio nacional y ha realizado campañas de medición de CEM-RF.

Las campañas de medición de los CEM-RF en las zonas urbanas densamente pobladas de Senegal se han llevado a cabo de conformidad con las recomendaciones establecidas en el *Manual sobre comprobación técnica del espectro* del UIT-R, las Recomendaciones del UIT-T de la serie K, las directrices del UIT-D y las Directrices de la ICNIRP.

Según el Código de Telecomunicaciones vigente en el país, las directrices internacionales y las Recomendaciones de la UIT, la ICNIRP y organismos similares, los operadores deben cumplir determinados requisitos relativos a los límites de radiación, las distancias del perímetro de seguridad, la comprobación de los equipos antes de su instalación y puesta en servicio, la validación de las pruebas por parte del regulador y la notificación de los niveles de CEM-RF al regulador. Según este principio, la autoridad reguladora proporciona a los importadores de equipos de radio una certificación de conformidad con las normas internacionales.

Una vez finalizada la campaña, el público dispondrá de una información global fidedigna, de acceso público para particulares y empresas. Por último, se pondrá en marcha una estrategia de consulta y coordinación con todos los operadores de telefonía móvil y los operadores de redes privadas independientes, a fin de garantizar la comprobación técnica permanente de las instalaciones de radiocomunicaciones y de aplicar las recomendaciones y directrices sobre los niveles de CEM-RF admisibles para cada tecnología.

<sup>131</sup> Documento de la CE 2 del UIT-D [SG2RGO/50](#) de Senegal [en francés].

## 7.2.4 El caso de China<sup>132</sup>

China aplica límites ambientales de CEM que difieren de los establecidos en las recomendaciones internacionales para las estaciones base, aunque los límites de exposición a los dispositivos móviles y el método de medición cumplen, por lo general, las normas internacionales. La contribución de China resume los estudios sobre los efectos de los campos electromagnéticos en China en este contexto:

- China aplica límites de CEM ambientales que difieren de las recomendaciones internacionales porque las normas anteriores han quedado obsoletas, y a raíz de los resultados de estudios y evaluaciones de riesgo nacionales (basados en tecnologías futuras).
- Los límites de exposición a los dispositivos móviles se ajustan a las normas internacionales.
- El método de medición utilizado se ajusta generalmente a las normas internacionales.
- La tendencia es la adopción de límites internacionales.

## 7.3 Recapitulación de las prácticas óptimas

Cuadro 9: Lista de prácticas óptimas

Medidas	Plan de ejecución	País
Establecimiento de una normativa que establezca valores de umbral y límites de exposición a los CEM, de obligado cumplimiento para los operadores que instalen estaciones base para el despliegue de redes de telecomunicaciones	Aplicación de las Directrices de la ICNIRP en general	Senegal, Burundi, India, República Centroafricana, Sudán
	Aplicar límites de CEM ambientales que difieren de las recomendaciones internacionales a raíz de los resultados de estudios y evaluaciones de riesgo nacionales	China, Costa de Marfil
	Promulgar leyes con objeto de controlar los efectos de las estaciones base sobre la salud de las personas y el entorno	China, Senegal, India, Camerún, Hungría, Costa de Marfil
	Creación de organismos especializados encargados de la evaluación y aprobación de la instalación o reubicación de las estaciones base	República Centroafricana

<sup>132</sup> Documento de la CE 2 del UIT-D [SG2RGO/68](#) de China.

