

Informe UIT-R SM.2303-4 (06/2023)

Serie SM: Gestión del espectro

Transmisión inalámbrica de potencia mediante tecnologías distintas de los haces radioeléctricos



Prólogo

El Sector de Radiocomunicaciones tiene como cometido garantizar la utilización racional, equitativa, eficaz y económica del espectro de frecuencias radioeléctricas por todos los servicios de radiocomunicaciones, incluidos los servicios por satélite, y realizar, sin limitación de gamas de frecuencias, estudios que sirvan de base para la adopción de las Recomendaciones UIT-R.

Las Conferencias Mundiales y Regionales de Radiocomunicaciones y las Asambleas de Radiocomunicaciones, con la colaboración de las Comisiones de Estudio, cumplen las funciones reglamentarias y políticas del Sector de Radiocomunicaciones.

Política sobre Derechos de Propiedad Intelectual (IPR)

La política del UIT-R sobre Derechos de Propiedad Intelectual se describe en la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/ISO/CEI a la que se hace referencia en la Resolución UIT-R 1. Los formularios que deben utilizarse en la declaración sobre patentes y utilización de patentes por los titulares de las mismas figuran en la dirección web <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/es>, donde también aparecen las Directrices para la implementación de la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/ISO/CEI y la base de datos sobre información de patentes del UIT-R sobre este asunto.

Series de los Informes UIT-R

(También disponible en línea en <https://www.itu.int/publ/R-REP/es>)

Series	Título
BO	Distribución por satélite
BR	Registro para producción, archivo y reproducción; películas en televisión
BS	Servicio de radiodifusión (sonora)
BT	Servicio de radiodifusión (televisión)
F	Servicio fijo
M	Servicios móviles, de radiodeterminación, de aficionados y otros servicios por satélite conexos
P	Propagación de las ondas radioeléctricas
RA	Radioastronomía
RS	Sistemas de detección a distancia
S	Servicio fijo por satélite
SA	Aplicaciones espaciales y meteorología
SF	Compartición de frecuencias y coordinación entre los sistemas del servicio fijo por satélite y del servicio fijo
SM	Gestión del espectro
TF	Emisiones de frecuencias patrón y señales horarias

Nota: Este Informe UIT-R fue aprobado en inglés por la Comisión de Estudio conforme al procedimiento detallado en la Resolución UIT-R 1.

Publicación electrónica
Ginebra, 2024

© UIT 2024

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

INFORME UIT-R SM.2303-4

Transmisión inalámbrica de potencia mediante tecnologías distintas de las de haces radioeléctricos

(Cuestión UIT-R 210-4/1)

(2014-2015-2017-2021-2023)

ÍNDICE

	<i>Página</i>
1	Introducción..... 6
2	Aplicaciones desarrolladas para el uso de tecnologías TIP 7
2.1	Dispositivos móviles y portátiles..... 7
2.2	Aplicaciones de aparatos domésticos y de logística 8
2.3	Vehículos eléctricos..... 9
3	Tecnologías empleadas en aplicaciones TIP o relacionadas con ellas 11
3.1	Dispositivos portátiles y móviles..... 11
3.2	Aparatos de uso doméstico 16
3.3	Vehículos eléctricos..... 17
3.4	Robots y vehículos de guiado automático 20
4	Situación mundial de la normalización de la TIP 21
4.1	Organizaciones nacionales de normalización..... 21
4.2	Organizaciones internacionales y regionales..... 23
5	Situación del espectro..... 32
5.1	TIP, diferencias entre las bandas ICM y RF para dispositivos de corto alcance 32
5.2	Bandas distintas de las ICM utilizadas a escala nacional para TIP 33
5.3	Bandas ICM utilizadas a escala nacional para TIP..... 35
6	Ejemplos de las reglamentaciones nacionales 37
6.1	Corea..... 38
6.2	Japón..... 39
6.3	China..... 45
7	Estado de los estudios de las repercusiones de la TIP sobre los servicios de radiocomunicaciones 45
7.1	Resultados de los estudios y actividades en curso en algunas administraciones 45

7.2	Estudios y resultados de la TIP genérica sobre la repercusión en los servicios de radiodifusión	58
7.3	Banda de frecuencias 100/110-300 kHz para TIP	71
7.4	Gama de frecuencias 300-405 kHz para TIP para dispositivos móviles y portátiles	72
7.5	Gama de frecuencias 1 700-1 800 kHz para TIP para dispositivos móviles y portátiles	72
7.6	Gama de frecuencias 2 000-2 170 kHz para TIP para dispositivos móviles y portátiles	72
7.7	Banda de frecuencias 6 765-6 795 kHz para TIP	72
7.8	Repercusiones sobre los servicios de frecuencias patrón y señales horarias.....	72
7.9	Experiencias de la CEPT con la protección de los servicios frente a las emisiones de los DCA de inducción.....	73
8	Resumen	74
9	Referencias	75
Anexo 1 – Orientación sobre la evaluación de la exposición a la RF en varias organizaciones y administraciones		76
Anexo 2 – Ejemplo de implementación de la banda ICM 6 765-6 795 kHz para la carga de dispositivos móviles		81
Anexo 3 – Datos de las mediciones del ruido radiado y del ruido conducido en sistemas TIP		84
1	Introducción.....	84
2	Modelos de medición y métodos de medición	84
2.1	Sistemas TIP para la carga de vehículos eléctricos	85
2.2	Dispositivos móviles, dispositivos portátiles y aparatos de uso doméstico.....	88
3	Límite previsto de emisiones radiadas fijado por el BWF	90
3.1	Límite para los sistemas TIP de carga de EV	90
3.2	Límite para los dispositivos móviles y portátiles que utilizan tecnologías de resonancia magnética.....	91
3.3	Límite para los aparatos de uso doméstico que utilizan tecnologías de inducción magnética.....	91
4	Resultados de las mediciones del ruido radiado y del ruido conducido.....	92
4.1	Sistema TIP para la carga de vehículos eléctricos.....	92
4.2	Dispositivos móviles y portátiles que utilizan tecnologías de resonancia magnética.....	98

4.3	Aparatos de uso doméstico que utilizan tecnología de inducción magnética.....	102
4.4	Dispositivos móviles y portátiles que utilizan tecnologías de acoplamiento capacitivo.....	105
	Anexo 4 – No se utiliza.....	109
	Anexo 5 – Resultados de las pruebas de perturbación electromagnética de los sistemas TIP	110
5.1	Introducción.....	110
5.2	Entorno general y condiciones de las pruebas.....	110
5.3	Límite de emisión.....	111
5.4	Perturbación electromagnética.....	111
	Anexo 6 – Planificación de la radiodifusión.....	114

Abreviaturas y acrónimos

A4WP	Alliance for Wireless Power
AFA	AirFuel Alliance
AGV	Vehículo de guiado automático (<i>automated guided vehicle</i>)
AHG	Grupo ad hoc
APT	Telecomunidad Asia-Pacífico
ARIB	Asociación de Industrias y Empresas de Radiocomunicaciones (Japón)
ATS	Sistemas de detención automática de trenes (<i>automatic train stop systems</i>)
AWG	Grupo sobre comunicaciones inalámbricas de la APT (<i>APT wireless group</i>)
BBC	British Broadcasting Corporation
BWF	Broadband Wireless Forum (Japón)
CATR	Academia de Investigación sobre las Telecomunicaciones de China (<i>China academy of telecommunication research</i>)
CCSA	Asociación de normas de comunicaciones de China (<i>China communications standards association</i>)
CE	Electrónica de consumo (<i>consumer electronics</i>)
CEC	Centros europeos de comunicaciones
CEI	Comisión Electrotécnica Internacional
CENELEC	Comité Europeo de Normalización Electrotécnica
CEPT	Conferencia Europea de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones/ Conférence européenne des administrations des postes et des télécommunications
CISPR	Comité Internacional Especial de interferencia radioeléctrica (<i>comité international spécial des perturbations radioélectriques</i>)
CJK	China-Japón-Corea

CMR	Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones
CTA	Asociación de tecnologías de consumo (<i>consumer technology association</i>)
DGPS	Sistema mundial de determinación de la posición diferencial (<i>differential global positioning system</i>)
DoC	Declaración de conformidad
DRL	Límite dosimétrico de referencia (<i>dosimetric reference limit</i>)
DRM	Radio digital mundial (<i>digital radio mondial</i>)
DT	Documento de trabajo
EDM	Mecanizado por descarga eléctrica (<i>electrical discharge machining</i>)
EMC	Compatibilidad electromagnética (<i>electromagnetic compatibility</i>)
EMF	Campos electromagnéticos (<i>electromagnetic fields</i>)
EMI	Interferencia electromagnética (<i>electromagnetic interference</i>)
ENAP	Procedimiento de aprobación de normas europeas (<i>EN approval procedure</i>)
ERC	Comité Europeo de Radiocomunicaciones (<i>European Radiocommunications Committee</i>)
ERL	Límite de exposición de referencia (<i>exposure reference level</i>)
ETSI	Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones
ETSI TC ERM	Comité Técnico sobre Compatibilidad Electromagnética (EMC) y Asuntos del Espectro Radioeléctrico del ETSI
EV	Vehículo eléctrico (<i>electric vehicle</i>)
FCC	Comisión Federal de Comunicaciones de Estados Unidos (<i>Federal Communications Commission</i>)
GT	Grupo de Trabajo
GTE	Grupo de Tareas Especiales
ICM	Industrial, Científico y Médico
ICNIRP	Comisión Internacional de Protección contra la Radiación no Ionizante (<i>International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection</i>)
IEEE	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrotécnicos (<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>)
IS	Norma Internacional (<i>international standard</i>)
ISO	Organización Internacional de Normalización (<i>International Organization for Standardization</i>)
ITRS	Sistemas inductivos de radiocomunicaciones ferroviarias (<i>inductive train radio systems</i>)
JARI	Instituto de investigación automovilística de Japón (<i>Japan automobile research institute</i>)
JTC	Comité Técnico Mixto (<i>joint technical committee</i>)
KAIST	Instituto avanzado de ciencia y tecnología de Corea (<i>Korea Advanced Institute of Science and Technology</i>)

KATS	Agencia para la tecnología y la normalización de Corea (<i>Korean Agency for Technology and Standards</i>)
KWPF	Korea Wireless Power Forum
LCC	Inductor(L) Condensador(C) Condensador(C) topología de adaptación (<i>inductor(L) capacitor (C) capacitor (C) matching topology</i>)
LCD	Pantallas de cristal líquido (<i>liquid crystal display</i>)
LDC	Convertidor CC/CC de baja tensión (<i>low voltage D/C D/C converter</i>)
LED	Diodos emisores de luz (<i>light emitting diode</i>)
LF	Ondas kilométricas (<i>low frequency</i>)
LORAN	Navegación de larga distancia (<i>long-range navigation</i>)
MF	Ondas hectométricas (<i>medium frequency</i>)
MIC	Ministerio de Asuntos Internos y Comunicaciones de Japón
MIIT	Ministerio de Industria y Tecnologías de la Información de la República Popular de China
MSIT	Ministerio de Ciencia y TIC de Corea
NAVDAT	Datos de Navegación (<i>navigational data</i>)
NAVTEX	Télex náutico (<i>navigation telex</i>)
OLEV	Vehículo eléctrico en línea (<i>on line electric vehicle</i>)
OMS	Organización Mundial de la Salud
OOB	Fuera de banda (<i>out-of-band</i>)
PAS	Especificación de uso público (<i>publicly available specification</i>)
PFC	Corrección de factor de potencia (<i>power factor correction</i>)
PHEV	Vehículo eléctrico híbrido enchufable (<i>plug-in hybrid electric vehicle</i>)
PMA	Power Matters Alliance
RED	Directiva sobre equipos radioeléctricos (<i>radio equipment directive</i>)
RF	Radiofrecuencia (<i>radio frequency</i>)
RFI	Interferencia radioeléctrica (<i>radio frequency interference</i>)
RP	Relación de protección
RR	Reglamento de Radiocomunicaciones
RRA	Agencia Nacional de Investigación Radioeléctrica de Corea (<i>National Radio Research Agency (Korea)</i>)
SAC	Comisión Nacional de la Administración para la Normalización de China (<i>China National Standardization Administration Commission</i>)
SAE	Sociedad de Ingenieros de Automoción (<i>Society of Automotive Engineers</i>)
SAR	Tasa de absorción específica (<i>specific absorption rate</i>)
SCRD	Dispositivo de radiofrecuencia de frecuencias patrón y señales horarias (<i>standard clock radio device</i>)
SDO	Organización de normalización (<i>standards development organization</i>)

SMFIR	Campo magnético conformado en resonancia (<i>shaped magnetic field in resonance</i>).
SMPS	Fuentes de alimentación en modo conmutado (<i>switched-mode power supply</i>)
SRD	Dispositivos de corto alcance (<i>short range device</i>)
TC	Comité Técnico (<i>technical committee</i>)
TCAM	Comité de Vigilancia del Mercado y Evaluación de la Conformidad en materia de Telecomunicaciones (<i>telecommunications conformity assessment and market surveillance committee</i>)
TELEC	Centro de Ingeniería de las Telecomunicaciones de Japón (<i>Telecom Engineering Center (Japan)</i>)
TIP	Transmisión inalámbrica de potencia
TIP-CM	Transmisión inalámbrica de potencia por campo electromagnético
TIR	Informe técnico (<i>technical information report</i>)
TTA	Asociación de Tecnologías de las Telecomunicaciones de Corea (<i>Telecommunications Technology Association (Korea)</i>)
UER	Unión Europea de Radiodifusión
UIT-R	Sector de Radiocomunicaciones de la UIT
UIT-T	Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT
WPC	Wireless Power Consortium
WPS	Suministro inalámbrico de energía (<i>wireless power supply</i>)
WPT-WG	Grupo de Trabajo sobre Transmisión Inalámbrica de Potencia (<i>wireless power transmission working group</i>)

1 Introducción

Este Informe proporciona información sobre la transmisión inalámbrica de potencia (TIP) utilizando tecnologías distintas de los haces radioeléctricos, como respuesta parcial a la Cuestión UIT-R 210-4/1.

Este Informe incluye información sobre la reglamentación nacional, pero esta información no tiene ningún efecto reglamentario internacional, sino que proporciona experiencias de los países mencionados y se limita a reflejar las opiniones de esos países.

El presente Informe trata de las gamas de frecuencias y de posibles valores para emisiones fuera de banda que no se han acordado en el seno del UIT-R y que requieren estudios posteriores para averiguar si proporcionan protección a los servicios de radiocomunicaciones en el mismo canal, en el canal adyacente y en la banda adyacente. El Informe ofrece una visión general de las investigaciones y de los desarrollos que se está llevando a cabo en algunas Regiones actualmente.

Desde el siglo XIX se han desarrollado tecnologías para transmitir energía eléctrica sin hilos, empezando por las tecnologías de inducción. Desde que en 2006 el Instituto de Tecnología de Massachusetts descubrió cómo transmitir energía sin haces radioeléctricos, las tecnologías de transmisión inalámbrica de potencia (TIP) que se están desarrollando son muy variadas; por ejemplo, transmisión mediante haces radioeléctricos, inducción de campo magnético, transmisión resonante, etc. Las aplicaciones TIP se están extendiendo a dispositivos móviles y portátiles, a aplicaciones para aparatos de uso doméstico y para equipos de oficina y a los vehículos eléctricos. Se incluyen nuevas características tales como la libertad en la ubicación de los dispositivos de carga. Algunas tecnologías

proporcionan la carga simultánea de múltiples dispositivos. Las tecnologías de TIP por inducción están ampliamente disponibles actualmente. Hoy en día, están llegando al mercado de consumo las tecnologías TIP de resonancia. El sector de la automoción ha tomado en consideración para el futuro próximo la TIP para aplicaciones en vehículos eléctricos.

Las frecuencias adecuadas para la TIP, con el fin de lograr los valores y la eficiencia de transmisión de la potencia y las dimensiones físicas de las bobinas o antenas, están en su mayoría especificadas. No obstante, se están evaluando actualmente en detalle los estudios de compatibilidad de la TIP con los sistemas radioeléctricos establecidos que plantean numerosas cuestiones que deberán resolverse a su debido tiempo. Algunos países y organizaciones relacionadas con las radiocomunicaciones están debatiendo sobre la reglamentación necesaria para introducir las tecnologías TIP. Es posible actualmente compartir algunas conclusiones de los debates y las conversaciones de carácter público en curso.

La información más relevante sobre la TIP sin haces radioeléctricos puede encontrarse en:

- Recomendación UIT-R SM.2110 – Directrices sobre gamas de frecuencias para la explotación de sistemas de transmisión inalámbrica de potencia sin haces para vehículos eléctricos.
- Recomendación UIT-R SM.2129 – Orientaciones sobre las gamas de frecuencias para la explotación de sistemas de transmisión inalámbrica de potencia sin haces radioeléctricos para dispositivos móviles y portátiles.
- Informe UIT-R SM.2449 – Características técnicas de la transmisión inalámbrica de potencia por inducción sin haces radioeléctricos para dispositivos móviles y portátiles y análisis de su incidencia en los servicios de radiocomunicaciones.
- Informe UIT-R SM.2451 – Evaluación de los efectos de la transmisión inalámbrica de potencia para vehículos eléctricos sobre los servicios de radiocomunicaciones.

2 Aplicaciones desarrolladas para el uso de tecnologías TIP

2.1 Dispositivos móviles y portátiles

2.1.1 TIP inductiva para dispositivos móviles tales como teléfonos celulares y dispositivos multimedia portátiles

La TIP inductiva utiliza tecnologías de inducción y se usa para las aplicaciones siguientes:

- dispositivos móviles y portátiles: teléfonos móviles, teléfonos inteligentes, tabletas, ordenadores portátiles pequeños;
- equipos audiovisuales: cámaras fotográficas digitales;
- equipos de oficina: herramientas digitales, sistemas de organización;
- otros: equipamiento de iluminación (por ejemplo, LED), robots, juguetes, dispositivos en automóviles, equipamiento médico, dispositivos sanitarios, etc.

Algunas tecnologías de este tipo pueden necesitar una colocación precisa sobre la fuente de alimentación de energía. Generalmente, el dispositivo que se desea cargar debe estar en contacto con la fuente de energía como es la placa de potencia. Se supone una potencia emitida operativa de entre varios vatios y decenas de vatios.

2.1.2 TIP resonante para dispositivos móviles como los teléfonos celulares y para dispositivos portátiles multimedia tales como teléfonos inteligentes, tabletas, dispositivos multimedia portátiles

La TIP resonante utiliza tecnologías de resonancia que tienen mayor libertad espacial que la tecnología por inducción. Esta tecnología es adecuada para las aplicaciones siguientes para cualquier orientación (x, y o z) sin técnicas de ajuste:

- teléfonos móviles, teléfonos inteligentes, tabletas, ordenadores portátiles pequeños, dispositivos llevables;
- cámaras fotográficas digitales, cámaras de vídeo digitales, reproductores de música, televisores portátiles;
- herramientas digitales fáciles de manejar, sistemas de organización, equipamiento de iluminación (por ejemplo, LED), robots, juguetes, dispositivos en automóviles, equipamiento médico, dispositivos sanitarios, etc.

En el Anexo 2 se muestra un ejemplo de este tipo de tecnología TIP.

2.2 Aplicaciones de aparatos domésticos y de logística

Esta aplicación puede demandar características y aspectos similares a los de la TIP de dispositivos multimedia y portátiles. Sin embargo, normalmente utilizan mayor potencia que aquellos, por lo que en algunos países puede que necesiten una reglamentación más estricta.

Al aumentar la potencia de utilización de aparatos como televisores con pantallas grandes, la TIP para estos productos precisa mayor potencia de carga, superior a los 100 W, y puede que no se puedan homologar de conformidad con las categorías reglamentadas y las políticas de radiocomunicaciones vigentes en algunos países.

Se pueden aplicar los métodos de inducción magnética y de resonancia magnética en función del tipo de aplicación doméstica o de logística de la TIP. Las aplicaciones son las siguientes:

- Aplicaciones para aparatos de uso doméstico: aparatos eléctricos, muebles, cocinas, batidoras, televisores, pequeños robots, equipos audiovisuales, lámparas, dispositivos sanitarios de uso doméstico, etc.
- Aplicaciones de logística: distribuidores en almacenes logísticos, equipamiento médico, sistemas de transmisión suspendida en líneas de producción de LCD y de semiconductores, sistemas de vehículos de guiado automático (AGV, Automated Guided Vehicle), etc.

Se prevé que la potencia de funcionamiento varíe entre varios cientos de vatios y varios kilovatios debido al consumo de potencia de los dispositivos. La banda de frecuencias más adecuada es inferior a 6 780 kHz habida cuenta de las emisiones de RF, las prestaciones del sistema y otros factores.

