



Estudio sobre los métodos de prueba para la comprobación técnica/experimental de las emisiones radioeléctricas no ionizantes

Mtra. Isabel Reza Meneses

Centro de Estudios¹

Noviembre 2022

En el presente estudio se describe el fenómeno de exposición a la radiación electromagnética ionizante y no ionizante. Se hace énfasis en la clasificación de la Organización Mundial de la Salud respecto de la radiación no ionizante del espectro radioeléctrico empleado por los servicios de telecomunicaciones y radiodifusión, así como los principios de regulación precautoria que llevaron a la ICNIRP a establecer niveles máximos de referencia y que son la base de las disposiciones técnicas 07 y 012 emitidas por el IFT. Se incluye un análisis sobre los cambios de la ICNIRP respecto a los lineamientos para la protección a radiaciones no ionizantes y su impacto en el ecosistema de la evaluación de la conformidad en México y, finalmente, se realizan una serie de recomendaciones encaminadas a la actualización de los métodos de prueba de las disposiciones técnicas relacionadas con las radiaciones no ionizantes.

¹ Centro de Estudios del IFT. El contenido, las opiniones y las conclusiones o recomendaciones vertidas en este documento son responsabilidad exclusiva de su autora, y no necesariamente reflejan el punto de vista oficial del Instituto Federal de Telecomunicaciones ni de su Centro de Estudios.

Estudio sobre los métodos de prueba para la comprobación técnica/experimental de las emisiones radioelétricas no ionizantes

Isabel Reza^{2,3}

I. Resumen

El estudio de mérito presenta un análisis sobre la posibilidad de actualizar los métodos de prueba para la comprobación técnica/experimental de las emisiones radioelétricas no ionizantes. Lo anterior, considerando que la ICNIRP, en 2020, emitió nuevos lineamientos para la protección de la exposición a radiaciones electromagnéticas no ionizantes en el intervalo de frecuencias de 100 kHz a 300 GHz, después de considerar nuevos efectos relacionados con exposición a fuentes de gran intensidad por cortos tiempos, así como de mejorar los procedimientos para la obtención de los niveles de referencia. Al respecto, la ICNIRP señaló que las restricciones básicas no sufrieron actualizaciones. Sin embargo, los niveles de referencia, esto es, las magnitudes físicas que miden las restricciones básicas fueron modificadas para asegurar que los efectos de las radiaciones electromagnéticas no ionizantes no superen dichos valores. Así, se presenta un análisis sobre los cambios en relación con los lineamientos de la ICNIRP de 1998 y los de 2020, además de un breve análisis de regulación comparada con la intención de documentar cómo los reguladores internacionales abordan el tema y, finalmente, se desarrollan una serie de recomendaciones respecto de la necesidad de actualizar los métodos de prueba de las disposiciones técnicas existentes, además de la creación de una nueva disposición técnica enfocada a dispositivos que operen por arriba de los 6 GHz.

² Es Ingeniera en Telecomunicaciones y Maestra en Ingeniería Eléctrica por la Universidad Nacional Autónoma de México. Actualmente cursa la Maestría en Regulación y Competencia Económica en Telecomunicaciones en INFOTEC, es Investigadora en Tecnologías y Regulación del Centro de Estudios del IFT. Es experta en regulación de la red y agentes económicos preponderantes, además de evaluación de la conformidad y disposiciones técnicas. Ha tenido a su cargo proyectos como el de los lineamientos de neutralidad de la red y la separación funcional de Telmex. Anteriormente, fue Directora de Desarrollo Digital y Subdirectora de Criterios Normativos en la Unidad de Política Regulatoria del IFT.

³ La autora agradece la colaboración del asistente de investigación en tecnologías y regulación, Lic. Jorge Israel Rosas Velasco, al enlace de investigación en análisis cuantitativo, Lic. Llusvy Amairani Peralta Rojo y de los practicantes de servicio social Rodolfo Saúl Cruz Ramirez y Mariana Vazquez Vieyra, en la recopilación de datos e información y realización de búsquedas bibliográficas sobre los distintos modelos y mecanismos regulatorios respecto de los niveles de protección para las radiaciones electromagnéticas no ionizantes.

II. Acrónimos y Glosario⁴

Término	Definición
IARC	<i>International Agency for Research on Cancer</i> ; en español, Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer
BEREC	<i>Body of European Regulators for Electronic Communications</i> ; en español, Organismo de Reguladores Europeos de las Comunicaciones Electrónicas.
CEM	Campos Electromagnéticos
CENELEC	<i>Comité Européen de Normalisation Electrotechnique</i> ; en español, Comité Europeo de Normalización Electrotécnica.
DOF	Diario Oficial de la Federación
DT07	Disposición Técnica IFT-007-2019
DT012	Disposición Técnica IFT-012-2019
EMF	<i>Electromagnetic fields</i> ; en español, Campos electromagnéticos.

⁴ Los términos antes señalados pueden ser usados indistintamente en singular o plural, en mayúsculas o minúsculas.

Término	Definición
Frecuencia	Número de ciclos por segundo que efectúa una onda del espectro radioeléctrico, cuya unidad de medida es el Hertz (LFTR, 2014)
ICES	<i>International Committee on Electromagnetic Safety</i> ; en español, Comité Internacional de Seguridad Electromagnética.
ICNIRP	<i>International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection</i> ; en español, Comisión Internacional sobre la Protección a Radiaciones No Ionizantes.
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i> ; en español, Comisión Electrotécnica Internacional.
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronic Engineers</i> ; en español, Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrnicos.
IFT o Instituto	Instituto Federal de Telecomunicaciones
ISO	<i>International Organization for Standardization</i> ; en español, Organización Internacional para la Estandarización.
LFTR	Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión
OIT	Organización Internacional del Trabajo
OMS	Organización Mundial de la Salud
PHz	Petahercio, 1×10^{15} Hz

Término	Definición
PIRE	Potencia Isótropa Radiada Equivalente
RMS (rms)	Valor cuadrático medio (por sus siglas en inglés Root Mean Square). Es el valor que se obtiene al tomar la raíz cuadrada del valor medio (promedio) de una función elevada al cuadrado (DT07, 2020)
Telecomunicaciones	Toda emisión, transmisión o recepción de signos, se�nales, datos, escritos, imágenes, voz, sonidos o información de cualquier naturaleza que se efectúa a través de hilos, radioelectricidad, medios ópticos, físicos u otros sistemas electromagnéticos, sin incluir la radiodifusión. (LFTR, 2014)
TIC	Tecnologías de Información y Comunicaciones
UIT	Unión Internacional de Telecomunicaciones
WHO	<i>World Health Organization</i> ; en español, Organización Mundial de la Salud.

III. Introducción

III.1 Contexto de las radiaciones electromagnéticas no ionizantes

El debate acerca de los efectos sobre la salud relacionados con la exposición a campos electromagnéticos ha acompañado a la evolución no solo de las tecnologías para la provisión de servicios de telecomunicaciones o radiodifusión, sino también al uso de diversos dispositivos como el horno de microondas o la televisión. No obstante, dicho debate se ha hecho mucho más evidente con la inminente adopción de tecnologías móviles como 5G. Lo anterior, se ha magnificado por la desinformación en torno a los supuestos efectos del uso de la tecnología 5G que se ha mostrado en los medios de comunicación y redes sociales.

Sobre el particular existen diversos estudios, pero uno que resulta por su importancia es el de Lahham, (Adnan Lahham, 2019), pues en este se realizó una evaluación de la exposición personal a campos electromagnéticos de radiofrecuencia, así como las variaciones diarias temporales y espaciales en un grupo de 24 adultos de Cisjordania, Palestina. En dicho trabajo, Lahham y Ayyad señalan que la exposición diaria total de todas las fuentes de campo electromagnético de radiofrecuencia varió ampliamente entre los participantes dependiendo de su ubicación, la red móvil que utilizan, sus actividades y su modo de transporte, que van desde aproximadamente **0.2 V/m a 0.9 V/m**. En este contexto, Lahham y Ayyad concluyen que la exposición diaria total promedio de todos los participantes fue de aproximadamente **0.48 V/m**, la principal contribución a la exposición media fue de **WiFi 2G⁵ (45%)**, enlace ascendente GSM900⁶ (19%), enlace descendente GSM900⁷ y

⁵ Tecnología de comunicación inalámbrica que opera en la banda de 2.4 GHz

⁶ Tecnología GSM (Sistema Global de comunicaciones móviles) es un servicio ofrecido por las empresas operadoras de telefonía móvil en la banda de 90 MHz que permite determinar, con cierta precisión, donde se encuentra físicamente un terminal móvil determinado.
<https://tecnologiasmovilesenlaeducacionvirtual.wordpress.com/tecnologia-gsm/>

⁷ Tecnología GSM (Sistema Global de comunicaciones móviles) es un servicio ofrecido por las empresas operadoras de telefonía móvil en la banda de 90 MHz que permite determinar, con cierta precisión, donde se encuentra físicamente un terminal móvil determinado.
<https://tecnologiasmovilesenlaeducacionvirtual.wordpress.com/tecnologia-gsm/>

radiodifusión FM (cada uno en un 11%), mientras que otras fuentes, incluidas GSM1800⁸, UMTS2100⁹, WiFi 5G, DECT¹⁰, TETRA¹¹, WiMAX¹² y bandas de TV contribuyeron juntas con el 14%.

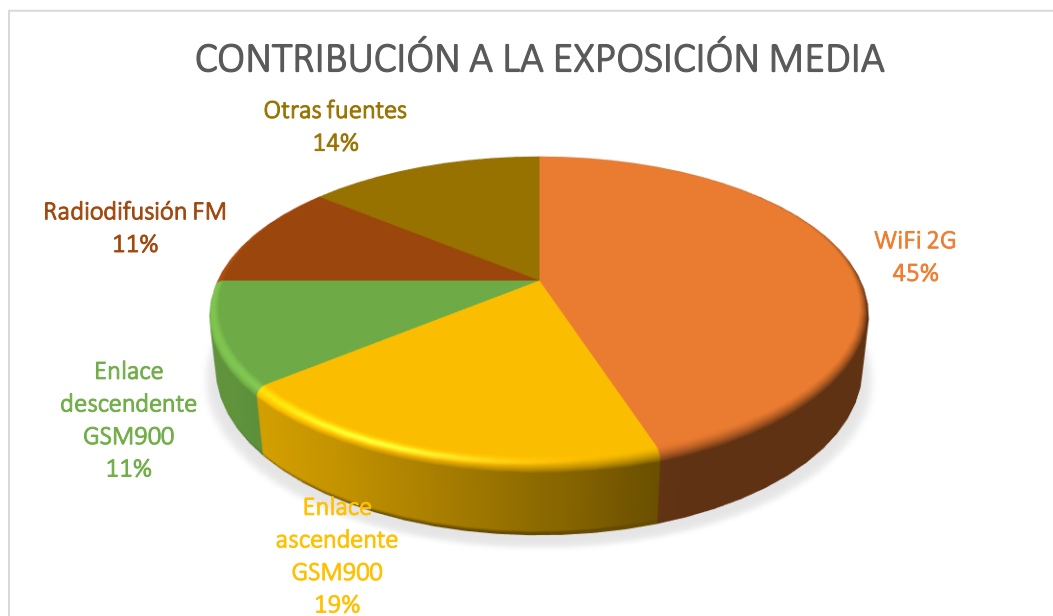
⁸ GSMA1800, tecnologías de comunicación inalámbrica que usa la banda de 1710 a 1785 MHz para enviar información desde la estación móvil al transceptor de la estación base y la de 1805 a 1880 MHz para la otra dirección, proporcionando 374 canales numerados desde el 512 hasta el 885. El espaciado dúplex es de 95 MHz. La GSM-1800 también se llama DCS (Digital Cellular Service, Servicio Digital de Celulares) en el Reino Unido, mientras que en Hong Kong se llama PCS.

⁹ Las bandas de frecuencia UMTS son las radiofrecuencias utilizadas por la tercera generación de redes del sistema UMTS. Estas fueron asignadas por los asistentes a la Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones (CAMR-92), celebrada en Málaga, Torremolinos, España entre el 3 de febrero y el 3 de marzo de 1992.

¹⁰ DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunications, Telecomunicaciones Inalámbricas Mejoradas Digitalmente) es un estándar ETSI para teléfonos inalámbricos digitales, comúnmente utilizado para propósitos domésticos o corporativos. El DECT también puede ser utilizado para transferencias inalámbricas de datos.

¹¹ TETRA, o Radio Enlazada Terrestre, es un estándar abierto de radio móvil terrestre (LMR) global para tecnología de radio digital enlazada. El estándar fue desarrollado por expertos en la industria de radio de dos vías y seguridad pública, conjuntamente con el Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicaciones (ETSI), a fin de garantizar que tanto los dispositivos TETRA portátiles/de mano, móviles/instalados en vehículos y de base fija como la infraestructura de la red proporcionan comunicaciones de voz y datos instantáneas, confiables y seguras en entornos empresariales y de misión crítica.

¹² WiMAX, siglas de Worldwide Interoperability for Microwave Access (interoperabilidad mundial para acceso por microondas), es una norma de transmisión de datos que utiliza las ondas de radio en las frecuencias de 2,5 a 5,8 GHz y puede tener una cobertura hasta de 70 km. Es una tecnología dentro de las conocidas como tecnologías de última milla, también conocidas como bucle local que permite la recepción de datos por microondas y retransmisión por ondas de radio. El estándar que define esta tecnología es el IEEE 802.16 MAN. Una de sus ventajas es dar servicios de banda ancha en zonas donde el despliegue de cable o fibra por la baja densidad de población presenta unos costos por usuario muy elevados (zonas rurales).

Ilustración 1 Contribución a la exposición media de campos electromagnéticos de radiofrecuencia^{13,14}

En este contexto, de acuerdo con (Adnan Lahham, 2019), durante diferentes actividades, los participantes fueron expuestos al nivel de exposición más alto mientras viajaban y a la exposición más baja mientras dormían. Durante el día, los participantes recibieron la exposición más alta en el período de tiempo de 16:00 a 24:00 h. Sobre la base del efecto térmico de los campos electromagnéticos de radiofrecuencia, Lahham y Ayyad señalan que todas las exposiciones personales evaluadas cumplen con las pautas recomendadas para el público en general por la ICNIRP.

Así las cosas, en el presente estudio se realiza un análisis sobre los cambios de las referencias internacionales en términos de los niveles de exposición máximos a radiaciones electromagnéticas no ionizantes emitidos por los dispositivos e infraestructura necesarios para la provisión de servicios de telecomunicaciones y radiodifusión. A partir de dichos cambios, se analiza la necesidad de actualizar la regulación nacional en lo relativo a los métodos de prueba para la comprobación técnica/experimental de las emisiones radioeléctricas no ionizantes y, en su caso, ampliar el alcance de las disposiciones técnicas en la materia, con la intención de generar una regulación oportuna basada en el principio precautorio y en línea con las mejores prácticas internacionales.

Como elemento adicional, se presenta un breve análisis sobre el posible impacto de los cambios antes mencionados en el ecosistema de evaluación de la conformidad de las disposiciones técnicas relacionadas con la comprobación de las emisiones radioeléctricas no ionizantes. No resulta óbice señalar que el alcance del presente **estudio se limita a la determinación de la pertinencia de actualizar**

¹³ Elaboración propia con información de (Adnan Lahham, 2019)

¹⁴ Otras fuentes: GSM1800, UMTS2100, WiFi 5G, DECT, TETRA, WiMAX y bandas de TV.

o no los métodos de prueba para la comprobación técnica experimental de las emisiones radioeléctricas no ionizantes y su efecto en el ecosistema de evaluación de la conformidad nacional, sin prejuzgar sobre la validez científica de los copiosos estudios respecto a los posibles efectos en la salud de las radiaciones electromagnéticas no ionizantes en los humanos.

III.2 Energía electromagnética

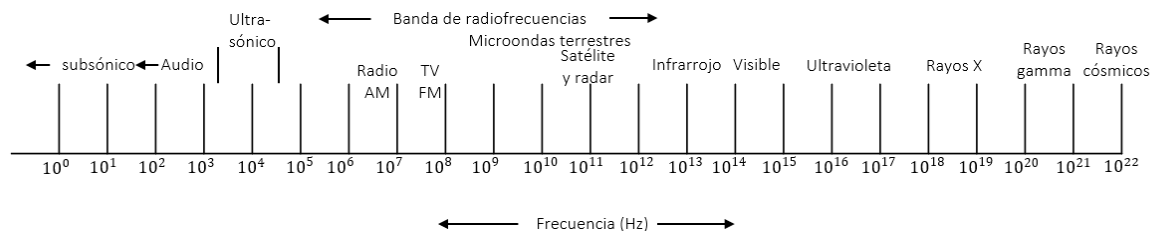
Cada día más personas tienen acceso inalámbrico a las TIC, actualmente el uso de Internet permite la educación en línea, comercio electrónico, banca electrónica, teletrabajo, interacción con el gobierno, entretenimiento, entre otras posibilidades. Lo anterior ha sido posible, entre otras cosas, a que los sistemas electrónicos de comunicaciones transfieren información entre dos o más lugares. Esto se logra convirtiendo la información original a energía electromagnética, para transmitirla a una o más estaciones receptoras, donde se convierte a su forma original. (Tomasi, 2003)

Al respecto, la energía electromagnética se puede propagar en forma de voltaje o corriente, a través de un conductor o hilo metálico, o bien en forma de ondas de radio emitidas hacia el espacio libre, o como ondas luminosas a través de una fibra óptica. La energía electromagnética se distribuye en un intervalo casi infinito de frecuencias. (Tomasi, 2003) Por su parte, la frecuencia no es más que la cantidad de veces que sucede un movimiento periódico, como puede ser una onda senoidal de voltaje o de corriente, durante determinado periodo.

En electrónica se acostumbra usar prefijos métricos para representar grandes frecuencias. Por ejemplo, se usa el kHz (kilo Hertz) para indicar miles de Hertz, y el MHz (mega Hertz) para indicar millones de Hertz. (Tomasi, 2003)

El espectro electromagnético de frecuencias total, se muestra en la ilustración 2, además se pueden observar los lugares aproximados de diversos servicios.

Ilustración 2 Espectro electromagnético¹⁵



¹⁵ Elaboración propia, con información de (Tomasi, 2003)

Como se observa en la ilustraci3n 2, el espectro electromagnético se subdivide en subsecciones o bandas, cada banda tiene un nombre y sus límites. Por su parte, el espectro útil de radiofrecuencias (RF) se divide en bandas de frecuencias más angostas, a las que se dan nombres y números descriptivos, y algunas de ellas se subdividen a su vez en diversos tipos de servicios. Las designaciones de banda según la UIT se muestran en la tabla 1. (Tomasi, 2003)

Tabla 1 Bandas de frecuencias del espectro radioel ctrico¹⁶

Número de banda	Símbolos (en inglés)	Gama de frecuencias (excluido el límite inferior, pero incluido el superior)	Subdivisi3n métrica correspondiente	Abreviaturas métricas para las bandas
3	ULF	300- 3000 Hz	Ondas hectokilom�tricas	B.hkm
4	VLF	3-30 kHz	Ondas miriam�tricas	B.Mam
5	LF	30-300 kHz	Ondas kilométricas	B.km
6	MF	300-3000 kHz	Ondas hectométricas	B.hm
7	HF	3-30 MHz	Ondas decamétricas	B.dam
8	VHF	30-300 MHz	Ondas métricas	B.m
9	UHF	300-3000 MHz	Ondas decimétricas	B.dm
10	SHF	3-30 GHz	Ondas centimétricas	B.cm
11	EHF	30-300 GHz	Ondas milimétricas	B.mm
12		300-3000 GHz	Ondas decimilim�tricas	B.dmm

¹⁶ Elaboraci3n propia, con informaci3n de (UIT, 2015)

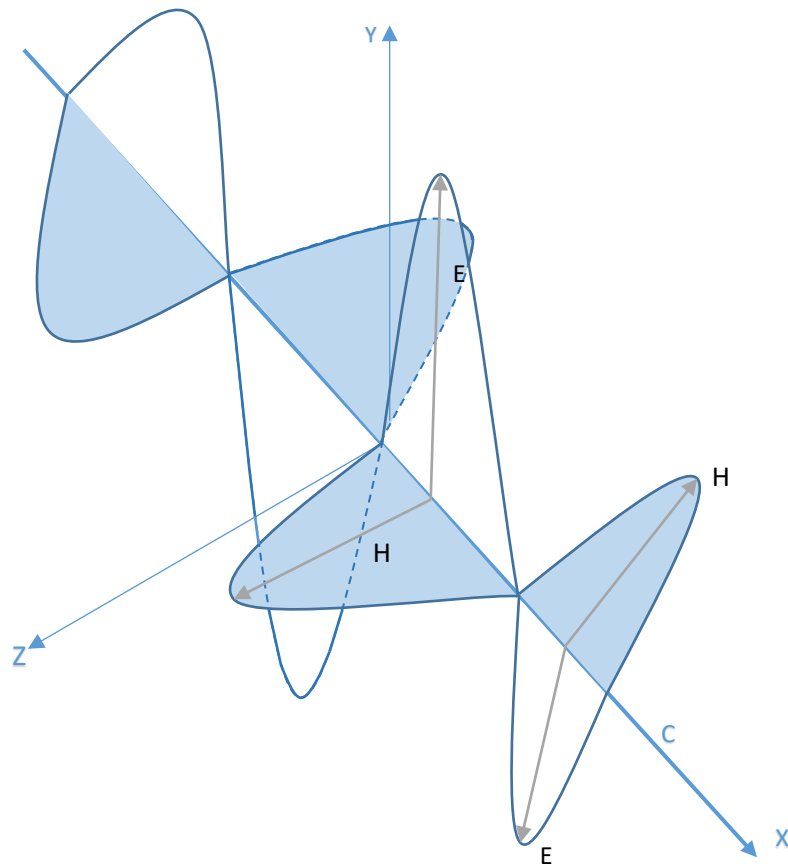
Número de banda	Símbolos (en inglés)	Gama de frecuencias (excluido el límite inferior, pero incluido el superior)	Subdivisión métrica correspondiente	Abreviaturas métricas para las bandas
13		3-30 THz	Ondas centimilim�tricas	B.cmm
14		30-300 THz	Ondas micrométricas	B.�m
15		300-3000 THz	Ondas decimicrom�tricas	B.d�m

III3 Exposición a campos eléctricos y magnéticos ionizantes y no ionizantes

El término radiación significa energía transmitida por ondas. Como se señaló en párrafos previos, las ondas electromagnéticas son ondas de fuerzas eléctricas y magnéticas cuyo movimiento ondulatorio se define como propagación de perturbaciones en un sistema físico. (Klave, s.f.) Así, todo cambio en el campo eléctrico va acompañado de un cambio en el campo magnético y viceversa, dichos fenómenos fueron descritos en 1865 por J.C Maxwell a través de 4 ecuaciones que ahora se conocen como Ecuaciones de Maxwell.

Las ondas electromagnéticas se caracterizan por un conjunto de parámetros, entre estos, frecuencia (f), longitud de onda (λ), intensidad de campo eléctrico, intensidad de campo magnético, polarización eléctrica (P) (dirección del campo E), velocidad de propagación (c) y el vector de Poynting (S). En la ilustración 3 se esboza una representación gráfica de la propagación de una onda electromagnética en el espacio.

Ilustración 3 Representación de una onda plana propagándose a la velocidad de la luz en dirección X .¹⁷



¹⁷ Elaboración propia con información de: Enciclopedia de salud y seguridad. La salud y los campos eléctricos y magnéticos. E: Componente de campo eléctrico; H: Componente de campo magnético.

Al respecto, es importante mencionar que los servicios de telecomunicaciones móviles son posibles debido a la propagación de ondas electromagnéticas, estas ondas se originan por la perturbación de campos eléctricos y magnéticos perpendiculares entre sí que pueden propagarse en el vacío. Por su parte, el conjunto de radiaciones electromagnéticas se puede ordenar en un espectro que se extiende desde ondas de frecuencias muy bajas y longitudes de onda altas, hasta frecuencias muy altas y longitudes de onda pequeña como se señaló en el numeral III.2.