**Cuadro 9: Lista de prácticas óptimas (continuación)**

Medidas	Plan de ejecución	País
Campañas para medir los CEM y la SAR de los equipos	Adquirir los equipos necesarios para la comprobación técnica de los CEM	China, Senegal, República Centroafricana, Côte d'Ivoire, Sudán
	Llevar a cabo de forma continua la comprobación técnica de las instalaciones de radiocomunicaciones a fin de garantizar el cumplimiento de los niveles de CEM RF permitidos para cada tecnología	China, República Centroafricana, Senegal, Burundi, Costa de Marfil, Sudán
Campaña de sensibilización sobre las prácticas que deben adoptarse	Verificar la SAR de los equipos	Camerún
	Sensibilizar a la población para tratar las cuestiones relacionadas con los CEM RF con más eficacia	Burundi, Haití, India
Difusión de información	Sensibilizar a la población para que no se proscriban las instalaciones de los operadores	Camerún, República Centroafricana
	Publicar información y resultados de mediciones pertinentes en el sitio web de las autoridades gubernamentales	India
	Crear un centro de llamadas para recibir y tramitar eficazmente las reclamaciones de los consumidores	República Centroafricana
	Instalar anuncios bien visibles que informen al conjunto de la comunidad del nivel de cumplimiento de las estaciones de radiocomunicaciones, indicando los límites de exposición de las personas a CEM RF	Colombia

# Annexes

## Annex 1: List of contributions and liaison statements received on Question 7/2

### Contributions on Question 7/2

Web	Received	Source	Title
<a href="#">2/411</a>	2021-03-02	Co-Rapporteurs for Question 7/2	Draft proposal for the future of Question 7/2
<a href="#">2/392 (Rev.1)</a>	2021-02-17	ATDI (France)	Draft Liaison Statement to ITU-T Q3/5, ITU-R WPs 1A, 1C, 5A, 5B and 6A
<a href="#">2/363</a>	2021-01-11	China, GSMA, ATDI (France)	Proposed revisions to the Final Report for Question 7/2 to WTDC-21
<a href="#">RGQ2/TD/23</a>	2020-10-08	Mobile & Wireless Forum	MWF comments to SG2RGQ/218(Rev.1)
<a href="#">RGQ2/TD/22</a>	2020-10-08	Mobile & Wireless Forum	MWF comments to SG2RGQ/209
<a href="#">RGQ2/TD/21</a>	2020-10-07	Co-Rapporteurs for Question 7/2	Working Document - Updated Draft Output rapport for Question 7/2
<a href="#">RGQ2/TD/20</a>	2020-10-07	Co-Rapporteurs for Q7/2	Proposed liaison statement from UIT-D Study Group 2 Question 7/2 to UIT-T Q3/5, UIT-R Working Parties 1A, 1C, 4A, 5A, 5B, 5C, 5D, 6A, 7A and 7B on updates on new EMF limits
<a href="#">RGQ2/TD/19</a>	2020-09-30	GSMA	GSMA comments to SG2RGQ/229
<a href="#">RGQ2/TD/18</a>	2020-09-30	GSMA	GSMA proposed revisions to SG2RGQ/209
<a href="#">RGQ2/TD/17</a>	2020-09-30	GSMA	GSMA comments to terminology for electromagnetic fields and health
<a href="#">RGQ2/TD/16</a>	2020-09-30	GSMA	GSMA comments to rapport for Question 7/2 to WTDC-2021: Revision of Chapters 1, 2, 3 and Annexes 1, 2, 3
<a href="#">RGQ2/246</a>	2020-09-04	ATDI (France)	Report for Q7/2 to WTDC-2021: Revision of Chapters 1, 2, 3 and Annexes 1, 2, 3
<a href="#">RGQ2/229</a>	2020-08-18	Senegal	Chapter 7: Case studies and national practices based on contributions
<a href="#">RGQ2/218 (Rev.1)</a>	2020-07-31	Haiti	Terminology for electromagnetic fields and health

(continuación)