2.2.1 Electrodomésticos

Se están desarrollando electrodomésticos con transmisión inalámbrica de potencia como alternativa a los calentadores de inducción en los aparatos de cocina, y algunas organizaciones externas de normalización tienen previsto publicar normas (por ejemplo, Ki v1.0 de Wireless Power Consortium¹) para electrodomésticos de cocina con transmisión inalámbrica de potencia. Algunas empresas han presentado prototipos de productos en ferias comerciales, pero aún no hay productos comerciales disponibles. A medida que se diversifican los electrodomésticos que aplican la TIP, el CISPR y otras organizaciones de normalización (SDO) están debatiendo métodos de medición para la evaluación de compatibilidad electromagnética y los campos electromagnéticos. La Fig. 1 muestra

¹ El Wireless Power Consortium (WPC) se describe en el Cuadro 2 del § 4.2.

una muestra de electrodomésticos de cocina equipados con equipos de transmisión inalámbrica de potencia. Cuenta con un robot de cocina, una batidora y una olla arrocera, etc. La Fig. 1 es una escena de la exposición Mini CES celebrada en la sede de Exhibit Concepts Inc. en Vandalia (Ohio), del 9 al 11 de mayo de 2022.

FIGURA 1

Exposición del prototipo de electrodomésticos de cocina de WPC



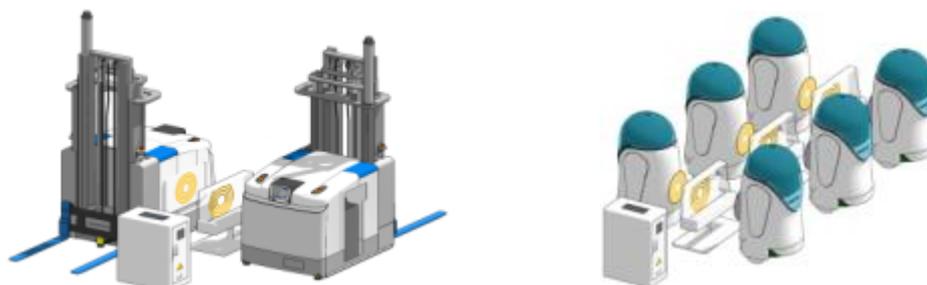
2.2.2 Aplicaciones de logística

Los robots y los vehículos de guiado automático (AGV) se utilizan activamente en la logística, y los grandes almacenes logísticos utilizan un gran número de robots y vehículos de guiado automático. Para cargarlos, se suele utilizar la carga autónoma y la carga inalámbrica, ya que no es posible que los humanos carguen manualmente uno por uno.

La potencia de carga de los robots pequeños es de unos 200 W a 600 W, mientras que los robots de las grandes fábricas y los vehículos de guiado automático requieren de 1 kW a 4 kW. El método de carga típico consiste en colocar un transmisor en el suelo, pero en lugares como fábricas o almacenes logísticos, donde existe la preocupación de que entren sustancias extrañas, se suele utilizar la carga horizontal. La Fig. 2 es un diagrama conceptual de un cargador inalámbrico robot/vehículo de guiado automático de doble cara y seis clústeres aplicables a una fábrica inteligente.

FIGURA 2

Configuración de carga inalámbrica de doble cara y 6 clústeres



2.3 Vehículos eléctricos

El concepto de TIP para vehículos eléctricos, incluidos los vehículos eléctricos híbridos enchufables (plug-in hybrid electric vehicle, PHEV) consiste en cargar el automóvil sin cable eléctrico donde se disponga de TIP. La energía transferida al automóvil se utilizará para la conducción, la alimentación

de los dispositivos adicionales del vehículo como el aire acondicionado y para otras necesidades. Se están considerando las tecnologías y aplicaciones TIP tanto durante el estacionamiento como durante la conducción.

Los sistemas TIP para los vehículos eléctricos son una tecnología emergente que presenta un gran potencial para acelerar la adopción de los vehículos eléctricos y reducir el impacto negativo de las emisiones de los vehículos en el medio ambiente. Se están desarrollando y se prevé que la comercialización de esta tecnología se produzca en 2020.

En paralelo, es necesario disponer previamente de estaciones de recarga públicas para estos vehículos eléctricos, para poder cumplir esta fecha. La normalización de estos sistemas TIP es por lo tanto necesaria unos cuantos años antes (por ejemplo, en 2018) para asegurar la compatibilidad de la estructura pública de recarga con los sistemas instalados en los vehículos eléctricos y asegurar la interoperabilidad entre los diferentes tipos de sistemas. En Europa, la Comisión Europea publicó la Directiva relativa a la implantación de una infraestructura para los combustibles alternativos (2014/94/EU) en octubre de 2014. Posteriormente, de acuerdo con esta Directiva, la Comisión Europea publicó la Decisión de ejecución de la Comisión sobre una solicitud de normalización (M/533) dirigida a los organismos de normalización europeos para la elaboración de normas europeas para una infraestructura para los combustibles alternativos en marzo de 2015. En este documento se indican unos 20 temas que incluyen la normalización de los suministros de electricidad, de hidrógeno y de gas natural. La normalización de los sistemas TIP para vehículos eléctricos se nombra al principio de esta lista de temas. En este documento, se solicita a CENELEC que publique, antes del 31/12/2019, una norma europea con las especificaciones técnicas de una solución única para la recarga inalámbrica de los automóviles de pasajeros y los vehículos ligeros, compatible con la especificación de CEI 61980-3.

La potencia de carga puede depender de las necesidades de los usuarios.

En la mayoría de los casos, para los vehículos de pasajeros de uso particular, se consideran potencias de carga de 3,3 kW, 7,7 kW u 11 kW. Sin embargo, algunos usuarios quieren realizar cargas rápidas para una utilización pública, o su automóvil puede necesitar mucha mayor potencia para determinados usos concretos. Actualmente se están considerando gamas de potencia del orden de 22 kW, o incluso más, para vehículos de pasajeros.

En los casos de utilización de los vehículos pesados, se pueden necesitar potencias de carga equivalentes iniciales de 75 kW. También se están considerando potencias del orden de 100 kW o superiores.

Los proyectos de normalización de los sistemas TIP se iniciaron hace algunos años. El Grupo de Trabajo 7 del Comité Técnico 69 de la CEI está elaborando la serie de normas CEI 61980 que contemplan los requisitos de los equipos del lado del suministro y el ISO/TC22/SC37/JPT19363 está elaborando la norma ISO 19363 que contempla los requisitos de los equipos del lado del vehículo eléctrico, en estrecha colaboración. En el siguiente Cuadro, se muestra el calendario de elaboración.

Número	Título	Estado de la publicación	Fecha de publicación
CEI 61980-1	Sistemas de transmisión inalámbrica de potencia (TIP) para vehículos eléctricos – Parte 1: Requisitos generales	Norma internacional, 2ª Ed.	19/11/2020
CEI 61980-2	Sistemas de transmisión inalámbrica de potencia (TIP) para vehículos eléctricos – Parte 2: Requisitos específicos para la comunicación entre el vehículo eléctrico de carretera y la	Proyecto final de norma internacional (FDIS), 1ª Ed.	Prevista para 2022/2023 (Norma internacional 1ª Ed.)

Número	Título	Estado de la publicación	Fecha de publicación
	infraestructura en relación con los sistemas de transmisión inalámbrica de potencia (TIP)		
CEI 61980-3	Sistemas de transmisión inalámbrica de potencia (TIP) para vehículos eléctricos – Parte 3: Requisitos específicos para los sistemas de transmisión inalámbrica de potencia de campo magnético	Proyecto final de norma internacional (FDIS), 1ª Ed.	Prevista para 2022/2023 (Norma internacional 1ª Ed.)
ISO 19363	Vehículos de carretera de propulsión eléctrica – Transferencia inalámbrica de potencia por campo magnético	Norma internacional, 1ª Ed.	04/2020

En los aspectos relativos a las frecuencias de los sistemas TIP para automóviles de pasajeros y vehículos ligeros, se evaluaron diferentes bandas de frecuencias posibles analizando parámetros como la dificultad de alcanzar los requisitos de compatibilidad electromagnética y de campos electromagnéticos, su incorporación a los vehículos, la masa y el volumen, la comparación de costes de la electrónica de potencia, etc. La industria ha concluido, de este análisis, que la banda de 79-90 kHz (llamada la banda de 85 kHz) es la elección más adecuada para estas aplicaciones.

En los documentos CEI 61980-3 e ISO 19363, que contemplan específicamente los sistemas de transferencia inalámbrica de potencia por campo electromagnético (TIP-CM), se especifica la banda de 85 kHz como la banda de frecuencias del sistema para la TIP-CM para potencias hasta 11,1 kW.

3 Tecnologías empleadas en aplicaciones TIP o relacionadas con ellas

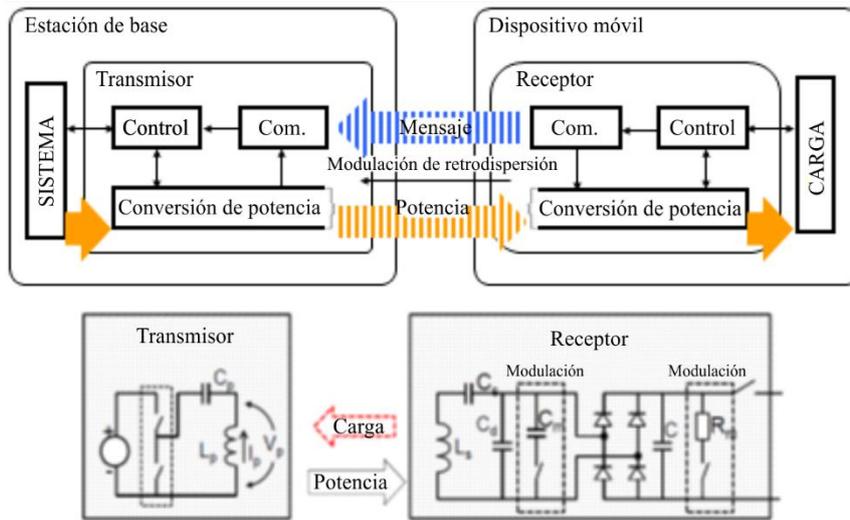
3.1 Dispositivos portátiles y móviles

3.1.1 Tecnología TIP de inducción magnética

La TIP de inducción magnética es una tecnología muy conocida que se aplica desde hace mucho tiempo en transformadores en los que las bobinas primaria y secundaria están acopladas por inducción, por ejemplo, mediante un núcleo permeable magnético compartido. La transmisión de potencia por inducción por el espacio mediante bobinas primaria y secundaria físicamente separadas también es una tecnología conocida desde hace más de un siglo. Se denomina también TIP de alto grado de acoplamiento. Una característica de esta tecnología es que la eficiencia de la transmisión de potencia cae si la distancia de separación es superior al diámetro de la bobina y si las bobinas no están alineadas entre ellas. La eficiencia de la transmisión de potencia depende del factor de acoplamiento (k) entre los inductores y de su calidad (Q). Esta tecnología puede lograr una mayor eficiencia que el método de resonancia magnética y se ha comercializado para cargar teléfonos inteligentes. Mediante un conjunto de bobinas esta tecnología también ofrece flexibilidad en la ubicación de la bobina receptora del transmisor.

FIGURA 3

Ejemplo de diagrama de bloques de un sistema TIP de inducción magnética



Informe SM.2303-3-02

3.1.1.1 Sistema Qi

La transferencia de potencia se basa en la inducción magnética de campo cercano entre bobinas. Los dispositivos suelen funcionar en un rango inferior a 2 mm. Estas aplicaciones generan altas intensidades de campo magnético cerca de la bobina del transmisor para lograr una alta eficiencia de transferencia de potencia $> 90\%$. Dado que las aplicaciones no están diseñadas para producir un campo eléctrico radiante intencional, las bobinas transmisoras Qi son transmisores de campos eléctricos extremadamente ineficientes, con una potencia radiada aparente típica de $2,9 \mu\text{W}$.

Se utiliza un sistema de control simple para iniciar, gestionar y terminar la transferencia de potencia. La detección de objetos extraños se incluye como medida de seguridad.

El dispositivo móvil contiene un receptor de potencia (PRx) cuando se coloca encima de un transmisor de potencia (PTx), como se muestra en la Fig. 4.

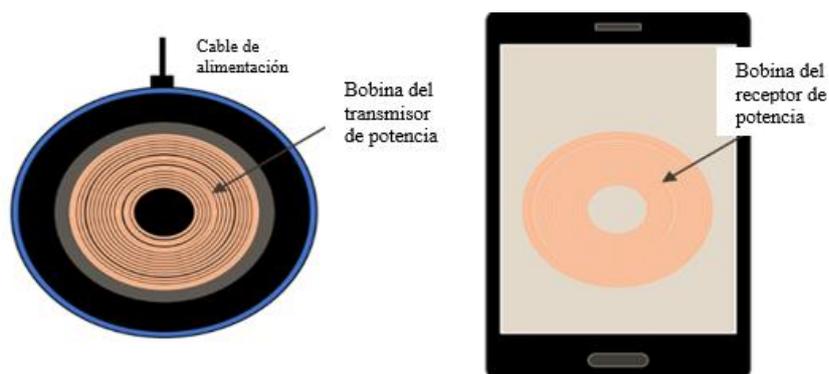
FIGURA 4

Un teléfono inteligente inalámbrico en una plataforma de carga



Tanto el transmisor de potencia como el receptor de potencia contienen bobinas, como se muestra en el diagrama conceptual de la Fig. 5, así como los circuitos que tratan la comunicación y la transferencia de energía entre ellos.

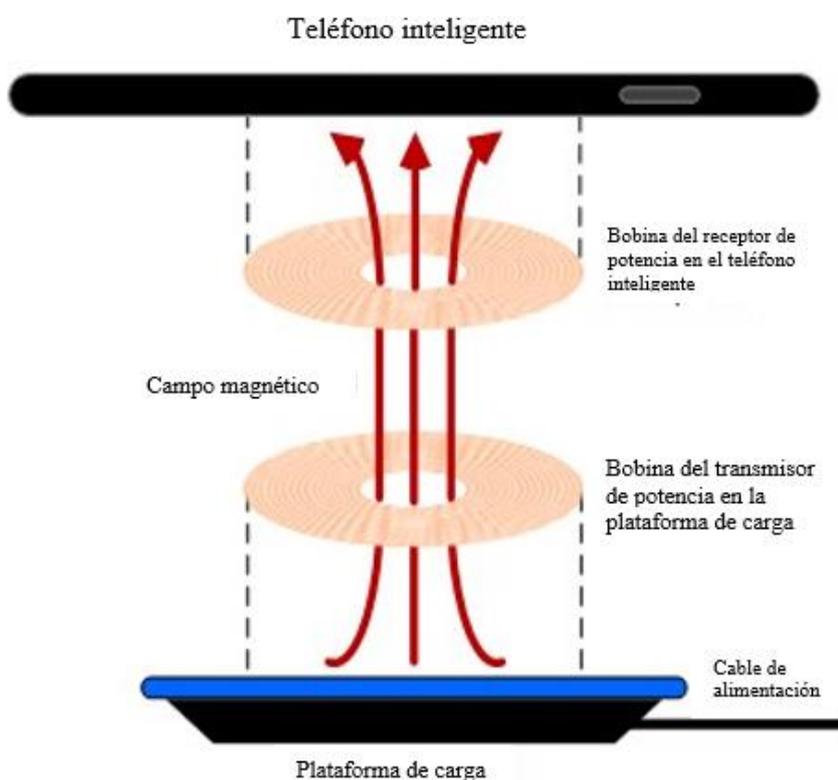
FIGURA 5
Bobinas en el cargador y el teléfono inteligente



En el sistema, ilustrado en la Fig. 5, la potencia se transfiere del transmisor de potencia contenido en la plataforma de carga a un receptor de potencia contenido en el teléfono inteligente. Antes de comenzar la carga, el receptor y el transmisor de potencia se comunican entre sí para establecer que el dispositivo móvil sea compatible y capaz de cargarse, si es necesario cargarlo, cuánta energía se requiere, etc. En resumen, la comunicación garantiza una transferencia de potencia adecuada del transmisor de potencia al receptor de potencia.

Cuando comienza la carga, el transmisor de potencia hace pasar una corriente eléctrica alterna a través de su bobina, que genera un campo magnético alterno de acuerdo con la ley de Faraday (véase la Fig. 6). A su vez, este campo magnético es captado por la bobina dentro del receptor de potencia y transformado por un convertidor de potencia en una corriente eléctrica alterna que, después de la rectificación, se puede utilizar para cargar la batería.

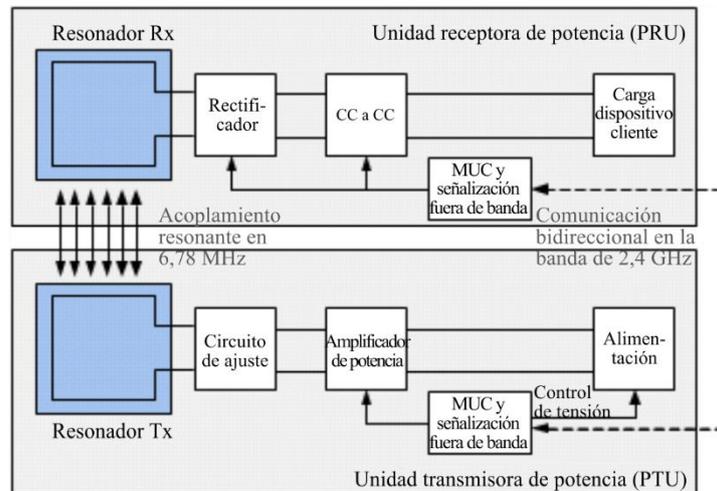
FIGURA 6
Transmisión inalámbrica de potencia Qi mediante inducción magnética



3.1.2 Tecnología TIP de resonancia magnética

La TIP de resonancia magnética también se conoce como TIP con bajo grado de acoplamiento. La base teórica de este método de resonancia magnética lo desarrolló en primer lugar el Instituto de Tecnología de Massachusetts en 2005 y sus postulados se validaron experimentalmente en 2007². El método utiliza una bobina y un condensador como resonador, transmitiendo energía eléctrica mediante la resonancia magnética entre la bobina transmisora y la bobina receptora (acoplamiento magnético). Ajustando las frecuencias de resonancia de ambas bobinas con un factor Q elevado, se puede transmitir potencia eléctrica a una distancia grande donde el acoplamiento entre las bobinas es bajo. La TIP de acoplamiento magnético puede transmitir energía eléctrica en una distancia de hasta varios metros. Esta tecnología también ofrece flexibilidad en la ubicación de la bobina receptora respecto de la bobina de transmisión. Los detalles técnicos prácticos se pueden encontrar en muchas publicaciones técnicas, por ejemplo, en las citadas en http://www.mit.edu/~soljacic/wireless_power.html y <http://www.rezence.com/>.

FIGURA 7
Ejemplo de diagrama de bloques de un sistema TIP de resonancia magnética



Informe SM.2303-3-03

3.1.2.1 Dispositivos TIP portátiles y móviles en 13,553-13,567 MHz

Las gafas inteligentes son un tipo de dispositivos portátiles inteligentes, que suelen estar configurados con sistemas operativos independientes y funciones de audio inteligentes. Además, las gafas inteligentes se pueden cargar con tecnología de carga inalámbrica. En la Fig. 8 se muestra un tipo de gafas inteligentes³. Ha utilizado tecnología de carga inalámbrica de 13,56 MHz que aprovecha el enlace de comunicación NFC para controlar la transferencia de potencia. Como se muestra en la Fig. 9, la carga inalámbrica se realiza en las gafas inteligentes con su estuche, donde la funda sirve como transmisor y las gafas inteligentes como receptor de la carga inalámbrica NFC. La bobina transmisora se encuentra en el lateral de la caja de las gafas, y la bobina receptora se encuentra dentro de la pata de las gafas. Cuando se colocan las gafas en la caja, se cierran dos bobinas entre sí y se establece el acoplamiento magnético. El transmisor emite un campo magnético alterno con una

² http://www.mit.edu/~soljacic/wireless_power.html

³ La información específica de estas gafas inteligentes se puede ver en el siguiente enlace: <https://www.vmall.com/product/10086622420520.html>

frecuencia de 13,56 MHz. El flujo del campo magnético induce una tensión alterna en la bobina receptora, que puede utilizarse para accionar la batería en los brazos de los vidrios después de la rectificación. La potencia de carga total de las patas de las gafas es inferior a 1 W y los dispositivos pueden funcionar en un rango inferior a 1 cm.

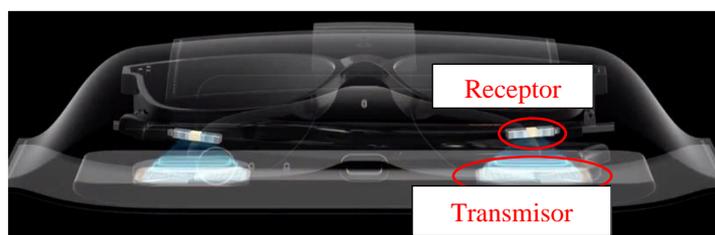
FIGURA 8

Un modelo de gafas inteligentes



FIGURA 9

Emisor y receptor de gafas inteligentes



Al utilizar campos magnéticos en la comunicación NFC para transmitir energía, sin introducir radiación electromagnética adicional, la tecnología de carga inalámbrica de 13,56 MHz permite que los dispositivos NFC admitan la carga inalámbrica de alta frecuencia con pequeñas modificaciones.