Por su parte, la radiación natural proviene de muchas fuentes, como los más de 60 materiales radiactivos naturales presentes en el suelo, el agua y el aire. El radón es un gas natural que emana de las rocas y la tierra y es la principal fuente de radiación natural. Diariamente inhalamos e ingerimos radionúclidos presentes en el aire, los alimentos y el agua. Asimismo, estamos expuestos a la radiación natural de los rayos cósmicos, especialmente a gran altura. En promedio, el 80% de la dosis anual de radiación de fondo que recibe una persona procede de fuentes de radiación naturales, terrestres y cósmicas. (OMS, 2016) Los niveles de la radiación de fondo varían geográficamente debido a diferencias geológicas. En determinadas zonas la exposición puede ser más de 200 veces mayor que la media mundial. (OMS, 2016) En términos generales, la radiación existe alrededor de nosotros y es de dos formas: **ionizante y no ionizante** (CDC, 2021)

Radiación Ionizante (IR, por sus siglas en inglés)

La **Radiación Ionizante** es una forma de energía que actúa removiendo electrones de los átomos y moléculas de materiales que incluyen el aire, agua y tejido viviente. La Radiación Ionizante puede viajar sin ser vista y pasar a través de esos materiales. (CDC, 2021)

Específicamente y de acuerdo con la OMS, la **radiación ionizante** es un tipo de energía liberada por los átomos en forma de ondas electromagnéticas (rayos gamma o rayos X) o partículas (partículas alfa y beta o neutrones). La desintegración espontánea de los átomos se denomina radiactividad, y la energía excedente emitida es una forma de radiación ionizante. Los elementos inestables que se desintegran y emiten radiación ionizante se denominan radionúclidos. Cada radionúclido se caracteriza por el tipo de radiación que emite, la energía de la radiación y su semivida. (OMS, 2016)

Exposición a la radiación ionizante

La exposición a la radiación puede ser **interna o externa** y puede tener lugar por diferentes vías. La **exposición interna** a la radiación ionizante se produce cuando **un radionúclido es inhalado, ingerido** o entra de algún otro modo en el torrente sanguíneo (por ejemplo, inyecciones o heridas). La exposición interna cesa cuando el radionúclido se elimina del cuerpo, ya sea espontáneamente (por ejemplo, en los excrementos) o gracias a un tratamiento. (OMS, 2016)

La **exposición externa** se puede producir cuando el **material radiactivo presente en el aire (polvo, líquidos o aerosoles) se deposita sobre la piel o la ropa**. Generalmente, este tipo de material radiactivo puede eliminarse del organismo por simple lavado. La exposición a la radiación ionizante también puede resultar de la irradiación de origen externo (por ejemplo, la exposición médica a los rayos X). La irradiación externa se detiene cuando la fuente de radiación está blindada o la persona sale del campo de irradiación. (OMS, 2016)

Las personas pueden estar expuestas **a la radiación ionizante en circunstancias** diferentes, en casa o en lugares públicos (exposiciones públicas), en el trabajo (exposiciones profesionales) o en un entorno médico (como los pacientes, cuidadores y voluntarios). Así, de acuerdo con la OMS, las situaciones de exposición a la **radiación ionizante** pueden clasificarse en tres categorías.

La primera, **la exposición planificada**, es el resultado de la introducción y funcionamiento deliberados de fuentes de radiación con fines concretos, como en el caso de la utilización médica de la radiación con fines diagnósticos o terapéuticos, o de su uso en la industria o la investigación. La segunda, **la exposición existente**, se produce cuando ya hay una exposición a la radiación y hay que tomar una decisión sobre su control, como en el caso de la exposición al radón en el hogar o en el lugar de trabajo, o de la exposición a la radiación natural de fondo existente en el medio ambiente. La tercera categoría, **la exposición en situaciones de emergencia**, tiene lugar cuando un acontecimiento inesperado requiere una respuesta rápida, como en el caso de los accidentes nucleares o los actos criminales. (OMS, 2016)

El uso médico de la **radiación ionizante** representa el 98% de la dosis poblacional con origen en fuentes artificiales y el 20% de la exposición total de la población. Cada año se realizan en el mundo más de 3600 millones de pruebas diagnósticas radiológicas, 37 millones de pruebas de medicina nuclear y 7,5 millones de tratamientos con radioterapia. (OMS, 2016)

Efectos de las radiaciones ionizantes en la salud

El daño que causa la **radiación ionizante en los órganos y tejidos** depende de la dosis recibida, o dosis absorbida depende del tipo de radiación ionizante y de la sensibilidad de los diferentes órganos y tejidos. Para medir la radiación ionizante en términos de su potencial para causar daños se utiliza la dosis efectiva. La unidad para medirla es el sievert (Sv), que toma en consideración el tipo de radiación y la sensibilidad de los órganos y tejidos. (OMS, 2022) En el Anexo B se presenta a mayor detalle el efecto de la radiación ionizantes en los humanos, de acuerdo con la OMS.

Definición de Radiaciones no Ionizante (NIR, por sus siglas en inglés)

Por su parte, la **radiación no ionizante** se refiere a los campos de radiación electromagnética con una energía de fot n¹⁸ menor a 10eV¹⁹, correspondiente a las frecuencias menores a 3PHz (3×10^{15} Hz) y longitudes de onda mayores a 100 nm. (ICNIRP, 2020) Esto es, la radiación no ionizante engloba toda la radiación y los campos del espectro electromagnético **que no tienen suficiente energía para ionizar la materia**. (Knave, s.f.). Así, se considera que la radiación no ionizante a diferencia de la ionizante es incapaz de **impartir suficiente energía a una molécula o un átomo para alterar su estructura quitándole uno o más electrones**. No obstante, al igual que cualquier forma de energía, la NIR tiene el potencial necesario para interactuar con los sistemas biológicos, y las consecuencias pueden ser irrelevantes, perjudiciales en diferentes grados o beneficiosas. (Knave, s.f.)

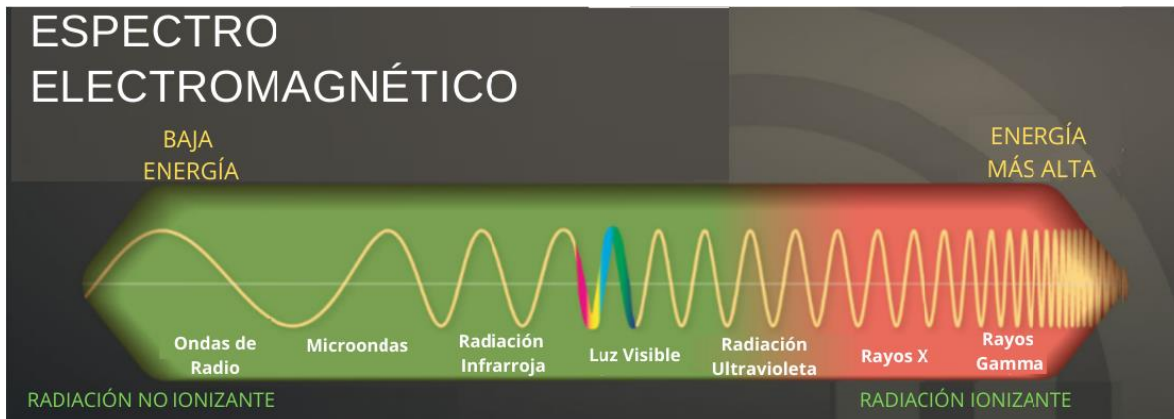
La NIR est  agrupada en diferentes bandas de frecuencia o longitud de onda, a saber (ICNIRP, 2020):

- Radiación ultravioleta (UV) longitudes de onda 100-400 nm
- Luz visible longitudes de onda 400-780 nm
- Radiación infrarroja, longitudes de onda 780 nm 1 mm
- Campos de radiofrecuencia electromagnética frecuencias de 100kHz – 300 GHz
- Bajas frecuencias, frecuencias 1 Hz- 100 KHz
- Campos electromagnéticos est ticos 0Hz

La línea de división entre las radiaciones ionizantes y no ionizantes ocurre en la parte del espectro ultravioleta. La radiación en la banda ultravioleta y energías menores (localizadas a la izquierda de la radiación ultravioleta; ver ilustración 4) es identificada como no ionizante, mientras que las bandas por arriba (a la derecha; ver ilustración 4) son las llamadas radiaciones ionizantes. (CDC, 2021)

¹⁸ Al respecto, a principios del siglo XX se demostró que la radiación electromagnética transporta energía que puede absorberse o emitirse. Para explicar los procesos de emisión y absorción, Plank y Einstein propusieron que la energía de la radiación está compuesta de unidades (cuantos) indivisibles. En cada proceso elemental solo puede emitirse o absorberse un cuanto de luz. A cada uno de estos cuantos se les denominó "fotón". El fotón es una partícula que se denota con la letra griega γ . La energía de un fotón es proporcional a la frecuencia de la radiación. $E_\gamma = h\nu$. Información disponible en: https://www.uv.es/jmarques/_private/FisicaCuantica.pdf

¹⁹ Ev: Electrovolt

Ilustración 4 División entre radiación ionizante y no ionizante²⁰

Ahora bien, en el entendido de que el espectro radioeléctrico está considerado como una forma de radiación **no ionizante** y es el empleado por los sistemas de telecomunicaciones y/o radiodifusión, el alcance del presente estudio se centrará únicamente en las **emisiones radioeléctricas no ionizantes, sus límites de exposición y los métodos de prueba para comprobar dichos límites.**

III.4 Organización mundial de la salud y la clasificación de las emisiones radioeléctricas no ionizantes

Los humanos siempre hemos estado expuestos a campos electromagnéticos (CEM), ya que estos están presentes en la naturaleza. Sin embargo, el desarrollo tecnológico, particularmente en los servicios de telecomunicaciones y radiodifusión, ha aumentado la exposición humana a los CEM, específicamente a la radiación no ionizante (NIR) generada por las antenas de telecomunicaciones y radiodifusión, causando preocupación pública sobre sus posibles efectos en la salud humana. (Icabalzeta & Gabriel E. Delgadillo Fernández, 2017)

Al respecto, la OMS ha investigado sobre los riesgos de la exposición a los CEM de radiofrecuencia en la salud humana, particularmente como factor de riesgo cancerígeno. En este contexto, de acuerdo con la OMS la palabra cáncer es utilizada para designar un amplio grupo de enfermedades que pueden afectar a cualquier parte del organismo y se define como la multiplicación rápida de células anormales que se extienden más allá de sus límites habituales y pueden invadir partes adyacentes del cuerpo o propagarse a otros órganos, en un proceso que se denomina metástasis. El cáncer es la principal causa de muerte en todo el mundo, en 2020 se atribuyeron a esta enfermedad casi 10 millones de defunciones (OMS, 2022).

Teniendo como objetivo conocer qué podría incidir o predisponer en el padecimiento de esta enfermedad, la OMS a través de la IARC estudia agentes que puedan ser considerados un factor de

²⁰ Imagen de internet.

riesgo. Los agentes que pueden causar cáncer se denominan **carcinógenos**, a continuación, se describen algunas características de los denominados carcinógenos (Sociedad Americana Contra el Cáncer, 2022):

— Características de los carcinógenos:

- Los carcinógenos no causan cáncer en todos los casos;
- Algunos solo aumentan el riesgo de que una persona padezca uno o más tipos de cáncer;
- Los carcinógenos más fuertes no aumentan el riesgo de todos los tipos de cáncer;
- Las sustancias etiquetadas como cancerígenas pueden tener diferentes niveles de potencial cancerígeno;
- Algunos carcinógenos pueden aumentar el riesgo de cáncer después de una exposición corta, pero otros pueden causar cáncer solo después de niveles altos y prolongados de exposición, y
- Para cualquier persona en particular, el riesgo de desarrollar cáncer depende de muchos factores, incluida la forma en que se exponen a un carcinógeno, la duración y la intensidad de la exposición y la composición genética de la persona.

Al respecto, la IARC trabaja arduamente para determinar los posibles carcinógenos y los clasifica en 4 grupos (IARC, 2013) como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2 Grupos de Carcinógenos según la IARC²¹

Grupo	Descripción
Grupo 1: El agente es cancerígeno para los humanos	Esta categoría se utiliza cuando se considera que existe suficiente evidencia de carcinogenicidad en humanos
Grupo 2A: El agente es probablemente cancerígeno para los humanos	Esta categoría se utiliza cuando hay evidencia limitada de carcinogenicidad en humanos y evidencia suficiente de carcinogenicidad en animales
Grupo 2B: El agente es posiblemente cancerígeno para los humanos	Esta categoría se utiliza para agentes para los cuales existe evidencia limitada de carcinogenicidad en humanos y evidencia

²¹ Fuente: Elaboración propia en base al informe *Non-ionizing Radiation, Part 2: Radiofrequency Electromagnetic Fields Volume 102* de la IARC.

Grupo	Descripci3n
	menos que suficiente de carcinogenicidad en animales de experimentaci3n
Grupo 3: El agente no es clasificable en cuanto a su carcinogenicidad para los humanos	Esta categoría se usa más comúnmente en agentes para los cuales la evidencia de carcinogenicidad es inadecuada en humanos e inadecuada o limitada en animales de experimentaci3n
Grupo 4: El agente probablemente no es cancerígeno para los humanos	Esta categoría se usa para agentes para los cuales hay evidencia que sugiere falta de carcinogenicidad

Con el prop3sito de determinar posibles carcin3genos, la IARC publica informes sobre posibles carcin3genos que son el producto de una ardua investigaci3n y discusi3n, el objetivo final es determinar el grupo al que pertenece cierta sustancia o determinada exposici3n. Actualmente la IARC ha generado 130 informes sobre diversos agentes (IARC, 2022).

Dentro del estudio del espectro electromagnético y radioeléctrico se han realizado cuatro informes:

- IARC (2000) Radiaci3n ionizante, Parte 1: Radiaci3n X y gamma (γ) y neutrones²²;
- IARC (2001) Radiaci3n ionizante, Parte 2: Algunos radionucle idos depositados internamente²³;
- IARC (2002) Radiaci3n no ionizante, Parte 1: Campos eléctricos y magnéticos est ticos y de frecuencia extremadamente baja (ELF)²⁴; y

²² Informaci3n disponible en <https://publications.iarc.fr/Book-And-Report-Series/Iarc-Monographs-On-The-Identification-Of-Carcinogenic-Hazards-To-Humans/Ionizing-Radiation-Part-1-X--And-Gamma-%CE%B3--Radiation-And-Neutrons-2000>

²³ Informaci3n disponible en <https://publications.iarc.fr/Book-And-Report-Series/Iarc-Monographs-On-The-Identification-Of-Carcinogenic-Hazards-To-Humans/Ionizing-Radiation-Part-2-Some-Internally-Deposited-Radionuclides-2001>

²⁴ Informaci3n disponible en <https://publications.iarc.fr/Book-And-Report-Series/Iarc-Monographs-On-The-Identification-Of-Carcinogenic-Hazards-To-Humans/Non-ionizing-Radiation-Part-1-Static-And-Extremely-Low-frequency-ELF-Electric-And-Magnetic-Fields-2002>

- IARC (2013) Radiación no ionizante, Parte 2: Campos electromagnéticos de radiofrecuencia²⁵.

La decisión de si un agente es considerado carcinógeno o no se establece en los informes que elabora la IARC, las cuales consideran el siguiente proceso (IARC, 2013):

- El primer paso es establecer grupos de trabajo y de expertos;
- La IARC recopila datos biológicos y epidemiológicos relevantes de fuentes de información reconocidas sobre carcinogénesis del agente en investigación;
- Se prepara información sobre las propiedades químicas, físicas, producción y uso del agente;
- Seis meses antes de la reunión donde se expondrá y discutirá la clasificación del agente, el material de investigación se envía a los expertos, además lo utiliza el personal de la IARC para preparar las secciones de los primeros borradores de los estudios monográficos;
- El grupo de trabajo se reúne en Lyon Francia durante siete u ocho días para discutir y finalizar los textos de estudios monográficos y formular las evaluaciones. El objetivo es publicar los estudios monográficos dentro de los nueve meses posteriores a la reunión del Grupo de Trabajo, y
- El estudio monográfico como producto final contiene la información más relevante y expone la clasificación final del agente.

Un estudio monográfico debe contener información sobre los datos de exposición, evaluación de la carcinogenicidad para los humanos, evidencia de carcinogenicidad en animales de experimentación, y otros datos relevantes sobre los sistemas experimentales (IARC, 2013).

Respecto al tema de investigación que compete este estudio, la IARC realizó las sesiones del grupo de trabajo en 2011 y posteriormente publicó en 2013 el estudio monográfico titulado **Radiación no ionizante, Parte 2: Campos electromagnéticos de radiofrecuencia**, el cual tuvo como objetivo analizar la carcinogenicidad de la **radiación en el intervalo de radiofrecuencia 30 kHz a 300 GHz del espectro electromagnético** (IARC, 2013). Al respecto, la IARC (2013) analiza en este estudio monográfico la radiación que emiten los dispositivos utilizados en las telecomunicaciones inalámbricas, incluidos los teléfonos móviles, y muchas otras fuentes en entornos laborales y ambientales generales.

Sobre el particular, la IARC estableció que existía **evidencia limitada en humanos** para la carcinogenicidad de la radiación de radiofrecuencia y que se habían observado asociaciones positivas entre exposición a la radiación de radiofrecuencia de los dispositivos inalámbricos teléfonos y glioma, y neuroma acústico (IARC, 2013).

²⁵ Información disponible en <https://publications.iarc.fr/Book-And-Report-Series/Iarc-Monographs-On-The-Identification-Of-Carcinogenic-Hazards-To-Humans/Non-ionizing-Radiation-Part-2-Radiofrequency-Electromagnetic-Fields-2013>

En consecuencia, la IARC agrupó a **los campos electromagnéticos de radiofrecuencia en el Grupo 2B: El agente es posiblemente cancerígeno para los humanos**, lo cual significa que existe evidencia limitada en humanos para la carcinogenicidad de la radiación de radiofrecuencia y hay evidencia menos que suficiente en estudios experimentales en animales por la carcinogenicidad de la radiación no ionizante de radiofrecuencia. La ilustración 5, muestra la clasificación de los agentes más conocidos y relevantes para este estudio.

Ilustración 5 Lista de carcinógenos más conocidos²⁶

GRUPO 1	GRUPO 2A	GRUPO 2B	GRUPO 3
<ul style="list-style-type: none"> • Bebidas alcohólicas • Asbesto • Emisiones de carbón al interior del domicilio • Consumo de opio • Contaminación del aire • Consumo de carne procesada • Radiación solar • Fumador, activo y pasivo • Radiación ultravioleta (UV), incluidos los rayos UVA, UVB y UVC 	<ul style="list-style-type: none"> • Esteroides androgénicos (anabólicos) • Fabricación de vidrio • Exposición como peluquero o barbero • Infección con virus del papiloma humano (VPH) • Exposición a insecticidas • Exposición a la refinación del petróleo • Consumo de bebidas (muy calientes por encima de los 65°C) 	<ul style="list-style-type: none"> • Exposición al escape del motor. • Aceites, combustibles, residuales (pesados) • Exposición a la gasolina • Extracto de aloe vera • Campos electromagnéticos de radiofrecuencia 	<ul style="list-style-type: none"> • Anestésicos • Implantes de cerámica • Agua potable clorada • Materiales dentales • Campos eléctricos, de frecuencia extremadamente baja • Campos eléctricos, estáticos • Iluminación fluorescente • Productos para teñir el cabello • Poliméricos orgánicos • Implantes ortopédicos • Implantes mamarios de silicona • Té • Café

III.5 Contexto Internacional Regulación en materia de Radiaciones Electromagnéticas No Ionizantes

La regulación internacional en materia de radiaciones electromagnéticas no ionizantes surge de la necesidad de desarrollar una legislación modelo que permita a las agencias gubernamentales la introducción de medidas apropiadas para limitar la exposición de las personas a CEM, con el objetivo de proteger al público y trabajadores de los efectos adversos potenciales de los CEM. No obstante, y de acuerdo a la clasificación de los CEM de radiofrecuencia se encuentran localizados en el grupo 2B como posiblemente carcinógeno de la OMS, en el mismo nivel que la exposición a la gasolina o la exposición al escape de motor. En consecuencia, los modelos de regulación internacional obedecen, principalmente, al **principio de precaución**.

²⁶ Fuente: Elaboración propia con base a la página de estudios monográficos de la IARC.

De modo que el principio de precaución exige que en un caso de amenaza para el medio ambiente o la salud y en una situación de incertidumbre científica, como el que nos ocupa, se tomen las medidas apropiadas para prevenir un posible daño. Así las cosas, dicho principio ha ido afianzándose como un elemento dentro del ámbito regulatorio de numerosos países y, sobre todo, a nivel europeo. En consecuencia, este principio representa una herramienta valiosa en la configuración de un nuevo paradigma para las políticas públicas requeridas para los desafíos presentes y futuros. (Escalante, 2005) Al respecto, si bien no existe un acuerdo unánime sobre todos y cada uno de los elementos a incluir en el principio de precaución, sí se da el suficiente como para asumir como mínimo que:

1. Existe una amenaza de daño (o un peligro o riesgo);
2. Esta amenaza se produce en una situación de incertidumbre científica, y
3. Ello trae consigo una acción para prevenir el daño, o en términos positivos, para proteger el bien en cuestión (la salud, el medio ambiente, entre otros).

En respuesta a tal necesidad, el Proyecto Internacional CEM fue establecido en la Organización Mundial de la Salud (OMS) en 1996 y reúne a más de sesenta países con el objetivo de identificar los criterios para el establecimiento de los estándares del CEM y la elaboración del Marco para el Desarrollo de Estándares para CEM basados en la Salud.

Dicho Proyecto ha desarrollado una regulación modelo que proporciona un conjunto de límites de exposición para el público y otro conjunto menos restrictivo para los trabajadores entrenados que son totalmente conscientes de sus exposiciones a los CEM en su lugar de trabajo, los demás trabajadores son tratados como equivalentes al público.

Asimismo, la regulación modelo utiliza estándares internacionales que limitan la exposición de las personas a los CEM (estándares de exposición ICNIRP) y estándares internacionales que limitan las emisiones de CEM provenientes de los dispositivos (estándares de la IEC e IEEE para la emisión de dispositivos).²⁷ (Organización Mundial de la Salud, 2007)

Las regulaciones para exposición a los CEM, pueden ser categorizadas como instrumentos voluntarios u obligatorios²⁸. Los instrumentos voluntarios incluyen directrices, instrucciones y recomendaciones que no son legalmente obligatorios. Las recomendaciones internacionales, tales como aquellas

²⁷ Los estándares de CEM pueden especificar límites de emisión de un dispositivo, o límites de exposición humana de todos los dispositivos que emiten CEM dentro del hogar o ambiente de trabajo. Para los estándares de exposición a los CEM, normalmente, una agencia tiene el mandato de verificar el cumplimiento a través de cálculos y mediciones realizadas en el lugar de trabajo y en otras áreas. Para los estándares de emisión, el cumplimiento de los dispositivos usualmente es certificado por el fabricante.

²⁸ Los instrumentos obligatorios o legalmente vinculantes incluyen leyes, actas, regulaciones, ordenanzas y decretos, y requieren un marco legislativo.

desarrolladas por ICNIRP, IEEE y otros, proporcionan orientación a las agencias nacionales, y solamente se hacen legalmente vinculantes si el país las incorpora dentro de su propia legislación.

Para el caso que la autoridad competente de un país desee desarrollar sus propios límites de exposición, podrá, idealmente, usar o tomar en cuenta el Marco de Desarrollo de los Estándares de CEM de la OMS. Los límites de exposición tienen dos componentes: **Restricciones Básicas y Niveles de Referencia**. Las Restricciones Básicas son parámetros internos al cuerpo que no pueden ser medidos fácilmente, por lo que, para superar este problema, se han introducido los Niveles de Referencia, los cuales son mediciones de los CEM externos al cuerpo y que son fácilmente realizables.

En el intervalo de frecuencias bajas (1Hz a 10 MHz) la restricción básica es la densidad de corriente (J en $A\ m^{-2}$) que tiene por objeto prevenir los efectos en tejidos excitables tales como células nerviosas y musculares; en el intervalo de frecuencias altas (100 KHz a 10 GHz), la restricción básica es la tasa de absorción específica (SAR en $W\ Kg^{-1}$) que tiene por objeto la prevención de estrés corporal por calor y calentamiento local; en el intervalo de frecuencias intermedias (100 KHz a 10 MHz), la restricción básica es la densidad de corriente y el SAR; en el intervalo de frecuencias muy altas (10 GHz a 300 GHz) la restricción básica es la densidad de potencia incidente (S en $W\ m^{-2}$) cuyo objetivo es prevenir el calentamiento excesivo de los tejidos cerca o en la superficie del cuerpo. (Organización Mundial de la Salud, 2007)

Cabe señalar que el hecho de que en un área un campo externo exceda el Nivel de Referencia no necesariamente implica que una Restricción Básica ha sido excedida, en tal caso, dichas áreas requieren una evaluación para determinar si las Restricciones Básicas han sido excedidas; en caso de que hayan sido excedidas, las áreas no est n en conformidad y estarán sujetas a las medidas apropiadas determinadas por la autoridad competente.