Web	Received	Source	Title
<a href="#">RGQ2/209</a>	2020-06-11	China	Revisions to draft Chapter 4 of the Final Report for Question 7/2
<a href="#">2/324</a> <a href="#">+Ann.1</a>	2020-02-07	BDT Focal Point for Question 7/2	Development of EMF Guidelines for the Arab region - update
<a href="#">2/292</a>	2020-01-09	Guinea	Strategy and methodology for assessing the level of exposure of the general public to non-ionizing radiation in the Republic of Guinea
<a href="#">2/289</a>	2020-01-08	ATDI (France)	Rapport for Q7/2 to WTDC-2021: Revision of Chapters 1, 2, 3 and Annex 2
<a href="#">2/288</a>	2020-01-08	Mobile & Wireless Forum, GSMA	Proposed revisions and updates to Draft rapport of UIT-D Question 7/2
<a href="#">2/284</a>	2020-01-07	GSMA	Comments on champs électromagnétiques radiofréquences exposure topics discussed at Question 7/2 meeting, October 2019
<a href="#">2/276</a>	2020-01-03	China	Overview of new "IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields, 0 Hz to 300 GHz"
<a href="#">2/275</a>	2020-01-09	Senegal	Chapter 7: Case studies and national practices based on contributions
<a href="#">2/271</a>	2019-12-31	Burundi	Legal framework for telecommunication infrastructure sharing as a way to reduce human exposure to electromagnetic emissions in Burundi
<a href="#">2/267</a>	2019-12-27	Central African Republic	Strategies and policies concerning human exposure to electromagnetic fields
<a href="#">2/255</a>	2019-12-16	Haiti	CONATEL strategies for protecting consumers against exposure to electromagnetic fields
<a href="#">2/253</a>	2019-12-16	Democratic Republic of the Congo	Strategies and policies concerning human exposure to electromagnetic fields
<a href="#">RGQ2/TD/15</a>	2019-10-17	Co-Rapporteurs for Question 7/2	Proposed text for outgoing liaison statement from ITU-D Study Group 2 Question 7/2 to ITU-T SG5 and ITU-R working parties
<a href="#">RGQ2/TD/11</a>	2019-10-02	Côte d'Ivoire	Periodic assessment of the level of exposure of people to Non-Ionizing Radiation (NIR) and risk reduction in Côte d'Ivoire
<a href="#">RGQ2/191</a>	2019-09-24	Hungary	10 years' experience in EMF exposure assessment technics, applied methods and strategies for the next 3 years at NMHH

(continuación)

Web	Received	Source	Title
<a href="#">RGQ2/181</a>	2019-09-23	China	Update of electromagnetic radiation environmental monitoring standards for mobile communication base stations in China
<a href="#">RGQ2/180</a>	2019-09-23	China	Revisions to draft Chapter 4 of the Final rapport for Question 7/2
<a href="#">RGQ2/177 +Ann.1</a>	2019-09-20	BDT Focal Point for Question 7/2	Development of EMF guidelines for the Arab region
<a href="#">RGQ2/158</a>	2019-09-06	India	Multi-dimensional approach to mitigating EMF concerns in India
<a href="#">RGQ2/157</a>	2019-09-05	Co-Rapporteurs for Question 7/2	Draft consolidated report for Q7/2 to WTDC-21
<a href="#">RGQ2/142</a>	2019-08-14	ATDI (France)	Status of the Q7/2 rapport to WTDC-21
<a href="#">RGQ2/140</a>	2019-08-12	Central African Republic	Strategies and policies concerning human exposure to the ionizing effects of electromagnetic fields
<a href="#">RGQ2/137</a>	2019-08-02	Cameroon	Strategies and policies concerning human exposure to electromagnetic fields: the case of Cameroon
<a href="#">RGQ2/133</a>	2019-07-28	Senegal	Chapter 7: Case studies and national practices based on contributions
<a href="#">RGQ2/123</a>	2019-07-09	Haiti	Electromagnetic wave awareness-raising campaign
<a href="#">2/TD/21</a>	2019-03-28	Co-Rapporteur for Question 7/2	Proposed liaison statement from ITU-D Study Group Q7/2 to ITU-T and ITU-R Study Groups on strategies and policies concerning human exposure to EMF
<a href="#">2/205</a>	2019-03-11	Mali	Stratégies et politiques concernant l'exposition des personnes aux champs électromagnétiques: cas du Mali
<a href="#">2/163</a>	2019-02-06	Mobile & Wireless Forum	Contribution for Chapter 6 of the report: Modern Policies, Guidelines, Regulations and Assessments of Human Exposure to RF-EMF
<a href="#">2/160</a>	2019-03-11	China	Policies to limit exposure to radiofrequency fields
<a href="#">2/151</a>	2019-01-30	Central African Republic	Contribution by the Central African Republic to Question 7/2 on exposure to electromagnetic fields
<a href="#">2/150</a>	2019-01-29	Haiti	National EMF activities on exposure limits
<a href="#">2/147</a>	2019-01-28	ATDI (France)	Output rapport on Question 7/2, Chapter 3: Updated international champs électromagnétiques radiofréquences exposure limits