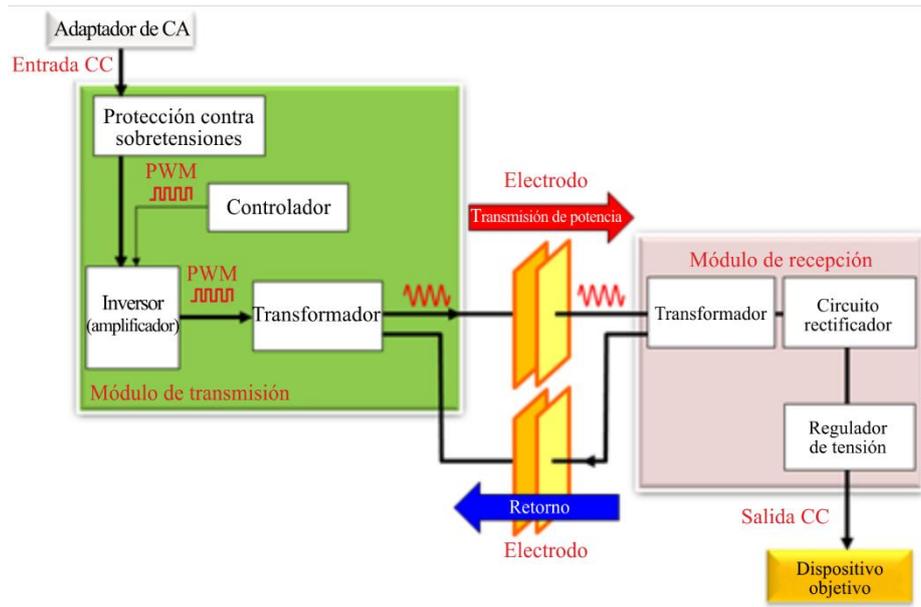
3.1.3 TIP de acoplamiento capacitivo

El sistema TIP de acoplamiento capacitivo dispone de dos conjuntos de electrodos y no utiliza bobinas como los sistemas TIP de tipo magnético. La energía se transmite mediante un campo de inducción generado por el acoplamiento de dos conjuntos de electrodos. El sistema de acoplamiento capacitivo tiene algunas de las ventajas que se indican a continuación. Las Figs. 10 y 11 muestran el diagrama de bloques y la estructura física del sistema, respectivamente.

- 1) El sistema de acoplamiento capacitivo da libertad de posición horizontal mediante un sistema de carga fácil de utilizar para los usuarios finales.
- 2) En el sistema se puede usar un electrodo muy fino (menos de 0,2 mm) entre el transmisor y el receptor, por lo que resulta adecuado para incorporarlo en dispositivos móviles muy finos.
- 3) No se genera calor en la zona de transmisión inalámbrica de potencia. Esto implica que la temperatura no aumenta en esa zona, lo que impide que se caliente incluso cuando la unidad se sitúa cerca.
- 4) Los niveles de las emisiones del campo eléctrico son bajos debido a la estructura de su sistema de acoplamiento. El campo eléctrico se emite desde los electrodos para la transmisión de potencia.

FIGURA 10

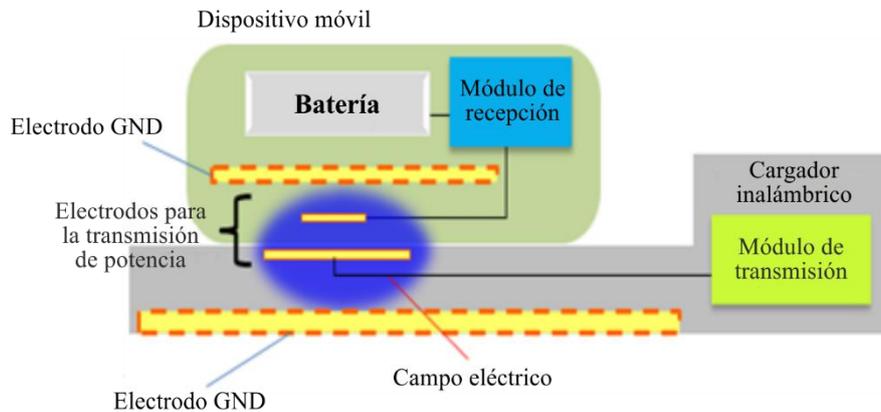
Diagrama de bloques de un sistema TIP de acoplamiento capacitivo



Informe SM.2303-3-04

FIGURA 11

Estructura típica del sistema de acoplamiento capacitivo



Informe SM.2303-3-05

3.2 Aparatos de uso doméstico

Las fuentes de potencia inductiva (transmisores) pueden ser independientes o estar integradas en las encimeras o mesas de las cocinas. Estos transmisores podrían incorporar la TIP en un aparato con calentamiento inductivo convencional.

Para los aparatos de uso doméstico el nivel de potencia es normalmente de hasta varios vatios y la carga puede estar motorizada o ser de tipo calentador. En el futuro los productos soportarán más de 2 kW de potencia y se están investigando nuevos diseños para aparatos de cocina inalámbricos.

Para el uso de alta potencia en las casas, es preferible utilizar frecuencias del orden de decenas de kHz.

Normalmente se utilizan dispositivos muy fiables tales como los transistores bipolares de puerta aislada (IGBT, *insulated gate bipolar transistor*) que funcionan en la gama de frecuencias 10-100 kHz.

Los productos para la cocina deben cumplir la normativa de seguridad y de campos electromagnéticos (EMF). También es fundamental que el transmisor sea ligero y de reducido tamaño para adaptarse a la cocina, además de ser de bajo coste. La distancia entre el transmisor y el receptor debería ser inferior a los 10 cm.

Las Figuras 12 y 13 siguientes muestran ejemplos de aparatos de cocina con alimentación inalámbrica que se comercializarán en breve.

FIGURA 12

Aparatos de cocina con alimentación inalámbrica



Batidora con alto grado de acoplamiento



Olla arrocera con alto grado de acoplamiento

Informe SM.2303-3-06

Los sistemas TIP ya se han integrado en las líneas de producción de semiconductores y de paneles LCD como se muestran en las imágenes siguientes.

FIGURA 13

Casos de líneas de producción de LCD y de semiconductores y sistemas TIP de cocina

<p>(Cinta transportadora TIP de línea de producción de LCD)</p>	<p>(Cinta transportadora de línea de producción de semiconductores)</p>	<p>(Placa de cocina TIP para apartamento)</p>

Informe SM.2303-3-07

3.3 Vehículos eléctricos

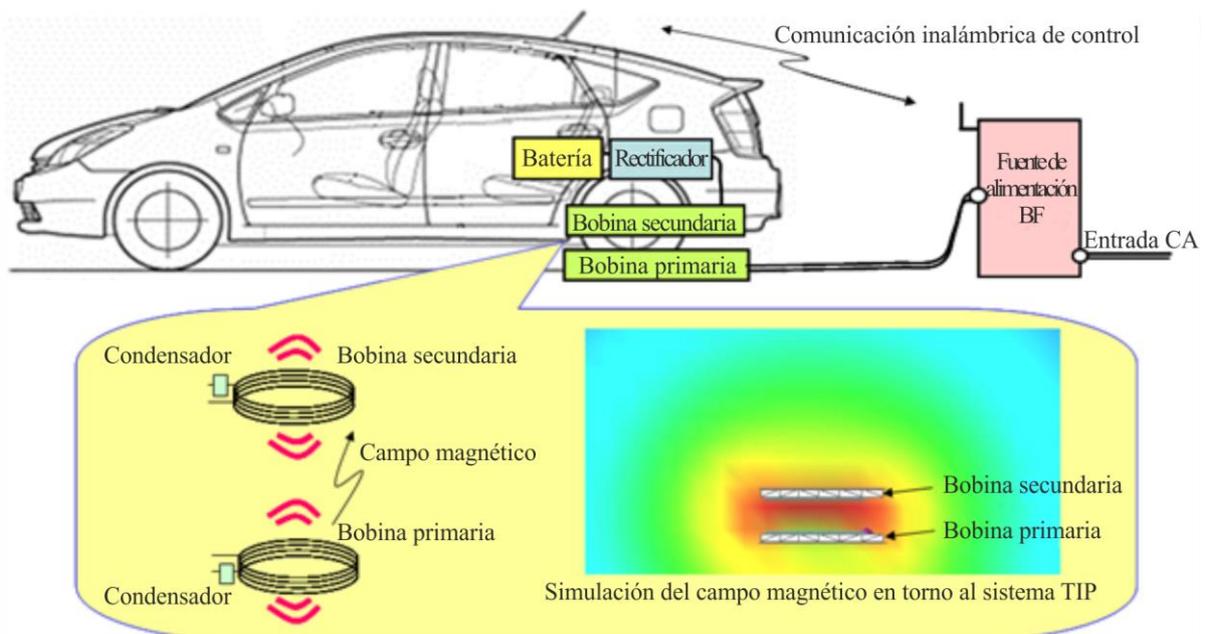
La transmisión inalámbrica de potencia mediante campo magnético (TIP-CM) es uno de los temas principales en los grupos de normalización como el Grupo de Trabajo 7 del Comité Técnico 69 de la CEI y SAE J2954TF en relación con la TIP para vehículos eléctricos, incluidos los vehículos eléctricos híbridos enchufables, aunque existen diversos tipos de métodos de TIP. La transmisión inalámbrica de potencia mediante campo magnético para vehículos eléctricos, incluidos los híbridos enchufables comprende tanto el tipo de inducción como el de resonancia magnética. La energía eléctrica se puede transmitir de forma eficiente desde la bobina primaria a la secundaria mediante un campo magnético utilizando la resonancia entre la bobina y el condensador.

Las aplicaciones que se consideran para vehículos de pasajeros implican lo siguiente:

- 1) Aplicación TIP: transmisión de energía eléctrica a los vehículos mediante una toma eléctrica en una residencia y/o en un servicio eléctrico.
- 2) Uso de la TIP: en domicilios, apartamentos, estacionamientos públicos, etc.
- 3) Uso de la electricidad en vehículos: todos los sistemas eléctricos tales como carga de baterías, ordenadores, aparatos de aire acondicionado, etc.
- 4) Ejemplos de uso de la TIP. En la Fig. 14 siguiente, se muestra un ejemplo para vehículos de pasajeros.
- 5) Método TIP: un sistema TIP para vehículos eléctricos, incluidos los híbridos enchufables, dispone de por lo menos dos bobinas. Una se sitúa en el dispositivo primario y la otra en el dispositivo secundario. La energía eléctrica se transmitirá del dispositivo primario al secundario mediante un campo o flujo magnético.
- 6) Ubicación del dispositivo (ubicación de la bobina):
 - a) Dispositivo primario: en el suelo y/o bajo éste.
 - b) Dispositivo secundario: en los bajos del vehículo.
- 7) Separación entre las bobinas primaria y secundaria: menos de 30 cm.
- 8) Ejemplo de potencia transmitida: 3 kW, 6 kW y 20 kW.
- 9) Seguridad: el dispositivo primario sólo puede iniciar la transmisión de potencia cuando el dispositivo secundario esté situado en la zona adecuada para la TIP. El dispositivo primario debe detener la transmisión si resulta difícil mantener una transmisión segura.

FIGURA 14

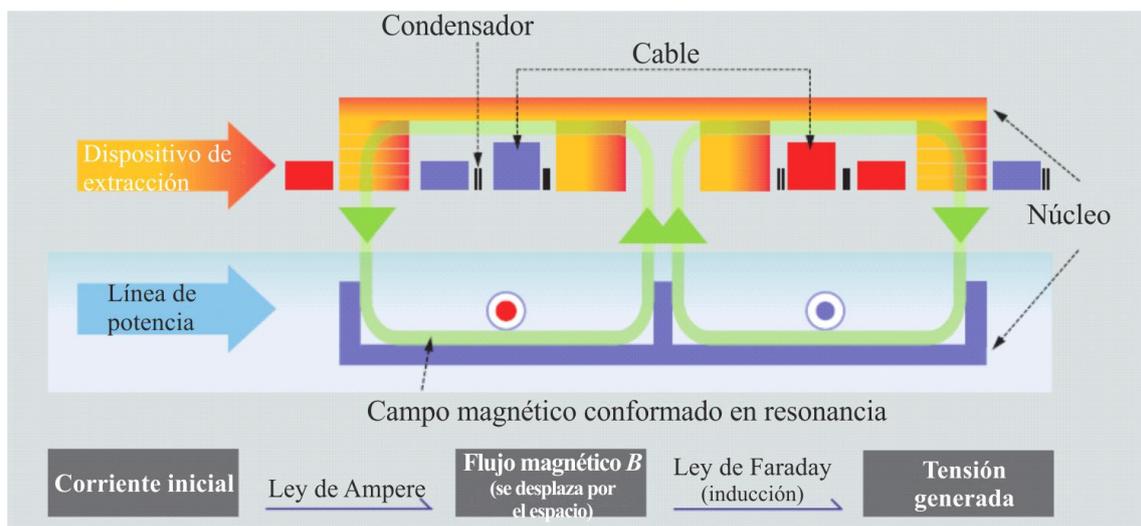
Ejemplo de un sistema TIP para vehículos eléctricos incluidos los híbridos enchufables



Para mover vehículos pesados como autobuses eléctricos, la infraestructura del sistema consiste en introducir conductores eléctricos en la calzada que transmiten mediante un campo magnético la energía a los vehículos dotados de baterías que se sitúan encima. El autobús se puede desplazar a lo largo de los conductores eléctricos sin necesidad de detenerse para recargar sus baterías, lo que se conoce como vehículo eléctrico en línea (on-line electric vehicle, OLEV). Además, el autobús se puede cargar detenido en una parada o en un garaje. El primer sistema en funcionamiento de vehículos eléctricos pesados del mundo fue un autobús en línea de un parque de atracciones y en una ciudad.

FIGURA 15

Características técnicas de un vehículo eléctrico en línea



Informe SM.2303-3-09

El diseño del campo magnético desde la bobina transmisora a la bobina receptora es fundamental al plantear un sistema TIP para obtener el máximo de potencia y de eficiencia.

En primer lugar, el campo magnético debe estar en resonancia mediante las bobinas resonantes de transmisión y de recepción para lograr alta potencia y eficiencia.

En segundo lugar, se debe controlar la forma del campo magnético, utilizando material magnético como los núcleos de ferrita, para reducir al mínimo la resistencia magnética en el trayecto del campo magnético y lograr un campo magnético con bajas pérdidas y mayores potencias de transmisión.

Se denomina campo magnético conformado en resonancia (SMFIR, shaped magnetic field in resonance).

FIGURA 16

Ejemplo de vehículo eléctrico en línea



Informe SM.2303-3-10

3.4 Robots y vehículos de guiado automático

3.4.1 Tecnología de bobina transceptora de carga inalámbrica de un solo lado de 3,3 kW

En el entorno de transmisión de clase de 3,3 kW para carga inalámbrica robotizada, se diseña una bobina de transmisión/recepción multicapa, como la que se muestra en la Fig. 17, teniendo en cuenta el tamaño de la bobina montable y la distancia entre las bobinas de transmisión/recepción. Además, la pérdida y la generación de calor de la bobina se pueden minimizar a través del diseño estructural del conductor de puesta a tierra.

FIGURA 17

Ejemplo de una estructura de dos capas de una bobina de transmisión/recepción



En este momento, se utiliza una estructura sin ferrita en la bobina transmisora, de modo que es posible la carga inalámbrica simultáneamente en ambos sentidos de una bobina transmisora. Además, se diseñan una bobina receptora y una estructura de ferrita capaces de aumentar la directividad de un campo magnético para reducir la influencia de las bobinas receptoras adyacentes. Como resultado, para cargar de forma inalámbrica seis dispositivos al mismo tiempo, se utilizan tres bobinas transmisoras y seis bobinas receptoras.

3.4.2 Tecnología de módulo tranceptor de carga inalámbrica de un solo lado de clase de 3,3 kW

A fin de optimizar y obtener la máxima eficiencia del módulo de transmisión/recepción de carga inalámbrica de 3,3 kW, se utilizó una alimentación estable a través de una fuente de alimentación de CC (por ejemplo, una fuente de potencia en modo conmutado (SMPS)) con una función de protección de circuito incorporada. Con este fin, se utilizó una SMPS de clase de 4 kW con topología PFC de tótems sin puentes (Corrección del Factor de Potencia), que puede garantizar la máxima eficiencia minimizando la pérdida de elementos internos (inductores, diodos, etc.) en la estructura existente. Puede ser deseable una estructura de disipación de calor natural para reducir el tamaño total del sistema y simplificar la estructura de disipación de calor.

En la banda de 79-90 kHz, mediante el uso de un módulo de transmisión de clase de 3,3 kW, se maximiza la eficiencia de la transmisión de potencia y se minimiza la generación de calor mediante el uso de una estructura de adaptación LCC (inductor-condensador-condensador) de baja pérdida y un transistor de efecto de campo metal-óxido-semiconductor (MOSFET, en inglés) dual. Además, tiene incorporada una función de control de potencia de transmisión mediante comunicación WiFi con el módulo receptor.

El módulo receptor para cargar una batería de 100 V se utilizó con un circuito rectificador que utiliza un diodo de clase 400 V y un interruptor MOSFET para el control automático de carga de encendido/apagado. También se aplicó adaptación LCC de baja pérdida al módulo receptor para la carga de corriente constante.

Se prevé fabricar un convertidor CC/CC de baja tensión (LDC) de alta eficiencia que convierta la tensión de la batería (clase de 100 V) en una fuente de alimentación adecuada (25 V de CC) para el robot de transporte.

La banda de frecuencias de la TIP-EV (79-90 kHz) se utilizó para cargar los prototipos de robots. El Instituto de Investigación en Electrónica y Telecomunicaciones (ETRI) de la República de Corea desarrolló en 2022 un robot de carga inalámbrica de 1 kW, que demostró una eficiencia de transmisión CC/CC superior al 90%, al tiempo que satisfacía las normas coreanas de compatibilidad electromagnética y los CEM con una separación de 7 cm entre el transmisor y el receptor. ETRI está desarrollando un cargador inalámbrico múltiple de 3,3 kW para robots y vehículos de guiado automático (AGV) a partir de 2022. El objetivo del desarrollo tecnológico es un cargador de doble cara para vehículos de guiado automático que pueda cargar simultáneamente dos receptores de 1,75 kW cada uno con una bobina de transmisión, y un cargador inalámbrico de clúster que pueda cargar simultáneamente seis robots con 600 vatios de potencia de recepción. Cada cargador tiene como objetivo una eficiencia CA/CC superior al 86% con una separación de 5 cm entre el transmisor y el receptor.

4 Situación mundial de la normalización de la TIP

4.1 Organizaciones nacionales de normalización

En las secciones siguientes se presentan únicamente experiencias a título informativo y se reflejan simplemente las opiniones de los países mencionados en ellas.

4.1.1 China

En China, la CCSA (China Communication Standard Association) ha estudiado normas TIP para dispositivos portátiles. La CCSA ha elaborado otros informes, tales como la «Investigación sobre los problemas de los sistemas de carga inalámbrica de baja potencia», «Investigación sobre la frecuencia y la gestión de la carga inalámbrica: dispositivos móviles de baja frecuencia y potencia», e

«Investigación sobre las especificaciones de RF y los reglamentos pertinentes aplicables a los dispositivos TIP móviles y portátiles».

En 2015, se estableció la organización de normalización (SDO) nacional de la industria automotriz y formuló tres normas nacionales, lideradas por el Centro de Investigación y Tecnología Automotriz de China (CATARC). Y desde 2017, la SDO nacional de la industria energética, liderada por el Consejo de Electricidad de China (CEC), ha formulado normas nacionales relevantes para TIP-VE. Algunas normas nacionales relacionadas con TIP-VE se enumeran en el siguiente cuadro.

Número	Título	Fecha de publicación
GB/T 37132	Requisitos generales y métodos de prueba de compatibilidad electromagnética para equipos inalámbricos de transmisión de potencia	28/12/2018

4.1.2 Japón

El Grupo de Trabajo sobre TIP del Broadband Wireless Forum (BWF) de Japón se está encargando de la elaboración de normas técnicas sobre TIP utilizando protocolos de la Association of Radio Industries and Businesses (ARIB). Se ha enviado a la ARIB una serie de normas elaboradas por el BWF para su aprobación. El BWF realizó un detallado estudio técnico sobre el espectro necesario para todas las aplicaciones y tecnologías de la TIP. En 2015, ARIB aprobó las siguientes tecnologías TIP como normas japonesas:

ARIB STD-T113 V1.1	« <i>Wireless Power Transmission Systems</i> » (Sistemas de transmisión inalámbrica de potencia)
Parte 1	« <i>400 kHz Capacitive Coupling Wireless Power Transmission System</i> » (Sistema de transmisión inalámbrica de potencia por acoplamiento capacitivo a 400 kHz)
Parte 2	« <i>6.78 MHz Magnetic Coupling Wireless Power Transmission System for Mobile Devices</i> » (Sistemas de transmisión inalámbrica de potencia por acoplamiento magnético a 6,78 MHz para los dispositivos móviles)
Parte 3	« <i>Microwave Electromagnetic Field Surface Coupling Wireless Power Transmission System for Mobile Devices</i> » (Sistemas de transmisión inalámbrica de potencia por acoplamiento en superficie por campo electromagnético de microondas)

Además de elaborar y evaluar las especificaciones de las ondas radioeléctricas de transmisión de potencia, se tienen en cuenta los mecanismos de transmisión, señalización y control. Se considera detenidamente la armonización mundial del espectro para las aplicaciones destinadas al mercado mundial.