IV. COMISIÓN INTERNACIONAL SOBRE LA PROTECCIÓN CONTRA LA RADIACIÓN NO IONIZANTE

La Comisión Internacional sobre Protección contra la Radiación No Ionizante (*International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection*, ICNIRP por sus siglas en inglés) es una asociación registrada en Munich, Alemania, sin fines de lucro con una misión científica de acuerdo con sus estatutos. (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, 13-14 October 2008)

La Comisión mantiene relaciones con organizaciones internacionales, en su carácter de colaborador oficial con la Organización Mundial de la Salud y la Organización Internacional del Trabajo (OIT); así como, órgano de consulta con la Comisión Europea.

El antecedente histórico más próximo de la ICNIRP se encuentra en 1977, año en que se creó el Comité Internacional de Radiaciones No Ionizantes (INIRC), durante el 4º Congreso Internacional de la Asociación Internacional de Protección contra la Radiación (*International Radiation Protection Association*, IRPA por sus siglas en inglés).²⁹ Sin embargo, fue hasta el 20 de mayo de 1992 que la ICNIRP fue constituida como una Comisión independiente durante el 7º Congreso Internacional de la IRPA en Montreal, Canadá, en donde la Asamblea General de la IRPA aprobó los estatutos de ICNIRP.

IV1 Lineamientos de la ICNIRP

La ICNIRP es un comité de científicos expertos independiente, establecido para evaluar el estado del conocimiento sobre los efectos de la radiación no ionizante (NIR) en la salud de los humanos, incluido el bienestar y el medio ambiente (ICNIRP, 2020). La ICNIRP proporciona una base científica, asesoramiento y orientación sobre la protección contra los efectos adversos de las radiaciones no ionizantes, incluida la elaboración de directrices sobre la limitación de la exposición. (ICNIRP, 2020)

La ICNIRP es una organización sin fines de lucro sobre protección contra la radiación no ionizante formalmente reconocida por OMS, la OIT y la Unión Europea (UE). (ICNIRP, 2020)

²⁹ IRPA es el organismo internacional que representa a los profesionales de la protección radiológica en todo el mundo.

IV2 Principios para la protección contra la radiación no ionizante.

El trabajo de la ICNIRP se asocia con la protección contra la radiación ionizante y no ionizante y está orientado a la prevención de daños a las personas y al medio ambiente. En relación con los seres humanos, su objetivo es proporcionar protección a todos los individuos, mientras que para el medio ambiente es proteger las especies, los ecosistemas y la biota contra los efectos adversos. El proceso de protección radiológica incluye la toma de decisiones informadas, incluso si no se dispone de un conocimiento completo sobre los riesgos asociados con la exposición. (ICNIRP, 2020)

IV3 Principios fundamentales

Los principios fundamentales de la protección a las radiaciones no ionizantes son los siguientes:

- i. **Justificación.** Cualquier decisión que altere la situación de exposición a la radiación debe tener un mayor beneficio que daño;
- ii. **Optimización.** Todas las exposiciones deben mantenerse tan bajas como sea razonablemente alcanzable, tomando en consideración factores económicos y sociales, y con restricciones a la exposición individual para limitar las desigualdades en la distribución de dosis; y
- iii. **Limitación.** La dosis³⁰ total a cualquier individuo procedente de fuentes reguladas en situaciones de exposición, distintas de la exposición médica de pacientes, no debe exceder los límites apropiados recomendados. (ICNIRP, 2020)

La ICNIRP aplica el principio de limitación en todo el intervalo de radiación no ionizante. (ICNIRP, 2020). Así, la exposición se limita a:

- a) Por debajo del nivel con un riesgo aceptado de efectos adversos, considerando cualquier efecto beneficioso (como la producción de vitamina D en la piel con exposición a la radiación UV), o
- b) Por debajo el umbral de efectos adversos para la salud (cuando exista) es un umbral conocido, cuando sea factible reducir la exposición por debajo de estos umbrales.

³⁰ Esto normalmente supone una acumulación de daños y, como tal, es el producto de intensidad de la exposición y duración de la exposición, por lo que un riesgo similar para un efecto puede obtenerse mediante una exposición corta a alta intensidad y una exposición larga a baja intensidad (reciprocidad).

IV4 Categorías de exposición

En la protección a las radiaciones no ionizantes, se hace una distinción entre *exposición ocupacional* y *exposición del público en general*, una razón para realizar dicha distinción es que la exposición ocupacional puede ser considerada como un grupo más homogéneo que la población general (ICNIRP, 2020).

Los individuos dentro de la clasificación de exposición ocupacional son, en general, adultos relativamente sanos dentro de un intervalo de edad limitado con algún tipo de conocimiento respecto del entorno de trabajo, mientras que la población general contiene diversos grupos, como los niños muy pequeños y los ancianos, que podrían ser más sensibles a los efectos adversos de la exposición a la radiación no ionizante, por ejemplo, porque tienen una capacidad termorreguladora menos eficiente. (ICNIRP, 2020)

Por su parte, el público en general en la mayoría de los casos desconoce su exposición a radiaciones no ionizantes y, no cuenta con la información necesaria que resulte en la toma de precauciones para minimizar o evitar cualquier efecto adverso de la exposición. (ICNIRP, 2020)

IV5 Efectos biológicos y de salud

Un efecto biológico es considerado por la ICNIRP como cualquier cambio biológico, físico o químico inducido en un sistema biológico. Los organismos vivos tienen mecanismos de reparación y retroalimentación que están diseñados para mantener la homeostasis, esto es, la situación equilibrada en la que un sistema puede funcionar correctamente. Si estos mecanismos compensatorios están abrumados o agotados, esto puede resultar en efectos adversos para la salud. Las directrices de la ICNIRP no están destinadas a proteger contra los efectos biológicos como tal, a menos que esté asociado con efectos adversos a la salud. (ICNIRP, 2020)

Bajo los elementos antes expuestos la ICNIRP publicó en 2020 una actualización a las directrices de 1998. En general, las directrices ICNIRP forman la base de muchas reglamentaciones nacionales, así como el marco regulatorio europeo sobre CEM2,3. Las directrices originales de ICNIRP se publicaron en 1998 y se volvieron a confirmar en 2009 y 2017, por su parte las Directrices 2020 se desarrollaron luego de una extensa revisión adicional de toda la literatura científica relevante, talleres científicos y un proceso integral de consulta pública. En este contexto, de acuerdo (Forum, 2020) la ICNIRP 2020 han confirmado que los únicos riesgos establecidos por exposiciones a RF superiores a 10 MHz se relacionan con el calentamiento.

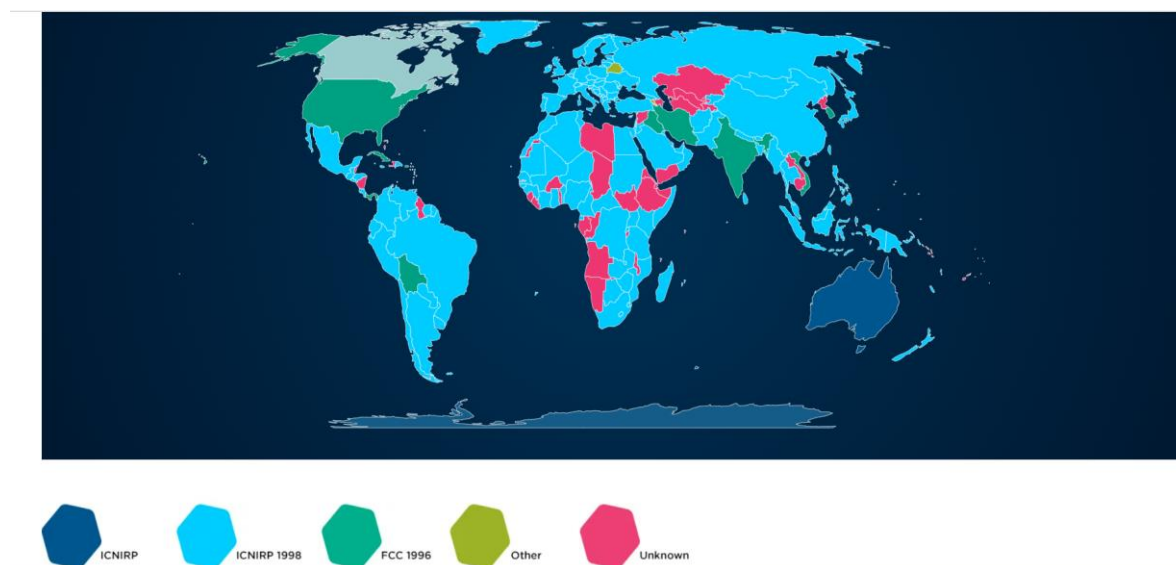
De acuerdo con un análisis de (Forum, 2020), las directrices actualizadas se han diseñado nuevamente para garantizar la protección de todos los miembros de la comunidad al incorporar factores de reducción sustanciales para garantizar que cualquier aumento de temperatura causado

por la exposición a RF est  dentro del intervalo normal que experimentamos en nuestra vida diaria. Adicionalmente, el Mobile & Wireless Forum considera que las directrices de 2020 siguen siendo sustancialmente las mismas que las directrices anteriores en términos de límites hasta 6 GHz de frecuencia, siendo la nueva guía aplicable principalmente para frecuencias superiores a 6 GHz.

La OMS respalda las recomendaciones de la ICNIRP y alienta a los Estados Miembros a adoptar estas directrices internacionales. De igual forma, para los servicios de telecomunicaciones, la UIT recomienda adoptar las recomendaciones ICNIRP donde no existan estándares nacionales. (Organización Mundial de la Salud, 2007)

De acuerdo con información de la GSMA, actualmente 156 países aplican en su regulación los límites de exposición a campos electromagnéticos establecidos por la ICNIRP (en alguna de sus versiones 1998 o 2020), 19 países emplean los límites de la FCC de 1996. Por su parte, algunos países como Canadá implementan una combinación entre los límites de la ICNIRP y la FCC. Dos países parecen mantener los límites de la ex Unión Soviética, sin que lo anterior sea evidencia de su aplicación. (GSMA, 2021)

Ilustración 6 Países que han implementado algún tipo de regulación en relación con la exposición a radiaciones no ionizantes de campos electromagnéticos de radiofrecuencia derivada de dispositivos³¹



³¹ Fuente: (GSMA, 2021)

V. Lineamientos de la ICNIRP 2020

El objetivo principal de los Lineamientos de la ICNIRP 2020 es establecer directrices para limitar la exposición a los CEM y proporcionar un alto nivel de protección para todas las personas contra efectos adversos para la salud de las exposiciones continuas y discontinuas, tanto a corto como largo plazo de CEM de radiofrecuencia.

V1 Efectos adversos identificados

Para que la ICNIRP pueda establecer los límites de exposición y los riesgos a la salud humana a través de las restricciones básicas y los niveles de referencia, realiza una ardua investigación que se resume en *guidelines*, la ICNIRP ha realizado tres publicaciones.³²

Al respecto las *guidelines* de la ICNIRP (1998) tenían el objetivo de establecer directrices para limitar la exposición a los campos electromagnéticos con la finalidad de proteger a la población contra los efectos adversos a salud, además describen los efectos directos e indirectos a la exposición de los campos electromagnéticos; sin embargo, no abordaban directamente las normas de funcionamiento de los productos en condiciones de prueba específicas, ni tampoco las técnicas utilizadas para medir las magnitudes físicas que caracterizan los campos eléctricos (ICNIRP, 1998).

Por otro lado, la publicación de 2010 se estableció con el objetivo de brindar protección a las personas expuestas a CEM de baja frecuencia del espectro electromagnético; al respecto, la ICNIRP estableció que las *guidelines* de 2010 abarcarían los efectos en el sistema nervioso central según el nivel de exposición a los campos electromagnéticos (ICNIRP, 2010).

La más reciente publicación de las *guidelines* es la del año 2020, la cual tiene por objetivo brindar protección a los seres humanos expuestos a campos electromagnéticos de radiofrecuencia en el rango de 100 kHz a 300 GHz. La ICNIRP (2020) cubre ahora aplicaciones como la tecnología 5G, wi-fi, bluetooth, teléfonos móviles y estaciones base. Esta publicación reemplaza las *guidelines* de 1998 así como la parte de 100 kHz a 10 MHz de las *guidelines* de baja frecuencia de ICNIRP de 2010 (ICNIRP, 2020).

³² ICNIRP (1998) Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic and Electromagnetic Fields (UP TO 300 GHz); ICNIRP (2010) Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric and Magnetic Fields (1Hz – 100 kHz), e ICNIRP (2020) Guidelines for Limiting Exposure to Electromagnetic Fields (100 kHz TO 300 GHz).

Para ello, la ICNIRP analizó la evidencia científica respecto de que los campos electromagnéticos de radiofrecuencia dañan la salud y, para cada efecto adverso que se comprobó, se determinaron tanto el mecanismo de interacción como la exposición mínima requerida para causar daño (ICNIRP, 2020).

Los principales riesgos que se destacan según las *ICNIRP Guidelines for Limiting Exposure to Electromagnetic Fields (100 kHz TO 300 GHz)* son (ICNIRP, 2020):

- Estimulación nerviosa;
- Cambios en la permeabilidad de las membranas; y
- Aumento de la temperatura.

V2 Estimulación nerviosa

La exposición a los campos electromagnéticos puede inducir campos eléctricos dentro del cuerpo, que, para frecuencias de hasta 10 MHz, pueden estimular los nervios (Jefferys & Saunders, 2007). En consecuencia, la ICNIRP señala que los efectos en los nervios se analizan en función de la frecuencia, y se genera una sensación de "hormigueo" para frecuencias alrededor de 100 kHz. Por otro lado, a medida que aumenta la frecuencia, predominan los efectos de calentamiento y disminuye la probabilidad de estimulación nerviosa; a 10 MHz, este efecto se describe como "calor" (ICNIRP, 2020).

Reilly (2) señala que la interacción a los campos eléctricos de baja frecuencia podría provocar molestias a través de los efectos de las cargas eléctricas superficiales (Reilly, 1998), al respecto la ICNIRP apuntó que estas molestias se presentan como incomodidad y dolor. (ICNIRP, 2020).

Aunado a lo anterior, la ICNIRP establece que, en campos electromagnéticos de 10 Hz a 20 Hz, se podría afectar la actividad eléctrica rítmica en la corteza visual y motora y afectar ligeramente al procesamiento visual y a la coordinación motora, lo que implica que en radiofrecuencias de 10 Hz a 20 Hz se tienen efectos similares, por otro lado, las afecciones por exposición a campos electromagnéticos de baja frecuencia al sueño y estado de ánimo no son claros y contundentes (Cook, et al., 2006); (Cook, et al., 2002); (Crasson, 2003); (ICNIRP, 2003); (Barth, et al., 2010). Sin embargo, es necesario mencionar que los estudios analizados en las *Guidelines* de 2010 contemplaban tiempos de exposición cortos y no fueron suficientes para establecer una relación clara a estas afecciones. (ICNIRP, 2020).

Cuando se realizaron los *Guidelines de 2010* se encontró que había pruebas poco consistentes y no concluyentes de que la exposición a campos electromagnéticos de baja frecuencia provoque síntomas depresivos como el suicidio, también se encontraron indicios de que en animales la exposición a campos electromagnéticos puede provocar estrés leve (OMS, 2007).

Por otro lado, se encontraron indicios que la exposición a campos electromagnéticos de baja frecuencia estimula el tejido nervioso, muscular y la inducción de fosfenos en la retina; lo que podría señalar que el procesamiento visual y la coordinación motora pueden verse afectadas transitoriamente por los campos eléctricos inducidos; sin embargo los estudios realizados no son considerados por la ICNIRP como suficientemente confiables (ICNIRP, 2010).

Hasta ahora los efectos a la estimulación nerviosa solo se han encontrado en frecuencias bajas, por esta razón en las consecuencias de la estimulación nerviosa son estudiadas mayormente en las en las *guidelines* ICNIRP (2010).

V3 Cambio en la Permeabilidad de las Membranas

Joshi y Schoenbach señalan que cuando los campos electromagnéticos (de baja frecuencia) son pulsados, la potencia se distribuye en el intervalo de frecuencias, incluidos los campos electromagnéticos de radiofrecuencia (Joshi & Schoenbach, 2010). Al respecto, la ICNIRP señala que, si el pulso es lo suficientemente intenso y breve, la radiación que emiten los campos electromagnéticos podría traspasar las membranas de las células, lo que a su vez puede provocar otros cambios celulares. Hasta ahora, no hay evidencia de que la componente espectral de radiofrecuencia de un pulso de los campos electromagnéticos de radiofrecuencia (sin la componente de baja frecuencia) sea suficiente para causar cambios en la permeabilidad de las membranas celulares (ICNIRP, 2020).

Los niveles de protección que emitió la ICNIRP en 2010 y 2020, garantizan la protección a la población en general y trabajadores de sufrir algún cambio en la permeabilidad de las membranas. (ICNIRP, 2020).

V4 Aumentos de Temperatura

Los campos electromagnéticos de radiofrecuencia pueden generar calor en el cuerpo y es importante que este calor se mantenga en un nivel seguro para el bienestar de la población. Con este objetivo, la ICNIRP (2020) estableció que para niveles de exposición muy bajos (como lo establece en la *guidelines* de 1998) existe amplia evidencia de que la cantidad de calor generado no es suficiente para causar daño, pero para niveles de exposición por encima de los niveles de restricción básicos de 1998, hay investigación limitada (ICNIRP, 2020).

Por otro lado, la ICNIRP señala que las restricciones hacia el aumento de temperatura no pueden centrarse en el aumento de temperatura absoluto, esto debido a que hay distintos factores que inciden el incremento absoluto de la temperatura corporal, como la ropa, las actividades realizadas, clima y factores ambientales. En este sentido al ICNIRP ha clasificado el estudio de los efectos en el incremento de la temperatura en (ICNIRP, 2020):

- Aumento de temperatura en reposo, en el cual la temperatura aumenta lentamente, dando tiempo a que el calor se disipe en una masa de tejido mayor y a que los procesos termorreguladores contrarresten el aumento de temperatura, y
- Aumentos breves de temperatura, en los que puede no haber tiempo suficiente para que el calor se disipe.

V5 Aumentos de Temperatura en Reposo

El aumento de temperatura en reposo conlleva mayor tiempo de exposición, este tipo de exposición se analiza en la **temperatura central del cuerpo, temperatura local del cuerpo y aumentos rápido de temperatura**. (ICNIRP, 2020)

Para la ICNIRP la temperatura central del cuerpo se refiere a la temperatura interna del cuerpo, como en el abdomen y el cerebro, y varía sustancialmente en función de factores como el sexo, la edad, la hora del día, el ritmo de trabajo, las condiciones ambientales y la termorregulación (ICNIRP, 2020).

Según diversos autores como lo expresa Romero y Farias en 2014, la temperatura normal del cuerpo en un adulto sano es de 37  C, esta cifra varia, ya que la temperatura del cuerpo es más baja en la mañana y más alta en la tarde; señalan que normalmente, la temperatura del cuerpo también se eleva en respuesta a ciertas condiciones, como la actividad física y el clima c ldido (Ramón-Romero & Farías, 2014). La ICNIRP ha consensado que el aumento de la temperatura mayor a 1 C puede conllevar riesgos para la salud, ya que podrían ocurrir riesgos fisiológicos significativos.

Investigaciones recientes revisadas por la ICNIRP señalan que **se requiere un SAR promedio de cuerpo entero de aproximadamente 6 Wkg⁻¹**, dentro del intervalo de 100 kHz a 6 GHz, durante al menos un intervalo de 1 hora en condiciones termoneutrales (28  C, desnudo, en reposo), esto implica un aumento de 1  C en la temperatura central del cuerpo en humanos adultos. Por otro lado, **se necesita un SAR más alto** para alcanzar este aumento de temperatura **en los niños** debido a su disipación de calor más eficiente (Hirata, et al., 2013).

Al respecto, la ICNIRP ha adoptado una posición conservadora y utiliza un SAR de 4 W kg⁻¹ promediados durante 30 minutos como el nivel de exposición a campos eléctricos de radiofrecuencia para corresponder a un aumento de la temperatura corporal central de 1  C. Los 30 minutos representan el tiempo que lleva alcanzar una temperatura de estado estable. Por otro lado, la ICNIRP señala que, a medida que aumenta la frecuencia de los campos electromagnéticos, la exposición del cuerpo y el calentamiento resultante se vuelven más superficiales y, por encima de los 6 GHz, este calentamiento se produce predominantemente en la piel (ICNIRP, 2020).

Por otro lado, cuando se habla de la temperatura local, esta toma relevancia ya que la exposición a un calentamiento localizado puede provocar dolor y daño térmico. Al respecto, existe una extensa

literatura que muestra que el contacto de la piel con temperaturas por debajo de los 42 °C durante períodos prolongados no causará dolor ni dañará las células (Defrin, et al., 2006).

Entre los riesgos del calentamiento localizado se encontró: **a)** dolor y **b)** daño térmico en alguna parte específica del cuerpo y que estos dependen del grado de calentamiento al que son expuestos. Bajo esta premisa la ICNIRP clasificó zonas del cuerpo humano en dos grupos Tipo 1 y Tipo 2 con el objetivo de identificar el grado máximo del calor que puede tolerar una zona específica del cuerpo humano. Para así establecer los límites de calor que protegen a la población. (ICNIRP, 2020).

Al respecto, diversas investigaciones establecen que el tejido Tipo 1 para estar en una zona de seguridad debe estar expuesto a temperaturas inferiores de entre los 33°C y 36°C, por otro lado, el tejido Tipo 2 no debe exponerse a temperaturas superiores a los 38.5°C (DuBois, 1941), (Aschoff & Wever, 1958), (Arens & Zhang, 2006), (Shafahi & Vafai, 2011).

Tabla 3 Clasificación de tejidos por calentamiento localizado³³

Tipo 1	Tipo 2
Tejidos de la parte superior del brazo Antebrazo Manos Músculos Piernas Pies Oído Cornea Cavidad anterior del ojo Iris del ojo Tejido de la epidermis Piel Tejido Adiposo Músculos	Todos los tejidos de la cabeza Ojos (tejidos no mencionados en el Tipo1) Abdomen Espalda Tórax Pelvis Excluidos los definidos como tejido de Tipo 1

A través de estas investigaciones la ICNIRP ha establecido el umbral de calor local, en 41°C como un máximo potencialmente dañino según (ICNIRP, 2020). Estos valores se utilizaron para definir los umbrales operativos para los efectos sobre la salud inducidos por el calor local; adoptando 41°C como potencialmente dañinos, sin embargo, los lineamientos mantienen un enfoque conservador y tratan los aumentos de temperatura inducidos por campos electromagnéticos en tejidos Tipo 1 en 5°C y en

³³ Fuente: Directrices ICNIRP para limitar la exposición a campos electromagnéticos (100 kHz a 300 GHz) de 2020.

tejidos Tipo 2 en 2°C siendo estos los umbrales operativos de efectos adversos sobre la salud debido a la exposición local (ICNIRP, 2020)

La clasificación de calentamiento localizado por Tipo 1 y 2, suele ser complicado de analizar debido a que se clasifican diferentes tejidos del cuerpo humano, por esta razón la ICNIRP realiza una segunda clasificación por dos secciones del cuerpo humano (ICNIRP, 2020):

- Cabeza y torso
- Extremidades

Esta clasificación mantiene el objetivo de evitar aumentos de temperatura de **más de 5°C en el tipo 1 y de 2°C en el tejido tipo 2**. Por otro lado, los testículos podrían considerarse un caso especial; sin embargo, la ICNIRP considera que el umbral de protección del tejido tipo dos, protege de igual forma este tejido. En lo que refiere al embrión el tejido Tipo 2 incluye el abdomen y, por lo tanto, potencialmente el feto (Edwards, et al., 2003) y (Ziskin & Morrissey, 2011).

La ICNIRP establece que, dentro del intervalo del espectro radioeléctrico de 100 kHz a 6 GHz el SAR promedio de más de 10 g es una medida adecuada del aumento de temperatura en estado estacionario inducido por espectro radioeléctrico de radiofrecuencia dentro del tejido, además específica que una exposición promedio sobre una masa cúbica de 10 g mantendrá en los límites los aumentos de temperatura de los tejidos de Tipo 1 y Tipo 2 por debajo de 5 y 2  C respectivamente, la ICNIRP asume exposiciones realistas como lo son los campos electromagnéticos de fuentes de telecomunicaciones (ICNIRP, 2020).