(continuación)

Web	Received	Source	Title
<a href="#">2/137</a>	2019-01-15	ATDI (France)	Output report of Question 7/2, revised "Chapter 2 - UIT activities"
<a href="#">RGQ2/ID/7</a>	2018-10-01	Russian Federation	ITU-D SG1 and SG2 coordination: Mapping of ITU-D Study Group 1 and 2 Questions
<a href="#">RGQ2/82</a>	2018-09-18	Ghana	Ghana's Type Approval Regime - a sustainable approach to connecting and protecting users of telecommunications/ ICTs and networks through conformance assessment
<a href="#">RGQ2/71</a>	2018-09-18	India	Tarang Sanchar: Department of Telecommunications (DoT) India new web portal to monitor radiation compliance by telecommunication service providers and generate awareness
<a href="#">RGQ2/68</a>	2018-09-17	China	Recent research activities and the update of EMF standards in China
<a href="#">RGQ2/50</a>	2018-09-03	Senegal	Campagne nationale de mesure de la densité des champs électromagnétiques et d'évaluation des rayonnements non-ionisants au Sénégal
<a href="#">RGQ2/45</a>	2018-08-27	ATDI (France)	Draft 7 <sup>th</sup> study period report on Question 7/2: chapters 1 and 2
<a href="#">RGQ2/42 (Rev.1)</a>	2018-08-24	Central African Republic	Stratégies et politiques concernant l'exposition des personnes aux champs électromagnétiques
<a href="#">RGQ2/41 +Ann.1</a>	2018-08-22	BDT Focal Point for Question 7/2	Outcome report: EMF and 5G rollout Expert Meeting, Rome, November 2017
<a href="#">RGQ2/40 +Ann.1</a>	2018-08-22	BDT Focal Point for Questions 1/1, 1/2, 2/1 and 7/2	Regional Seminar for Europe and CIS on "5G Implementation in Europe and CIS: Strategies and Policies Enabling New Growth Opportunities", Budapest, July 2018
<a href="#">RGQ2/20 +Ann.1</a>	2018-08-09	BDT Focal Point for Question 7/2	UIT activities on EMF
<a href="#">RGQ2/19 +Ann.1</a>	2018-08-08	Hungary	rapport on the UIT-D Study Groups related Experts' Knowledge Exchange
<a href="#">RGQ2/18 +Ann.1</a>	2018-08-06	ATDI (France)	UIT inter-Sectoral response to the public consultation of the Draft CIPRNI Guidelines on limiting exposure (100 kHz to 300 GHz)
<a href="#">2/85 +Ann.1</a>	2018-04-23	BDT Focal Point for Question 7/2	Electromagnetic field level and 5G roll-out expert meeting
<a href="#">2/47</a>	2018-03-15	India	Mandating adoption of harmonized, electromagnetic fields/radiofrequency (EMF/RF) exposure limit across the nations based on the international guidelines

(continuación)

Web	Received	Source	Title
<a href="#">2/42</a>	2018-03-01	Burundi	Strategy for telecommunication infrastructure sharing as a way to reduce human exposure to electromagnetic emissions in Burundi
<a href="#">2/38</a>	2018-04-20	China, ATDI (France)	Proposed Table of Content for the rapport of Question 7/2
<a href="#">2/37</a>	2018-04-20	China, ATDI (France)	Proposed work plan (2018-2021) for Question 7/2