En junio de 2013, con el objetivo del Ministerio de Asuntos Internos y de Comunicaciones (MIC) de gestionar la nueva regulación sobre TIP, se constituyó el Grupo de Trabajo sobre la Transmisión Inalámbrica de Potencia (WPT-WG) dependiente del Subcomité sobre entorno electromagnético para el uso de ondas radioeléctrica del MIC. El cometido principal del WPT-WG es elaborar estudios sobre las bandas de frecuencias para la TIP y su coexistencia con los titulares actuales. Habida cuenta de los resultados del Grupo de Trabajo, el Consejo de Información y Comunicación del MIC aprobó su Informe sobre la reglamentación TIP y se publicó en 2015. En el Capítulo 6 se facilita más información. La norma ARIB STD-T113 hace referencia a las nuevas reglas de conformidad.

4.1.3 Corea

El MSIT (Ministerio de Ciencia y TIC) y su Agencia Nacional de Investigación Radioeléctrica (RRA) son las agencias gubernamentales responsables de la reglamentación sobre TIP en Corea. Las

principales organizaciones de normalización que elaboran normas en Corea se muestran en el Cuadro 1.

En 2022 se han desarrollado dos normas: TTAK. KO-06.0578, «Requisitos y modelo de referencia para la detección de materiales extraños con asistencia visual y biométrica para la transmisión inalámbrica de potencia en robots y vehículos de guiado automático», que es una norma de detección de materiales extraños aplicada a robots y vehículos de guiado automático, y TTAK. KO-06.0579, «Especificaciones técnicas para transceptores de transmisión inalámbrica de potencia para dispositivos móviles de hasta varios cientos de vatios – Parte 1: Bicicletas eléctricas», que es una norma sobre bicicletas eléctricas. También se está elaborando una norma de método de medición para las normas de exposición de las personas a las ondas electrónicas, KS C 3380, «Método de medición de la cantidad de exposición humana a los campos magnéticos de baja frecuencia generados en los vehículos eléctricos y los sistemas de carga».

CUADRO 1

Actividades de normalización en Corea

Nombre	URL	Estado
KATS	http://www.kats.go.kr/en_kats/	En curso – Gestión de la recarga de múltiples dispositivos
KWPF	http://www.kwpf.org	En curso – Espectro relativo a la TIP – Reglamentación relativa a la TIP – TIP de resonancia magnética – TIP de inducción magnética Completado – Casos de uso – Escenario de servicio – Requisitos funcionales – Comunicaciones en banda para la TIP – Control para la gestión de la TIP
TTA	http://www.tta.or.kr/English/index.jsp	Completado – Casos de uso – Escenario de servicio – Eficiencia – Evaluación – Comunicaciones en banda para la TIP – Control para la gestión de la TIP En curso – TIP de resonancia magnética – TIP de inducción magnética

4.2 Organizaciones internacionales y regionales

En el Cuadro 2 se indican algunas organizaciones internacionales y regionales que se ocupan de la normalización de la TIP y sus actividades pertinentes a título informativo.

CUADRO 2

Organizaciones internacionales y regionales relacionadas con la TIP

Nombre de la organización	Actividades
APT (Telecomunidad Asia Pacífico)	<p>El Grupo sobre comunicaciones inalámbricas de la APT (AWG) ha iniciado un estudio para una Recomendación de la APT sobre las gamas de frecuencias de la TIP sin haces radioeléctricos para los dispositivos móviles en febrero de 2016.</p> <p>El AWG ha iniciado la elaboración de un Informe de la APT sobre las gamas de frecuencias de la TIP sin haces radioeléctricos para los vehículos eléctricos cuya finalización está prevista en septiembre de 2017 y cuyo marco inicial se aprobó en la 20ª reunión de la APT, en septiembre de 2016. Además, el AWG va a realizar estudios para proporcionar información y el apoyo necesario a los miembros de la APT durante su preparación para el tema 9.1.6 del punto 9.1 del orden del día de la CMR-19.</p> <p>Además de las actividades anteriores, en 2017, se finalizó el documento de trabajo «APT new Report on services and applications of «Wireless Power Transmission (WPT)» Technology» (Nuevo Informe de la APT sobre los servicios y las aplicaciones de la «transferencia inalámbrica de potencia (TIP)») añadiendo un amplio conjunto de información y resultados de los estudios.</p>
CE 13 del UIT-T	<p>La Cuestión 1/13 del UIT-T está elaborando el Suplemento a la serie Y sobre los servicios de aplicación de la transferencia inalámbrica de potencia (TIP), con el siguiente alcance:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Definición de servicio de aplicación de la TIP. – Modelo de servicio del servicio de aplicación de la TIP. – Casos de uso del servicio de aplicación de la TIP. <p>El suplemento Y.WPT del UIT-T describe varios casos de uso de la prestación del servicio utilizando tecnología TIP para la construcción de un marco de servicio que incluye la autenticación del usuario/dispositivo, la gestión del servicio, contabilidad, seguridad del servicio, etc. El principal objetivo es definir el marco de servicio para la prestación del servicio TIP.</p>
CISPR (Comité International Spécial des Perturbations Radioélectriques)	<p>La TIP se está debatiendo en el subcomité SC-B del CISPR (Interferencias relativas a los aparatos radioeléctricos ICM y líneas eléctricas aéreas, etc.). Los restantes Subcomités: D (equipos eléctricos/electrónicos en los vehículos), F (aparatos domésticos, equipos de iluminación, etc.) e I (tecnologías de la información, equipos y receptores multimedios) también consideran la TIP.</p> <p>El subcomité SC-F examinó la aplicación de la tecnología TIP sin haces a los aparatos de cocina y/o a las herramientas que funcionan con baterías y determinó que, en estas aplicaciones, la tecnología de los dispositivos de transmisión de potencia es común a los aparatos de cocción por inducción. Por lo tanto, el SC-F ha decidido combinar la TIP de electrodomésticos con los aparatos de cocina inductiva bajo el concepto más amplio de «equipo de transferencia de potencia inductiva (IPT)». Los valores límite de emisión de los equipos IPT son heredados de los aparatos de cocción por inducción. La edición 7.0 de CISPR 14-1 se publicó en 2020.</p>

CUADRO 2 (continuación)

Nombre de la organización	Actividades
CEI TC 100	<p>El TC100/TA 15 de la CEI elabora publicaciones internacionales relacionadas con la transferencia inalámbrica de potencia (TIP) para los sistemas y equipos multimedia y la interoperabilidad entre las funciones de transmisión y recepción de la TIP.</p> <p>La CEI publicó una norma para la transferencia inalámbrica de potencia (CEI PAS 63095 Ed. 1) y anuncia la publicación inminente de una segunda norma (CEI 63028 Ed. 1). En la CEI PAS 63095, se especifica la utilización de las frecuencias en el rango 87-205 kHz, y, en la CEI 63028, se especifica la utilización de 6,78 MHz. El TC100/TA 15 de la CEI recomienda que la UIT soporte una gama adecuada de frecuencias armonizadas para TIP que soporte estas dos normas de la CEI.</p>
CEI TC 106	<p>Se crearon dos nuevos Grupos de Trabajo en el ámbito de la TIP: el GT 8 «Estudio de métodos para la evaluación de las corrientes de contacto relacionadas con la exposición de las personas a los campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos» y el GT 9 «Estudio de métodos de evaluación la transferencia inalámbrica de potencia (TIP) relacionada con la exposición de las personas a los campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos».</p>
CEI 61980 (CEI TC 69/WG7)	<p>El Grupo de Trabajo 7 del Comité Técnico 69 de la CEI (Vehículos eléctricos de carretera y carretillas elevadoras eléctricas), junto con el Comité Técnico TC22 de la ISO (Vehículos de carretera), trata la TIP para vehículos:</p> <ul style="list-style-type: none"> – CEI 61980-1: Requisitos generales (Publicada en julio de 2015). – CEI 61980-2: Comunicación (en desarrollo). – CEI 61980-3: Transmisión de potencia mediante campo magnético (en desarrollo). <p>Se especificará la banda de 85 kHz (81,39-90 kHz) como la frecuencia de sistema para los automóviles de pasajeros y los vehículos ligeros en CEI 61980-3. Se prevé la publicación de las especificaciones técnicas (TS) CEI 61980-3 y CEI 61980-2 para finales de 2017. También se prevé la publicación de la segunda edición de la CEI 61980-1 a finales de 2018.</p>
ISO 19363 (ISO(TC22/SC37/JPT 19363))	<p>ISO 19363: Transmisión inalámbrica de potencia mediante campo magnético – Requisitos de seguridad e interoperabilidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Se creó el JPT19363 a principios de 2014. – El objetivo es elaborar una norma que especifique los requisitos de las partes del vehículo. – Estrecha sincronización con CEI 61980 y SAE J2954. <p>Se especifica la banda de 85 kHz (81,39-90 kHz) como la frecuencia de sistema para los automóviles de pasajeros y los vehículos ligeros. La especificación de uso público (PAS) se publicó en enero de 2017 y pasará a norma internacional (IS) a finales de 2018.</p>
ISO/IEC JTC 1 SC 6	<p>El subcomité SC 6 del comité técnico mixto ISO/IEC JTC 1 está desarrollando actualmente el protocolo en banda de capa MAC y de capa PHY de la TIP:</p> <ul style="list-style-type: none"> – En enero de 2012 se aprobó como asunto de trabajo. – En distribución como documento de trabajo.

CUADRO 2 (continuación)

Nombre de la organización	Actividades
ETSI TC ERM	<p>El Comité ETSI TC ERM ha publicado un Informe técnico (TR 103 409) titulado «System reference document (SRdoc); Wireless Power Transmission (WPT) systems for Electric Vehicles (EV) operating in the frequency band 79-90 kHz». El ECC de la CEPT ha considerado este SRdoc y ha publicado su Informe 289, «Wireless Power Transmission (WPT) systems for electric vehicles (EV) operating within 79-90 kHz». Se está preparando un addendum/suplemento al Informe 289 del ECC sobre «consecuencias de las emisiones no deseadas de la TIP-VE en los servicios radioeléctricos».</p> <p>En septiembre de 2017, el Comité ETSI TC ERM publicó la nueva norma armonizada (EN 303 417), que contempla todo tipo de sistemas TIP (en lugar de la norma EN 300 330: Dispositivos de corto alcance no específicos, que se utilizó para los sistemas TIP anteriormente, pero que ya no es aplicable a estos equipos de TIP). La norma EN 303 417 especifica las características técnicas y los métodos de medición para los sistemas de transmisión inalámbrica de potencia (TIP) que utilizan tecnologías diferentes de las de haces de radiofrecuencia en las gamas de frecuencias 19-21 kHz, 59-61 kHz, 79-90 kHz, 100-300 kHz y 6 765-6 795 kHz. La norma ETSI (TR 103 493), publicada en 2017, contiene las especificaciones técnicas y las características de los sistemas TIP diferentes de los TIP para vehículos eléctricos, que funcionan por debajo de 30 MHz. El grupo de trabajo CEPT/ECC/WG SE la está utilizando para los estudios de coexistencia.</p>
CTA (Asociación de Tecnologías de Consumo)	<p>El Grupo de Trabajo R6-WG22 (Transferencia inalámbrica de potencia) de la CTA elabora normas, prácticas recomendadas y documentación sobre la transferencia inalámbrica de potencia. Ha elaborado el glosario de términos relativos a la transferencia inalámbrica de potencia ANSI/CTA-2042.1-B. Está elaborando actualmente el documento CTA-2042.3, Métodos de medida de la eficiencia y la potencia en el modo de espera, de los sistemas TIP.</p>
SAE (Sociedad de Ingenieros de Automoción)	<p>El Grupo Especial SAE Internacional J2954™ sobre la transferencia inalámbrica de potencia para los vehículos eléctricos y eléctricos enchufables se creó en 2010. En octubre de 2020, SAE Internacional publicó la norma SAE J2954, «Wireless Power Transfer for Light-Duty Plug-In/ Electric Vehicles and Alignment Methodology», que establece la banda de 85 kHz (79-90 kHz) como una banda de frecuencias común para la transferencia inalámbrica de potencia de todos los sistemas de vehículos de transporte ligeros hasta 11,1 kW (previéndose considerar en el futuro hasta 60 kW). La norma especifica tres clases de potencia (hasta 3,7 kW, hasta 7,7 kW y hasta 11,1 kW). Se indican dos clases adicionales de potencias mayores hasta 60 kW para las futuras revisiones.</p> <p>SAE International es una asociación mundial que reúne a más de 128 000 ingenieros y expertos técnicos de los sectores aeroespacial, del automóvil y de los vehículos comerciales.</p> <p>Véase https://www.sae.org/standards/content/j2954_202010/.</p>

CUADRO 2 (continuación)

Nombre de la organización	Actividades
Air Fuel Alliance (AFAR)	<p>La AirFuel Alliance es un consorcio mundial sin ánimo de lucro formado por la fusión de A4WP y PMA en 2015.</p> <p>La AirFuel Alliance (AFA) prosigue y expande todas las actividades que llevaban a cabo A4WP y PMA. Las especificaciones publicadas por A4WP y PMA se adoptaron directamente como especificaciones de la AirFuel Alliance.</p> <p>La AFA ha trabajado en las siguientes áreas de normalización de las TIP:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Inducción (TIP de inducción magnética). – Resonancia (TIP de resonancia magnética). – Sin acoplamiento. – Infraestructuras. <p>Se prevé publicar la especificación de «Wireless Power Transfer – AirFuel Resonant Baseline System Specification (BSS)» (Transferencia inalámbrica de potencia – Especificación del Sistema básico de resonancia de Airfuel) como CEI 63028 Ed. 1, en julio de 2017.</p>
A4WP	<p>A4WP elaboró una especificación de TIP utilizando un acoplamiento magnético resonante no radiante de alcance cercano o medio (acoplamiento altamente resonante) (TIP con acoplamiento de grado bajo):</p> <ul style="list-style-type: none"> – la especificación técnica básica se completó en 2012; – la especificación técnica (ver.1) se entregó en enero de 2013. <p>La especificación define el funcionamiento a 6,78 MHz.</p> <p>A4WP se fusionó con PMA para formar AirFuel Alliance en 2015.</p>
PMA	<p>Power Matters Alliance (PMA) es una organización mundial, sin ánimo de lucro, de la industria, para la cooperación en tecnologías TIP, incluida la recarga de equipos con baterías. Desde su fundación en 2012, la PMA ha crecido rápidamente en varias industrias que incluyen las telecomunicaciones, los dispositivos de consumo, la automoción, la venta al por menor, los muebles, las superficies, entre otras. Nuestro crecimiento y éxito se atribuye a un enfoque único para hacer que la TIP esté presente en todos los sitios donde los consumidores la necesiten, así como al trabajo y dedicación de nuestros miembros.</p> <p>PMA se fusionó con A4WP para formar AirFuel Alliance en 2015.</p>

CUADRO 2 (*fin*)

Nombre de la organización	Actividades
WPC	<p>Establecido en 2008, el Wireless Power Consortium es un grupo de desarrollo de normas abierto y colaborativo de más de 400 empresas miembros de todo el mundo. Las empresas miembros de WPC son competidores grandes y pequeños y asociados del ecosistema que representan marcas de todas las partes de la industria y de todas las partes del mundo. Su trabajo se centra en soluciones de acoplamiento inductivo estrechamente acopladas en una gama de niveles de potencia, desde 5 W para la transferencia de energía inalámbrica móvil hasta > 1 KW para electrodomésticos de cocina y aplicaciones industriales. WPC tiene más de 5 000 productos diferentes de carga inalámbrica con certificación Qi en el mercado.</p> <p>En 2017, el WPC comenzó a desarrollar el estándar Ki Cordless Kitchen, para suministrar energía a los electrodomésticos inalámbricos y permitir una integración perfecta de las placas de cocción en encimeras y otras superficies. El estándar Ki se basa en el éxito del Qi y permite el desarrollo de electrodomésticos de cocina más seguros, inteligentes y convenientes. Esto garantizará la interoperabilidad y la seguridad. Esta norma define transmisores y placas de cocción versátiles que suministran de forma inalámbrica hasta 2200 W de potencia a los electrodomésticos de cocina inalámbricos inteligentes. El nuevo estándar de energía inalámbrica Ki Cordless Kitchen está actualmente en desarrollo.</p> <p>El consorcio publicó una especificación técnica (Qi versión1) en julio de 2010 y publicó la versión 1.3 en agosto de 2021. La especificación Qi se publica también en la serie CEI PAS 63095. Actualmente se están llevando a cabo investigaciones para transformar estas especificaciones de uso público (PAS) en Normas Internacionales (IS).</p> <p>Además de Qi y Ki, el WPC está trabajando activamente en el desarrollo de nuevas normas en las siguientes áreas:</p> <ul style="list-style-type: none"> i) El estándar de vehículos eléctricos ligeros (LEV) para bicicletas y patinetes eléctricos: El creciente número de bicicletas eléctricas, patinetes y otros vehículos eléctricos ligeros (LEV) impulsa la demanda de transporte urbano flexible, rápido y de costo relativamente bajo. También se está elaborando una norma de LEV. ii) El estándar de la industria para la transmisión inalámbrica de potencia para cargar robots, vehículos de guiado automático (AGV) y otra maquinaria de automatización industrial en el sector industrial: <p>El WPC también está trabajando en normas para equipos robóticos no tripulados en entornos industriales y logísticos de todo el mundo. Esto incluye brazos robóticos utilizados en la fabricación pesada, drones utilizados para monitorear gasoductos y torres eléctricas, uso masivo de vehículos de guiado automático en logística con niveles de potencia de hasta varios kW.</p>
CJK WPT WG	<p>Grupo de Trabajo sobre TIP de la conferencia sobre Tecnologías de la información del grupo China-Japón-Corea (CJK).</p> <p>Comparte información en la región para estudiar y evaluar la TIP de baja y alta potencia:</p> <ul style="list-style-type: none"> – el 1er Informe técnico sobre TIP del CJK se publicó en abril de 2013; – el 2º Informe técnico sobre TIP del CJK se publicó en la primavera de 2014; – el 3er Informe técnico sobre TIP del CJK se publicó en mayo de 2015.

4.2.1 No se utiliza

4.2.2 Información sobre la exposición de las personas a los CEM

En cada país corresponde a la administración correspondiente considerar la exposición de las personas a los campos electromagnéticos (CEM). Las administraciones pueden solicitar orientaciones sobre este tema a otras organizaciones internacionales como la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Comisión Internacional de Protección contra la Radiación no Ionizante (ICNIRP) y el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE). La determinación de los límites de seguridad de CEM corresponde a esas organizaciones y queda fuera del ámbito de trabajo del UIT-R.

Las directrices más recientes y pertinentes sobre exposición de las personas a los CEM, publicadas por estas organizaciones para las frecuencias operativas de TIP hasta 100 kHz, pueden encontrarse en las Directrices ICNIRP de 2010 [5] e IEEE C95.1-2019 [7]. Las directrices sobre exposición de las personas a los CEM para las frecuencias operativas de TIP superiores a 100 kHz pueden encontrarse en las Directrices ICNIRP de 2020 [6] e IEEE C95.1-2019 [7]. Además, en CEI TC 106 WG 9 se documentan los métodos de medición de CEM para satisfacer los requisitos de seguridad (véase el Cuadro 2).

Muchas administraciones han adoptado o podrán adoptar en algún momento estas directrices u otras directrices modificadas/actualizadas con los estudios de sus propios expertos. Los diseñadores de sistemas y los fabricantes y operadores de equipos de TIP deberán tener en cuenta esas directrices para proteger adecuadamente a la población de los efectos perniciosos de los CEM y tener en cuenta dichos límites a la hora de planificar y desplegar sistemas de TIP. Pueden encontrarse referencias adicionales a estas directrices en el Anexo 1.

Puede encontrarse información detallada sobre la comprobación técnica de CEM en el Informe UIT-R SM.2452 – Medición de campos electromagnéticos para la evaluación de la exposición de las personas.

Las directrices sobre la exposición de las personas a los CEM describen las restricciones básicas de la ICNIRP o los límites dosimétricos equivalentes (DRL, *dosimetric reference limits*) equivalentes del IEEE y los niveles de referencia de la ICNIRP o los niveles de exposición de referencia (ERL, *exposure reference levels*) equivalentes del IEEE. Las limitaciones a la exposición que se basan en magnitudes físicas relacionadas directamente con los efectos sobre la salud comprobados se denominan restricciones básicas (o DRL). Para fines simples de evaluación de la exposición, las directrices de la ICNIRP e IEEE C95.1 facilitan niveles de referencia (ERL) de la misma.

Las directrices de la ICNIRP e IEEE C95.1 sobre exposición a campos eléctricos y magnéticos se utilizan en muchos países para ayudar a establecer los niveles nacionales y los umbrales de los países.

Los operadores de sistemas TIP deben considerar tomar medidas para proteger adecuadamente al público de los efectos de los EMF.

En el Anexo 3 se muestran mediciones realizadas antes de 2017 en Japón sobre emisiones del campo H de la TIP relativas a la exposición a la RF. Se deben promover mediciones adicionales de la intensidad de los campos cerca de los equipos TIP. Se adjuntan los resultados de las mediciones de CEM realizadas en Estados Unidos.