Es necesario señalar que este modelo usado por la ICNIRP proporciona exposiciones más altas en las extremidades que en la cabeza y el torso. Así, se tiene que se requiere un SAR de 10 g de al menos 20 W kg⁻¹ para superar los umbrales operativos de efectos adversos para la salud en la cabeza y el torso, y 40 W kg⁻¹ en las extremidades, durante un intervalo suficiente para producir una temperatura de estado estacionario, establecido en 6 minutos. (ICNIRP, 2020).

Al respecto, en el intervalo de frecuencia de 6 GHz a 300GHz, la energía de los campos electromagnéticos se absorbe principalmente en los tejidos superficiales, por esta razón la Densidad de Potencia Absorbida (SA por sus siglas en inglés) proporciona una medida más adecuada del aumento de temperatura en el tejido superficial (Funahashi, et al., 2018).

Aunque aún no hay consenso sobre cuándo debe de existir un cambio de SAR a SA, la ICNIRP propone el cambio en frecuencias por encima de 6 GHz. Por otro lado, la ICNIRP determinó la exposición en un área promedio de 4 cm² en frecuencias superiores 6 GHz y 300 GHz (ICNIRP, 2020). Adicionalmente, la ICNIRP estableció el valor de densidad de potencia absorbida para el calentamiento local, en un promedio de 6 minutos y una región de 4 cm², en 200 Wm⁻²; esto también restringir  el aumento de la temperatura en el tejido de Tipo 2 por debajo del umbral de efectos

adversos para la salud. Se ha establecido una especificación adicional de 400 Wm^{-2} para promedios espaciales de regiones cuadradas de 1 cm^2 , para frecuencias superiores a 30 GHz. (ICNIRP, 2020).

Por otro lado, el aumento rápido de la temperatura puede generar puntos de calor específicos que generan molestias o dolor, por esta razón se consideró necesario establecer intervalos de tiempo más cortos. Con el objetivo de proteger la salud humana ante aumentos de temperatura localizada, un nivel máximo de exposición permitido, en función del tiempo, para restringir el aumento de la temperatura por debajo de los umbrales operativos de efectos adversos para la salud ante aumentos de temperatura localizados; de 400 MHz a 6 GHz, la ICNIRP especifica la restricción en términos SA de cualquier masa cúbica de 10 g (ICNIRP, 2020).

La ICNIRP estableció que no hay un nivel de exposición de intervalo breve para frecuencias por debajo de 400 MHz porque, debido a la gran profundidad de penetración, el SA total resultante del promedio de SAR local de 6 minutos no puede aumentar la temperatura más allá del umbral de efectos adversos para la salud.

Por encima de 6 GHz, la ICNIRP especifica el nivel de exposición tanto para la cabeza como para el torso y las extremidades, en términos de densidad de energía absorbida (U_{ab} por sus siglas en inglés) sobre cualquier área cuadrada promedio de 4cm^2 , de manera que U_{ab} se especifica como $72[0.05+0.95(t/360)^{0.5}] \text{ kJ m}^{-2}$, donde t es el intervalo de exposición en segundos (Kodera, et al., 2018)

Se aplica un nivel de exposición adicional para áreas promediadas de 1 cm^2 cuadrados para campos electromagnéticos con frecuencias de mayores de 30 y entre 300 GHz para tener en cuenta la exposición al área enfocada y está dado por $144[0.025+0.975(t/360)^{0.5}] \text{ kJ m}^{-2}$. Los valores SA y U_{ab} son conservadores en el sentido de que no son suficientes para elevar las temperaturas de los tejidos de Tipo 1 o Tipo 2 en 5 o 2  C (ICNIRP, 2020).

V6 Restricciones básicas

Como se ha señalado a lo largo del presente estudio, la ICNIRP publicó en 2020 los lineamientos para limitar la exposición a campos electromagnéticos en el intervalo de frecuencias que va de los 100 KHz a los 300 GHz, en este contexto, la ICNIRP señala que las “restricciones básicas” fueron derivadas de los efectos adversos en la salud identificados por la propia ICNIRP y se relacionan con la estimulación nerviosa para CEM en las frecuencias de 100 kHz a 10 MHz, identificadas en los lineamientos de 2010 y se adicionaron a las que se hace referencia en los lineamientos de 2020, dando como resultado la siguiente tabla, para intervalos promediados ≥ 6 minutos.

Tabla 4 Restricciones básicas de la ICNIRP 2020^{34,35}

Escenario de exposición	Intervalo de frecuencias	SAR promediado en todo el cuerpo $\frac{W}{kg}$	SAR localizado en Cabeza/torso $\frac{W}{kg}$	SAR local en miembro $\frac{W}{kg}$	S _{ab} local $\frac{W}{m^2}$
Ocupacional	100 kHz a 6 GHz	0.4	10	20	N/A
	>6 a 300 GHz	0.4	N/A	N/A	100
Público en general	100 kHz a 6 GHz	0.08	2	4	N/A
	>6 a 300 GHz	0.08	N/A	N/A	20

Es de hacer notar que las restricciones básicas de la tabla 4 se refieren a intervalos promedio de exposición mayores a **6 minutos**.

Ahora bien, la ICNIRP también estableció las restricciones básicas para intervalos promedio entre 0 y 6 minutos.

³⁴ Fuente: elaboración propia con información de (ICNIRP, 2020)

³⁵ Notas:

1. "N/A" significa "no aplicable" y no es necesario tenerlo en cuenta al determinar el cumplimiento.
2. El SAR promedio de todo el cuerpo debe promediarse durante 30 minutos.
3. Las exposiciones locales a SAR y S_{ab} deben promediarse durante 6 minutos.
4. El SAR local debe promediarse sobre una masa cúbica de 10 g.
5. El S_{ab} local debe promediarse sobre un área de superficie cuadrada de 4 cm² del cuerpo. Por encima de 30 GHz, se impone una restricción adicional, tal que la exposición promediada sobre un área cuadrada de 1 cm² de superficie del cuerpo está restringida a dos veces la de la restricción de 4 cm².

Tabla 5 Restricciones básicas para exposición a CEM de 100 kHz a 300 GHz, para intervalos entre 0 y 6 min^{36,37}

Escenario de exposición	Intervalo de frecuencias	SA local Cabeza/Torso $\frac{kJ}{kg}$	SA local en miembro $\frac{kJ}{kg}$	U _{ab} local $\frac{kJ}{m^2}$
Público en general	100 kHz a 400 MHz	N/A	N/A	N/A
	>400 MHz y hasta 6 GHz	$0.72 \left[0.05 + 0.95 \left(\frac{t}{360} \right)^{0.5} \right]$	$1.44 \left[0.025 + 0.975 \left(\frac{t}{360} \right)^{0.5} \right]$	N/A
	>6 y hasta 300 GHz	N/A	N/A	$7.2 \left[0.05 + 0.95 \left(\frac{t}{360} \right)^{0.5} \right]$

³⁶ Elaboración propia con información de (ICNIRP, 2020)

³⁷ 1. "NA" significa "no aplicable" y no es necesario tenerlo en cuenta al determinar el cumplimiento.

2. t es el tiempo en segundos, y deben cumplirse restricciones para todos los valores de t comprendidos entre >0 y <360 s, independientemente de las características temporales de la exposición en sí.

3. El SA local debe promediarse sobre una masa cúbica de 10 g.

4. El U_{ab} local debe promediarse sobre un área cuadrada de 4 cm² de superficie del cuerpo. Por encima de 30 GHz, se impone una restricción adicional, de modo que la exposición, el promedio sobre un área cuadrada de 1 cm² de superficie del cuerpo está restringida a $72 \left[0.025 + 0.975 \left(\frac{t}{360} \right)^{0.5} \right]$ para ocupacional y $14.4 \left[0.025 + 0.975 \left(\frac{t}{360} \right)^{0.5} \right]$ para la exposición del público en general.

5. Exposición a cualquier pulso, grupo de pulsos o subgrupo de pulsos de un tren, así como a partir de la suma de exposiciones (incluidas las exposiciones no pulsadas CEM), administrados en t s, no deben superar estos niveles.

V7 Niveles de referencia

De acuerdo con la ICNIRP, los **niveles de referencia** se derivan de una combinaci3n de estudios computacionales y de mediciones para proporcionar los mecanismos para demostrar el cumplimiento utilizando cantidades que son más fáciles de evaluar/medir que las **restricciones básicas**, pero que proporcionan un nivel de protecci3n equivalente a las restricciones básicas para los peores escenarios de exposici3n. Sin embargo, como las derivaciones se basan en supuestos conservadores, en la mayoría de los escenarios de exposici3n, los **niveles de referencia serán más conservadores** que las restricciones básicas correspondientes. (ICNIRP, 2020)

En estos términos, en las siguientes tablas se presentan los niveles de referencia para los diferentes intervalos de frecuencias y para el escenario de exposici3n del público en general.

Tabla 6 Niveles de referencia para la exposici3n, promediada **durante 30 minutos** y todo el cuerpo, a campos electromagnéticos de 100 kHz a 300 GHz (valores rms imperturbables)³⁸.

Escenario de exposici3n	Intervalo de frecuencia	Intensidad de Campo Eléctrico Incidente E_{inc} $\frac{V}{m}$	Intensidad de Campo Magnético Incidente H_{inc} $\frac{A}{m}$	Densidad de Potencia Incidente $S_{inc} \frac{W}{m^2}$
Público en general	0.1- 30 MHz	$300f_M^{0.7}$	$\frac{2.2}{f_M}$	N/A
	>30-400 MHz	27.7	0.073	2
	>400-2000 MHz	$1.375f_M^{0.5}$	$0.0037f_M^{0.5}$	$\frac{f_M}{200}$
	>2- 300 GHz	N/A	N/A	10

³⁸ Elaboraci3n propia, con informaci3n de (ICNIRP, 2020)

Tabla 7 Niveles de referencia para exposición a CEM de 100 kHz a 300 GHz, para intervalos entre 0 y 6 min

Escenario de exposición	Intervalo de frecuencias	Densidad de Energía Incidente
		$U_{inc} \frac{kJ}{m^2}$
Público en general	100 kHz a 400 MHz	N/A
	>400 – 2000 MHz	$0.058 f_M^{0.86} \times 0.36 \left[0.05 + 0.95 \left(\frac{t}{360} \right)^{0.5} \right]$
	>2 a 6 GHz	$40 \times 0.36 \left[0.05 + 0.95 \left(\frac{t}{360} \right)^{0.5} \right]$
	>6 a <300 GHz	$55 / f_G^{0.177} \times 0.36 \left[0.05 + 0.95 \left(\frac{t}{360} \right)^{0.5} \right]$
	300 GHz	$20 \times 0.36 \left[0.05 + 0.95 \left(\frac{t}{360} \right)^{0.5} \right]$

Tabla 8 Niveles de referencia para exposición local a CEM en el intervalo de frecuencias 100 kHz a 10 MHz (valores rms imperturbables), para valores picos^{39,40}

Escenario de exposición	Intervalo de frecuencia	Intensidad de Campo Eléctrico Incidente E_{inc} V/m	Intensidad de Campo Magnético Incidente H_{inc} A/m
Público en general	100 kHz a 10 MHz	83	21

³⁹ Elaboración propia con información de (ICNIRP, 2020)⁴⁰ 1. Independientemente de la distinción entre la zona de campo lejano y el campo cercano, el cumplimiento se demuestra si ni E_{inc} espacial de pico ni H_{inc} espacial pico, sobre el espacio de cuerpo entero proyectado, no excede los valores de nivel de referencia anteriores.

VI. Comparación entre los Lineamientos de 2018 y los de 2020 de la ICNIRP

La constante investigación científica sobre los posibles efectos adversos en la salud humana respecto de las radiaciones a CEM, permite la constante evolución de las pautas de la ICNIRP, así en 2010, la ICNIRP publicó pautas correspondientes a las frecuencias extremadamente bajas, en la banda de 1 Hz a 100 KHz, reemplazando a las del año 1998 solo en dicha banda de frecuencias. (Vernieri, et al., 2021)

En línea con lo anterior, en mayo de 2020, fueron publicadas las pautas “*Guidelines for Limiting Exposure to Electromagnetic Fields, 100 KHz to 300 GHz*”, las cuales consideran el resto del espectro radioelétrico incluido en las pautas de 1998, pautas que fueron consideradas en las Disposiciones Técnicas 07 y 012.

Así las cosas, en este apartado se presenta un análisis sobre los principales cambios de los lineamientos de la ICNIRP 1998 e ICNIRP 2020.

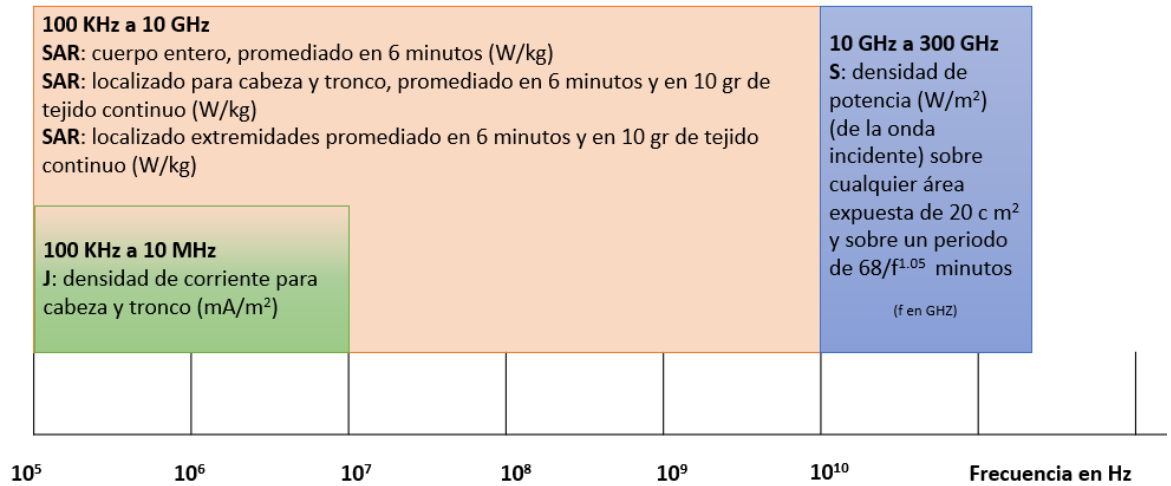
- Los nuevos lineamientos de 2020 señalan que ofrecen protección para todas las personas contra los efectos adversos para la salud, científicamente confirmados, por la exposición a los CEM de radiofrecuencia, **continua y discontinua a corto y largo plazo**, a diferencia de los lineamientos de 1998 que refieren a **efectos inmediatos** a la salud proveniente de **exposiciones a largo plazo**. (Vernieri, et al., 2021)
- Las restricciones básicas en ambas versiones son las mismas, los cambios radican en una mejora en la precisión en la determinación de los niveles de referencia. Lo anterior supone una mayor protección de la salud de las personas, habida cuenta de que los niveles de referencia son las cantidades físicas que resultan más fácilmente medibles a diferencia de las restricciones básicas.
- A diferencia de la normativa de 1998, en la de 2020 la ICNIRP discrimina entre diferentes tipos de exposición, a saber: exposición de cuerpo entero, exposiciones localizadas en tronco, cabeza o extremidades; exposiciones en campo lejano; exposiciones en campo cercano; exposiciones a haces altamente focalizados y exposiciones de corta duración para campos discontinuos. En este contexto, las pautas de 2020 contienen nuevas cantidades físicas de exposición, modificaciones menores relacionadas con las condiciones de medición, el tiempo de exposición a promediar (6 y 30 minutos), el tamaño de la superficie a evaluar las densidades, la forma del volumen de masa de tejido para evaluar la restricción, cambios en

las frecuencias límites que definen las bandas de aplicación, así como también cambios en algunas reglas de aplicación. (Vernieri, et al., 2021)

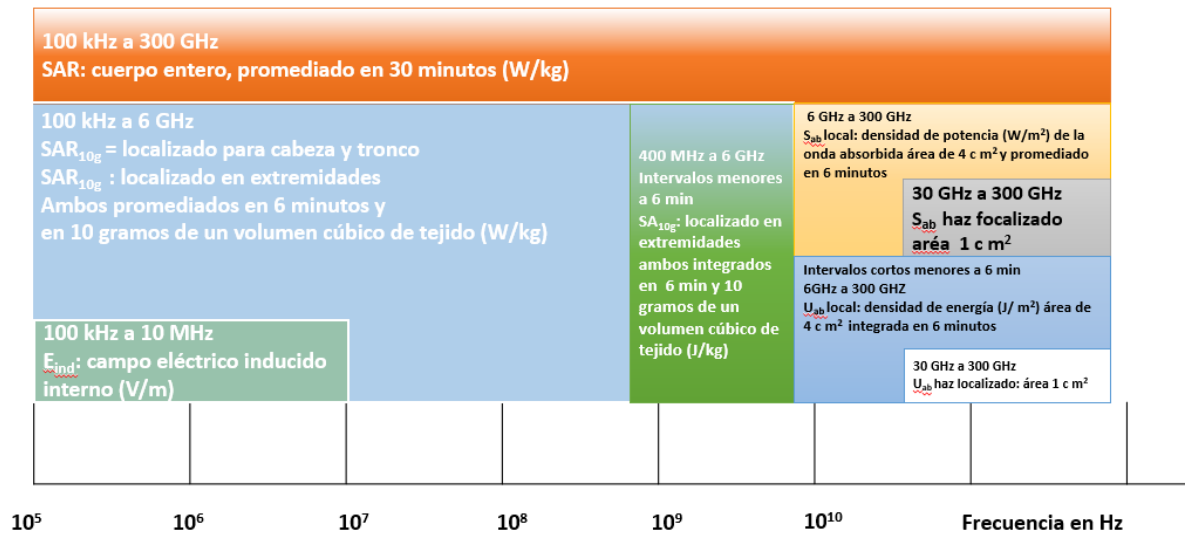
VII Cambios en las restricciones básicas

- En el intervalo de frecuencias de 100 kHz a 10 MHz la restricción básica dej  de ser la densidad de corriente J para ser la intensidad de campo eléctrico inducido E_{ind}
- Se extiende hasta los 300 GHz el uso de la cantidad dosimétrica SAR para cuerpo entero en las pautas de 2020, lo que en las pautas de 1998 solo aplicaba hasta 10 GHz. Con respecto a las condiciones de la medición de las restricciones de SAR de cuerpo entero, para la ICNIRP 1998, se promediaban en un tiempo de 6 minutos, mientras que para la ICNIRP 2020 el promedio se realiza en un periodo de 30 minutos. Lo anterior, en virtud de que es el tiempo medio necesario para que la temperatura corporal alcance el estado estacionario. (Vernieri, et al., 2021)
- En relación con el SAR localizado ambas pautas señalan la medición en una masa de tejido de 10 gramos. Sin embargo, en la ICNIRP 1998 se debe cumplir la condición de un volumen continuo del mismo tejido mientras que en las de ICNIRP 2020 el volumen de 10 g debe ser cúbico (Vernieri, et al., 2021);
- Por lo que hace a la densidad de potencia como restricción básica, en ICNIRP 1998 el límite está en 10 GHz, en la ICNIRP 2020 este límite está en 6 GHz;
- En la ICNIRP se usa la restricción básica S densidad de potencia de onda incidente, mientras que en la ICNIRP 2020 se usa S_{ab} es la densidad de potencia de la onda transmitida en el cuerpo, esto es, la densidad de potencia absorbida. (Vernieri, et al., 2021)
- En el intervalo de frecuencias mayores a 6 GHz el valor de la densidad de potencias resulta relevante, debido a que la profundidad de penetración es muy pequeña. En consecuencia, el área en donde evaluar la exposición local se ha reducido de 20 cm² en ICNIRP 1998 a 4 cm² en ICNIRP 2020. Adicionalmente, en ICNIRP 2020 para frecuencias mayores a 30 GHz, se integran restricciones a la exposición a haces altamente focalizados, para los que considera un área de exposición de 1 cm² (Vernieri, et al., 2021);
- A partir de los 400 MHz la ICNIRP 2020 incluye nuevas restricciones básicas: S_A y U_{ab} , con la intención de tener en cuenta las exposiciones de corta duración, de hasta 6 minutos, a campos discontinuos (campos no pulsantes, cualquier tipo de pulso, grupo de pulsos o subgrupo de trenes de pulsos, entre otros).

Ilustraci3n 7 Cantidades físicas que determinan las restricciones básicas y condiciones de medici3n establecidas por la ICNIRP 1998 en el intervalo de radiofrecuencias⁴¹



Ilustraci3n 8 Cantidades físicas que determinan las restricciones básicas y condiciones de medici3n establecidas por la ICNIRP 2020⁴²



⁴¹ Elaboraci3n propia con informaci3n de (Vernieri, et al., 2021)

⁴² Elaboraci3n propia con informaci3n de (Vernieri, et al., 2021)

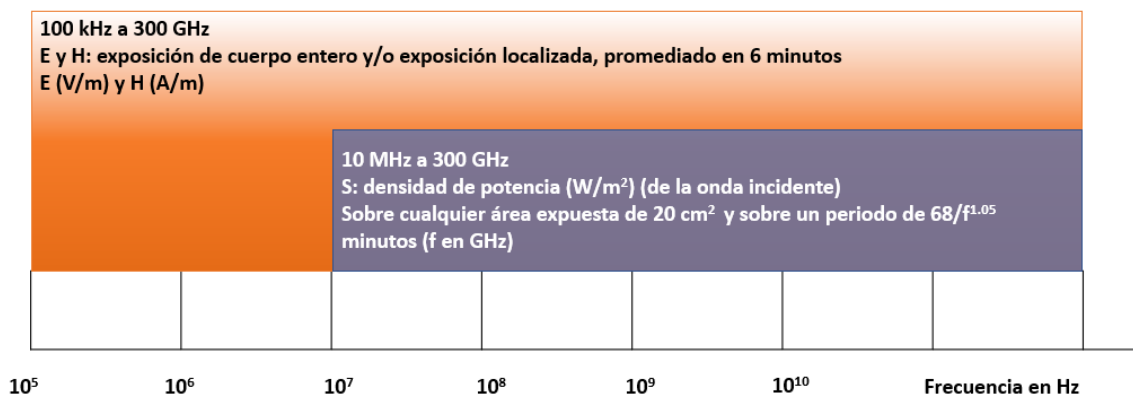
Haciendo una comparaci3n entre las ilustraciones 7 y 8, se advierte la incorporaci3n de nuevas cantidades físicas entre las restricciones básicas, tales como: el campo eléctrico inducido E_{ind} , la densidad de potencia absorbida S_{ab} , la densidad de energía absorbida U_{ab} y la absorci3n específica de energía SA. Lo anterior, de acuerdo con (Vernieri, et al., 2021) se debe a los avances científicos que permitieron un aumento en la precisi3n de los efectos, así como a la necesidad de abarcar futuras tecnologías que utilicen frecuencias mayores a 6 GHz, como podría ser la tecnología 5G. Particularmente y de acuerdo con la GSMA dicha tecnología necesita el espectro dentro de tres intervalos de frecuencia clave para brindar una cobertura amplia y admitir todos los casos de uso (GSMA, 2019), estos intervalos son:

- a) Por debajo de 1 GHz
- b) Entre 1 y 6 GHz, y
- c) Por encima de 6 GHz

VI.2 Cambios en los niveles de referencia

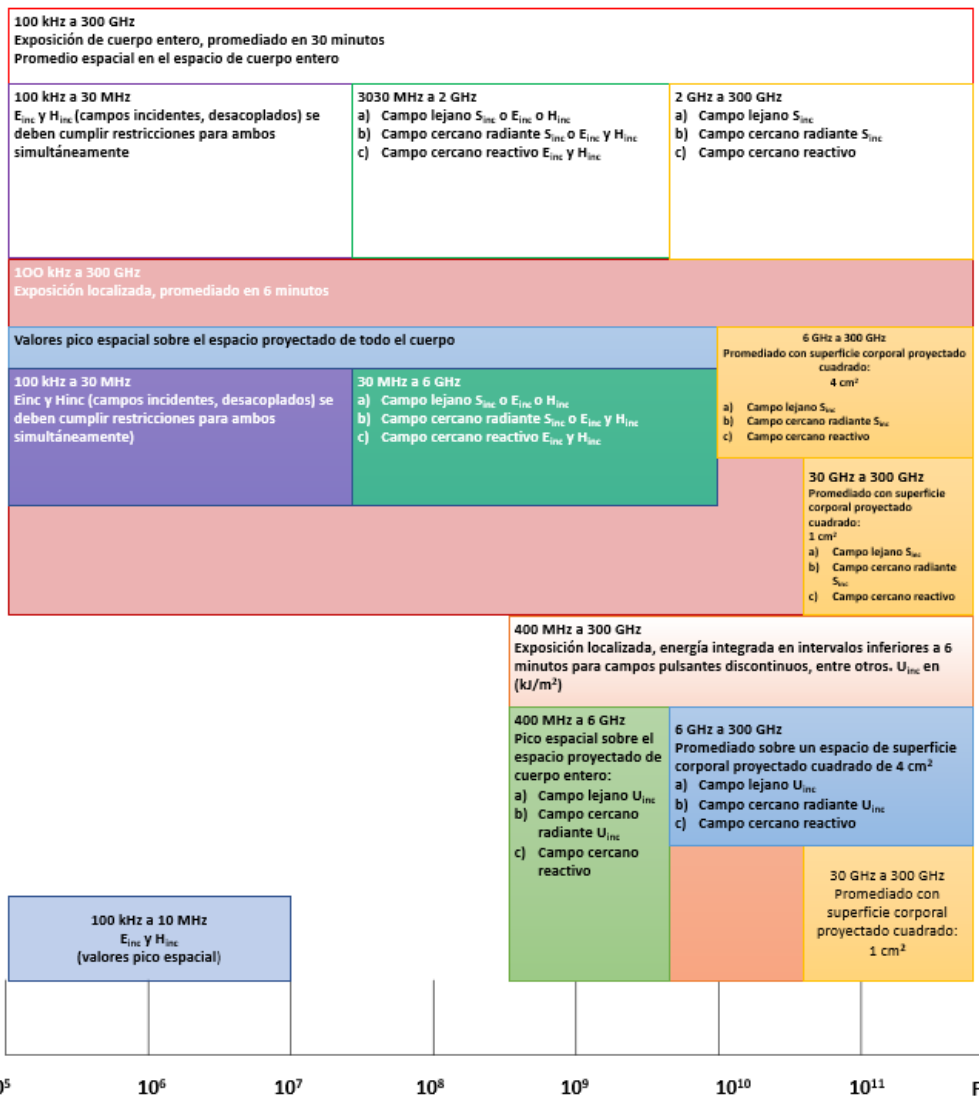
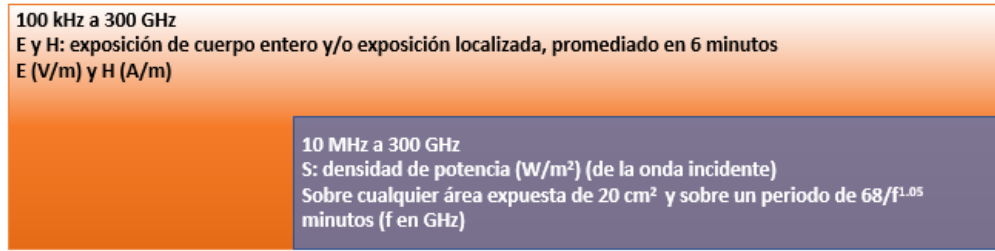
Las especificaciones de la ICNIRP 2020 para evaluar los niveles de referencia en el intervalo de las radiofrecuencias resultan mucho más complejas que la ICNIRP 1998. En las siguientes ilustraciones se presentan las cantidades físicas de los niveles de referencia y las condiciones de medici3n establecidas tanto en la ICNIRP 1998 e ICNIRP 2020. (Vernieri, et al., 2021)

Ilustraci3n 9 Cantidades físicas que determinan los niveles de referencia y condiciones de medici3n establecidas en la ICNIRP 1998⁴³



⁴³ Elaboraci3n propia con informaci3n de (Vernieri, et al., 2021)

Ilustraci3n 10 Cantidades físicas que determinan los niveles de referencia, condiciones de medici3n y reglas de aplicaci3n establecidas por la ICNIRP 2020⁴⁴



VII. DISPOSICIÓN TÉCNICA IFT-007-2019: LÍMITES DE EXPOSICIÓN MÁXIMA PARA SERES HUMANOS A RADIACIONES ELECTROMAGNÉTICAS DE RADIOFRECUENCIA NO IONIZANTES EN EL INTERVALO DE 100 kHz A 300 GHz EN EL ENTORNO DE ESTACIONES DE RADIOCOMUNICACIÓN O FUENTES EMISORAS

El 25 de febrero de 2020 fue publicado en el DOF el Acuerdo mediante el cual el Pleno del Instituto Federal de Telecomunicaciones expidió la Disposición Técnica IFT-007-2019: Límites de exposición máxima para seres humanos a radiaciones electromagnéticas de radiofrecuencia no ionizantes en el intervalo de 100 kHz a 300 GHz en el entorno de estaciones de radiocomunicación o fuentes emisoras (DT07). Al respecto, la DT07 tiene como objetivo cumplir con lo mandado en el artículo 65 de la LFTR⁴⁵ al definir los límites de exposición máxima para seres humanos a radiaciones electromagnéticas de radiofrecuencia no ionizantes en el entorno de estaciones de radiocomunicación o fuentes emisoras que se emplean para servicios de telecomunicaciones o radiodifusión, así como establecer los métodos de prueba y cálculos requeridos para evaluar el cumplimiento de dichos límites. (DT07, 2020)

Particularmente, la DT07 prevé que, en las zonas de exposición a campos electromagnéticos producto de la operación de estaciones de radiocomunicación, a partir de la distancia de cumplimiento, no se excedan los límites de exposición máxima a **CEM no ionizantes** en el intervalo de frecuencias de **100 kHz a 300 GHz**. En este contexto, los límites de exposición máxima a CEM toman como referencia la recomendación internacional de la ICNIRP en su versión de 1998. De la misma forma, los métodos de prueba señalados en la DT07 para la evaluación de los límites de exposición máxima a CEM son consistentes con los del estándar C95.3 de la IEEE (DT07, 2020).

⁴⁴ Elaboración propia con información de (Vernieri, et al., 2021)

⁴⁵ En el Anexo D se presenta una breve descripción sobre el contexto jurídico de la emisión de la DT07.

Adicionalmente, se establecen obligaciones respecto a las distancias de cumplimiento con base en la Recomendación UIT-T K.70 “Técnicas para limitar la exposición humana a los campos electromagnéticos en las cercanías a Estaciones de radiocomunicaciones”.

Ahora bien, los límites básicos de exposición máxima establecidos en la DT07 son consistentes con las restricciones básicas de la ICNIRP de 1998, y se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 9 Restricciones básicas de la ICNIRP 1998 establecidas en la DT07^{46,47}

Escenario de exposición	Intervalo de frecuencias	Densidad de corriente (J) en la cabeza y el tronco $\frac{mA}{m^2}$ (valor eficaz)	SAR promedio en todo el cuerpo $\frac{W}{kg}$	SAR localizado en la cabeza y en el tronco $\frac{W}{kg}$	SAR localizado en las extremidades $\frac{W}{kg}$	Densidad de potencia (S) de onda plana equivalente $\frac{W}{m^2}$
Público en general	100 KHz- 10 MHz	$\frac{f}{500}$	0.08	2	4	-
	10 MHz – 10 GHz	-	0.08	2	4	-

⁴⁶ Fuente: elaboración propia con información de (ICNIRP, 2020)

⁴⁷ Notas:

1. Es la frecuencia en Hz
2. Debido a que el cuerpo humano no es eléctricamente homogéneo, las densidades de corriente deben ser promediadas sobre una sección transversal de 1 cm², perpendicular a la dirección de la corriente.
3. Para frecuencias de 100 kHz, los valores de la Densidad de corriente pico permitidos se obtienen multiplicando los valores RMS
4. Todos los valores del SAR deben ser promediados sobre un periodo de 6 minutos.
5. El SAR localizado se promedia sobre un volumen de tejido continuo que contenga 10 gramos de masa. El máximo valor del SAR que se obtenga de esta forma en cualquier zona de la cabeza, el tronco y las extremidades, es el que se utiliza para determinar si se exceden los límites de la Tabla 9. En el intervalo de frecuencias de 0.3 GHz a 10 GHz, para exposición localizada en la cabeza, se adiciona un límite más en donde la Absorción específica (SA) promediada sobre 10 gramos de tejido no debe exceder de 2 mJ/kg para exposición del público en general. Esto es con el fin de evitar un efecto auditivo causado por la expansión de cierto tejido cerebral debido a pequeños y rápidos cambios de temperatura, los cuales producen una onda que se transmite al oído interno.

Escenario de exposici3n	Intervalo de frecuencias	Densidad de corriente (J) en la cabeza y el tronco $\frac{mA}{m^2}$ (valor eficaz)	SAR promedio en todo el cuerpo $\frac{W}{kg}$	SAR localizado en la cabeza y en el tronco $\frac{W}{kg}$	SAR localizado en las extremidades $\frac{W}{kg}$	Densidad de potencia (S) de onda plana equivalente $\frac{W}{m^2}$
	10 GHz – 300 GHz	-	-	-	-	10

En este tenor de ideas, la DT07 establece los límites de referencia de exposici3n máxima, particularmente con la intenci3n de proveer de cantidades físicas que pudieran ser medidas con mayor facilidad que las restricciones básicas.

Tabla 10 Límites de referencia de exposici3n máxima de la DT07⁴⁸

Escenario de exposici3n	Intervalo de frecuencias	Intensidad de campo eléctrico (E) $\frac{V}{m}$ (valor eficaz)	Intensidad de campo magnético (H) $\frac{A}{m}$ (valor eficaz)	Densidad de potencia de onda plana equivalente (S) $\frac{W}{m^2}$
Público en general	100 KHz- 150 kHz	87	5	-

⁴⁸ Notas:

1. F es la frecuencia expresada en las unidades indicadas en la columna de intervalo de frecuencias
2. Para frecuencias entre 100 kHz y 10 GHz, los valores de E², H² y de la Densidad de potencia equivalente de onda plana (S) deben ser promediados sobre cualquier periodo de 6 minutos
3. Todos los valores de la tabla son valores RMS
4. Para frecuencias de 100 kHz, los valores pico permitidos son los que resultan de multiplicar los valores RMS que aparecen en la tabla por $\sqrt{2}$ (~1.414)
5. Para frecuencias mayores a 10 GHz, los valores de E², H² y de la Densidad de potencia equivalente de onda plana (S) deben ser promediados sobre cualquier periodo de $\frac{68}{f^{1.05}}$ min, con f en GHz

Escenario de exposición	Intervalo de frecuencias	Intensidad de campo eléctrico (E) $\frac{V}{m}$ (valor eficaz)	Intensidad de campo magnético (H) $\frac{A}{m}$ (valor eficaz)	Densidad de potencia de onda plana equivalente (S) $\frac{W}{m^2}$
	0.15 MHz – 1 MHz	87	$\frac{0.73}{f}$	-
	1 MHz- 10 MHz	$\frac{87}{f^{\frac{1}{2}}}$	$\frac{0.73}{f}$	-
	10 MHz- 400 MHz	28	0.073	2
	400 MHz – 2000 MHz	$1.375f^{\frac{1}{2}}$	$0.0037f^{\frac{1}{2}}$	$\frac{f}{200}$
	2 GHz- 300 GHz	61	0.16	10

Al respecto, en dicha disposición se establece que cada estación de radiocomunicación o fuente emisora durante su despliegue y operación debe observar de manera obligatoria los límites de referencia de exposición máxima para seres humanos a radiaciones electromagnéticas de radiofrecuencia no ionizante establecidos en la tabla 10. Adicionalmente, se prevé que las estaciones de radiocomunicación o fuentes emisoras que tengan una PIRE de 2 Watts o menor se consideren inherentemente conformes. (DT07, 2020)

Cálculo y método de prueba

La evaluación de los niveles de exposición máxima en el entorno que rodea a la estación de radiocomunicación o fuente emisora considerando la distancia de cumplimiento debe realizarse mediante cálculos y/o mediciones, en la región de campo cercano o de campo lejano, dependiendo donde se encuentra la zona de exposición al público en general.

Así las cosas, se observa que un parámetro importante es la distancia de cumplimiento, definida como distancia mínima de la estación de radiocomunicación o fuente emisora hacia el punto de investigación, a partir de la cual los niveles de radiaciones electromagnéticas de radiofrecuencias no ionizantes se consideran en cumplimiento con los límites de referencia de exposición máxima a

radiaciones CEM establecidas en la referida DT07. Ahora bien, dicha distancia de cumplimiento se encuentra definida en términos de la PIRE y la frecuencia de operación de la estación de radiocomunicación o fuente emisora; por lo que en el caso de que se tuviera que actualizar las restricciones básicas o los límites de referencia, dicha distancia seguiría siendo la misma. Esto es, la distancia de cumplimiento es la única para una fuente de emisión, con independencia del límite de exposición que se deba cumplir en referida distancia.

Por otro lado, el método de prueba establecido en la DT07 considera, de forma general, la posibilidad de realizar cálculos para determinar la densidad de potencia S tanto en campo cercano como lejano, en el caso de fuentes únicas, así como la suma ponderada de las densidades de potencias asociadas a espacios con múltiples fuentes emisoras, de igual forma considera la realización de mediciones de campos eléctricos, magnéticos y densidades de potencia a través del uso de un sistema de medición. Así, los resultados, en su caso, de los cálculos o de las mediciones se deben contrastar con los valores establecidos en la tabla de límites de referencia, los cuales son consistentes con los niveles de referencia de la ICNIRP 1998.

Ahora bien, con la intención de ahondar en el impacto de los nuevos lineamientos de la ICNRP respecto de los límites establecidos en la DT07, se presenta la siguiente tabla comparativa que contiene los límites de referencia, entendidos como **niveles de referencia** en el contexto de la ICNIRP.

Tabla 11 Comparación entre los niveles de referencia de ICNIRP 2020 y 1998⁴⁹

ICNIRP 2020			ICNIRP 1998			
Escenario de exposición	Intervalo de frecuencias	Densidad de Energía Incidente $U_{inc} \frac{kJ}{m^2}$	Intervalo de frecuencias	Intensidad de campo eléctrico (E) $\frac{V}{m}$ (valor eficaz)	Intensidad de campo magnético (H) $\frac{A}{m}$ (valor eficaz)	Densidad de potencia de onda plana equivalente (S) $\frac{W}{m^2}$
Público en general	100 kHz a 400 MHz	N/A	100 KHz- 150 kHz	87	5	-
	>400 – 2000 MHz	$0.058 f_M^{0.86} \times 0.36 \left[0.05 + 0.95 \left(\frac{t}{360} \right)^{0.5} \right]$	0.15 MHz – 1 MHz	87	$\frac{0.73}{f}$	-
	>2 a 6 GHz	$40 \times 0.36 \left[0.05 + 0.95 \left(\frac{t}{360} \right)^{0.5} \right]$	1 MHz- 10 MHz	$\frac{87}{f^{\frac{1}{2}}}$	$\frac{0.73}{f}$	-

⁴⁹ Elaboración propia con información de (DT07, 2020) e (ICNIRP, 2020)

ICNIRP 2020			ICNIRP 1998			
>6 a <300 GHz	55 $f_G^{0.177} \times 0.36 \left[0.05 + 0.95 \left(\frac{t}{360} \right)^{0.5} \right]$					
300 GHz	$20 \times 0.36 \left[0.05 + 0.95 \left(\frac{t}{360} \right)^{0.5} \right]$	10 MHz- 400 MHz	28	0.073	2	
		400 MHz – 2000 MHz	$1.375 f^{\frac{1}{2}}$	$0.0037 f^{\frac{1}{2}}$	$\frac{f}{200}$	
		2 GHz- 300 GHz	61	0.16	10	

De la comparaci3n de la tabla 11, se presentan los siguientes hallazgos:

- En los lineamientos de la ICNIRP 1998 los niveles de referencia para los diversos intervalos de frecuencia, consideraban la Intensidad de Campo Eléctrico E, la Intensidad de Campo Magnético H y la Densidad de Potencia de Onda Plana, mientras que en los lineamientos ICNIRP 2020 consideran solo la Densidad de Energía Incidente U_{inc} calculada como la integral desde una temperatura t_1 a t_2 de la Densidad de Potencia S, que resulta de la siguiente formula:

$$U_{inc} = \int_{t_1}^{t_2} S_{inc}(d)dt$$

En otras palabras, los nuevos lineamientos establecen los niveles de referencia en términos de la **densidad de energía incidente**, entendiendo la energía como la capacidad para realizar un trabajo, en este caso, radiar un sistema, sustancia o regi3n del espacio. A diferencia de la densidad de potencia de onda incidente entendida como la velocidad a la que se realiza un trabajo específico o a la que se transmite la energía (Energy, s.f.). Así, si bien las restricciones básicas en ambas versiones de los lineamientos de la ICNIRP no presentan modificaciones, sí hay modificaciones en términos de los niveles de referencia y estos se traducen a una integraci3n/suma desde el tiempo uno al tiempo dos de la densidad de potencia.

En estos términos, el referido cambio podría considerarse como un área de oportunidad para mejorar/actualizar la DT07, sin que lo anterior signifique que los niveles vigentes sean contrarios a los lineamientos ICNIRP 2020, toda vez que los niveles de referencia de 1998 fueron establecidos para cumplir con las restricciones básicas, y estas no tienen variaciones en las versiones analizadas.

- Los lineamientos de la ICNIRP 1998 considera 6 intervalos de frecuencias para los que se presentan diferentes valores de los niveles de referencia, mientras que en los lineamientos de 2020 se presentan 5 intervalos de frecuencias, en ambos casos para el intervalo de frecuencias de 100 kHz a 300 GHz.

Al respecto, como se se al3 en la secci3n de efectos adversos, en los lineamientos de 2020 se plantean nuevos intervalos de frecuencias, en funci3n de los efectos adversos identificados, por lo que, al igual que el cambio de densidad de potencia a energía incidente es un área de oportunidad para la DT07.

Por otro lado, la DT07 establece los métodos de prueba en términos de concordancia con Normas Internacionales, en consecuencia, en la siguiente tabla se presenta un breve análisis sobre la vigencia y cambios de dichas normas.

Tabla 12 Normas internacionales concordantes con el método de prueba de la DT07 y su vigencia⁵⁰

Norma concordante con los métodos de prueba de la DT07	Actualización
<p>UIT- T K.52 "Orientación sobre el cumplimiento de los límites de exposición de las personas a los campos electromagnéticos". 13 enero de 2018 Obsoleta</p>	<p>UIT-T K.52 "Guidance on complying with limits for human exposure to electromagnetic fields". (UITb, 2021) En esta versión ya no se incluyen las restricciones básicas ni los niveles de referencia de la ICNIRP, sino que se hace referencia a que se deben observar los límites que establezca la ICNIRP. Existen precisiones técnicas pero el procedimiento de prueba es el mismo. En vigor.</p>
<p>UIT-T K.70. "Técnicas de mitigación para limitar la exposición de las personas a los CEM en cercanías a estaciones de radiocomunicaciones". 25 de mayo de 2018 Obsoleta</p>	<p>UIT-T K.70 "Técnicas para limitar la exposición humana a los campos electromagnéticos en cercanías a estaciones de radiocomunicación. Diciembre 2020. En vigor. La principal mejora de esta norma respecto de la de 2018 es el desarrollo de un software para estimar los CEM que implementan la metodología para evaluar la exposición acumulativa (total) en la vecindad de las fuentes emisoras y para identificar la principal fuente de radiación. Particularmente, la recomendación de mérito refiere una aplicación para cualquier límite de exposición, sin embargo, para la elaboración de los ejemplos de cálculos emplean los límites de la ICNIRP 2020.</p>
<p>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". 13 de enero de 2018. Vigente</p>	<p>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". 13 de enero de 2018. Sin cambios. Vigente</p>

⁵⁰ Elaboración propia.

<p>UIT-T K.91. "Orientaci3n para la valoraci3n, la evaluaci3n y el monitoreo de la exposici3n de las personas a los campos electromagnéticos de radiofrecuencias". 13 de enero de 2018. Obsoleta</p>	<p>UIT-T K.91. "Orientaci3n para la valoraci3n, la evaluaci3n y el seguimiento de la exposici3n humana a los campos electromagnéticos de las radiofrecuencias". 13 de enero de 2022. Vigente</p> <p>Los cambios más relevantes refieren a la incorporaci3n de los métodos de prueba para medir el nivel de exposici3n humana a los campos electromagnéticos de las radiofrecuencias derivados del uso de tecnologías como 5G, así como un análisis comparativo entre los límites de exposici3n de la ICNIRP para el público en general y exposici3n ocupacional.</p>
--	--

De lo anterior, se observa que, si bien los cambios en la normativa internacional concordante no son de gran impacto para los métodos de prueba de la DT07, sí resulta importante que, en su momento, se considere la actualizaci3n de la DT07 tanto en límites de referencia, como en los intervalos de frecuencias, además de establecer la posibilidad del uso de software para realizar los cálculos correspondientes.

VIII. DISPOSICIÓN TÉCNICA IFT-012-2019: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA EL CUMPLIMIENTO DE LOS LÍMITES MÁXIMOS DE EMISIONES RADIOELÉCTRICAS NO IONIZANTES DE LOS PRODUCTOS, EQUIPOS, DISPOSITIVOS O APARATOS DESTINADOS A TELECOMUNICACIONES QUE PUEDEN SER CONECTADOS A UNA RED DE TELECOMUNICACIONES Y/O HACER USO DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO. ÍNDICE DE ABSORCIÓN ESPECÍFICA (SAR)

En el mismo sentido que la DT07, el Instituto tomó como base los límites máximos de emisiones radioeléctricas no ionizantes establecidos por la ICNIRP en 1998 para emitir la Disposición Técnica 012-2019, “Especificaciones técnicas para el cumplimiento de los límites máximos de emisiones radioeléctricas no ionizantes de los productos, equipos, dispositivos o aparatos destinados a telecomunicaciones que pueden ser conectados a una red pública de telecomunicaciones y/o hacer uso del espectro radioeléctrico. Índice de Absorción Específica (SAR)”, en lo sucesivo DT012 (IFTDT012, 2019) y cuyo objetivo es establecer que:

- a) Los productos, equipos, dispositivos o aparatos destinados a telecomunicaciones que pueden ser conectados a una red de telecomunicaciones y/o hacer uso del espectro radioeléctrico, que se utilicen cerca de la cabeza, particularmente cerca del oído, cumplan con los límites básicos de exposición de emisiones radioeléctricas no ionizantes en el intervalo de frecuencias de 300 MHz a 6 GHz, y
- b) Los productos, equipos, dispositivos o aparatos destinados a telecomunicaciones que pueden ser conectados a una red de telecomunicaciones y/o hacer uso del espectro radioeléctrico, que se utilicen a una distancia menor o igual a 200 mm del cuerpo humano,

cumplan con los límites básicos de exposición de emisiones radioeléctricas no ionizantes en el intervalo de frecuencias de 30 MHz a 6 GHz.

Con lo anterior, se busca garantizar que los productos, equipos, dispositivos o aparatos destinados a telecomunicaciones que pueden ser conectados a una red de telecomunicaciones y/o hacer uso del espectro radioeléctrico que:

- a) Se utilicen cerca de la cabeza, particularmente cerca del oído, y
- b) Se utilicen a una distancia menor o igual a 200 mm del cuerpo

Cumplan con los límites básicos de exposición de emisiones radioeléctricas no ionizantes en el intervalo de frecuencias de 300 MHz a 6 GHz y 30 MHz a 6 GHz, respectivamente.

En este contexto, dicha disposición establece los siguientes límites básicos, conocidos también como restricciones básicas en el contexto de los lineamientos de la ICNIRP 1998.