### Incoming liaison statements for Question 7/2

Web	Received	Source	Title
<a href="#">2/364</a>	2020-12-09	UIT-R Working Party 1C	Liaison statement from UIT-R Working Party 1C to UIT Study Group Question 7/2 on revision of rapport UIT-R SM.2452-0 on EMF measurements to assess human exposure
<a href="#">2/360</a>	2020-11-19	UIT-T Study Group 5	Liaison statement from UIT-T Study Group 5 to UIT-D SG2 Q7/2 on work being carried out under study in UIT-T Q3/5
<a href="#">2/354</a>	2020-10-14	UIT-R Working Party 6A	Liaison statement from UIT-R Working Party 6A to UIT-T Study Group 5 (copy to UIT-D SG2 Q7/2) on EMF exposure from bonded cellular devices
<a href="#">RGQ2/287</a>	2020-07-14	UIT-T Study Group 5	Liaison statement from UIT-T Study Group 5 to UIT-D SG2 Q7/2 on work being carried out in UIT-T SG5 on human exposure to EMF from ICTs
<a href="#">RGQ2/203</a>	2020-02-18	UIT-T Study Group 5	Liaison statement from UIT-T SG5 to UIT-D SG1 and SG2 on information on WTSA-20 preparation
<a href="#">RGQ2/TD/14+Ann.1</a>	2019-10-11	UIT-T Study Group 5	Liaison statement from UIT-T SG5 to UIT-D SG2 Q7/2 on work being carried out under study in UIT-T SG5 Q3/5
<a href="#">RGQ2/117</a>	2019-06-18	UIT-R study groups - Working Party 1C	Liaison statement from UIT-R WP 1C to UIT-D SG2 Q7/2 on electromagnetic field measurements to assess human exposure
<a href="#">RGQ2/115+Ann.1</a>	2019-06-14	UIT-T Study Group 5	Liaison statement from UIT-T SG5 to UIT-D SG2 Q4/2 and Q7/2 on work being carried out under study in UIT-T Study Group 5 Question 3/5
<a href="#">2/119+Ann.1</a>	2018-10-16	UIT-T Study Group 5	Liaison statement from UIT-T SG5 to UIT-D SG2 Q7/2 on collaboration in RF-EMF, EMC and particle radiation effects

(continuación)

Web	Received	Source	Title
<a href="#">RGQ2/TD/6+Ann.1</a>	2018-09-28	UIT-T Study Group 5	Liaison statement from UIT-T SG5 to UIT-D SG2 Q7/2 on UIT inter-Sectoral response to "ICNIRP Public Consultation of the Draft IACNIRP Guidelines on Limiting EMF Exposure (100 kHz to 300 GHz)"
<a href="#">RGQ2/TD/4</a>	2018-09-28	UIT-T Study Group 5	Liaison statement from UIT-T SG5 to UIT-D SG2 Q7/2 on work being carried out under study in UIT-T Q3/5 (reply to LS UIT-R WP1C, 1C/169-E (Annex 10) and UIT-D SG2, 2/116-E)
<a href="#">RGQ2/7</a>	2018-06-29	UIT-R study groups - Working Party 1C	Liaison statement from UIT-R WP1C to UIT-D SG2 Q7/2 on the Preliminary Draft New rapport UIT-R SM.[EMF-MON]
<a href="#">RGQ2/6+Ann.1</a>	2018-06-04	UIT-T Study Group 5	Liaison Statement from UIT-R SG5 to UIT-D SG2 Q7/2 on the work which is under study in UIT-T Question 3/5
<a href="#">2/34</a>	2017-11-29	UIT-T Study Group 5	Liaison Statement from UIT-T SG5 to UIT-D SG2 Question 7/2 on information about work that is being carried out which is under study in UIT-T Q3/5
<a href="#">2/33</a>	2017-11-28	UIT-T Study Group 5	Liaison Statement from UIT-T SG5 to UIT-D study groups on setting environmental requirements for 5G/IMT-2020
<a href="#">2/27</a>	2017-11-24	UIT-T Study Group 5	Liaison Statement from UIT-T SG5 to UIT-D SG2 Question 7/2 on information about work being carried out under study in UIT-T Q3/5
<a href="#">2/26</a>	2017-11-24	UIT-T Study Group 5	Liaison Statement from UIT-T SG5 to UIT-D SG2 Question 6/2 and Question 7/2 on Operational Plan for Implementation of WSA-16 Resolutions 72 and 73 (Hammamet, 2016), and Resolution 79 (Dubai, 2012)
<a href="#">2/22</a>	2017-11-24	UIT-R study groups - Working Party 1C	Liaison Statement from UIT-R Working Party 7C to UIT-D Study Group 2 Q7/2 on a preliminary draft new rapport UIT-R SM.[EMF-MON]
<a href="#">2/8</a>	2017-11-22	UIT-T Study Group 5	Liaison Statement from UIT-T SG5 to UIT-D study groups on UIT-T Study Group 5 lead study group activities