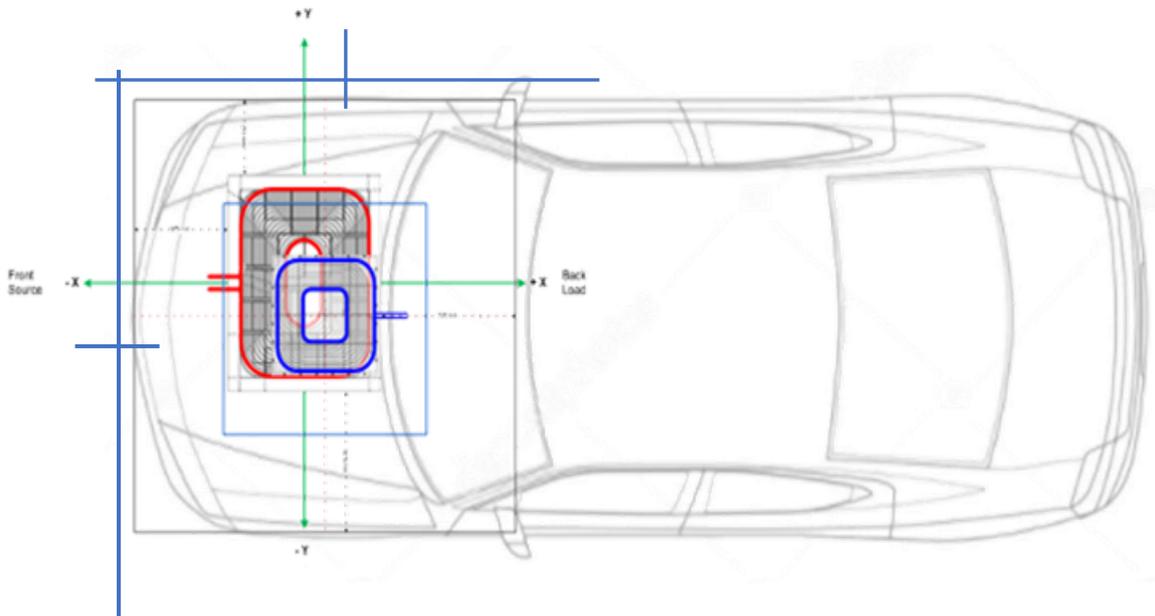
4.2.3 Resultados de las mediciones de CEM

Las mediciones se realizaron para el sistema de TIP-VE normalizado WPT3, que funciona en torno a 11 kW, en las condiciones más desfavorables aplicables a la exposición a CEM, incluidos el desplazamiento máximo y la potencia plena. En el contexto de la exposición a CEM, en las Directrices

de la ICNIRP de 2010 se fija un nivel de referencia de $27 \mu\text{T}^4$ RMS para 85 kHz. Además, para la consideración de los DECI (dispositivos electrónicos cardíacos implantables) en ISO 14117 se fijan unos requisitos de tensión inducida del bucle de cable en un bucle de 225 cm^2 que resultan en una restricción del campo magnético de $15 \mu\text{T}$ RMS. En las siguientes imágenes se muestran los planos de medición y los valores de densidad de flujo magnético resultantes, medidos con una sonda CEM con tres bucles ortogonales de 100 cm^2 y calculando automáticamente la suma cuadrática media de los tres ejes juntos. Se optó por un barrido amplio con una resolución espacial de 7,5 cm para determinar la ubicación de los puntos de mayor concentración. Una vez identificada la ubicación del campo más grande, se procedió a un barrido de mayor resolución con un espaciado de 3,75 cm. Estas mediciones detalladas dieron como resultado que el mayor nivel de campo medido era de $4,226 \mu\text{T}$ RMS en el plano XZ (lateral del vehículo). Las mediciones en el plano YZ (frontal del vehículo) fueron unas cuatro veces inferiores a las del plano XZ y no se muestran por mor de brevedad.

FIGURA 18

Condiciones de desplazamiento máximo en el caso más desfavorable de emisión del sistema TIP-VE utilizado para pruebas de CEM y emisiones radiadas



⁴ La densidad de flujo magnético se expresa en tesla (T). Un gauss (unidad obsoleta) es igual a 10^{-4} T.

FIGURA 19
 Mediciones de CEM en cuadrícula amplia con una resolución de 7,5 cm

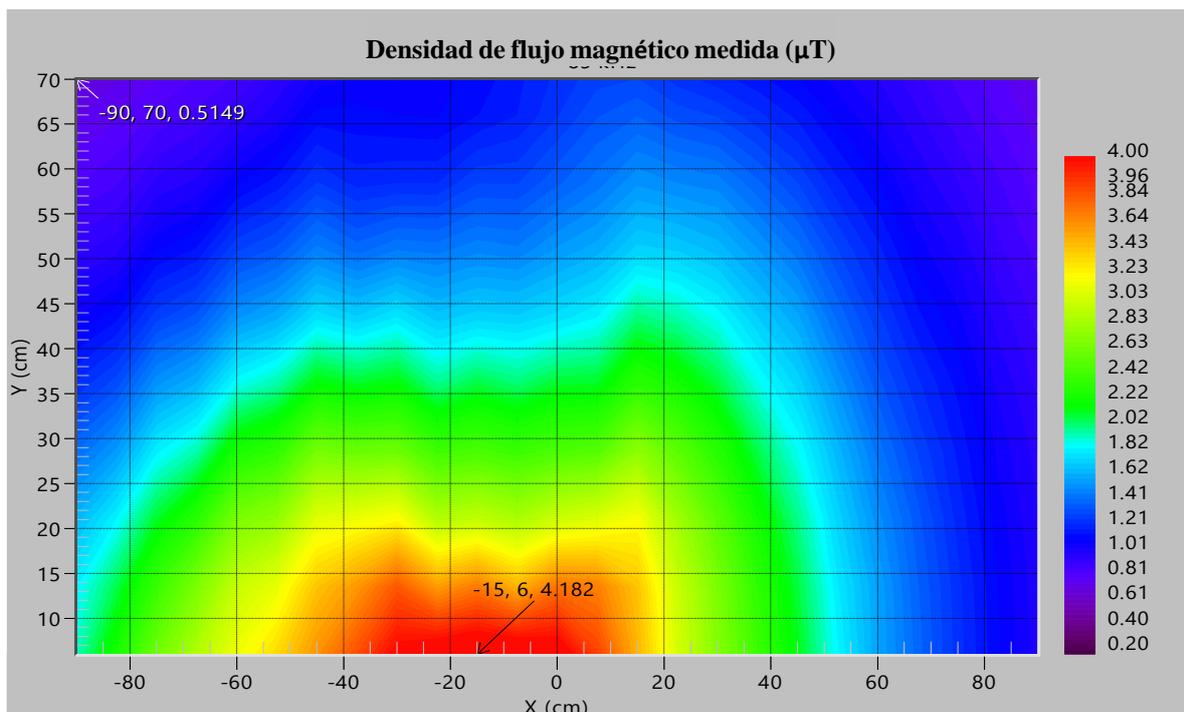
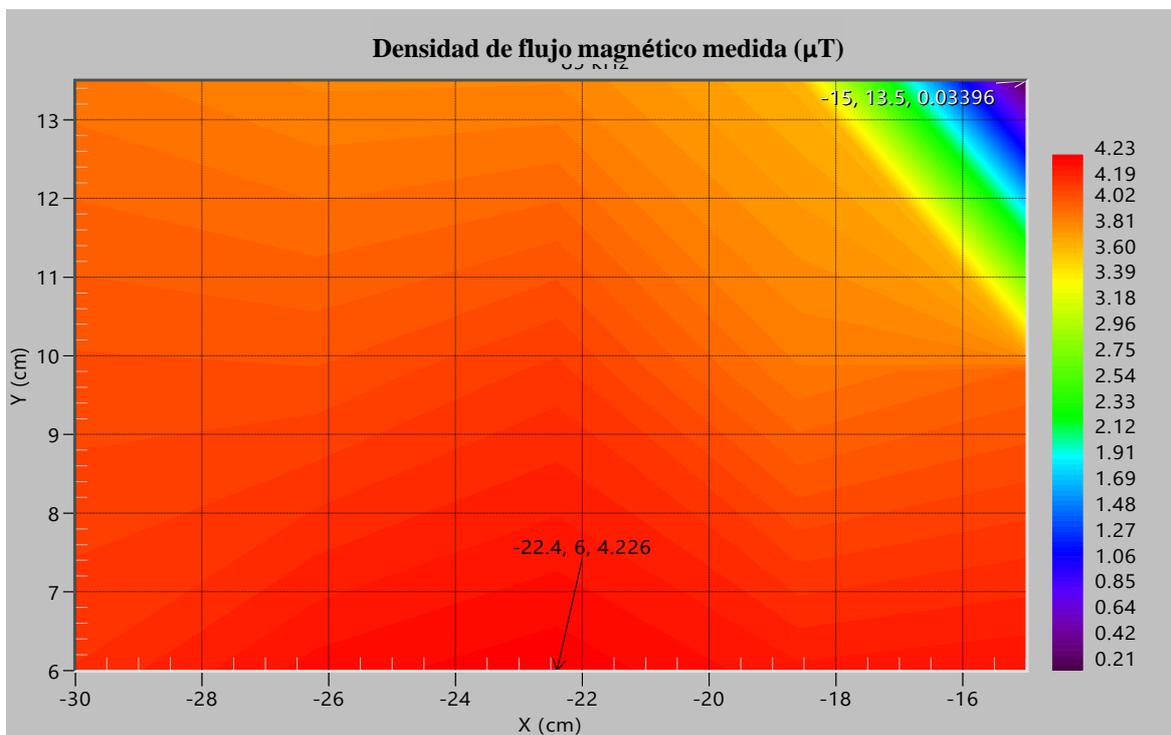


FIGURA 20
 Mediciones de CEM en una cuadrícula fina en la zona del CEM máximo con una resolución de 3,75 cm



5 Situación del espectro

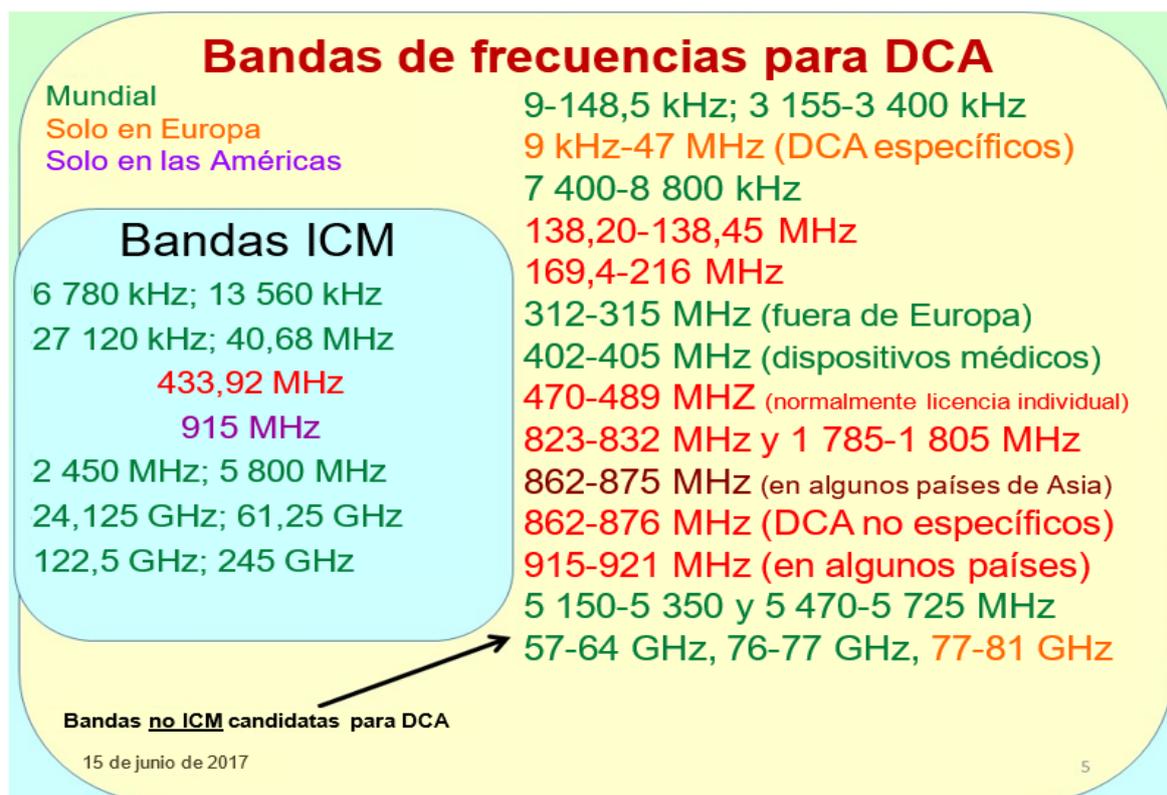
5.1 TIP, diferencias entre las bandas ICM y RF para dispositivos de corto alcance

Las disposiciones del número **1.15** del RR – aplicaciones industriales, científicas y médicas (de energía radioeléctrica) (ICM): Funcionamiento de equipos o de instalaciones destinados a producir y utilizar, en un espacio reducido, energía radioeléctrica con fines industriales, científicos, médicos, domésticos o similares, con exclusión de todas las aplicaciones de telecomunicación. Las bandas de radiofrecuencia ICM son principalmente para aplicaciones diferentes de las telecomunicaciones. En consecuencia, la TIP es un dispositivo de corto alcance (DCA) sólo si hay también telecomunicaciones (para las comunicaciones de datos), como Bluetooth o Zigbee. La TIP es un emisor intencional.

La función de transferencia de energía de la TIP es un servicio ICM (industrial, científico o médico), mientras que la transferencia de datos es un dispositivo de corto alcance. El CISPR ya sugirió un tratamiento diferenciado de la función TIP respecto de la función de telecomunicaciones que podía ser un dispositivo DCA, véase el § 4.2 de este Informe. Dependientes de las reglamentaciones nacionales, los DCA suelen funcionar en un entorno reglamentario sin licencia y sin protección.

Las disposiciones número **5.138** y **5.150** del Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT definen las bandas de radiofrecuencia para los servicios ICM. La banda de frecuencias para los dispositivos de corto alcance (DCA) es diferente de la banda ICM. De acuerdo con los Anexos 1 y 2 de la Recomendación UIT-R SM.1896 «Gamas de frecuencias para la armonización mundial o regional de los Dispositivos de Corto Alcance (DCA)», en la práctica, la banda ICM es condición suficiente pero no es obligatoria para el funcionamiento armonizado de los DCA. Todas las bandas ICM sirven para los dispositivos de corto alcance y los dispositivos electrónicos. Sin embargo, los DCA también funcionan en bandas distintas de las ICM. Las bandas ICM pueden servir para la transferencia de potencia de la TIP, las bandas DCA pueden posiblemente servir como bandas de frecuencias preferidas para la utilización de la TIP a niveles nacional, regional y mundial. La Fig. 21 muestra las bandas ICM en las diferentes regiones de la UIT y las posibles bandas no ICM para los DCA en las diferentes regiones. Los DCA funcionan en todas las bandas de radiofrecuencia de ICM, pero también en otras bandas de radiofrecuencia.

FIGURA 21
Bandas ICM y no ICM para los dispositivos DCA*



5.2 Bandas distintas de las ICM utilizadas a escala nacional para TIP

42-48 kHz; 52-58 kHz; 79-90 kHz; 100-205 kHz; 425-524 kHz.

En los Cuadros 7 y 8, se muestran las bandas de frecuencias asignadas o designadas en estudio y los parámetros clave para esas aplicaciones. Estos Cuadros también proporcionan los sistemas existentes implicados con los que se requiere coexistir.

Es necesario estudiar detalladamente la compatibilidad con todos los sistemas existentes, en particular los que funcionan en atribuciones de los servicios de seguridad como el servicio de radionavegación aeronáutica, antes de finalizar los Informes y Recomendaciones de la UIT sobre TIP en las bandas de frecuencias siguientes: 9-21/59-61 kHz, 79-90 kHz y 100/110-300 kHz.

5.2.1 Inducción magnética

En la actualidad ya se han introducido muchos productos basados en tecnologías de inducción magnética en muchos países. El sitio web del Wireless Power Consortium indica que, a mediados de 2017, ya se han vendido en todo el mundo unos 150 millones de transmisores para la carga de teléfonos móviles, de acuerdo con la especificación CEI PAS 63095 Ed. 1 que utiliza esta gama de frecuencias para baja potencia (5 W-15 W). Además, se han introducido en muchos países, en los últimos años, cargadores TIP de baterías de herramientas (50 W-100 W) y aparatos de cocina con TIP (1 kW-2 kW), que utilizan tecnologías de inducción magnética.

5.2.2 Inducción magnética de alta potencia

La gama de frecuencias es similar a las de las aplicaciones para vehículos eléctricos (véase más adelante).

Existen muchos dispositivos y sistemas candidatos entre los que se incluyen las frecuencias patrón y señales horarias y sistemas radioeléctricos ferroviarios que funcionan en frecuencias similares a las de las aplicaciones de inducción magnética de alta potencia y, por tanto, se precisan estudios de coexistencia.

5.2.3 Acoplamiento capacitivo

Los sistemas TIP de acoplamiento capacitivo están diseñados originalmente para la gama de frecuencias 425-524 kHz. Los niveles de potencia transmitida son inferiores a 100 W. A continuación, se presentan algunos motivos de la selección de frecuencias.

El primer motivo es lograr un equilibrio entre eficiencia y tamaño del equipo. Muchas partes de estos equipos están diseñadas para utilizar esa banda de frecuencias, por ejemplo, los inversores, los rectificadores, etc., que afectan a una muy amplia variedad de componentes con características de bajas pérdidas para optimizar el diseño de los equipos TIP. Los transformadores son partes esenciales del sistema TIP de acoplamiento capacitivo. Las prestaciones de los transformadores dependen del valor Q del material de ferrita y éste se puede optimizar en esa gama de frecuencias. Así, la eficiencia total del sistema de acoplamiento capacitivo puede ser del orden del 70% al 85%.

El segundo motivo es la posibilidad de suprimir las emisiones no deseadas en el campo eléctrico con el fin de coexistir con los otros titulares como la radiodifusión MA en las bandas de frecuencias adyacentes. Se analizó la máscara espectral de los sistemas TIP de acoplamiento capacitivo en la gama de frecuencias 425-524 kHz y se mostró que cumplía con las condiciones de coexistencia con la radiodifusión MA y otros servicios.

5.2.4 Vehículos eléctricos de pasajeros

En esta sección, la abreviatura «EV» se refiere tanto a los vehículos eléctricos como a los Vehículos Eléctricos Híbridos Enchufables (PHEV).

El BWF, la CEI, la SAE y el JARI están estudiando la TIP para EV mientras se encuentran aparcados. Se acordó conjuntamente que la gama de frecuencias 20-200 kHz tenía ciertas ventajas para lograr una eficiencia de transmisión de energía elevada.

En Japón, las sub-bandas 42-48 kHz, 52-58 kHz, 79-90 kHz y 140,91-148,5 kHz fueron objeto de estudios de compartición del espectro y de debates sobre coexistencia en relación con las aplicaciones existentes. Se realizó un estudio detallado de la utilización actual del espectro en el mundo con el fin de reducir las posibles bandas de espectro y así poder minimizar las interferencias sobre las aplicaciones existentes. A fecha de mayo de 2015, se ha elegido el rango de frecuencias 79-90 kHz para la carga inalámbrica de EV. Asimismo, el Grupo Especial SAE Internacional J2954 acordó la banda 79-90,00 kHz para la TIP de vehículos ligeros.

5.2.5 Vehículos eléctricos pesados

En mayo de 2011, el Gobierno de Corea atribuyó las frecuencias de 20 kHz (19-21 kHz) y 60 kHz (59-61 kHz) para EV en línea (OLEV). Estas frecuencias se pueden utilizar para cualquier tipo de vehículo, ya sea pesado o de pasajeros, en Corea. Actualmente un sistema para OLEV está en prueba y con licencia en un emplazamiento.

5.3 Bandas ICM utilizadas a escala nacional para TIP

6 765-6 795 kHz; 13,56 MHz

5.3.1 Resonancia magnética

En algunos países se utiliza la banda 6 765-6 795 kHz para TIP de baja potencia con resonancia magnética. Esta banda está designada a las aplicaciones ICM en la nota número 5.138 del Reglamento de Radiocomunicaciones.

En Japón, los equipos ICM con una potencia radioeléctrica transmitida inferior a 50 W pueden utilizar esa banda sin autorización. Nuevas reglas de la «especificación de homologación», que eximen a los equipos TIP de la solicitud de autorización individual de instalación y permiten potencias transmitidas superiores a 50 W, entraron en vigor en 2016.

Las razones por las cuales la gama 6 765-6 795 kHz puede favorecerse para las tecnologías TIP con resonancia magnética se resumen a continuación:

- Banda ICM.
- Varias organizaciones de normalización están elaborando normas sobre la utilización de la TIP en la banda 6 765-6 795 kHz.
- Es posible disponer de componentes TIP de reducidas dimensiones como, por ejemplo; bobinas de transmisión de potencia y bobinas de recepción.

En Corea, la banda de 13,56 MHz se utiliza para gafas 3D, que se cargan con TIP, para ver la televisión en tres dimensiones.