Tabla 13 Límites básicos de exposición máxima⁵¹

Tipo de exposición	Intervalo de frecuencias	Densidad de corriente en la cabeza y el tronco $\frac{mA}{m^2}$	SAR promedio en todo el cuerpo $\frac{W}{kg}$	SAR localizado en la cabeza y el tronco $\frac{W}{kg}$	SAR localizado en las extremidades $\frac{W}{kg}$	Densidad de potencia de onda plana equivalente $\frac{W}{m^2}$
Público en general	30 MHz a 6 GHz	-	0.08	2	4	-

Notas:

1. Debido a que el cuerpo humano no es eléctricamente homogéneo, las densidades de corriente deben ser promediadas sobre una sección transversal de 1 cm², perpendicular a la dirección de la corriente.
2. Todos los valores del SAR deben ser promediados sobre cualquier periodo de 6 minutos.
3. El SAR localizado se promedia sobre un volumen de tejido continuo que contenga 10 gramos de masa. El máximo valor del SAR que se obtenga de esta forma en cualquier zona de la cabeza particularmente cerca del oído, es el que se

⁵¹ Elaboración propia con información de (IFTDT012, 2019)

utiliza para determinar si se exceden los límites de la presente tabla. En el intervalo de frecuencias de 0.3 a 6 GHz, para exposición localizada en la cabeza, se adiciona un límite más en donde la absorción específica de energía (SA) promediada sobre 10 gramos de tejido no debe exceder de 2 mJ/kg para exposición del público en general. Esto es con el fin de evitar un efecto auditivo causado por la expansión de cierto tejido cerebral debido a pequeños y rápido cambios de temperatura, los cuales producen una onda que se transmite al oído interno.

Cálculos y métodos de prueba

El método de prueba establecido en la DT012 considera un procedimiento general para medir el SAR ( ndice de Absorción específica) que, matemáticamente, es la derivada respecto del tiempo del incremento de energía (dW) absorbida (disipada) en un incremental de masa (dm).

$$SAR = \frac{d}{dt} \frac{dW}{dm} = \frac{d}{dt} \left(\frac{1}{\rho_m} \frac{dW}{dV} \right)$$

En términos generales el SAR es el índice con el cual la energía electromagnética se absorbe en los tejidos del cuerpo expresado en $\frac{W}{kg}$ y se puede calcular mediante las siguientes fórmulas (IFTDT012, 2019):

$$SAR = \frac{\sigma E^2}{\rho_m}$$

$$SAR = c \frac{dT}{dt}$$

$$SAR = \frac{J^2}{\rho_m \sigma}$$

En dónde:

$$\sigma = \text{conductividad del tejido corporal en } \frac{S}{m}$$

$$\rho_m = \text{densidad de masa } \frac{kg}{m^3}$$

$$c = \text{capacidad térmica del tejido corporal en } \frac{J}{kg^\circ C}$$

$$E = \text{Intensidad de campo eléctrico en el tejido corporal } \frac{V}{m}$$

$\frac{dT}{dt}$ = derivada con respecto al tiempo de la temperatura del tejido corporal en $\frac{^{\circ}\text{C}}{\text{s}}$

J = el valor de la densidad de corriente inducida en el tejido corporal en $\frac{\text{A}}{\text{m}^2}$

En otras palabras, el SAR es el coeficiente o medida de la cantidad de energía de radiofrecuencia que es absorbida por los tejidos en el cuerpo humano⁵² al utilizar un equipo que emite radiofrecuencias, por ejemplo, un teléfono móvil, en watt por kilogramo $\frac{\text{W}}{\text{kg}}$, es decir, cantidad de Watts de energía que absorbe el cuerpo humano por cada kilogramo de masa corporal específica para una determinada fuente de energía electromagnética, con esta idea, se mide la potencia de radiación que penetra al cuerpo humano y depende de la potencia de transmisión del equipo, la antena que utiliza, entre otras cosas. (G, 2015)

Ilustración 11 Efectos del SAR en el cuerpo humano⁵³



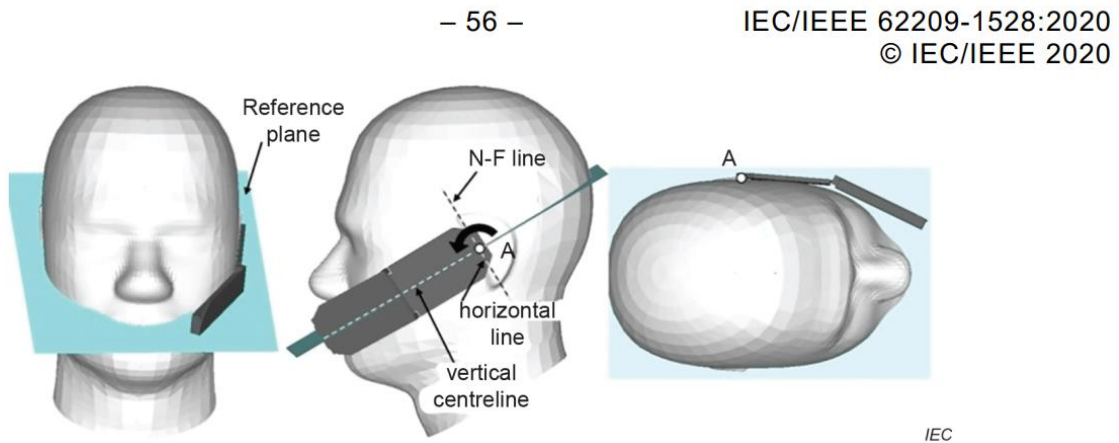
No obstante, el SAR interno no se puede medir directamente en el cuerpo, sino que se estima por cálculos teóricos y a través de modelos estandarizados de la cabeza y del cuerpo humanos, llenos con líquidos que simulan las características de absorpci n de radiofrecuencia de los diferentes tejidos humanos. Para determinar si los aparatos/dispositivos o equipos se adecuan a los límites de referencia, de acuerdo con la DT012, estos son sometidos a pruebas mientras que operan a su

⁵² Al respecto, el grado de absorpci n de las radiaciones electromagnéticas no ionizantes depende de múltiples factores, tales como, la frecuencia de operación del equipo inal mblico, la intensidad y la polarización de la señal de comunicación; así como del tipo de tejido sobre el cual incide.

⁵³ Fuente: (G, 2015)

máxima potencia, en todas las bandas en las que opera y en varias posiciones específicas apuntando a la cabeza y acuerpo de un maniqu , para simular la forma t pica en que diferentes usuarios sostienen los dispositivos, incluyendo a cada lado de la cabeza.

Ilustración 12 Posiciones de prueba para determinar el valor del SAR⁵⁴



Para determinar el cumplimiento con las pautas para SAR en cada dispositivo, estos se colocan con precisión, en varias posiciones comunes, cerca de la cabeza y del cuerpo. Y una sonda robótica efectúa una serie de mediciones del campo eléctrico en ubicaciones específicas precisas, con base en un diseño cuadrulado, en la cabeza y el torso del maniqu . (FCCSAR, 2017)

Ahora bien, la DT012 plantea el siguiente método de prueba para validar el cumplimiento de los dispositivos bajo prueba respecto de los límites básicos de exposición máxima a campos electromagnéticos.

⁵⁴ Fuente: (IEC/IEEE, 2020)

Ilustraci3n 13 Diagrama de bloques de pruebas a realizar⁵⁵

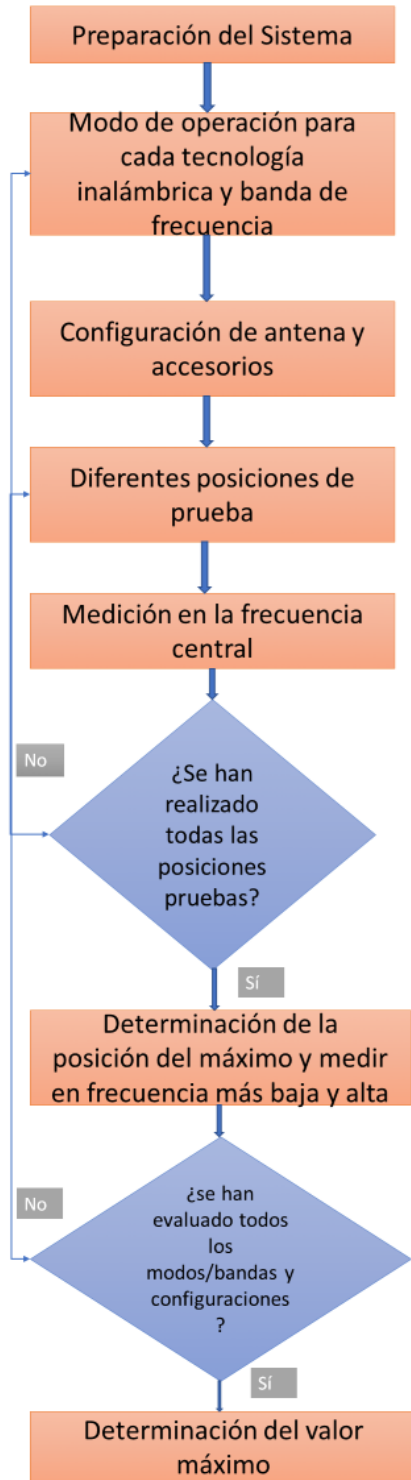
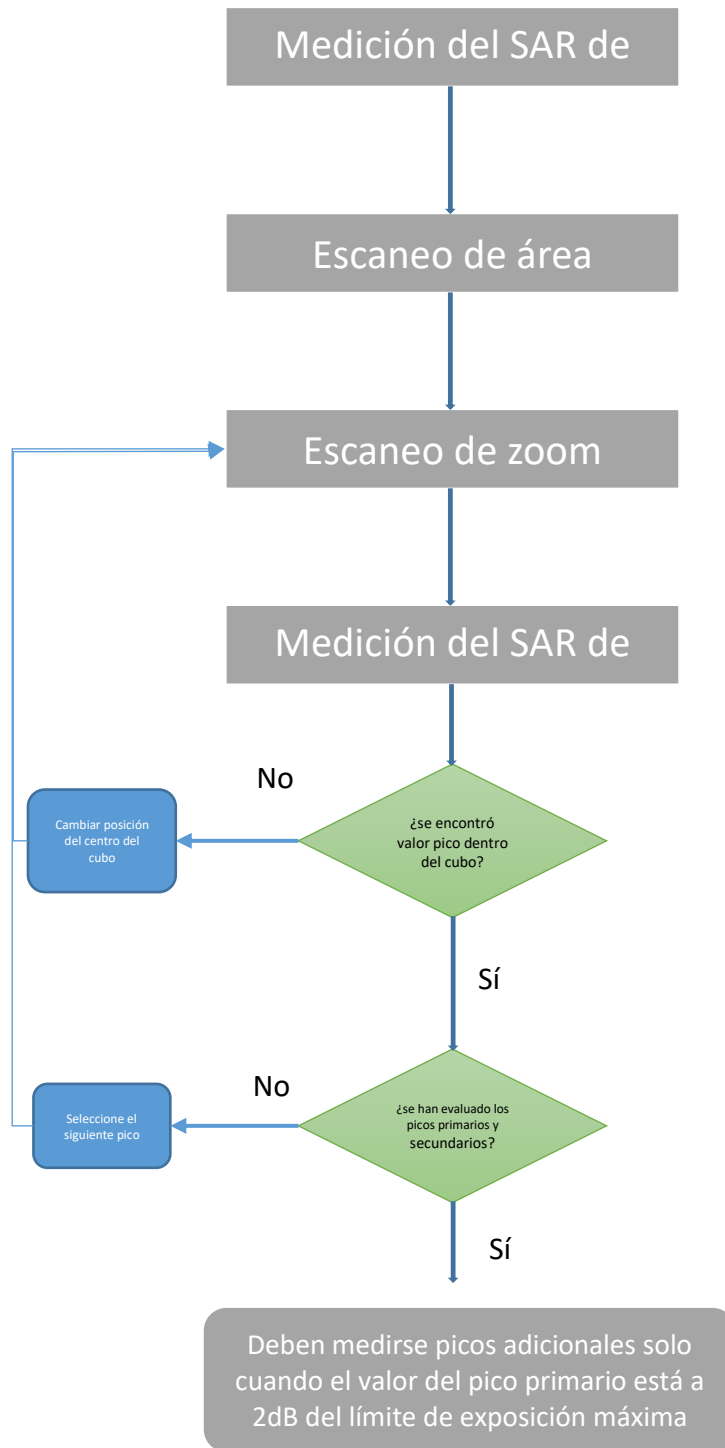


Ilustración 14 Procedimiento general de medición del SAR⁵⁶



⁵⁵ Elaboración propia, con información de (IFTDT012, 2019)

⁵⁶ Elaboración propia, con información de (IFTDT012, 2019)

En este contexto, en la siguiente tabla se presenta una comparativa respecto de los límites de exposición máxima establecidos en la DT012 y los establecidos en los lineamientos ICNIRP 2020.

Tabla 14 Comparación de las restricciones básicas establecidas en la DT012 y los lineamientos de la ICNIRP 2020⁵⁷

Límites de exposición máximos establecidos en la DT012, alineados con la ICNIRP 1998							Restricciones básicas ICNIRP 2020				
Tipo de exposición	Intervalo de frecuencias	Densidad de corriente en la cabeza y el tronco $\frac{mA}{m^2}$	SAR promedio en todo el cuerpo $\frac{W}{kg}$	SAR localizado en la cabeza y el tronco $\frac{W}{kg}$	SAR localizado en las extremidades $\frac{W}{kg}$	Densidad de potencia de onda plana equivalente $\frac{W}{m^2}$	Intervalo de frecuencias	SAR promediado en todo el cuerpo $\frac{W}{kg}$	SAR localizado en Cabeza/torso $\frac{W}{kg}$	SAR local en miembro $\frac{W}{kg}$	S _{ab} local $\frac{W}{m^2}$
Público en general	30 MHz a 6 GHz	-	0.08	2	4	-	100 KHz a 6 GHz	0.08	2	4	N/A
Nota: N/A significa No aplicable y no es necesario tomarlo en cuanto se determina el cumplimiento							>6 GHz a 300 GHz	0.08	N/A	N/A	20

⁵⁷ Elaboración propia, con información de (ICNIRP, 2020) y (IFTDT012, 2019)

De la comparación de la tabla 14, se observa que las restricciones básicas en el intervalo de 30 MHz a 6 GHz siguen siendo las mismas para el SAR promedio en todo el cuerpo, SAR localizado en tronco y cabeza, SAR localizado en extremidades y la Densidad de potencia de onda plana equivalente. Pero, el SAR promedio en todo el cuerpo debe ser calculado en un periodo de 30 minutos, a diferencia de los SAR localizados que deben ser calculados sobre un periodo de 6 minutos.

No obstante, se observa que en los lineamientos de la ICNIRP 2020 se presentan restricciones básicas para el intervalo de frecuencias que va de **6 GHz a 300 GHz**. Lo anterior, de acuerdo con la ICNIRP, derivado de la necesidad de establecer límites de exposición máxima a radiaciones CEM para dispositivos que se hagan uso de nuevas tecnologías como 5G. En este contexto, parece razonable empezar a esbozar una disposición técnica para el referido intervalo de frecuencias, con la intención de facilitar el proceso de adopción de los dispositivos destinados para 5G, o en su caso, ampliar el alcance de la DT012. Lo anterior, en el caso de que el Instituto este considerando la asignación de la banda de frecuencias de 6GHz o más para servicios de 5G.

Por otro lado, la DT012 contempla métodos de prueba alineados con normativa internacional, tal y como se señala en la siguiente tabla.

Tabla 15 Concordancia con normas internacionales y actualizaciones⁵⁸

Norma internacional concordante	Actualización
IEC 62209-1: "Measurement procedure for the assessment of specific absorption rate of human exposure to radio frequency fields from hand-held and body-mounted Wireless communication devices- Part1: Devices used next to the ear (Frequency range of 300 MHz to 6 GHz). "Ed.2. agosto de 2016. Obsoleta	Fue reemplazada por la IEC/IEEE 62209-1528:2020 "Measurement procedure for the assessment of specific absorption rate of human exposure to radio frequency fields from hand-held and body-worn wireless communication device- Human models, instrumentation and procedures (Frequency range of 4 MHz to 10 GHz). Los cambios más significantes refieren a: <ul style="list-style-type: none"> a) Ampliación del intervalo de frecuencias desde 4 MHz y hasta 10 GHz; b) Realización de mediciones con sensores de proximidad; c) Aplicación maniqués específicos;

⁵⁸ Elaboración propia, con información de (IFTDT012, 2019)

Norma internacional concordante	Actualizaci3n
	<p>d) Especificaciones del soporte del equipo bajo prueba;</p> <p>e) Procedimientos rápido de pruebas SAR;</p> <p>f) Procedimientos de reducci3n de ensayos;</p> <p>g) Procedimiento de evaluaci3n de la tecnología LTE;</p> <p>h) Revisi3n de la cláusula de validaci3n, incluidas las antenas de validaci3n.</p> <p>i) Revisi3n del procedimiento de evaluaci3n SAR;</p> <p>j) Procedimiento de medici3n SAR con promedio de tiempo, y</p> <p>k) Análisis de la incertidumbre.</p>
<p>IEC 62209-2: "Human exposure to radio frequency fields from hand-held and body-mounted Wireless communication devices- Human models, instrumentation, and procedures- Part. 2: Procedure to determine the specific absorption ratio (SAR) for Wireless communication devices used in close proximity to the human body (frequency range of 30 MHz to 6 GHz). "Ed. 1. marzo de 2010. Obsoleta</p>	<p>Fue reemplazada por la IEC/IEEE 62209-1528:2020 "Measurement procedure for the assessment of specific absorption rate of human exposure to radio frequency fields from hand-held and body-worm wireless communication device- Human models, instrumentation and procedures (Frequency range of 4 MHz to 10 GHz). Los cambios más significantes refieren a:</p> <p>a) Ampliaci3n del intervalo de frecuencias desde 4 MHz y hasta 10 GHz;</p> <p>b) Realizaci3n de dispositivos con sensores de proximidad;</p> <p>c) Aplicaci3n maniquíes específicos;</p> <p>d) especificaciones del soporte del equipo bajo prueba;</p>

Norma internacional concordante	Actualizaci3n
	e) Procedimientos rápido de pruebas SAR; f) procedimientos de reducci3n de ensayos; g) Procedimiento de evaluaci3n de la tecnología LTE; h) Revisi3n de la cláusula de validaci3n, incluidas las antenas de validaci3n; i) Revisi3n del procedimiento de evaluaci3n SAR; j) Procedimiento de medici3n SAR con promedio de tiempo, y k) Análisis de la incertidumbre.
International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, "Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz)". HEALTH PHYSICS 74 (4):494-522. 1998. Obsoleta	Fue reemplazada por: International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, "Guidelines for limiting exposure to electromagnetic fields (100 kHz to 300 GHz). Health Physics 118(5): 483-524;2020 ⁵⁹

De lo anterior, se observa que las tres normas internacionales concordantes con los métodos de prueba y los límites de exposici3n máxima a radiaciones no ionizantes **se encuentran obsoletas**, no obstante que las restricciones básicas en términos de SAR siguen siendo los mismos valores. En este caso, a diferencia de la DT07, el método de prueba para evaluar el SAR, debido a su dificultad, ha sido estudiado y mejorado en el ámbito internacional. Dichas mejoras est n consideradas en la norma internacional "*Measurement procedure for the assessment of specific absorption rate of human exposure to radio frequency fields from hand-held and body-mounted wireless communication*

⁵⁹ Los cambios respecto de las dos versiones de los lineamientos de la ICNIRP de 1998 y 2020 serán discutidos en un apartado independiente, debido a la importancia.

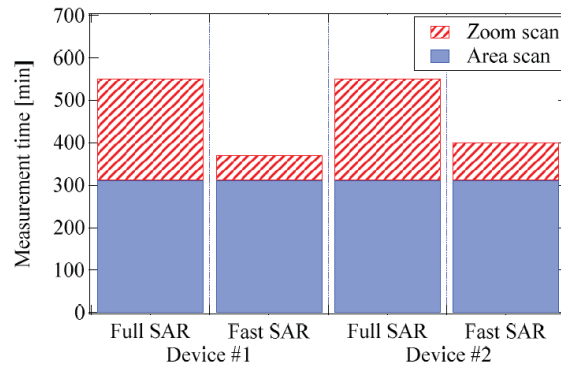
devices- Part 1528: Human models, instrumentation, and procedures (Frequency range of 4 MHz to 10 GHz). (IEC/IEEE, 2020).

En línea con lo anterior, la reducción del número de ensayos del método de prueba incluye un método llamado *Fast SAR* u otras variantes de este como SAR lite desarrollados principalmente para la aplicación más sencilla en cualquier etapa de la producción de un dispositivo inalámbrico. Dichos métodos permiten una considerable reducción del tiempo de realización de pruebas, mientras que señalan mantener una precisión “buena”.

En términos generales, una preocupación regulatoria radica en la determinación de permitir o no el uso métodos de prueba como el *Fast SAR*, pues si bien el método completo (Full SAR) toma un tiempo considerable largo para determinar el SAR promedio pico espacial, es el método que “asegura” el cumplimiento del dispositivo bajo prueba con las restricciones básicas. Sin embargo, un grupo de investigadores de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Niigata en Japón realizaron un estudio titulado “*Comparisons of SAR Values Measured between Fast and Full Measurement Procedures for Cellular Phones*” en el que comparan los valores del SAR pico promedio obtenidos a partir de la aplicación del método completo de SAR establecido en la IEC 62209-1 y el *Fast SAR* establecido en la misma norma. Al respecto, (Yuto Shimizu, 2019) señala que la diferencia entre los valores del SAR más altos (picos) obtenidos por cada método estuvo dentro del intervalo de **incertidumbre del 22%**, asimismo, advierten que la aplicación del *Fast SAR* podría reducir aproximadamente en un **30%** el tiempo en la realización de las pruebas. (Yuto Shimizu, 2019)

Particularmente, sobre la disminución del tiempo de realización de pruebas (Yuto Shimizu, 2019) presentan la siguiente gráfica, en la que se muestra que una prueba de SAR completo/tradicional puede durar alrededor de **550 minutos (9 h)**, mientras que las pruebas usando la metodología *Fast SAR* tarda un poco menos de **400 minutos (6h)**⁶⁰.

⁶⁰ Los equipos bajo prueba fueron equipos que operan bajo la tecnología LTE.

Ilustraci3n 15 Tiempos de medici3n para FAST y FULL SAR⁶¹

Así, las autoridades regulatorias se ven en la necesidad de evaluar el impacto del proceso de la evaluaci3n de la conformidad en términos de los tiempos y la precisi3n del procedimiento para asegurar el cumplimiento de los límites de exposici3n máxima para CEM en dispositivos bajo prueba, particularmente ante el incremento del uso de dichos dispositivos con la inminente adopci3n de tecnologías 5G.

⁶¹ Fuente: (Yuto Shimizu, 2019)

IX. ECOSISTEMA DE LA EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD

La manera en que las regulaciones son implementadas y cómo se asegura y promueve su cumplimiento son determinantes para evaluar si un sistema regulatorio funciona como lo planeado (OCDE, 2019). Lo anterior adquiere una dimensión mayor cuando las regulaciones se asocian con la protección de la salud humana.

Por otra parte, de acuerdo con la Secretaría de Economía, la evaluación de la conformidad es la determinación del grado de cumplimiento con las normas oficiales mexicanas o la conformidad con las normas mexicanas, las normas internacionales u otras especificaciones, prescripciones o características (Economía, 2010). En este contexto, el Instituto cuenta con un ecosistema de evaluación de la conformidad para la determinación del grado de cumplimiento de diversas disposiciones técnicas, entre estas la DT07 y la DT012.

Al respecto, el ecosistema de evaluación de la conformidad para las DT07 y DT012 incluye laboratorios de prueba, unidades de verificación, organismos de certificación y peritos, además de las capacidades de supervisión y verificación del propio Instituto. Por ello, es importante considerar cómo ha sido el proceso de construcción de este ecosistema a partir de la emisión y subsecuente entrada en vigor de dichas disposiciones en el caso de una actualización.

Como se ha mostrado a lo largo de la presente investigación, la regulación en materia de radiaciones electromagnéticas no ionizantes presenta retos importantes asociados con la dificultad para la determinación, ya sea a través de cálculos o mediciones, de los niveles de exposición a radiaciones electromagnéticas no ionizantes, por lo que los actores del proceso de evaluación de la conformidad necesitan un alto grado de especialización en recursos humanos y equipos. Lo anterior, hace necesario que el Instituto y, particularmente la Unidad de Cumplimiento, cuente con el personal técnico especializado no solo para realizar labores de monitoreo del espectro, sino de aquel personal enfocado en la determinación del SAR. En consecuencia, un cambio, por mínimo que este sea, en el menor de los casos, requerirían de nuevos permisos y autorizaciones y en el peor escenario de capacitación y/o compra de nuevos equipos.