**Unión Internacional de las Telecomunicaciones (UIT)**  
**Oficina de Desarrollo de las Telecomunicaciones (BDT)**  
**Oficina del Director**  
Place des Nations  
CH-1211 Ginebra 20  
Suiza  
Correo-e: [bdtdirector@itu.int](mailto:bdtdirector@itu.int)  
Tel.: +41 22 730 5035/5435  
Fax: +41 22 730 5484

**Director Adjunto y Jefe del Departamento de Administración y Coordinación de las Operaciones (DDR)**  
Place des Nations  
CH-1211 Ginebra 20  
Suiza  
Correo-e: [bdtdeputydir@itu.int](mailto:bdtdeputydir@itu.int)  
Tel.: +41 22 730 5131  
Fax: +41 22 730 5484

**Departamento de Redes y Sociedad Digitales (DNS)**  
Correo-e: [bdt-dns@itu.int](mailto:bdt-dns@itu.int)  
Tel.: +41 22 730 5421  
Fax: +41 22 730 5484

**Departamento del Centro de Conocimientos Digitales (DKH)**  
Correo-e: [bdt-dkh@itu.int](mailto:bdt-dkh@itu.int)  
Tel.: +41 22 730 5900  
Fax: +41 22 730 5484

**Departamento de Asociaciones para el Desarrollo Digital (PDD)**  
Correo-e: [bdt-pdd@itu.int](mailto:bdt-pdd@itu.int)  
Tel.: +41 22 730 5447  
Fax: +41 22 730 5484

## África

**Etiopía**  
**International Telecommunication Union (ITU)**  
**Oficina Regional**  
Gambia Road  
Leghar Ethio Telecom Bldg. 3<sup>rd</sup> floor  
P.O. Box 60 005  
Adis Abeba  
Etiopía  
Correo-e: [itu-ro-africa@itu.int](mailto:itu-ro-africa@itu.int)  
Tel.: +251 11 551 4977  
Tel.: +251 11 551 4855  
Tel.: +251 11 551 8328  
Fax: +251 11 551 7299

**Camerún**  
**Union internationale des télécommunications (UIT)**  
**Oficina de Zona**  
Immeuble CAMPOST, 3<sup>e</sup> étage  
Boulevard du 20 mai  
Boîte postale 11017  
Yaoundé  
Camerún  
Correo-e: [itu-yaounde@itu.int](mailto:itu-yaounde@itu.int)  
Tel.: +237 22 22 9292  
Tel.: +237 22 22 9291  
Fax: +237 22 22 9297

**Senegal**  
**Union internationale des télécommunications (UIT)**  
**Oficina de Zona**  
8, Route des Almadies  
Immeuble Rokhaya, 3<sup>e</sup> étage  
Boîte postale 29471  
Dakar – Yoff  
Senegal  
Correo-e: [itu-dakar@itu.int](mailto:itu-dakar@itu.int)  
Tel.: +221 33 859 7010  
Tel.: +221 33 859 7021  
Fax: +221 33 868 6386

**Zimbabwe**  
**International Telecommunication Union (ITU)**  
**Oficina de Zona**  
TelOne Centre for Learning  
Corner Samora Machel and Hampton Road  
P.O. Box BE 792  
Belvedere Harare  
Zimbabwe  
Correo-e: [itu-harare@itu.int](mailto:itu-harare@itu.int)  
Tel.: +263 4 77 5939  
Tel.: +263 4 77 5941  
Fax: +263 4 77 1257

## Américas

**Brasil**  
**União Internacional de Telecomunicações (UIT)**  
**Oficina Regional**  
SAUS Quadra 6  
Ed. Luis Eduardo Magalhães,  
Bloco "E", 10<sup>o</sup> andar, Ala Sul  
(Anatel)  
CEP 70070-940 Brasilia – DF  
Brasil  
Correo-e: [itubrasilia@itu.int](mailto:itubrasilia@itu.int)  
Tel.: +55 61 2312 2730-1  
Tel.: +55 61 2312 2733-5  
Fax: +55 61 2312 2738