CUADRO 3

Gamas de frecuencias asignadas o designadas, o en estudio, parámetros clave y sistemas existentes en sistemas TIP para dispositivos móviles/portátiles y equipos domésticos y de oficina

	Inducción magnética (baja potencia)	Acoplamiento por resonancia magnética	Inducción magnética (alta potencia)	Acoplamiento capacitivo
Tipo de aplicación	Dispositivos móviles, tabletas, pequeños PC	Dispositivos móviles, tabletas, pequeños PC	Aparatos domésticos, equipos de oficina (incluidas aplicaciones de mayor potencia)	Dispositivos portátiles, tabletas, pequeños PC
Principio tecnológico	Inducción magnética resonante	Alta resonancia		TIP mediante campo eléctrico
Países interesados	Disponible comercialmente en Japón y Corea	Japón, Corea	Japón	Japón
Gamas de frecuencias consideradas	Japón: 110-205 kHz		Japón: 20,05-38 kHz, 42-58 kHz, 62-100 kHz	

CUADRO 3 (fin)

	Inducción magnética (baja potencia)	Acoplamiento por resonancia magnética	Inducción magnética (alta potencia)	Acoplamiento capacitivo
Gamas de frecuencias nacionales asignadas o designadas	Corea: 100-205 kHz	Corea: 6 765-6 795 kHz Japón: 6 765-6 795 kHz		Japón: 425-471 kHz; 480-489 kHz; 491-494 kHz; 506-517 kHz; 519-524 kHz
Gama de potencias		Japón: varios vatios – hasta 100 W	Japón: varios vatios – hasta 1,5 kW	Japón: hasta 100 W
Ventaja	Espectro armonizado en todo el mundo Alta eficiencia de la transmisión de potencia	<ul style="list-style-type: none"> – Posible disponibilidad mundial de espectro – Flexibilidad en la ubicación y distancia del extremo receptor – El transmisor puede suministrar energía a varios receptores simultáneamente 	<ul style="list-style-type: none"> – Mayor potencia – Flexibilidad en la ubicación y distancia del extremo receptor – El transmisor puede suministrar energía a varios receptores simultáneamente 	Alta eficiencia (70-85%) <ul style="list-style-type: none"> – No se genera calor en el electrodo – Bajos niveles de emisión – Libertad en la posición horizontal
Áreas de aplicación	Dispositivos portátiles, electrónica de consumo, polígonos industriales, áreas específicas	Dispositivos portátiles, tabletas, pequeños PC, electrodomésticos (baja potencia)	Aparatos domésticos (alta potencia), equipos de oficina	Dispositivos portátiles, tabletas, pequeños PC, equipos domésticos y de oficina
Alianza/norma internacional conexa	Wireless Power Consortium (WPC) [3]	A4WP (AirFuel Alliance) [4]		
Servicios existentes afectados por la compartición del espectro		Japón: sistemas radioeléctricos móviles/fijos Corea: banda ICM	Japón: señales de frecuencias patrón y señales horaria (40 kHz, 60 kHz) sistemas radioeléctricos ferroviarios de seguridad (10-250 kHz)	Japón: Radiodifusión MA (525-1 606,5 kHz), marítimo/NAVTEX (405-526,5 kHz), y radioaficionados (472-479 kHz)

CUADRO 4

**Gamas de frecuencias asignadas o designadas, o en estudio,
parámetros clave y sistemas existentes en las aplicaciones
de sistemas TIP para de vehículos eléctricos**

	Resonancia y/o inducción magnética para vehículos de pasajeros	Inducción magnética para vehículos pesados
Tipo de aplicación	Carga de vehículos eléctricos en aparcamientos (estática)	Vehículos eléctricos en línea (OLEV) (carga de vehículos eléctricos en movimiento, incluido parados/aparcados)
Principio tecnológico	Resonancia y/o inducción magnética	Inducción magnética
Países interesados	Japón	Corea
Gama de frecuencias asignada o designada a nivel nacional	79-90 kHz	19-21 kHz, 59-61 kHz
Gama de potencias	Hasta 7,7 kW; se consideran las clases para vehículos de pasajeros	<ul style="list-style-type: none"> – Potencia mínima: 75 kW – Potencia normal: 100 kW – Potencia máxima: en desarrollo – Separación: 20 cm – Ahorro de tiempo y coste
Ventaja	<p>Mayor eficiencia en la transmisión de energía</p> <p>Actividades de armonización a nivel mundial y regional en curso</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Mayor eficiencia de transmisión de potencia – Separación ampliada – Ruido audible reducido – Diseño de aislamiento efectivo – Ahorro de tiempo y coste
Alianza/normas internacionales relacionadas	CEI 61980-1 (TC69) ISO PAS 19363 (TC22/SC37) SAE J2954	
Servicios existentes afectados por la compartición del espectro		Corea: Móvil marítimo fijo (20,05-70 kHz) → Estación de barco para radiotelegrafía Sistemas limitados a la radionavegación hiperbólica (DECCA) (84-86 kHz)

6 Ejemplos de las reglamentaciones nacionales

En [1], se indican las normas y condiciones nacionales concretas que pueden aplicarse en China, Japón y Corea para frecuencias de TIP y los asuntos reglamentarios vigentes.

El Informe de la Encuesta de la Telecomunidad Asia-Pacífico (APT) sobre TIP [1] y el Informe de la APT sobre TIP [8] proporcionan la información más reciente sobre los debates reglamentarios en los países miembros de la Telecomunidad Asia-Pacífico (APT) sobre la TIP para su introducción.

A título informativo, se ofrecen los siguientes ejemplos de reglamentación nacional.

6.1 Corea

Todos los equipos de radiocomunicaciones, incluidos los dispositivos TIP, deben cumplir tres normativas a tenor de la ley sobre ondas radioeléctricas, 1) Reglamento técnico, 2) Reglamento sobre EMC y 3) Reglamento sobre EMF. A continuación, se exponen algunos detalles relativos a la reglamentación técnica en Corea.

Los equipos TIP están legislados como equipos ICM y los equipos con más de 50 W precisan una licencia para su explotación. Para equipos con menos de 50 W se requiere el cumplimiento de la reglamentación técnica sobre campo eléctrico de baja intensidad y sobre pruebas de EMC. El gobierno ha revisado recientemente los requisitos de cumplimiento y las características de funcionamiento como se muestra a continuación, considerando que todos los dispositivos TIP se suponen equipos ICM:

- Para los equipos TIP que funcionan en la gama de frecuencias 100-205 kHz, la intensidad del campo eléctrico es inferior o igual a $500 \mu\text{V/m}$ a 3 m. Es necesario aplicar un factor de compensación de $6\pi/\lambda$ al valor de medición (donde λ es la longitud de onda de la frecuencia de medición).
- Para los equipos TIP que funcionan en la gama de frecuencias 6 765-6 795 kHz, la intensidad de campo de las emisiones no esenciales debe cumplir lo estipulado en el Cuadro 5.
- Para los equipos TIP que funcionan en la gama de frecuencias 19-21 kHz y 59-61 kHz, la intensidad del campo eléctrico es inferior o igual a $100 \mu\text{V/m}$ a 100 m.
- Para los equipos TIP que funcionan en la gama de 79-90 kHz, las intensidades de campo magnético y eléctrico deben satisfacerse de acuerdo con el Cuadro 6.

CUADRO 5

Límites de intensidad de campo para los equipos TIP que funcionan en la gama de frecuencias 6 765–6 795 kHz en Corea

Gama de frecuencias	Límite de intensidad de campo (Valor de cuasi cresta)	Anchura de banda de medición	Distancia de medición
9-150 kHz	$78,5-10 \log(f \text{ en kHz}/9) \text{ dB}\mu\text{V/m}$	200 Hz	10 m
0,15-10 MHz		9 kHz	
10-30 MHz	48 dB $\mu\text{V/m}$	120 kHz	
30-230 MHz	30 dB $\mu\text{V/m}$		
230-1 000 MHz	37 dB $\mu\text{V/m}$		

CUADRO 6

Límites de intensidad de campo para los equipos TIP que funcionan en la gama de frecuencias 79-90 kHz en Corea

Gama de frecuencias	Límite de intensidad de campo (Valor de cuasi cresta)	Anchura de banda de medición	Distancia de medición
9-150 kHz	27-15 dB $\mu\text{A/m}$	200 Hz	10 m
0,15-4 MHz	14,5 - -7,7 dB $\mu\text{A/m}$	9 kHz	
4-11 MHz	-7,7 - -0,2 dB $\mu\text{A/m}$		
11-30 MHz	-0,2 - -7 dB $\mu\text{A/m}$		
30-80,872 MHz	30 dB $\mu\text{V/m}$	120 kHz	

CUADRO 6 (fin)

Gama de frecuencias	Límite de intensidad de campo (Valor de cuasi cresta)	Anchura de banda de medición	Distancia de medición
80,872-81,848 MHz	50 dB μ V/m		
81,848-134,786 MHz	30 dB μ V/m		
134,786-136,414 MHz	50 dB μ V/m		
136,414-230 MHz	30 dB μ V/m		
230-1 000 MHz	37 dB μ V/m		

6.2 Japón

6.2.1 Gamas de frecuencias y límites de emisión

En marzo de 2016, entraron en vigor nuevas reglas de la «especificación de homologación» para los dispositivos móviles con TIP que utilizan la frecuencia de 6,78 MHz y la frecuencia de 400 kHz, y los que utilizan la gama de frecuencias 79-90 kHz para los vehículos eléctricos, con el fin de transmitir potencias superiores a 50 W. Las nuevas reglas aportan especificaciones que permiten la instalación de equipos sin autorización. Los sistemas que cumplen la «especificación de homologación» pueden utilizarse en cualquier parte. En el Cuadro 7, se muestran las normas de referencia y las condiciones adicionales. Los límites de emisión se muestran en los Cuadros 8, 9 y 10, en función de las gamas de frecuencias designadas.

En 2015, el Consejo de Información y Comunicación del MIC finalizó los estudios sobre las repercusiones de cada sistema TIP propuesto sobre los sistemas de radiocomunicaciones existentes. Previamente, se realizó una encuesta sobre la utilización del espectro desde un punto de vista nacional y mundial. Una vez determinadas las gamas de frecuencias candidatas, los límites de emisión que no causan interferencia perjudicial se obtuvieron a partir de simulaciones del funcionamiento de la TIP y de medidas realizadas entre el cuarto trimestre de 2013 y el tercer trimestre de 2015. Para la evaluación del rendimiento de las TIP y para proporcionar requisitos reglamentarios de cumplimiento, se estudiaron y proporcionaron también modelos de medición de la emisión y metodologías de medición. Véanse los Anexos 3 y 4 para una mayor información.

Al especificar los límites de emisión conductiva y radiada se ha hecho referencia a las normas CISPR debido a la armonización reglamentaria internacional mostrada en el Cuadro 7. En algunos casos específicos de utilización del espectro con el servicio existente, se propusieron y acordaron unas condiciones nacionales de coexistencia adicionales.

En la reglamentación de Japón, los dispositivos con transmisión de potencia inferior a 50 W no necesitan una autorización administrativa para su funcionamiento. Se considera que las tecnologías TIP que utilizan la frecuencia de 6,78 MHz y las que utilizan 400 kHz se utilizan, por ahora, en casos con una transmisión de potencia que no excede 50 W. Las nuevas reglas permiten que estas tecnologías de TIP incrementen su potencia de transmisión por encima de 50 W.

CUADRO 7

**Normas referenciadas y condiciones de especificación
de los límites de emisión en Japón**

Tecnología propuesta	Emisión conductiva		Emisión radiada			
	9-150 kHz	150 kHz - 30 MHz	9-150 kHz	150 kHz - 30 MHz	30 MHz – 1 GHz	1-6 GHz
a) TIP para EV (clase de 3 kW y clase de 7 kW)	No especificado a corto plazo ^(*1)	CISPR 11 Grupo 2 (Ed. 5.1)	GT sobre condiciones de coexistencia ^(*1)	CISPR 11 Grupo 2 (Ed. 5.1) ^(*4) GT sobre condiciones de coexistencia	CISPR 11 Grupo 2 (Ed. 5.1)	No especificado
b) TIP para dispositivos móviles que utilizan 6,78 MHz (< 100 W)	No especificado pues el rango no contiene las bandas de frecuencias en cuestión	CISPR 11 Grupo 2 (Ed. 5.1) ^(*2) CISPR 32 (Ed. 1.0)	No especificado	CISPR 11 Grupo 2 (Ed. 5.1) ^{(*2), (*3), (*4)} GT sobre condiciones de coexistencia	CISPR 11 Grupo 2 (Ed. 5.1) ^(*2) CISPR 32 (Ed. 1.0) GT sobre condiciones de coexistencia	CISPR 32 (Ed. 1.0)
c) TIP para equipos del hogar o de empresa (< 1,5 kW)	CISPR 14-1 Anexo B (Ed. 5.2)	CISPR 11 Grupo 2 (Ed. 5.1) CISPR 14-1 Anexo B (Ed. 5.2)	CISPR 14-1 Anexo B (Ed. 5.2) GT sobre condiciones de coexistencia	CISPR 11 Grupo 2 (Ed. 5.1) ^{(*2), (*3), (*4)} CISPR 14-1 Anexo B (Ed. 5.2) GT sobre condiciones de coexistencia	CISPR 11 Grupo 2 (Ed. 5.1) ^(*2) CISPR 14-1 (Ed. 5.2)	No especificado
d) TIP para dispositivos móviles 2 (acoplamiento capacitivo) (< 100 W)	No especificado pues el rango no contiene las bandas de frecuencias en cuestión	CISPR 11 Grupo 2 (Ed. 5.1) ^(*2) CISPR 32 (Ed. 1.0)	No especificado	CISPR 11 Grupo 2 (Ed. 5.1) ^{(*2), (*3), (*4)} GT sobre condiciones de coexistencia	CISPR 11 Grupo 2 (Ed. 5.1) ^(*2) CISPR 32 (Ed. 1.0)	CISPR 32 (Ed. 1.0)

Notas relativas al Cuadro 7:

^(*1) Cuando se especifique en CISPR 11, se debatirá de nuevo su especificación.

^(*2) En el caso de que el dispositivo con función TIP funcione sin el dispositivo base, debe aplicarse el CISPR 11 como primario y luego los otros como secundarios.

^(*3) Salvo en el caso de que se especifique de otra manera en la banda de frecuencias utilizada, debe aplicarse el CISPR 11 como primario y luego los otros como secundarios.

^(*4) Para CISPR 11, Grupo-2 Clase-B, los límites de emisión a una distancia de 10 metros se especifican sobre la base del límite de emisión a una distancia de 3 metros.

^(*5) La clasificación A/B cumple con la definición del CISPR.

^(*6) Para los casos especificados como CISPR 32 en b) y d), se aplica CISPR 32 cuando es necesario pues CISPR 32 es apropiado.

CUADRO 8

Límites de emisión para los dispositivos móviles TIP que utilizan la banda de 6,78 MHz (acoplamiento magnético) en Japón

Aplicación TIP	Límites de emisión conductiva		Límites de emisión radiada de la onda fundamental	Límites de emisión radiada en otras bandas			
	9-150 kHz	150 kHz – 30 MHz	6,765-6,795 MHz	9-150 kHz	150 kHz – 30 MHz	30 MHz – 1 GHz	1-6 GHz
b) TIP para dispositivos móviles que utilizan 6,78 MHz	No especificado	0,15-0,50 MHz: Valor de cuasi cresta 66-56 dB μ V (decreciente linealmente con log(f)) Media 56-46 dB μ V (decreciente linealmente con log(f)) 0,50-5 MHz: Valor de cuasi cresta 56 dB μ V Media 46 dB μ V 5-30 MHz: Valor de cuasi cresta 60 dB μ V Media 50 dB μ V, excepto en las bandas ICM	6,765-6,776 MHz: 44,0 dB μ A/m a 10 m (valor de cuasi cresta) 6,776-6,795 MHz: 64,0 dB μ A/m a 10 m (valor de cuasi cresta)	No especificado	Considerando CISPR 11 Ed. 5.1, la conversión a los valores para una distancia de 10 m es decreciente con log(f) desde 39 dB μ A/m a 0,15 MHz hasta 3 dB μ A/m a 30 MHz Excepción 1: 20,295-20,385 MHz: 4,0 dB μ A/m a 10 m (valor de cuasi cresta) Excepción 2: 526,5-1 606,5 kHz: -2,0 dB μ A/m a 10 m (valor de cuasi cresta)	Considerando CISPR 11 Ed. 5.1, se aplica lo siguiente: 30-80,872 MHz: 30 dB μ V/m; 80,872-81,88 MHz: 50 dB μ V/m; 81,88-134,786 MHz: 30 dB μ V/m; 134,786-136,414 MHz: 50 dB μ V/m; 136,414-230 MHz: 30 dB μ V/m; 230-1 000 MHz: 37 dB μ V/m. En el caso de que se aplique CISPR 32 (Ed. 1.0), se aplican los límites a 3 m del Cuadro A.5. Excepción: 33,825-33,975 MHz: 49,5 dB μ V/m a 10 m (Valor de cuasi cresta).	En el caso de que se aplique CISPR 32 (Ed. 1.0) (1), se aplican los límites a 3 m del Cuadro A.5 de (1)

CUADRO 9

**Límites de emisión para los dispositivos móviles TIP que utilizan
la banda de 400 kHz (acoplamiento capacitivo) en Japón**

Aplicación TIP	Límites de emisión conductiva		Límites de emisión radiada de la onda fundamental	Límites de emisión radiada en otras bandas			
	9-150 kHz	150 kHz - 30 MHz	425-471 kHz; 480-489 kHz; 491-494 kHz; 506-517 kHz; 519-524 kHz	9-150 kHz	150 kHz - 30 MHz	30 MHz - 1 GHz	1-6 GHz
d) TIP para dispositivos móviles que utilizan la banda de 400 kHz (acoplamiento capacitivo)	No especificado	0,15-0,50 MHz: Valor de cuasi cresta 66-56 dB μ V (decreciente linealmente con log(f)) Media 56-46 dB μ V (decreciente linealmente con log(f)) 0,50-5 MHz: Valor de cuasi cresta 56 dB μ V, Media 46 dB μ V 5-30 MHz: Valor de cuasi cresta 60 dB μ V, Media 50 dB μ V, excepto bandas ICM	Considerando CISPR 11 Ed. 5.1, la conversión a los valores para una distancia de 10 m es decreciente con log(f) desde 39 dB μ A/m a 0,15 MHz hasta 3 dB μ A/m a 30 MHz	No especificado	Considerando CISPR 11 Ed. 5.1, la conversión a los valores para una distancia de 10 m es decreciente con log(f) desde 39 dB μ A/m a 0,15 MHz hasta 3 dB μ A/m a 30 MHz Excepción: 526,5-1 606,5 kHz: se aplica -2,0 dB μ A/m a 10 m (valor de cuasi cresta)	Considerando CISPR 11 Ed. 5.1, se aplica lo siguiente: 30-80,872 MHz: 30 dB μ V/m; 80,872-81,88 MHz: 50 dB μ V/m; 81,88-134,786 MHz: 30 dB μ V/m; 134,786-136,414 MHz: 50 dB μ V/m; 136,414-230 MHz: 30 dB μ V/m; 230-1 000 MHz: 37 dB μ V/m En el caso de que se aplique CISPR 32 (Ed. 1.0), se aplican los límites a 3 m del Cuadro A.5	En el caso de que se aplique CISPR 32 (Ed. 1.0) (1), se aplican los límites a 3 m del Cuadro A.5 de (1)

CUADRO 10

**Límites de emisión para la TIP de aplicaciones
de Vehículos Eléctricos (EV) en Japón**

Aplicación TIP	Límites de emisión conductiva		Límites de emisión radiada de la onda fundamental	Límites de emisión radiada en otras bandas			
	9-150 kHz	150 kHz - 30 MHz	79-90 kHz	9-150 kHz	150 kHz - 30 MHz	30 MHz - 1 GHz	1-6 GHz
TIP para carga de EV	No especificado	0,15-0,50 MHz: Valor de cuasi cresta 66-56 dB μ V (decreciente linealmente con log(f)) Media 56-46 dB μ V (decreciente linealmente con log(f)) 0,50-5 MHz: Valor de cuasi cresta 56 dB μ V, Media 46 dB μ V 5-30 MHz: Valor de cuasi cresta 60 dB μ V, Media 50 dB μ V, excepto bandas ICM	68,4 dB μ A/m a 10 m. (Valor de cuasi cresta)	23,1 dB μ A/m a 10 m. (Valor de cuasi cresta), excepto 79-90 kHz	Considerando CISPR 11 Ed. 5.1, la conversión a los valores para una distancia de 10 m es decreciente con log(f) desde 39 dB μ A/m a 0,15 MHz hasta 3 dB μ A/m a 30 MHz (1). Excepción 1: para 158-180 kHz, 237- 270 kHz, 316-360 kHz y 3 965-450 kHz, los límites de emisión son mayores que (1) anterior en 10 dB Excepción 2: para 526,5-1 606,5 kHz: -2,0 dB μ A/m a 10 m (Valor de cuasi cresta)	Considerando CISPR 11 Ed. 5.1, se aplica lo siguiente: 30-80,872 MHz: 30 dB μ V/m; 80,872-81,88 MHz: 50 dB μ V/m; 81,88-134,786 MHz: 30 dB μ V/m; 134,786-136,414 MHz: 50 dB μ V/m; 136,414-230 MHz: 30 dB μ V/m; 230-1 000 MHz: 37 dB μ V/m	No especificado

6.2.2 Evaluación de la exposición a la RF

En Japón, las Directrices de Protección frente a la Radiación de Radiofrecuencia (RRPG, Radio-Radiation Protection Guidelines) se aplican para la evaluación de la conformidad de la exposición del cuerpo humano a las radiaciones de RF en los sistemas TIP. Las RRPG ofrecen unas directrices recomendadas para las personas que utilizan ondas RF y están expuestas a un campo electromagnético (en un rango de frecuencias de 10 kHz a 300 GHz) para asegurar que el campo electromagnético es seguro y no produce efectos biológicos innecesarios en el cuerpo humano. Estas directrices contienen los valores de intensidad relativos al campo electromagnético, el método de estimación del campo electromagnético y los métodos de protección para reducir la irradiación producida por el campo electromagnético.