Para ilustrar lo anterior, se presentan algunos datos⁶² sobre el ecosistema de evaluación de la conformidad para la DT012 y DT07:

- A la fecha, en México, hay solo tres laboratorios de prueba autorizados por el Instituto para la realización de pruebas de la DT012^{63,64};
- No existen Unidades de Verificación autorizadas por el Instituto para realizar las mediciones previstas en la DT07;
- Al 31 de agosto de 2022, el Instituto ha emitido un total de **1145** certificados de homologación para equipos/dispositivos en cumplimiento a la DT012, y
- Se cuenta con un total de **13087** estaciones de radiocomunicación o fuentes de emisión que presentaron el cálculo en línea con la DT07 al inicio de sus operaciones.

En este contexto, se advierte la necesidad de incrementar las capacidades del ecosistema de evaluación de la conformidad, primero para asegurar que tanto las nuevas fuentes emisoras como las que ya se encontraban operando a la entrada en vigor de la DT07 cumplan con los límites de exposición máxima a radiaciones electromagnéticas no ionizantes. En este contexto, resulta oportuno, por ejemplo, la realización de un análisis asociado con los motivos por los que no existen Unidades de Verificación autorizadas por el Instituto. Aunado a lo anterior, se podría explorar la posibilidad de ampliar las capacidades técnicas de la Unidad de Cumplimiento del propio Instituto, con la intención de realizar más mediciones de los niveles de referencia en las zonas en las que se tenga una alta densidad de fuentes emisoras, tal es el caso de la CDMX⁶⁵.

Por lo que hace a la DT012 se advierte necesario un incremento en el número de laboratorios de prueba autorizados para realizar las mediciones previstas en los correspondientes métodos de pruebas, sobre todo para hacer frente a los escenarios futuros en relación con el crecimiento de dispositivos que, de forma inalámbrica, se conectarán a una red pública de telecomunicaciones, además de hacer uso del espectro radioeléctrico. Lo anterior podría ser incentivado a través de cursos de capacitación impartidos por el Instituto a laboratorios de pruebas que cuentan con autorización para la evaluación de la conformidad de otras disposiciones técnicas y que, potencialmente, estarían

⁶² Datos obtenidos a través de una solicitud mediante oficio IFT/230/CES/DGA-ITR/00/2022 a la Unidad de Concesiones y Servicios del Instituto Federal de Telecomunicaciones.

⁶³ La primera autorización se dio el 23 de febrero de 2021, al laboratorio ANCE. Prácticamente en el mismo mes de la entrada en vigencia de la DT012. Hay que recordar que la DT entró en vigencia un año después de su publicación en el DOF.

⁶⁴ Información disponible en: <https://www.ift.org.mx/industria/lista-de-laboratorios-de-prueba>

⁶⁵ En términos del artículo 43 del estatuto orgánico del IFT. La Unidad de Cumplimiento tiene a su cargo verificar que los concesionarios, autorizados y demás sujetos regulados cumplan con lo dispuesto en la Ley de Telecomunicaciones, las disposiciones que deriven de ella, así como las condiciones y obligaciones establecidas en los títulos de concesión, autorizaciones, resoluciones y acuerdos del Instituto y demás disposiciones aplicables en materia de telecomunicaciones y radiodifusión, como es el caso de las DT 07 y 012.

interesados en realizar las pruebas previstas en la DT012, además de buscar incentivos para la inversión en el ecosistema de evaluación de la conformidad. Aunado a lo anterior, el Instituto tendría que evaluar la pertinencia de permitir la realización de pruebas a través de métodos abreviados como el *Fast SAR*, con ello se podría reducir el costo de las pruebas y mejorar las condiciones comerciales para que, sin dejar de cumplir con los límites de exposición máxima a radiaciones electromagnéticas no ionizantes, los equipos o dispositivos del mercado mexicano sean evaluados en el país.

X. CONCLUSIONES

La preocupación sobre los efectos en la salud relacionados con la exposición a campos electromagnéticos ha acompañado a la evolución tecnológica. Sin embargo, en años recientes la población en general ha manifestado un interés particular debido a la proliferación de infraestructura de telecomunicaciones y radiodifusión, así como de dispositivos inalámbricos en los diversos entornos. Muestra de lo anterior, es el resultado del estudio realizado por Lahham y Ayyad en el que se advierte que la principal contribución a la exposición de radiación electromagnética media fue asociada al WiFi 2G (45%).

Al respecto, diversas autoridades regulatorias en materia de salud como la OMS han realizado esfuerzos por proveer de información con rigor científico a la población en general respecto de los posibles efectos adversos de las radiaciones electromagnéticas no ionizantes originadas por la exposición a estas. En este tenor, la OMS clasificó en 2013 a **los campos electromagnéticos de radiofrecuencia en el grupo 2B**, lo que significa que existe evidencia **limitada en humanos y evidencia menos que suficiente en animales de experimentación**, en ambos casos para carcinogenicidad.

Es importante mencionar que en esta misma clasificación (grupo 2B⁶⁶) se encuentra la exposición a la gasolina o la exposición al escape del motor y el aloe vera, entre otros⁶⁷. No obstante, la ICNIRP, organización científica sin fines de lucro y avalada por la propia OMS, establecida para evaluar el estado del conocimiento sobre los efectos de las radiaciones no ionizantes en la salud de los humanos, incluido el bienestar y el medio ambiente, desde su fundación ha proporcionado una base científica, asesoramiento y orientación sobre la protección contra los efectos adversos de las RNI, incluida la elaboración de directrices sobre la limitación de la exposición.

En este contexto, en el año 2020 la ICNIRP actualizó sus lineamientos previos cuyos cambios y diferencias ya se han discutido a lo largo de este documento. No obstante, es importante reiterar que los lineamientos de 2020 presentan un mayor grado de complejidad en su aplicación, al diferenciar entre condiciones de exposición de cuerpo entero, localizada, local por haces altamente focalizados y exposición breve para campos discontinuos, así como para la observación de diversas reglas, según se trate de exposición en campo lejano, campo cercano radiante o campo cercano reactivo.

⁶⁶ Actualmente, en la Agencia Internacional para la Investigación en Cáncer de la OMS, se tienen clasificados 319 agentes en el grupo 2B.

⁶⁷ Lista completa de agentes clasificados por la OMS en términos de su carcinogenicidad: <https://monographs.iarc.who.int/list-of-classifications>

Sobre esta línea, las restricciones básicas en ambas versiones de lineamientos (1998 y 2020) son las mismas, los cambios radican en una mejora en la precisión en la determinación de los niveles de referencia que son derivaciones que se basan en supuestos conservadores, en la mayoría de los escenarios de exposición, así los **niveles de referencia son más conservadores** que las restricciones básicas correspondientes. Lo anterior, supone una mayor protección de la salud de las personas, habida cuenta de que los niveles de referencia son las cantidades físicas que resultan más fácilmente medibles a diferencia de las restricciones básicas.

Al respecto, de acuerdo con Eric Van Rongen- presidente de la ICNIRP⁶⁸- los niveles de referencia de 1998 eran conservadores en la mayoría de los casos, y brindaban protección adecuada para las tecnologías actuales, no obstante, las nuevas directrices proporcionan una guía de exposición mejor y más detallada, en particular para el intervalo de frecuencia más alto, por encima de 6 GHz, lo cual es importante para las tecnologías 5G y futuras que usan estas frecuencias más altas.

Ahora bien, como se señaló en los apartados correspondientes, las Disposiciones técnicas 07 y 012 son instrumentos regulatorios emitidos por el Instituto en el marco del artículo 65 de la LFTR, con el objetivo de establecer los límites máximos de exposición a radiaciones electromagnéticas no ionizantes para fuentes emisoras (DT07) y dispositivos que se conecten a una red pública de telecomunicaciones o hagan uso del espectro radioeléctrico y se utilicen en la proximidad de la cabeza humana y/o a menos de 200 milímetros del cuerpo (DT012). En ambas disposiciones regulatorias los límites de exposición máximos, tanto las restricciones básicas como los niveles de referencia son concordantes con los lineamientos de la ICNIRP de 1998. En estos términos, del análisis comparativo realizado en el presente estudio, se advierte que, si bien las restricciones básicas son las mismas para ambas versiones de lineamientos de la ICNIRP y eso pareciera no afectar lo establecido en las referidas disposiciones técnicas, se considera necesario actualizar los instrumentos regulatorios de referencia antes del tiempo previsto para ello⁶⁹, es decir, antes de los 5 años de su entrada en vigor.

La emisión de las DT sobre límites de exposición de radiaciones electromagnéticas no ionizantes se dio después de un largo proceso de análisis basado en el principio de precaución regulatoria. Sin embargo y a pesar del gran esfuerzo realizado por el Instituto, la publicación de las DTs en comentó sucedió el mismo año en el que la referencia internacional concordante con dichas normas fue actualizada. Ahora bien, es preciso señalar que las DT en mención siguen siendo válidas en tanto las restricciones básicas establecidas como límites de referencia de exposición máxima se sigan cumpliendo por los sujetos/dispositivos obligados al cumplimiento de dichas disposiciones y de acuerdo con la vigencia establecida para tales efectos. Además, es preciso mencionar que en el

⁶⁸ Disponible en: <https://www.icnirp.org/>

⁶⁹ De acuerdo con el transitorio Quinto de la DT012, dicha disposición técnica será revisada por el Instituto al menos a los cinco años contados a partir de su entrada en vigor y dado que su entrada en vigor se dio el 27 de febrero de 2021, dicha revisión estaría prevista para 2026.

contexto internacional (Unión Europea) de 21 países que consideran los lineamientos de la ICNIRP en su regulación nacional, solo 4 (Dinamarca, Irlanda, Portugal y los Países Bajos) han actualizado su regulación en concordancia con los lineamientos de 2020⁷⁰.

Atinente a los métodos de prueba de las DT bajo análisis, también se advierte que su concordancia con normas internacionales resulta limitada, toda vez cerca del **85%** de dichas normas se encuentran obsoletas. Sin embargo, también del análisis realizado se desprende que los cambios a dichas normas se asocian mayormente con mejoras en términos de software para cálculos (DT07) y para el caso de la DT012 con: **i)** realización de mediciones con sensores de proximidad; **ii)** aplicación de maniqués específicos; **iii)** especificaciones del soporte de los equipos bajo prueba, y **iv)** procedimientos rápidos de pruebas SAR, entre otros. Así, los cambios mencionados no modifican de fondo los procedimientos de los métodos de prueba en su concepción general, pero sí buscan mejorarlos a través de la disminución principalmente de dos variables: **a)** incertidumbre y **b)** tiempo de realización de pruebas.

Debido a lo anterior, resulta necesario que, en el proceso de actualización de las disposiciones técnicas también se actualicen los métodos de prueba y que se analice la posibilidad de permitir la realización de pruebas con metodologías abreviadas como *Fast SAR* que, si bien podrían no ser del todo precisos como el método completo, sí permiten una reducción del tiempo de realización de pruebas. No es óbice señalar que dicha evaluación debe darse bajo un contexto en favor de los usuarios finales, además de considerar que los límites establecidos en las DTs de referencia ya consideran un factor de protección por debajo de los niveles que causan los efectos identificados en la exposición a NIR. En esta línea, es importante señalar que una disminución en la precisión del valor del SAR aceptable estaría en términos del uso, por ejemplo, de los niveles de referencia establecidos en los lineamientos de la ICNIRP 2020, toda vez que dichos niveles son más conservadores que las restricciones básicas correspondientes y de un programa de verificación del cumplimiento de estos límites por parte de la Unidad de Cumplimiento del Instituto, esto debido a que la vigilancia activa del cumplimiento de los límites del SAR establecidos para las fuentes emisoras en lo individual, podría contribuir a disminuir las emisiones radioeléctricas en su conjunto, tanto en campo como en los organismos encargados en la evaluación de la conformidad.

Otro elemento que es relevante en el proceso de actualización de las disposiciones técnicas es que ocurra de **forma oportuna** con el contexto regulatorio nacional y que presente una visión prospectiva, esto es, que ocurra antes de los 5 años previstos en los transitorios de las disposiciones técnicas de referencia, ya que para el caso de la DT07 la revisión estaría prevista para julio de 2025 y para la DT012 en febrero de 2026. Así, si bien no resulta urgente el inicio del proceso de revisión de las DT de referencia, sí se recomienda que, al menos, este comience en algún momento de este año.

⁷⁰ De acuerdo con información de (Kronegger, 2022)

Por otra parte, de los lineamientos de la INCIRP de 2020 se observa la incorporación de restricciones básicas y niveles de referencia para el intervalo de frecuencias de 6GHz a 300 GHz, intervalo de frecuencias que no está considerado en la DT012, por lo que se presentan dos escenarios:

- a) En el proceso de actualización, ampliar el alcance de la DT012 para que cubra el intervalo de frecuencias de 6 GHz a 300 GHz, o
- b) Se proponga una nueva disposición técnica para el intervalo de referencia.

En cualquiera de los dos casos, lo más importante es que la población en general tenga la certeza de que la tecnología 5G y la infraestructura inalámbrica asociada a dicha infraestructura cumple con los límites de exposición a radiaciones electromagnéticas no ionizantes. Lo anterior, en el caso de que la implementación de dicha tecnología en el contexto nacional se d  en dicho intervalo de frecuencias.

XI. REFERENCIAS

Adnan Lahham, H. A., 2019. Personal Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Fields Among Palestinian Adults. *Health Phys*, 4(117), pp. 396-402.

Arens, E. & Zhang, H., 2006. Skin's role in human thermoregulation and comfort.. *Thermal and moisture transport in fibrous materials*, p. 560–602.

Aschoff, J. & Wever, R., 1958. Kern und Schale im W rmehaushalt des Menschen. *Naturwissenschaften*, Issue 20, p. 477–487.

Barth, A. y otros, 2010. Effects of extremely low-frequency magnetic field exposure on cognitive functions: results of a meta-analysis.. *Bioelectromagnetics* , Issue 31, p. 173–179.

CDC, 2021. *Centers for Disease Control and Prevention*. [En línea] Available at: https://www.cdc.gov/nceh/radiation/ionizing_radiation.html [ ltimo acceso: 24 octubre 2022].

Cook, C., Saucier, D., Thomas, A. & Prato, F., 2006. Exposure to ELF magnetic and ELF-modulated radiofrequency fields: the time-course of physiological and cognitive effects observed in recent studies (2001–2005).. *Bioelectromagnetics*, Issue 27, p. 613– 627.

Cook, C., Thomas, A. & Prato, F., 2002. Human electrophysiological and cognitive effects of exposure to ELF magnetic and ELF modulated RF and microwave fields: a review of recent studies. *Human electrophysiological and cognitive effects of exposure to ELF magnetic and ELF modulated RF and microwave fields: a review of recent studies*, Volumen 23, pp. 144-157.

Crasson, M., 2003. 50 – 60 Hz electric and magnetic field effects on cognitive function in humans: a review.. *Radiat Protect*, Volumen 106, pp. 333-340.

Defrin, R., Shachal-Shiffer, M., Hadgadg, M. & Peretz, C., 2006. Quantitative somatosensory testing of warm and heat-pain thresholds: the effect of body region and testing method.. *Clinical J Pain*, Volumen 22, pp. 130-136.

DT07, 2020. *DT07 Límites de exposición máxima para seres humanos a radiaciones electromagnéticas de radiofrecuencia no ionizantes en el intervalo de 100 kHz a 300 GHz en el entorno de estaciones de radiocomunicación o fuentes emisoras*, s.l.: s.n.

DuBois, E., 1941. The temperature of the human body in health and disease. In: Temperature: its measurement and control in science and industry. *American Institute of Physics*, p. 24–40.

Economía, S. d., 2010. *Evaluación de la Conformidad*. [En línea] Available at: <http://www.2006-2012.economia.gob.mx/comunidad-negocios/normalizacion/nacional/evaluacion-de-conformidad#:~:text=La%20Evaluaci%C3%B3n%20de%20la%20conformidad,otras%20especificaciones%2C%20prescripciones%20o%20caracter%C3%ADsticas.> [Último acceso: 17 noviembre 2022].

Edwards, M., Saunders, R. & Shiota, K., 2003. Effects of heat on embryos and fetuses.. *Internat J Hyperthermia*, Volumen 19, p. 295–324.

Energy, P. a., s.f. *BYJU'S*. [En línea] Available at: <https://byjus.com/physics/power-and-energy-difference/#:~:text=Energy%20is%20the%20capacity%20to,Power%20is%20measured%20in%20watts.> [Último acceso: 14 noviembre 2022].

Escalante, J. M. d. C., 2005. Principio de precaución y medio ambiente. *Revista Española de Salud Pública*, 79(2), pp. 133-144.

FCCSAR, 2017. *SAR para teléfonos celulares: lo que significa para usted*. [En línea] Available at: <https://www.fcc.gov/consumers/guides/sar-para-telefonos-celulares-lo-que-significa-para-usted> [Último acceso: 08 noviembre 2022].

Forum, M. & W., 2020. [En línea] Available at: https://www.mwfai.org/docs/es/MWF_Viewpoint_ICNIRP_2020_SPN.pdf

Funahashi, D., Hirata, A., Kodera, S. & Foster, K., 2018. Area-averaged transmitted power density at skin surface as metric to estimate surface temperature elevation. *IEEE Access*, Volumen 6, p. 7665–77674.

G, A. F. R., 2015. Protocolo de pruebas para evaluar el SAR (Tasa de Absorción Específica) producido por terminales móviles. *Maskana, cedia*, pp. 119-217.

GSMA, 2019. *Espectro 5G. Posición de política pública de la GSMA*, s.l.: s.n.

GSMA, 2021. *EMF and Health*. [En línea] Available at: <https://www.gsma.com/publicpolicy/emf-and-health/emf-policy> [ ltimo acceso: 27 octubre 2022].

Hirata, A. y otros, 2013. The relationship between specific absorption rate and temperature elevation in anatomically based human body models for plane wave exposure from 30 MHz to 6 GHz.. *Phys Med Biol*, Volumen 58, p. 903–921.

IARC, 2000. *Radiación ionizante, Parte 1: Radiación X y gamma (γ) y neutrones*, Lyon, Francia: Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer.

IARC, 2001. *Radiación ionizante, Parte 2: Algunos radionucleidos depositados internamente*, Lyon, Francia: s.n.

IARC, 2002. *Radiación no ionizante, Parte 1: Campos eléctricos y magnéticos est ticos y de frecuencia extremadamente baja (ELF)*, Lyon, Francia: s.n.

IARC, 2013. *Non-ionizing radiation, Part II: Radiofrequency electromagnetic fields / IARC Working Group on the Evaluation*, Lyon: IARC.

IARC, 2022. *Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer*. [En línea] Available at: <https://monographs.iarc.who.int/monographs-available/> [ ltimo acceso: 12 Septiembre 2022].

Icabalzeta, J. C. C. & Gabriel E. Delgadillo Fernández, a. M. R. A., 2017. Evaluation of Non- Ionizing Radiation Emitted by FM Broadcasting and Free- to- Air TV Systems in the Municipality of El Crucero, Managua. *IEEE Global Humanitarian Technology Conference (GHTC)*, pp. 731-737.

ICNIRP, 1998. ICNIRP Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz). *Health Physics*, 4(74), pp. 494-522.

ICNIRP, 2003. Exposure to static and low frequency electromagnetic fields, biological effects and health consequences (0 –100 kHz).. *Review of the scientific evidence and health consequences*..

ICNIRP, 2010. *ICNIRP Guidelines for Limiting Exposure to Electromagnetic Fields (1HZ – 100 kHz)*, Oberschleissheim, Alemania: International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection.

ICNIRP, 2020. *ICNIRP Guidelines for Limiting Exposure to Electromagnetic Fields (100 kHz TO 300 GHz)*, Oberschleissheim, Alemania: Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante.

ICNIRP, 2020. Principles for Non- Ionizing Radiation Protection. *Health Physics*, 118(5), pp. 477-482.

IEC/IEEE, 2020. Measurement procedure for the assessment of specific absorption rate of human exposure to radio frequency fields from hand-held and body-mounted wireless communication devices – Part 1528: Human models, instrumentation, and procedures (Frequency range of. *IEC/IEEE 62209-1528*).

IFTDT012, 2019. *Disposición Técnica IFT-01-2019: Especificaciones técnicas para el cumplimiento de los límites máximos de emisiones radioeléctricas no ionizantes de los productos, equipos, dispositivos o aparatos destinados a telecomunicaciones que pueden ser conectados*. [En línea] Available at: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5587617&fecha=26/02/2020#gsc.tab=0 [Último acceso: 07 noviembre 2022].

International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, 13-14 October 2008. *Statutes of the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP)*, Rio de Janeiro, Brazil: s.n.

Jefferys, S. & Saunders, R., 2007. A neurobiological basis for ELF guidelines. *Health Phys*, Volumen 92, p. 596–603.

Joshi, R. & Schoenbach, K., 2010. Bioelectric effects of intense ultrashort pulses. *Critical Rev Biomed Engineer*, Volumen 38, p. 255–304.

Knave, B., s.f. Radiaciones no ionizantes. En: *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo*. s.l.:s.n., pp. 49.2-48.28.

Kodera, S. y otros, 2018. Temperature rise for brief radio-frequency exposure below 6 GHz.. *IEEE Access*, Volumen 6, p. 65737–65746.

Kronegger, D., 2022. *Health limits for exposure to electromagnetic fields*, s.l.: Cullen International.

Kronegger, D., 2022. *Health limits for exposure to electromagnetic fields*, s.l.: Cullen International.

LFTR, 2014. *Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión*, s.l.: s.n.

OCDE, 2019. *Guía de la OCDE para el cumplimiento regulatorio y las inspecciones*, s.l.: s.n.

OMS, 2007. *Electromagnetic fields and public health: exposure to extremely low frequency fields*, Ginebra, Suiza: Organización Mundial de la Salud.

OMS, 2016. *Radiaciones ionizantes: efectos en la salud y medidas de protección*. [En línea] Available at: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ionizing-radiation-health->

effects-and-protective-measures

[Último acceso: 24 octubre 2022].

OMS, 2022. *Organización Mundial de la Salud*. [En línea]
Available at: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cancer>

Organización Mundial de la Salud, 2007. *Legislación modelo para la protección contra campos electromagnéticos*. Lima: INICTEL-UNI.

Organización Mundial de la Salud, 2007. *Marco para el desarrollo de estándares de CEM basados en la salud*. Lima: INICTEL-UNI.

Ramón-Romero, F. & Farías, J., 2014. La fiebre. *Revista de la Facultad de Medicina de la UNAM*, 57(4), pp. 20-33.

Reilly, J., 1998. *Applied bioelectricity: from electrical stimulation to electropathology*. Springer-Verlag.

Shafahi, M. & Vafai, K., 2011. Human eye response to thermal disturbances. *J Heat Transfer. Journal of Heat Transfer-transactions of The Asme*, Volumen 133.

Sociedad Americana Contra el Cáncer, 2022. www.cancer.org. [En línea]
Available at: <https://www.cancer.org/healthy/cancer-causes/general-info/determining-if-something-is-a-carcinogen.html>

Tomasi, W., 2003. *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*. Cuarta ed. México: Pearson Education.

UIT, 2015. *Recomendación UIT-R V.431-8*. [En línea]
Available at: https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/v/R-REC-V.431-8-201508-I!!PDF-S.pdf
[Último acceso: 24 octubre 2022].

UITb, 2021. *UIT- T K.52 "Orientación sobre el cumplimiento de los límites de exposición de las personas a los campos electromagnéticos"*, s.l.: s.n.

Vernieri, J. Z., Gross, P. M. & Ciafardini, J. P., 2021. Nuevas Directrices ICNIRP 2020. Coincidencias y Modificaciones con respecto a ICNIRP 1998. *Electrotecnia*, pp. 360-365.

Yuto Shimizu, T. N. N. I. S. W., 2019. *Phones, Comparisons of SAR Values Measured between Fast and Full Measurement Procedures for Cellular*. New Delhi, India, URSI AP- RASC.