**Barbados**  
**International Telecommunication Union (ITU)**  
**Oficina de Zona**  
United Nations House  
Marine Gardens  
Hastings, Christ Church  
P.O. Box 1047  
Bridgetown  
Barbados  
Correo-e: [itubridgetown@itu.int](mailto:itubridgetown@itu.int)  
Tel.: +1 246 431 0343  
Fax: +1 246 437 7403

**Chile**  
**Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT)**  
**Oficina de Representación de Área**  
Merced 753, Piso 4  
Santiago de Chile  
Chile  
Correo-e: [itusantiago@itu.int](mailto:itusantiago@itu.int)  
Tel.: +56 2 632 6134/6147  
Fax: +56 2 632 6154

**Honduras**  
**Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT)**  
**Oficina de Representación de Área**  
Colonia Altos de Miramontes  
Calle principal, Edificio No. 1583  
Frente a Santos y Cía  
Apartado Postal 976  
Tegucigalpa  
Honduras  
Correo-e: [itutegucigalpa@itu.int](mailto:itutegucigalpa@itu.int)  
Tel.: +504 2235 5470  
Fax: +504 2235 5471

## Estados Árabes

**Egipto**  
**International Telecommunication Union (ITU)**  
**Oficina Regional**  
Smart Village,  
Building B 147, 3<sup>rd</sup> floor  
Km 28 Cairo  
Alexandria Desert Road  
Giza Governorate  
El Cairo  
Egipto  
Correo-e: [itu-ro-arabstates@itu.int](mailto:itu-ro-arabstates@itu.int)  
Tel.: +202 3537 1777  
Fax: +202 3537 1888

**Asia-Pacífico**  
**Tailandia**  
**International Telecommunication Union (ITU)**  
**Oficina Regional**  
Thailand Post Training Center, 5<sup>th</sup> floor  
111 Chaengwattana Road  
Laksi  
Bangkok 10210  
Tailandia  
*Dirección postal:*  
P.O. Box 178, Laksi Post Office  
Laksi, Bangkok 10210, Tailandia  
Correo-e: [ituasiapacificregion@itu.int](mailto:ituasiapacificregion@itu.int)  
Tel.: +66 2 575 0055  
Fax: +66 2 575 3507

**Indonesia**  
**International Telecommunication Union (ITU)**  
**Oficina de Zona**  
Sapta Pesona Building, 13<sup>th</sup> floor  
Jl. Merdan Merdeka Barat No. 17  
Jakarta 10110  
Indonesia  
*Dirección postal:*  
c/o UNDP – P.O. Box 2338  
Jakarta 10110, Indonesia  
Correo-e: [ituasiapacificregion@itu.int](mailto:ituasiapacificregion@itu.int)  
Tel.: +62 21 381 3572  
Tel.: +62 21 380 2322/2324  
Fax: +62 21 389 55521

## Países de la CEI

**Federación de Rusia**  
**International Telecommunication Union (ITU)**  
**Oficina Regional**  
4, Building 1  
Sergiy Radonezhsky Str.  
Moscú 105120  
Federación de Rusia  
Correo-e: [itumoscov@itu.int](mailto:itumoscov@itu.int)  
Tel.: +7 495 926 6070

## Europa

**Suiza**  
**Unión Internacional de las Telecomunicaciones (UIT)**  
**Oficina Regional**  
Place des Nations  
CH-1211 Ginebra 20  
Suiza  
Correo-e: [euregion@itu.int](mailto:euregion@itu.int)  
Tel.: +41 22 730 5467  
Fax: +41 22 730 5484

Unión Internacional de Telecomunicaciones  
Oficina de Desarrollo de las Telecomunicaciones  
Place des Nations  
CH-1211 Ginebra 20  
Suiza

ISBN: 978-92-61-34223-4



Publicado en Suiza  
Ginebra, 2021