Los valores de las directrices aplicadas a los sistemas TIP provienen de las directrices administrativas de las RRPG de entorno general, considerando el caso en que no puede identificarse la exposición del cuerpo humano a los campos electromagnéticos, no pueden esperarse controles adecuados y existen factores de incertidumbre. Como ejemplo, las personas expuestas a campos electromagnéticos en entornos residenciales en general se ajustan a este caso.

Sin embargo, cuando el cuerpo humano esté situado a menos de 20 cm de los sistemas TIP que funcionan en el rango de frecuencias de 10 kHz a 100 kHz, donde no pueden aplicarse las directrices de absorción de parte del cuerpo, se aplican las directrices básicas de las RRPG.

Las directrices básicas no discriminan el entorno general y el entorno de trabajo; por lo tanto, en el caso de aplicar las directrices generales, los valores cuentan con un factor de seguridad de $1/5$ ($1/\sqrt{5}$ en la intensidad del campo electromagnético y en la densidad de corriente eléctrica) aplicado en las directrices administrativas.

La metodología de evaluación ofrece las pautas para realizar la evaluación de la conformidad con las RRPG que contienen los valores de referencia y las directrices. Una pauta de evaluación se define por los siguientes parámetros. Cada tecnología TIP (p. ej. TIP en 6,78 MHz, TIP para móvil, TIP para EV) tiene un patrón independiente.

- 1) Posibilidad de que un cuerpo humano esté situado a < 20 cm del sistema TIP o entre las bobinas transmisora y receptora.
- 2) Protección contra el riesgo de contacto.
- 3) Situación sin puesta a tierra.
- 4) Tasa de absorción específica (SAR) promediada en todo cuerpo.
- 5) Tasa de absorción específica (SAR) en parte del cuerpo.
- 6) Densidad de corriente inducida.
- 7) Corriente de contacto.
- 8) Campo eléctrico exterior.
- 9) Campo magnético exterior.

La pauta de evaluación más sencilla de todas las tecnologías TIP consiste en los puntos 8) y 9) anteriores, que es la combinación de un número mínimo de parámetros. En la evaluación, se asume que esta pauta mínima da la peor (máxima) absorción de energía de la onda radioeléctrica por el cuerpo humano. En otras palabras, se estima un valor mucho peor que el valor real de la exposición a la RF del cuerpo humano y, por lo tanto, la evaluación da como resultado un valor admisible de emisión del sistema TIP muy inferior.

Las otras pautas consisten en un mayor número de parámetros. Según aumenta el número de parámetros utilizados, la metodología de evaluación necesita un análisis más detallado que requiere una estimación de la exposición a la RF más exacta. Algunas pautas preparadas para una evaluación detallada aplican un factor de acoplamiento que se multiplica por la intensidad máxima del campo magnético medido para confirmar que la exposición a la RF es menor que los valores de las directrices. También se proporciona el método de obtención de los factores de acoplamiento.

Si se demuestra la conformidad de un sistema que utiliza una de las tecnologías TIP objetivo con los valores de las directrices en cualquiera de las pautas, el sistema se declara conforme a las RRPg.

Si en el futuro se adopta alguna nueva metodología de evaluación con las aproximaciones de ingeniería adecuadas o se puede probar una mejora en las metodologías de evaluación utilizables, según proceda, podrán aplicarse para este fin.

Se indica al final de esta sección sobre RRPg, que las directrices 2010 de la ICNIRP se han aprobado para los rangos de frecuencias bajas. Por consiguiente, la exposición de las personas debe definirse para cantidades de exposición que no provoquen la estimulación nerviosa ni el calentamiento de los tejidos con una SAR de un rango de frecuencias de 100 kHz a 10 MHz.

6.3 China

Se está estudiando la reglamentación nacional de la TIP en China.

7 Estado de los estudios de las repercusiones de la TIP sobre los servicios de radiocomunicaciones

En esta sección se detalla el estado de los estudios acerca de las repercusiones de la TIP sobre los servicios de radiocomunicaciones, incluido el servicio de radioastronomía⁵.

Algunos de los estudios de esta sección se refieren a las emisiones de TIP procedentes de dispositivos móviles y portátiles, que también se abordan en el Informe UIT-R SM.2449, como los estudios del § 7.2 y del Anexo 3. Sin embargo, dado que son de carácter general, también se aplican en el contexto de dispositivos portátiles y móviles.

7.1 Resultados de los estudios y actividades en curso en algunas administraciones

A la vista de las altas intensidades de campo eléctrico que pueden producir los sistemas TIP, existe una posibilidad de interferencia a las señales de comunicaciones que funcionan en bandas próximas. La determinación de las características necesarias de las señales radioeléctricas de la TIP se tiene que basar en estudios de las posibles interferencias de la TIP en otros servicios. Estos estudios y las características que se determinen tienen que completarse antes de la designación o la asignación de frecuencias a la TIP.

Las Figuras 22 y 23 muestran el espectro de TIP designado en Japón y asignado en Corea [1] junto con los de los sistemas TIP sin haces acordados por organizaciones internacionales. También puede utilizarse espectro adicional para la TIP, de conformidad con las Recomendaciones UIT-R SM.2110 «Directrices sobre gamas de frecuencias para la explotación de sistemas de transmisión inalámbrica de potencia sin haces para vehículos eléctricos» y UIT-R SM.2129 «Orientaciones sobre las gamas de frecuencias para la explotación de sistemas de transmisión inalámbrica de potencia sin haces radioeléctricos para dispositivos móviles y portátiles». Deben realizarse estudios de compartición del espectro entre los sistemas afectados y los sistemas TIP para aclarar la posibilidad de coexistencia.

⁵ Esta sección podrá revisarse en el futuro en el contexto de las revisiones en curso de los Informes UIT-R [SM.2449](#) y [SM.2451](#).

Algunos equipos TIP están clasificados como equipos ICM que no deben causar interferencia perjudicial a otras estaciones ni pueden reclamar protección. El Cuadro 11 muestra la utilización del espectro de los sistemas inalámbricos existentes por debajo de 1,6 MHz que deben considerarse en los estudios de impacto de los sistemas TIP para vehículos eléctricos.

CUADRO 11

Utilización del espectro de los sistemas inalámbricos existentes

Sistemas de radiocomunicaciones	Bandas de frecuencias	Tecnologías de comunicación	Observaciones
Servicio de frecuencias patrón y señales horarias	19,95-20,05 kHz (20 kHz, mundial) 39-41 kHz (40 kHz, Japón) 49,25-50,75 kHz (50 kHz, Rusia) 59-61 kHz (60 kHz, Reino Unido, Estados Unidos y Japón) 65,85-67,35 kHz (66,6 kHz, Rusia) 68,25-68,75 kHz (68,5 kHz, China) 74,75-75,25 kHz (75 kHz, Suiza) 77,25-77,75 kHz (77,5 kHz, Alemania) 99,75-102,5 kHz (100 kHz, China) 128,6-129,6 kHz (129,1 kHz, Alemania) 157,5-166,5 kHz (162 kHz, Francia)	Modulación de amplitud, decimal codificada en binario (BCD)	Relojes que reciben periódicamente señales horarias digitales transmitidas desde las estaciones de transmisión de la señal horaria patrón para sincronizar y ajustar su propia hora
Servicio de control de ondulación	128,6-129,6 kHz (129,1 kHz, Europa) 138,5-139,5 kHz (139 kHz, Europa)	—	Sistema de gestión de carga/demanda para las plantas de producción de energía y sus redes eléctricas de distribución

CUADRO 11 (*fin*)

Sistemas de radiocomunicaciones		Bandas de frecuencias	Tecnologías de comunicación	Observaciones
Sistemas de radiocomunicaciones ferroviarias	Sistemas de detención automática de trenes (ATS)	10-250 kHz (Japón)	—	Sistema de telecomunicaciones que aplicando corrientes eléctricas a bobinas situadas a lo largo de las vías y detecta corriente eléctrica en bobinas instaladas en los vehículos ferroviarios para el control de trenes
		425-524 kHz (Japón)		
	Sistemas inductivos de radiocomunicaciones ferroviarias (ITRS)	100-250 kHz (Japón)	—	Sistema de transmisión de señales que utiliza un acoplamiento inductivo entre líneas de transmisión instaladas a lo largo de las vías y antenas instaladas en los vehículos ferroviarios
		80 kHz, 92 kHz (Japón, solo una estación)		
Radioaficionados		135,7-137,8 kHz	Modulación de amplitud, modulación de frecuencia, BLU, etc.	Servicio de radiocomunicación con dispositivos de transmisión y recepción utilizados para investigación tecnológica y para formación de operadores radioaficionados
		472-479 kHz		
Servicios radioeléctricos marítimos		90-110 kHz (LORAN)	Pulsos, MDF, etc.	Sistemas de radiocomunicaciones para la seguridad de las operaciones de los navíos utilizados en puertos y en el mar
		424 kHz, 490 kHz, 518 kHz (NAVTEX)		
		495-505 kHz (NAVDAT)		
Radiodifusión sonora		148,5-283,5 kHz (Región 1) 525-526,5 kHz (Región 2) 526,5-1 606,5 kHz (mundial) 1 605,5-1 705 kHz (Región 2)	Modulación de amplitud/DRM	Servicio de radiodifusión de audio con dispositivos receptores en la banda de ondas hectométricas.

FIGURA 22
Frecuencias consideradas para TIP y sistemas existentes
(10-300 kHz)

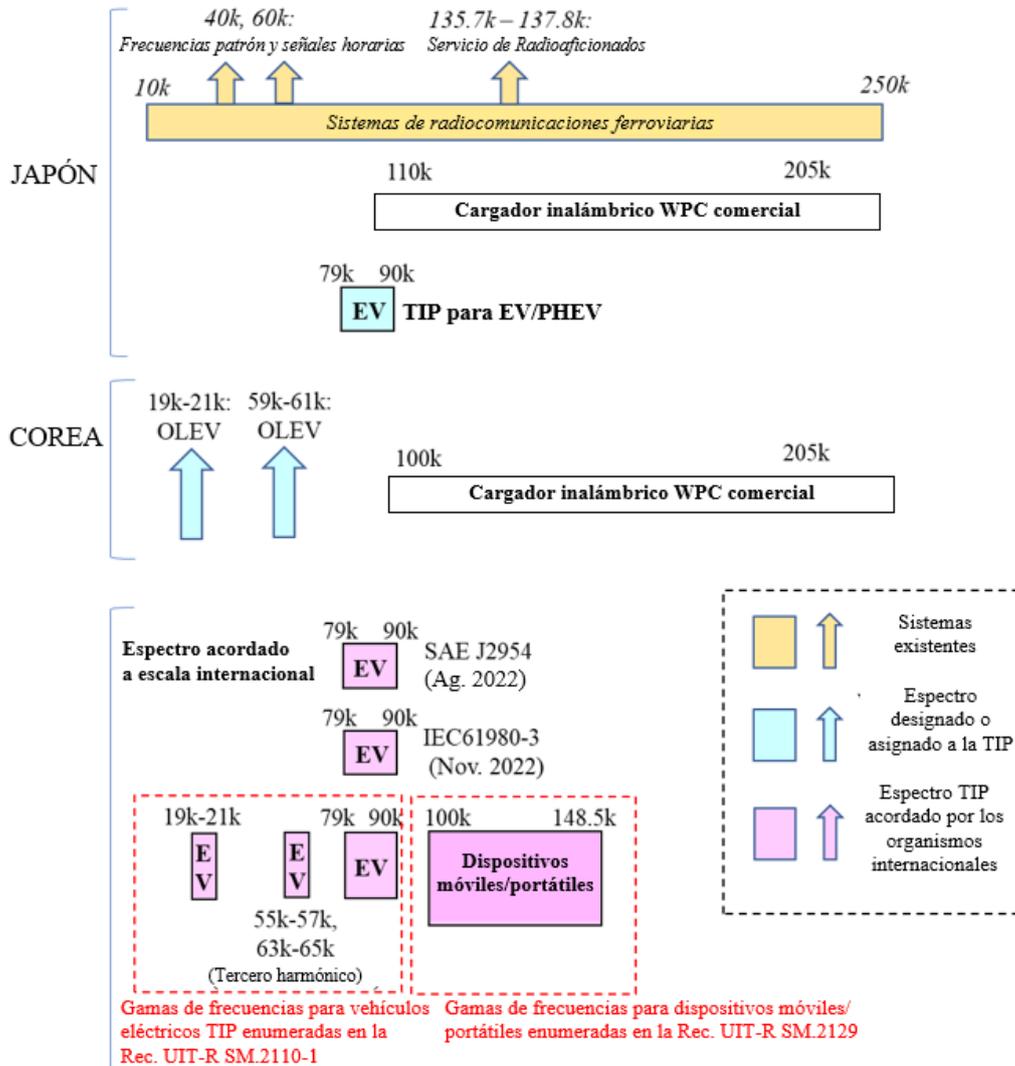
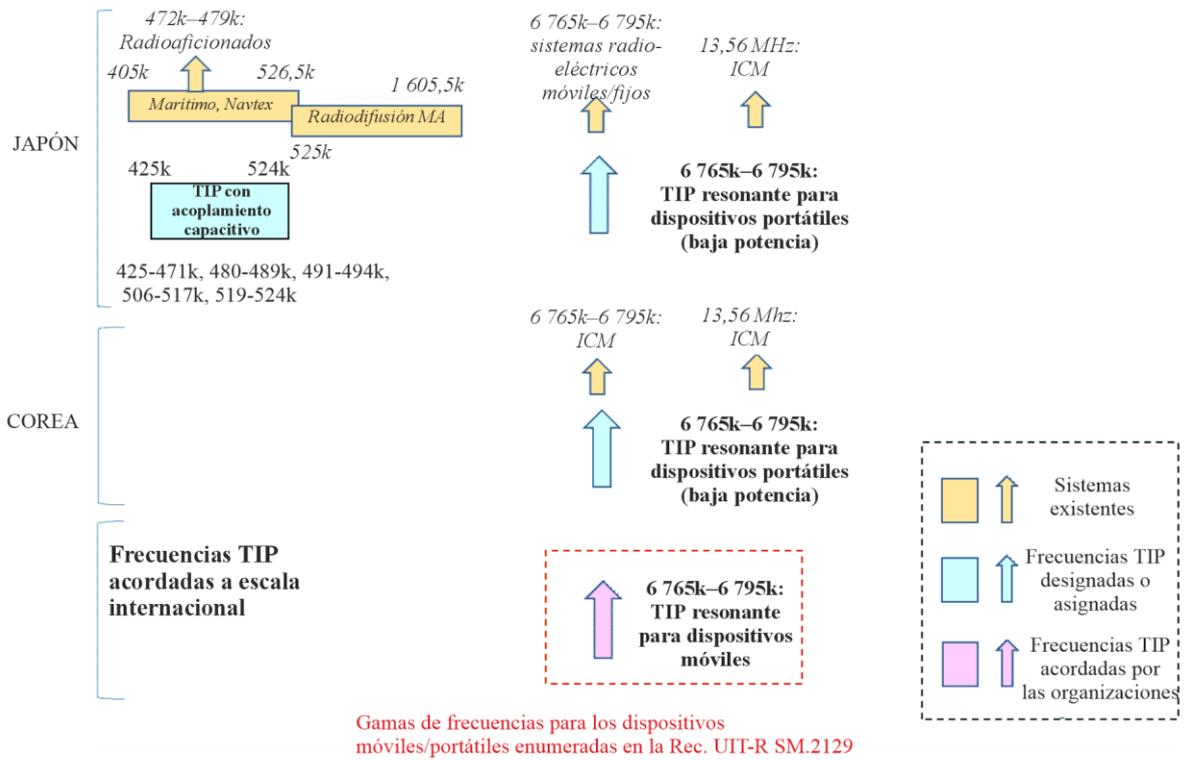


FIGURA 23
**Frecuencias consideradas para TIP y sistemas existentes
 (400 kHz-13,56 MHz)**



En Japón, los sistemas TIP previstos y las gammas de frecuencias propuestas como candidatas con sus parámetros fundamentales se resumen como se muestra en el Cuadro 12.

CUADRO 12

**Tecnologías TIP consideradas en los debates del Grupo de Trabajo
sobre TIP en Japón**

Aplicaciones TIP previstas	a) TIP para EV	b) TIP para dispositivos móviles y portátiles (1)	c) TIP para aparatos de uso doméstico y equipos de oficina	d) TIP para dispositivos móviles y portátiles (2)
Tecnología TIP	Transmisión de potencia mediante campo magnético (inductivo, resonante)			Acoplamiento capacitivo
Transmisión de potencia	Hasta aprox. 3 kW (máx. 7,7 kW)	Varios W – aprox. 100 W	Varios W – 1,5 kW	Aprox. 100 W
Gamas de frecuencias candidatas para la TIP	42-48 kHz (banda de 45 kHz), 52-58 kHz (banda de 55 kHz), 79-90 kHz (banda de 85 kHz), 140,91-148,5 kHz (banda de 145 kHz)	6 765-6 795 kHz	20,05-38 kHz, 42-58 kHz, 62-100 kHz	425-524 kHz
Distancia de transmisión	0 – aprox. 30 cm	0 – aprox. 30 cm	0 – aprox. 10 cm	0 – aprox. 1 cm

La información que figura en este Cuadro puede modificarse debido a la evolución de la normalización sobre TIP nacional e internacional.

7.1.1 Japón

En los estudios sobre coexistencia y compartición del espectro, el Grupo de Trabajo sobre las TIP dependiente del Comité sobre entorno electromagnético para la utilización de las ondas radioeléctricas del MIC ha considerado muchas combinaciones reales posibles, entre los sistemas de radiocomunicaciones existentes y los sistemas TIP analizados, que pueden causar situaciones de interferencia perjudicial en casos de uso específicos. En una de estas situaciones, la onda de radiofrecuencia fundamental de la TIP puede situarse en la banda de los sistemas de radiofrecuencia existentes cuando estos se ubican a una distancia inferior a la distancia de separación mínima del dispositivo TIP o cuando no se adoptan las medidas de atenuación de potencia adecuadas. En otro caso, un armónico de la TIP puede caer dentro de la banda de espectro del sistema de radiofrecuencia y provocar una degradación de la calidad de la señal en el receptor de este sistema. Considerando la variedad de estos casos, el Grupo de Trabajo definió las condiciones del caso más desfavorable para evaluar las repercusiones de la TIP. Se han estudiado los diferentes casos de utilización, y posteriormente realizado simulaciones y pruebas en el terreno. El Grupo de Trabajo ha definido las condiciones de coexistencia que marcan los criterios para la utilización de un sistema TIP junto con los sistemas existentes, considerando la sensibilidad de los receptores actuales y los casos de uso reales considerados.

En diciembre de 2014, las TIP de acoplamiento magnético y de acoplamiento capacitivo en la banda de 6,78 MHz han demostrado poder coexistir, con las condiciones definidas.

Se ha evaluado la coexistencia de las TIP de acoplamiento magnético en la banda de 6,78 MHz con los sistemas públicos de radiocomunicaciones que utilizan pequeños segmentos de frecuencias en el rango 6,765-6,795 MHz. Se ha considerado una potencia de transmisión máxima de 100 W. Los límites de emisión específicos (véase el Cuadro 8) se han calculado y especificado para un pequeño segmento del rango de frecuencias a fin de cumplir con los requisitos de coexistencia.

La coexistencia con los dispositivos TIP de acoplamiento capacitivo se ha estudiado con cálculos teóricos y pruebas en el terreno. Los resultados han mostrado una intensidad de campo magnético muy inferior al límite de emisión requerido para la coexistencia con los sistemas existentes afectados. En consecuencia, se ha comprobado la posibilidad de coexistencia de un dispositivo TIP de acoplamiento capacitivo con potencia de transmisión inferior a 100 W. Debe señalarse sin embargo que se han excluido de los posibles rangos de frecuencias de funcionamiento, los rangos de frecuencias utilizados para los dispositivos de radiocomunicaciones marítimas y los dispositivos de radiocomunicaciones de aficionados, al tener en cuenta la utilización internacional del espectro.

Todavía no se ha podido comprobar la coexistencia, en todos los casos de prueba definidos en la evaluación, de otra tecnología TIP de acoplamiento magnético que utiliza el rango de frecuencias de kHz para aparatos del hogar.

Las aplicaciones de la TIP para de vehículos eléctricos que utilizan la banda 79-90 kHz han demostrado poder coexistir con los dispositivos de radiofrecuencia de los servicios de frecuencias patrón y señales horarias, de radiodifusión MA y de radioaficionados. Las tecnologías TIP que utilizan los otros rangos de frecuencias posibles, diferentes de 79-90 kHz, todavía no cumplen los requisitos. Por lo tanto, los rangos de frecuencias candidatos para los vehículos eléctricos han convergido en 79-90 kHz.