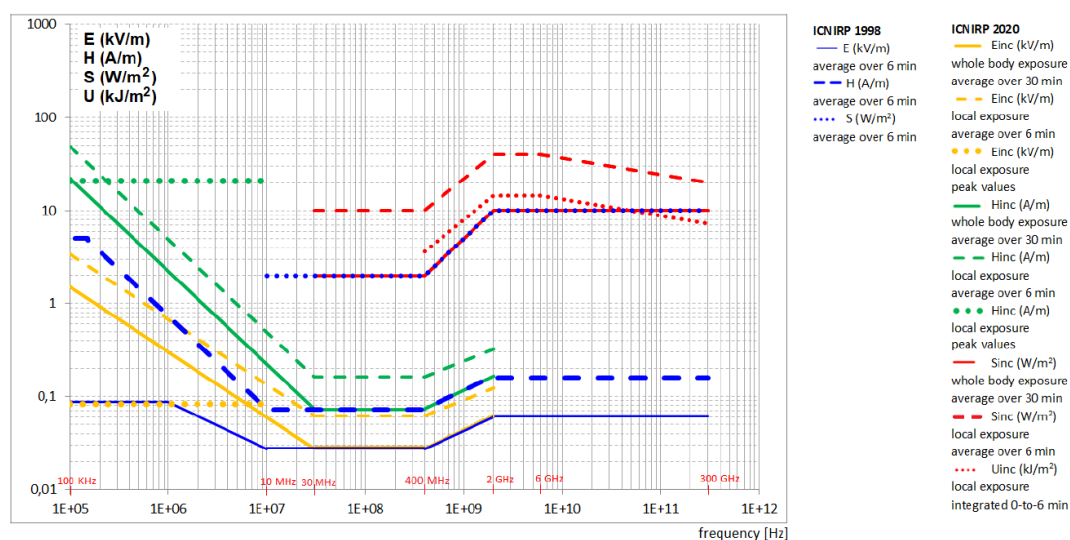
Ziskin, M. & Morrissey, J., 2011. Thermal thresholds for teratogenicity, reproduction, and development.. *Int J Hypertherm*, 27(374–387).

XII. ANEXOS

XIII Anexo A

En la siguiente ilustraci3n se trazan las curvas de valores límites para los niveles de referencia, para el público en general, según los lineamientos de la ICNIRP 1998 y 2020.

Ilustraci3n A1 1 Valores límites de niveles de referencia para exposici3n del público en general, en el intervalo de frecuencias según ICNIRP 1998 y 2020⁷¹



De acuerdo con (Vernieri, et al., 2021), entre los 30 MHz y 2 GHz se advierte una coincidencia entre las curvas especificadas en las pautas ICNIRP 1998 (E, H y S, curvas línea azul continua, líneas azul a tramos y línea azul punteada, respectivamente) con las correspondientes a las pautas ICNIRP 2020 para exposici3n de cuerpo entero (E_{inc} amarilla continua, H_{inc} verde continua y S_{inc} roja continua). Por debajo de los 30 MHz los valores límites fijados por la nueva norma para E y H resultan mayores que los indicados por las pautas anteriores, mientras que la cantidad S_{inc} no se aplica en este intervalo según ICNIRP 2020. Por otro lado, para frecuencias mayores a 2 GHz E_{inc} y H_{inc} no son aplicables según las nuevas pautas, mientras que el valor límite para la densidad de potencia para exposici3n de cuerpo entero, resulta coincidente según ambas normas. (Vernieri, et al., 2021)

⁷¹ Fuente (Vernieri, et al., 2021)

XII2 Anexo B

Algunos efectos de las radiaciones ionizantes

Para medir la radiación ionizante en términos de su potencial para causar daños se utiliza la dosis efectiva. La unidad para medirla es el sievert (Sv), que toma en consideración el tipo de radiación y la sensibilidad de los órganos y tejidos. (OMS, 2022)

La referida unidad es una manera de medir la radiación ionizante en términos de su potencial para causar daño. El sievert tiene en cuenta el tipo de radiación y la sensibilidad de los tejidos y órganos. El sievert es una unidad muy grande, por lo que resulta más práctico utilizar unidades menores, como el milisievert (mSv) o el microsievert (μ Sv). Hay 1000 μ Sv en 1 mSv, y 1000 mSv en 1 Sv. Además de utilizarse para medir la cantidad de radiación (dosis), también es útil para expresar la velocidad a la que se entrega esta dosis (tasa de dosis), por ejemplo, en microsievert por hora (μ Sv/hora) o milisievert al año (mSv/año). (OMS, 2022)

Más allá de ciertos umbrales, la **radiación ionizante** puede afectar el funcionamiento de órganos y tejidos, y producir efectos agudos tales como enrojecimiento de la piel, caída del cabello, quemaduras por radiación o síndrome de irradiación aguda. Estos efectos son más intensos con dosis más altas y mayores tasas de dosis. Por ejemplo, la dosis liminar para el síndrome de irradiación aguda es de aproximadamente 1 Sv (1000 mSv). (OMS, 2016)

Si la dosis de radiación ionizante es baja o la exposición a ella tiene lugar durante un periodo prolongado (baja tasa de dosis), el riesgo es considerablemente menor porque hay más probabilidades de que se reparen los daños. No obstante, sigue existiendo un riesgo de efectos a largo plazo, como el cáncer, que pueden tardar años, o incluso decenios en aparecer. No siempre aparecen efectos de este tipo, pero la probabilidad de que se produzcan es proporcional a la dosis de radiación. El riesgo es mayor para los niños y adolescentes, pues son mucho más sensibles a la radiación que los adultos. (OMS, 2016)

Los estudios epidemiológicos realizados en poblaciones expuestas a la **radiación ionizante**, como los supervivientes de la bomba atómica o los pacientes sometidos a radioterapia, han mostrado un aumento significativo del riesgo de cáncer con dosis superiores a 100 mSv. Estudios epidemiológicos más recientes efectuados en pacientes expuestos por motivos médicos durante la infancia (TC pediátrica) indican que el riesgo de cáncer puede aumentar incluso con dosis más bajas (entre 50 y 100 mSv). (OMS, 2016)

La radiación ionizante puede producir daños cerebrales en el feto tras la exposición prenatal aguda a dosis superiores a 100 mSv entre las 8 y las 15 semanas de gestación y a 200 mSv entre las semanas 16 y 25. Los estudios en humanos no han demostrado riesgo para el desarrollo del cerebro fetal con la exposición a la radiación antes de la semana 8 o después de la semana 25. Los estudios

epidemiológicos indican que el riesgo de cáncer tras la exposición fetal a la radiación es similar al riesgo tras la exposición en la primera infancia. (OMS, 2016)

XII3 Anexo C

A continuación, se presenta una lista de los países que cuentan con regulación sobre límites de exposición a campos electromagnéticos.

CI 1 Algunos países con regulación sobre exposición a campos electromagnéticos ⁷²

País	Disposición que regula la materia
Alemania	<p>La ordenanza número 26 que implementa la Ley Federal de Control de Emisiones (26. BImSchV) define los límites para los campos electromagnéticos y se basa en los límites ICNIRP.</p> <p>En particular, el anexo 1b de esta ordenanza establece límites para la intensidad del campo eléctrico (V/m) y la intensidad del campo magnético (A/m) según la tabla 7 de las directrices ICNIRP de 1998.</p> <p>Otra ordenanza, BEMFV, basada en la Ley de Telecomunicaciones, requiere que los operadores de sitios con potencia isotrópica radiada equivalente (EIRP) de más de 10 W adquieran un certificado de sitio de BNetzA.</p> <p>BNetzA publica una base de datos de todos los certificados de sitio y todas las mediciones de la red de monitoreo de BNetzA.</p> <p>Normatividad disponible en el sitio web: https://www.gesetze-im-internet.de/bimschv_26/</p>
Austria	<p>Los artículos 10, 11 y 13 de la Ley de Telecomunicaciones de 2021 (TKG 2021) hacen referencia a la recomendación del Consejo 1999/519/EC.</p> <p>La sección 13(5) también se refiere de manera más general al estado del arte de la ciencia ya las directrices internacionales, pero sin mencionar a la ICNIRP.</p> <p><i>Austrian Standards</i> emitió una regla técnica basada en ICNIRP, OVE-Richtlinie R 23-1: 2017 04 01. No es vinculante y reemplaza las normas nacionales anteriores E8850 y S1120.</p> <p>Normatividad disponible en el sitio web: https://ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20011678</p>
Eslovenia	<p>Reglamento sobre radiación electromagnética en el entorno natural y de vida. El Reglamento se basa en las directrices de la ICNIRP, pero establece límites más estrictos en áreas como escuelas, jardines de infancia, hospitales y áreas residenciales.</p> <p>Normatividad disponible en el sitio web: http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=URED1387</p>
España	<p>Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre. 2001, Anexo II (3.1 Tabla 2)</p> <p>Normatividad disponible en el sitio web: https://www.boe.es/eli/es/rd/2001/09/28/1066/con</p>
Finlandia	<p>Art. 161 de la Ley de Radiaciones 859/2018 y Decreto 1045/2018 del Ministerio de Asuntos Sociales y Salud.</p> <p>Normatividad disponible en el sitio web: https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2018/20180859#L19P161</p>
Francia	<p>Código de Correos y Comunicaciones electrónicas, art. 34-9-1 del 17 de noviembre de 2021.</p> <p>Decreto 2002-775 del 3 de mayo de 2002 sobre límites de exposición a CEM.</p> <p>Normatividad disponible en el sitio web:</p>

⁷² Elaboración propia, con información de (Kronegger, 2022) y consulta en los sitios web correspondientes de cada país.

País	Disposición que regula la materia
	<p>https://www-legifrance-gouv-fr.translate.google/codes/article_lc/LEGIARTI000044330912/?_x_tr_sl=fr&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=wapp</p> <p>https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000000226401?init=true&page=1&query=2002-775&searchField=ALL&tab_selection=all</p>
Grecia	<p>La Ley griega de telecomunicaciones 4070/10-4-2012 (art. 30) aplica factores de reducción a las restricciones básicas de ICNIRP para todas las antenas ubicadas en lugares como escuelas, jardines de infancia, hospitales e instalaciones para el cuidado de personas mayores.</p> <p>Normatividad disponible en el sitio web: https://www.eett.gr/opencms/export/sites/default/admin/downloads/telec/elliniki_nomothesia/nomoi/N4070-2012.pdf</p>
Hungría	<p>63/2004. (VII. 26.) Decreto ESzCsM sobre los valores límite sanitarios para la población de campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos en el rango de frecuencia entre 0 Hz y 300 GHz.</p> <p>Normatividad disponible en el sitio web: https://net-jogtar-hu.translate.google/jogszabaly?docid=A0400063.ESC&_x_tr_sl=hu&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=wapp</p>
Irlanda	<p>Las condiciones generales de autorización de la Comisión de Regulación de las Comunicaciones (ComReg, por sus siglas en inglés) incluyen la obligación de cumplir con los estándares de emisión de radiación adoptados y publicados por ICNIRP en el año 2020.</p> <p>Normatividad disponible en el sitio web: https://www.comreg.ie/publication-download/2021-programme-of-measurement-of-non-ionising-radiation-fourth-interim-report</p>
Italia	<p>Ley 36/2001, del 22 de marzo del 2001.</p> <p>Establece límites más estrictos que la ICNIRP en viviendas (incluidas terrazas exteriores, etc.), colegios y otros lugares para largas estancias.</p> <p>En zonas muy frecuentadas (jardines públicos, estaciones, aeropuertos, etc.)</p> <p>Normatividad disponible en el sitio web: https://www.normattiva.it/atto/caricaDettaglioAtto?atto.dataPubblicazioneGazzetta=2001-03-07&atto.codiceRedazionale=001G0084&atto.articolo.numero=0&atto.articolo.sottoArticolo=1&atto.articolo.sottoArticolo1=10&qId=df3ceab9-0644-4c76-aa93-002a7a9ffebc&tabID=0.2371016922897129&title=lbl.dettaglioAtto</p>
Polonia	<p>El Ministerio de Salud establece límites que se alinean con ICNIRP, a partir del 1 de enero de 2020.</p> <p>Normatividad disponible en el sitio web: https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WDU20190002448</p>
Portugal	<p>Ordenanza 1421/2004 del 23 de noviembre del 2004 toma en consideración estándares ICNIRP. Procedimiento de monitoreo es establecido por ANACOM - Autoridad Nacional de Comunicaciones (ANACOM, por sus siglas en portugués)</p> <p>Normatividad disponible en el sitio web: https://dre.pt/application/dir/pdf1s/2004/11/275B00/68346838.pdf</p>
Reino Unido	<p>En su guía sobre el cumplimiento y la aplicación de campos electromagnéticos (Electromagnetic Fields, EMF), Ofcom reconoce las Directrices ICNIRP de 1998, señalando que una vez que el trabajo en los estándares relevantes haya progresado lo suficiente, Ofcom planea actualizar su guía para exigir a los licenciarios que cumplan con la versión 2020.</p> <p>Normatividad disponible en el sitio web:</p>

País	Disposición que regula la materia
	https://www.ofcom.org.uk/consultations-and-statements/category-1/limiting-exposure-to-emf
República Checa	Reglamento de Gobierno 291/2015 sobre protección de la salud frente a radiaciones no ionizantes, del 5 de octubre de 2015. Normatividad disponible en el sitio web: https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2015-291?text=Government+ordinance+no.+291%2F2015
Rumania	Orden 1.193/2006 Normas sobre limitación de la exposición de la población en general a campos electromagnéticos de 0 Hz a 300 GHz, emitida por el Ministerio de Salud Pública, publicada el 3 de noviembre de 2006. Normatividad disponible en el sitio web: https://insp.gov.ro/wpfb-file/ordin_1193-2006-pdf/
Suecia	Las pautas sobre la limitación de la exposición del público en general a los campos electromagnéticos (SSMFS 2008:18), adoptadas el 19 de diciembre de 2008 por la Autoridad Sueca de Seguridad Radiológica (Strålsäkerhetsmyndigheten) Normatividad disponible en el sitio web: https://www-stralsakerhetsmyndigheten-se.translate.google/publikationer/foreskrifter/ssmfs-2008/ssmfs-200818/?_x_tr_sl=sv&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=wapp
Suiza	La ordenanza sobre protección contra las radiaciones no ionizantes establece reglas más estrictas a los lugares de uso sensible, entendiéndose por tal, el lugar donde se alojan personas regularmente durante un período prolongado de tiempo. Normatividad disponible en el sitio web: https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/2000/38/fr

XII4 Anexo D

Contexto jurídico de la emisión de Disposiciones Técnicas en materia de Radiaciones electromagnéticas no ionizantes

El 11 de junio de 2013 fue publicado en el DOF el "Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de los artículos 6o., 7o., 27, 28, 73, 78, 94 y 105 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en materia de telecomunicaciones ", mediante el cual se creó el Instituto como un órgano autónomo con personalidad jurídica y patrimonio propio, cuyo objeto es regular, promover y supervisar el uso, aprovechamiento y explotación del espectro radioeléctrico, las redes y la prestación de los servicios de radiodifusión y telecomunicaciones, además de ser la autoridad en materia de lineamientos técnicos relativos a la infraestructura y los equipos que se conecten a las redes de telecomunicaciones, así como en materia de homologación y evaluación de la conformidad de dicha infraestructura y equipos.

En este contexto, en la LFTR publicada en el DOF el 14 de julio de 2014, el artículo 15 referente a las atribuciones del Instituto establece lo siguiente:

Artículo 15. *Para el ejercicio de sus atribuciones corresponde al Instituto:*

I. Expedir disposiciones administrativas de carácter general, planes técnicos fundamentales, lineamientos, modelos de costos, procedimientos de evaluación de la conformidad, procedimientos de homologación y certificación y ordenamientos técnicos en materia de telecomunicaciones y radiodifusión; así como demás disposiciones para el cumplimiento de lo dispuesto en esta Ley;

XXVI. Autorizar a terceros para que emitan certificación de evaluación de la conformidad y acreditar peritos y unidades de verificación en materia de telecomunicaciones y radiodifusión;

LVI. Aprobar y expedir las disposiciones administrativas de carácter general necesarias para el debido ejercicio de las facultades y atribuciones del Instituto;

El Instituto a su vez cuenta con la facultad de administrar el espectro radioeléctrico que incluye la elaboración y aprobación de planes y programas de uso, el establecimiento de las condiciones para la atribución de una banda de frecuencias, el otorgamiento de las concesiones, la supervisión de las emisiones radioelétricas y la aplicación del régimen de sanciones, con el objetivo de perseguir la seguridad de la vida, en beneficio de los usuarios. Para tal efecto, los artículos 7 y 65 de la LFTR establecen lo siguiente:

Artículo 7. *El Instituto es la autoridad en materia de lineamientos técnicos relativos a la infraestructura y los equipos que se conecten a las redes de telecomunicaciones, así como en materia de homologación y evaluación de la conformidad de dicha infraestructura y equipos.*

Artículo 65. *En el despliegue y operación de infraestructura inalámbrica se deberá observar el cumplimiento de los límites de exposición máxima para seres humanos a radiaciones electromagnéticas de radiofrecuencia no ionizantes que el Instituto defina en colaboración con otras autoridades competentes.*

En el ejercicio de las facultades conferidas por los artículos 15 y 65 de la LFTR, el 8 de julio de 2015 el Pleno del Instituto, en su XIV Sesión Ordinaria, aprobó el Acuerdo mediante el cual el Pleno del IFT determina someter a consulta pública el “Anteproyecto de acuerdo mediante el cual se expide la Disposición Técnica IFT-007-2015: Medidas de operación para el cumplimiento de los límites de exposición máxima para seres humanos a radiaciones electromagnéticas de radiofrecuencia no ionizantes en el intervalo de 100 KHz a 300 GHz en el entorno de emisores de radiocomunicaciones”, por un periodo de 30 días hábiles para el desarrollo de la consulta pública.

Derivado del proceso de consulta pública mencionado, se determinó conveniente dividir en dos el “Anteproyecto de Disposición Técnica IFT-007-2015: Medidas de operación para el cumplimiento de los límites de exposición máxima para seres humanos a radiaciones electromagnéticas de radiofrecuencia no ionizantes en el intervalo de 100 KHz a 300 GHz en el entorno de emisores de radiocomunicaciones”, para quedar como sigue: “Anteproyecto de Disposición Técnica IFT-007-2016: Límites de exposición máxima para seres humanos a radiaciones electromagnéticas de radiofrecuencia no ionizantes en el intervalo de 100 KHz a 300 GHz en el entorno de estaciones de radiocomunicación” y el “Anteproyecto de Disposición Técnica IFT-012-2016: Especificaciones técnicas para el cumplimiento de los límites máximos de radiaciones no ionizantes de los productos, equipos, dispositivos o aparatos destinados a telecomunicaciones que pueden ser conectados a una red de telecomunicaciones y/o hacer uso del espectro radioeléctrico. Índice de Absorción Específica (SAR)”.

También, derivado del proceso de consulta pública mencionado, se determinó conveniente someter nuevamente a consulta pública el "Anteproyecto de Disposición Técnica IFT-007-2016: Límites de exposición máxima para seres humanos a radiaciones electromagnéticas de radiofrecuencia no ionizantes en el intervalo de 100 kHz a 300 GHz en el entorno de estaciones de radiocomunicación", por un periodo de 20 días hábiles, plazo que fue extendido por el Pleno del Instituto a solicitud de la industria, resultando en una duración total de 40 días hábiles.

Así, el 13 de noviembre de 2019, el Pleno del Instituto aprobó el “Acuerdo mediante el cual el Pleno del Instituto Federal de Telecomunicaciones expide la Disposición Técnica IFT-007-2019: Límites de

exposición máxima para seres humanos a radiaciones electromagnéticas de radiofrecuencia no ionizantes en el intervalo de 100 kHz a 300 GHz en el entorno de estaciones de radiocomunicación o fuentes emisoras”, en lo sucesivo Disposición Técnica IFT-007-2019, la cual fue publicada en el DOF el 25 de febrero de 2020 y entró en vigor el 26 de febrero de 2021.

Por lo que respecta al “Anteproyecto de Disposición Técnica IFT-012-2016: Especificaciones técnicas para el cumplimiento de los límites máximos de emisiones radioeléctricas no ionizantes de los productos, equipos, dispositivos o aparatos destinados a telecomunicaciones que pueden ser conectados a una red de telecomunicaciones y/o hacer uso del espectro radioeléctrico. Índice de Absorción Específica (SAR)”, el 8 de diciembre de 2016 el Pleno del Instituto, en su XLIV Sesión Ordinaria, aprobó el Acuerdo mediante el cual determina someterlo a consulta pública, por un periodo de 40 días hábiles. Dicho plazo, fue extendido por acuerdo del pleno del 15 de febrero de 2017, a petición de la Asociación Nacional de Telecomunicaciones (ANATEL); resultando en una duración total de 61 días hábiles.

Así, el 13 de noviembre de 2019, el Pleno del Instituto aprobó el “Acuerdo mediante el cual el Pleno del Instituto Federal de Telecomunicaciones expide la Disposición Técnica IFT-012-2019: Especificaciones técnicas para el cumplimiento de los límites máximos de emisiones radioeléctricas no ionizantes de los productos, equipos, dispositivos o aparatos destinados a telecomunicaciones que pueden ser conectados a una red de telecomunicaciones y/o hacer uso del espectro radioeléctrico. Índice de Absorción Específica (SAR)”, en lo sucesivo Disposición Técnica IFT-012-2019, la cual fue publicada en el DOF el 26 de febrero de 2020 y entró en vigor el 27 de febrero de 2021.

Las autoridades competentes a que hace referencia el artículo 65 de la LFTR y que colaboraron con el Instituto en la definición de los límites de exposición máxima para seres humanos a radiaciones electromagnéticas de radiofrecuencia no ionizantes, fueron la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (Cofepris), la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS). La competencia de tales autoridades encuentra sustento, respectivamente, en los artículos 39, 32Bis y 40 de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal (LOAPF), con la siguiente precisión, la Cofepris es un órgano desconcentrado de la Secretaría de Salud, por lo que su actividad encuentra fundamento en las atribuciones establecidas para dicha Secretaría en el artículo 39.

La participación de cada autoridad se circunscribe a las atribuciones respectivas establecidas en la normatividad y no se encontró duplicidad en ellas. De esta manera, la Cofepris ejerce atribuciones en materia de efectos del ambiente en la salud de las personas. La SEMARNAT ejerce atribuciones en materia de uso de recursos naturales y calidad del ambiente. La STPS ejerce atribuciones en materia de seguridad e higiene industrial para la protección de los trabajadores.

Aunque la participación de las autoridades mencionadas es esencial para considerar los diversos puntos de vista en que pudieran incidir las emisiones radioeléctricas no ionizantes en los seres humanos, solo el Instituto es la autoridad en materia de lineamientos técnicos relativos a la infraestructura y los equipos que se conecten a las redes de telecomunicaciones, así como en materia de homologación y evaluación de la conformidad de dicha infraestructura y equipos, con la facultad de administrar el espectro radioeléctrico.

De ahí que los lineamientos técnicos aún vigentes y en uso por las autoridades competentes sean la Disposición Técnica IFT-007-2019 y la Disposición Técnica IFT-012-2019, ambas expedidas por el Instituto. No obstante, que desde el año 2018 la materia regulada por dichas Disposiciones ha sido contemplada en la planeación de normalización nacional, a través de los Programas Nacionales de Normalización de los años 2018, 2019, 2020; y de los Programas Nacionales de Infraestructura de la Calidad de los años 2021 y 2022; a la fecha no se ha expedido nueva normatividad técnica en la materia.

Con respecto a los estándares internacionales relacionados con la materia en estudio, la Organización Mundial de la Salud desde el año 2006 exhortó a los Estados miembros a adoptar las directrices de la Comisión Internacional sobre Protección contra las Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP), la cual emitió en marzo de 2020, las directrices para limitar la exposición a campos electromagnéticos (100 kHz a 300 GHz).

Sin embargo, los Programas Nacionales de Infraestructura de la Calidad de los años 2021 y 2022, hacen referencia a que tomarán en consideración para la normalización nacional de la materia en estudio, por una parte, a la Norma Internacional IEC 62232 para la Determinación de la intensidad del campo de RF, densidad de potencia y tasa de absorción específica (SAR) en la proximidad de estaciones base de radiocomunicación para fines de evaluación de exposición humana. Por otra parte, tomarán en consideración a la Norma Internacional IEC 62209-2 para el Procedimiento para determinar la tasa de absorción específica (SAR) de dispositivos de comunicación inalámbricos utilizados en estrecha proximidad al cuerpo humano (de 30 MHz a 6 GHz).

Dada la dualidad en las directrices a considerar en relación con los límites de exposición máxima a radiaciones electromagnéticas de radiofrecuencia no ionizantes en el intervalo de 100 kHz a 300 GHz en el entorno de estaciones de radiocomunicación o fuentes emisoras; así como, en relación con los límites máximos de emisiones radioeléctricas no ionizantes de los productos, equipos, dispositivos o aparatos destinados a telecomunicaciones que pueden ser conectados a una red de telecomunicaciones y/o hacer uso del espectro radioeléctrico; es que se manifiesta en el Instituto, la necesidad e importancia de mantener actualizadas las bases de regular la administración del espectro radioeléctrico con base en los estándares internacionales más recientes que garanticen la seguridad de la vida, en materia de emisiones radioeléctricas no ionizantes.