El Grupo de Trabajo ha realizado otros estudios para comprobar la coexistencia con los sistemas inalámbricos ferroviarios, en concreto con el sistema de detención automática de trenes (ATS, Automatic Train Stop Systems) desplegado en toda la red ferroviaria de Japón y con los sistemas inductivos de radiocomunicaciones ferroviarias (ITRS, Inductive Train Radio Systems) en unos casos de utilización muy específicos. El Grupo de Trabajo ha acordado finalmente los requisitos técnicos para la coexistencia con los sistemas inalámbricos ferroviarios.

Como resultado de los estudios de coexistencia, Japón quiere señalar más concretamente a la atención general el estudio de coexistencia con los sistemas inalámbricos ferroviarios y en particular con el ATS. Actualmente el ATS funciona alrededor de los 100 kHz y está desplegado no solo en la red ferroviaria japonesa sino también en muchos países y en redes ferroviarias regionales en el mundo. En el futuro, puede suceder que muchos países se encuentren con el mismo problema de tener que comprobar la coexistencia con los sistemas TIP a fin de asegurar la seguridad de los pasajeros. Este estudio debería abordarse desde un punto de vista global, no solo desde la perspectiva de un país específico. Japón piensa que debe invitarse al UIT-R a participar en este estudio en colaboración con el CISPR.

Los sistemas inalámbricos ferroviarios de los mecanismos de control electromagnético son cruciales para la seguridad de las operaciones. La robustez de los sistemas frente a las ondas radioeléctricas no deseadas es un aspecto crítico y puede tener características diferentes en cada sistema. En consecuencia, los criterios de coexistencia para los sistemas pueden variar entre países o entre regiones. Los límites de emisión que deben especificarse en CISPR deben por lo tanto tener en cuenta esta variedad de sistemas y su fiabilidad.

El Grupo de Trabajo concluyó que los sistemas TIP para vehículos eléctricos en la gama de frecuencias 79-90 kHz para las clases de potencia de 3 kW y 7,7 kW pueden utilizarse, sin causar interferencia perjudicial a los sistemas y los servicios existentes seleccionados, en las condiciones reales. Las nuevas reglas para los sistemas TIP para vehículos eléctricos, los sistemas TIP de acoplamiento magnético en 6,78 MHz y los sistemas TIP de acoplamiento capacitivo, se publicaron y entraron en vigor en marzo de 2016.

Los Cuadros 13 A), B), C) y el Cuadro 14 ofrecen un resumen de los resultados de los estudios de coexistencia.

CUADRO 13

Resumen de los resultados de los estudios de coexistencia de los aparatos de TIP para móviles y el hogar realizado en Japón

A) Coexistencia con los dispositivos de radiocomunicaciones de frecuencias patrón y señales horarias, los sistemas de detención automática de trenes (ATS) y los sistemas inductivos de radiocomunicaciones ferroviarias (ITRS)

TIP para aparatos móviles y del hogar	Sistemas existentes			
Tecnologías	Gammas de frecuencias candidatas	Dispositivos de radiofrecuencia de frecuencias patrón y señales horarias (SCRD) ⁽¹⁾ (40 kHz, 60 kHz)	ATS ⁽²⁾ (10-250 kHz)	ITRS ⁽³⁾ (10-250 kHz)
Acoplamiento magnético (baja potencia para los dispositivos móviles)	6 765-6 795 kHz	N/A	N/A	N/A
Acoplamiento magnético (baja-alta potencia para los aparatos del hogar)	20,05-38 kHz	Cumple las condiciones de coexistencia con las notas siguientes: <ul style="list-style-type: none"> • El 2º y el 3er armónicos no deben estar en la banda de funcionamiento del SCR D • Señalar a la atención de los usuarios la posibilidad de interferencia sobre los SCR D 	Necesidad de más estudios sobre la coexistencia <ul style="list-style-type: none"> • Es necesario analizar la distancia de separación necesaria para no causar interferencia perjudicial 	Cumple las condiciones de coexistencia
	42-58 kHz			Cumple las condiciones de coexistencia
	62-100 kHz			Necesidad de más estudios sobre la coexistencia <ul style="list-style-type: none"> • Es necesario analizar la distancia de separación necesaria para no causar interferencia perjudicial
Acoplamiento capacitivo (baja potencia para los dispositivos móviles)	425-524 kHz	N/A	Cumple las condiciones de coexistencia con la reducción realizada de 12 dB de la intensidad del campo magnético	N/A

Notas relativas al Cuadro 19 A):

Condiciones de coexistencia en fase de estudio:

- (1) Dispositivos de radiofrecuencia de frecuencias patrón y señales horarias: los dispositivos TIP no deben causar interferencia perjudicial en los casos de uso simulados.
- Se han utilizado distancias de separación de 10 m como criterio de coexistencia. Además de las características de la onda fundamental, se han analizado también los armónicos enteros cuando se encuentran en las bandas de funcionamiento de las señales horarias.
 - Se precisan unas medidas adicionales sobre las condiciones del horario de funcionamiento puesto que no se espera u observa que el funcionamiento TIP de los equipos de hogar y de oficina sea menor a medianoche cuando los dispositivos horarios suelen recibir las señales horarias. Señalar a la atención de los usuarios las perturbaciones radioeléctricas producidas por las TIP sobre los aparatos domésticos puede reducir las interferencias, aunque se comparta el espectro, al no coincidir siempre el tiempo de utilización.
 - Los armónicos generados por la TIP en 20,05 kHz y 30 kHz caen en la banda de las señales horarias, lo que puede resultar crítico para garantizar que no se produzcan interferencias perjudiciales.
- (2), (3) ATS e ITRS: los dispositivos TIP no deben causar interferencia perjudicial en los casos de uso reales en funcionamiento. Los criterios de coexistencia son:
- la banda de frecuencias TIP no debe superponerse con las bandas utilizadas por los sistemas de comunicación de la señalización ferroviaria incluido ATS; o
 - la distancia de separación a los dispositivos ATS/ITRS, a la cual un dispositivo TIP no causa interferencia perjudicial, debe ser inferior al umbral de distancia más crítico (aproximadamente 1,5 m) especificado en las normas de construcción de los sistemas ferroviarios;
 - lo anterior debe cumplirse con cualquier tipo de esquema de construcción ferroviaria en Japón.

B) Coexistencia con la radiodifusión MA y los dispositivos de radiocomunicaciones marítimas

TIP para aparatos móviles y del hogar		Sistemas existentes	
Tecnologías	Gamas de frecuencias candidatas	Radiodifusión MA ⁽¹⁾ (526,5-1 606,5 kHz)	Dispositivos de radiocomunicaciones marítimas ⁽²⁾ (405-526,5 kHz)
Acoplamiento magnético (baja potencia para los dispositivos móviles)	6 765-6 795 kHz	N/A	N/A
Acoplamiento magnético (baja-alta potencia para los aparatos del hogar)	20,05-38 kHz	No cumple las condiciones de coexistencia pues se necesitan distancias de protección muy superiores a los 10 m del requisito deseado	N/A
	42-58 kHz		N/A
	62-100 kHz		Cumple las condiciones de compatibilidad con lo siguiente: <ul style="list-style-type: none"> Evitar la utilización de los sistemas TIP con emisión de potencia en las bandas de frecuencias LORAN-C^(*)3)
Acoplamiento capacitivo (baja potencia para los dispositivos móviles)	425-524 kHz	Cumple las condiciones de compatibilidad con las notas siguientes: <ul style="list-style-type: none"> Señalar a la atención de los usuarios la posibilidad de interferencia sobre los dispositivos de radiocomunicaciones MA En el caso de observar interferencias perjudiciales, los dispositivos TIP deben adoptar las medidas adecuadas 	Cumple las condiciones de compatibilidad con lo siguiente: <ul style="list-style-type: none"> Evitar la utilización de los sistemas TIP con emisión de potencia en los rangos de frecuencias de NAVTEX y NAVDAT

Notas relativas al Cuadro 19 B):

Condiciones de coexistencia en fase de estudio:

- (1) Radiodifusión MA: un dispositivo TIP no debe causar interferencia perjudicial a un receptor de radiodifusión MA a una distancia de 10 m en un entorno residencial CISPR. En el modelo se consideran múltiples dispositivos TIP y un receptor de radiofrecuencia MA. Las pruebas de campo se han realizado con los casos de uso más desfavorables acordados, con las variables de frecuencia, número de dispositivos TIP, distancia de separación y zonas con alto y bajo ruido de fondo urbano. También se ha considerado la CISPR 11 Clase-B grupo 2.
- (2) Dispositivos de radiocomunicaciones marítimas: un dispositivo TIP no debe causar interferencia perjudicial. El estudio mostró que el sistema TIP propuesto tiene en lo esencial la capacidad de coexistir con los sistemas de radiocomunicaciones marítimas. Sin embargo, conviene señalar que, dentro del rango de frecuencias de este estudio, las bandas descritas a continuación se utilizan para la seguridad de la navegación marítima y, por lo tanto, se han suprimido de las bandas utilizables: i) NAVTEX: 518 kHz (424 kHz, 490 kHz), ii) NAVDAT: 495-505 kHz. Además, los armónicos no deben situarse en la banda marítima de ondas métricas (156-162 MHz) de uso internacional.
- (3) LORAN-C, eLORAN (90-100 kHz): los operadores de radiocomunicaciones marítimas comentaron que este espectro no debe de ser considerado para su utilización por los sistemas TIP.

C) Coexistencia con los dispositivos de radioaficionados y los sistemas públicos de radiocomunicaciones

TIP para aparatos móviles y del hogar		Sistemas existentes	
Tecnologías	Gamas de frecuencias candidatas	Dispositivos de radioaficionados ⁽¹⁾ (135,7-137,8 kHz, 472-479 kHz)	Sistemas públicos de radiocomunicaciones ⁽²⁾ (6,765-6,795 kHz)
Acoplamiento magnético (baja potencia para los dispositivos móviles)	6 765-6 795 kHz	Cumple las condiciones de compatibilidad con lo siguiente: <ul style="list-style-type: none"> • Evitar la utilización de los sistemas TIP con transmisión de potencia en el rango de frecuencias de los radioaficionados 	Cumple las condiciones de compatibilidad con límites de emisión específicos
Acoplamiento magnético (baja-alta potencia para los aparatos del hogar)	20,05-38 kHz		N/A
	42-58 kHz		N/A
	62-100 kHz		N/A
Acoplamiento capacitivo (baja potencia para los dispositivos móviles)	425-524 kHz		N/A

Notas relativas al Cuadro 19 C):

Condiciones de coexistencia en fase de estudio:

- (1) Dispositivos de radiocomunicaciones de aficionados: para el acoplamiento capacitivo, la banda de 472-479 kHz es un caso de emisión en la misma banda (compartición del mismo espectro). Para los equipos del servicio radioaficionado, no se ha encontrado ningún requisito ni regla oficial de nivel de interferencia de otros sistemas. Sin embargo, se ha acordado excluir esta banda atribuida al servicio radioaficionado del rango de frecuencias de funcionamiento de los sistemas TIP y considerar el desplazamiento de frecuencias apropiado.
- (2) Sistemas públicos de radiocomunicaciones: la banda 6 765-6 795 kHz no está designada como banda ICM en Japón. Sin embargo, las disposiciones reglamentarias permiten las aplicaciones TIP en esta banda. Se han aprobado nuevos límites de emisión para los productos TIP de esta banda, lo que permite la coexistencia con los sistemas existentes y una mayor potencia de transmisión en esta banda.

CUADRO 14

**Resumen de los resultados de los estudios de coexistencia de las TIP
para vehículos eléctricos (EV) realizados en Japón**

TIP para EV	Sistemas existentes				
	SCRD ⁽¹⁾ (40 kHz, 60 kHz)	ATS ⁽²⁾ (10-250 kHz)	ITRS ⁽³⁾ (10-250 kHz)	Radiodifusión MA ⁽⁴⁾ (526,5-1 606,5 kHz)	Dispositivos de radioaficionados ⁽⁵⁾ (135,7-137,8 kHz)
42-48 kHz	No cumple las condiciones de coexistencia	No evaluado pues no cumplía otra condición	No cumple las condiciones de coexistencia	Cumple las condiciones de compatibilidad con las notas siguientes:	Cumple las condiciones de compatibilidad con la nota siguiente:
52-58 kHz	No cumple las condiciones de coexistencia	No evaluado pues no cumplía otra condición	Cumple las condiciones de coexistencia	<ul style="list-style-type: none"> • Señalar a la atención de los usuarios la posibilidad de interferencia sobre los dispositivos receptores de radiodifusión MA • En el caso de observar interferencias perjudiciales, los dispositivos TIP deben adoptar las medidas adecuadas 	<ul style="list-style-type: none"> • Evitar la utilización de los sistemas TIP con emisión de potencia en los rangos de frecuencias del servicio de aficionados
79-90 kHz	Cumple las condiciones de compatibilidad con la nota siguiente: <ul style="list-style-type: none"> • Señalar a la atención de los usuarios la posibilidad de interferencia sobre los dispositivos de radiocomunicaciones de la señal horaria 	Cumple las condiciones de compatibilidad con el requisito siguiente: <ul style="list-style-type: none"> • Se debe mantener una distancia mínima de separación de 4,8 m 	Cumple las condiciones de compatibilidad con el requisito siguiente: <ul style="list-style-type: none"> • Se debe mantener una distancia mínima de separación de 45 m con el rail • Sólo una operación de rail utiliza 80 kHz y 92 kHz donde se deba aplicar este requisito 		
140,91-148,5 kHz		No evaluado al no cumplir otra condición	No cumple las condiciones de coexistencia		

Notas relativas al Cuadro 20:

Condiciones de coexistencia en fase de estudio:

- (1) Dispositivos de radiofrecuencia de señal horaria: los dispositivos TIP no deben causar interferencia perjudicial, definida por la relación C/I que proviene de la mínima sensibilidad de recepción de los dispositivos de radiofrecuencia de señal horaria, en los casos de funcionamiento acordados. Se ha utilizado la distancia de separación de 10 m como criterio de coexistencia. Se han considerado medidas adicionales relativas a los tiempos de funcionamiento no superpuestos entre la TIP y las señales horarias, la variación de la dirección de propagación de la radiofrecuencia y una posible mejora de los parámetros de funcionamiento.
- (2), (3) ATS e ITRS: los dispositivos TIP no deben causar interferencia perjudicial en los casos de utilización reales en funcionamiento. Los criterios de coexistencia son: i) la banda de frecuencias TIP no debe superponerse con las bandas utilizadas por los sistemas de comunicación de la señalización ferroviaria, incluido el ATS; o ii) la distancia de separación con los dispositivos ATS/ITRS a la cual los dispositivos TIP no causan interferencia perjudicial, debe ser inferior al umbral más crítico (aproximadamente 1,5 m) especificada en las normas de los sistemas de construcción de los sistemas ferroviarios. i) e ii) deben cumplirse en todos los tipos de estructuras de construcción ferroviaria en Japón.
- (4) Radiodifusión MA: un dispositivo TIP no debe causar interferencia perjudicial a un receptor de radiodifusión AM a una distancia inferior a 10 m en un entorno residencial CISPR. Las pruebas de campo con un transmisor TIP y un receptor en un vagón simulado se han realizado en el caso de uso más desfavorable, en el cual el 7º armónico de la TIP con $F_c = 85,106$ kHz cae dentro de la banda 594 kHz del canal de servicio del servicio de radiodifusión MA para una amplia zona de la región de Kanto en Japón. También se han realizado pruebas de escucha.
- (5) Dispositivos de radioaficionados: es una situación de emisión fuera de banda (sin compartición de espectro). Los rangos de frecuencias candidatas para TIP de EV tienen unas separaciones de frecuencias adecuadas para no caer en las bandas de radioaficionados. En consecuencia, no se considera la reducción de la sensibilidad del receptor (fuera de banda) debido a las interferencias, sino que se consideran los niveles de radiación de los armónicos (emisiones no esenciales) de los dispositivos TIP cuando se sitúan dentro de las bandas del servicio radioaficionado. Respecto de la reglamentación del nivel de emisión en la ley de Radiocomunicaciones de Japón y en otros reglamentos relacionados, como los criterios, los parámetros actualmente considerados para los sistemas TIP de EV muestran unas características de sistema aceptables en cuanto a poder demostrar que no generan interferencia perjudicial en los dispositivos de radioaficionados.

7.1.2 Corea

En Corea se utilizan las bandas de frecuencias 19-21 kHz y 59-61 kHz para los sistemas TIP para vehículos pesados desde el año 2009. El nivel de potencia es de aproximadamente 100 kW para la carga inalámbrica de autobuses eléctricos. Desde 2011, Corea está ampliando las instalaciones de varias ciudades de la región como Seúl (autobús lanzadera Seoul Grand Park), Daejeon (autobús lanzadera KAIST), Sejong (nuevo autobús administrativo interurbano) y a ciudad de Gumi (autobús interurbano del complejo industrial) entre otros. Además, en mayo de 2011, el Gobierno de Corea atribuyó las bandas de frecuencias (19-21 kHz y 59-61 kHz) a diferentes equipos de aplicaciones que utilizan esas frecuencias, incluida la tecnología TIP, y ha apoyado un estudio de impacto a fin de proteger las frecuencias existentes y/o los servicios en las bandas adyacentes.

Los resultados de las pruebas, realizadas en base al método de medición ya propuesto y en emplazamientos de funcionamiento real, figura en el Anexo 4. Los resultados indican las medidas de las pruebas in situ a una distancia de 10 m, 30 m, 50 m y 100 m desde la estación de carga de autobuses (aproximadamente 100 kW).

Además, el estudio de impacto sobre el servicio de frecuencias patrón y señales horarias de 60 kHz de Japón y la banda de ondas kilométricas de la UER (148,5-283,5 kHz) también se indica en las mismas condiciones en emplazamientos reales comerciales.

En conclusión, es muy difícil detectar interferencias de correlación directa entre los sistemas TIP fijos para vehículos pesados y el servicio de frecuencias patrón y señales horarias de Japón, o la banda de ondas kilométricas de la UER, para el caso de 100 m de distancia. Los 100 metros suponen una técnica clásica de medición de un campo eléctrico y está de acuerdo con la Ley de Radiocomunicaciones para

la protección de los servicios de radiofrecuencia. Por lo tanto, en el caso de la utilización de los sistemas TIP fijos de alta potencia se debe cumplir estrictamente la distancia de separación.

En el Anexo 5, se especifican los dispositivos TIP móviles coreanos en la gama de frecuencias 100-300 kHz como dispositivos con un campo electromagnético débil de acuerdo con la Ley de ondas radioeléctricas. Para que los dispositivos TIP de la gama de frecuencias 100-300 kHz puedan lanzarse en el mercado coreano, deben cumplir con los requisitos reglamentarios correspondientes para la prevención de toda interferencia perjudicial a los otros sistemas. En esencia, las frecuencias TIP, incluida la gama de frecuencias 100-300 kHz están autorizadas siempre que se cumplan los requisitos reglamentarios de los dispositivos con un campo electromagnético débil, con la excepción de algunas frecuencias prohibidas.

El Anexo 5 proporciona los datos de las mediciones de perturbación electromagnética radiada de los sistemas TIP para dispositivos móviles que utilizan tecnología de inducción magnética y de su cumplimiento de las normas europeas y CISPR 11, así como de la reglamentación de Corea.

7.1.3 Alemania

Alemania realizó mediciones de un sistema TIP para la recarga de automóviles en una cámara anecoica y proporcionó los resultados en enero de 2016. La intensidad de campo del sistema TIP en la frecuencia de 85 kHz se midió en la gama de 20 kHz hasta aproximadamente 1,5 MHz y se comparó con los límites de la norma EN 300 330-1 de ETSI para los DCA de inducción.

Las medidas se realizaron en diferentes planos de polarización, pero solo se considera los resultados del plano con mayores emisiones. Para permitir una comparación directa con los límites de ETSI EN 300 330, solo se tienen en cuenta los resultados de las mediciones realizadas a 10 m de distancia por ser la distancia normativa definida en la norma.

Los resultados de las mediciones realizadas a 10 m de distancia muestran los siguiente:

- En general, las emisiones no esenciales son ligeramente superiores cuando el vehículo no está situado exactamente encima de la bobina de carga (desplazamiento máximo). La diferencia, sin embargo, es menor que la diferencia que aparece cuando se consideran diferentes direcciones de medición (frente/ trasera/izquierda/derecha).
- Las emisiones no esenciales son generalmente superiores hacia el frente y la trasera en relación con los laterales.
- La intensidad de campo (potencia de la portadora) dentro del canal probado varía aproximadamente de 71 dB μ A/m (sin desplazamiento) a 75 dB μ A/m (desplazamiento máximo). Estos valores superan los límites de ETSI EN 300 330-1 en 4 y 8 dB respectivamente. El ETSI ha publicado la norma EN 303 417, «Wireless power transmission systems, using technologies other than radio frequency beam in the 19-21 kHz, 59-61 kHz, 79-90 kHz, 100-300 kHz, 6 765-6 795 kHz ranges; Harmonised Standard covering the essential requirements of Article 3.2 of Directive 2014/53/EU».
- Los niveles de emisiones no esenciales en la gama de frecuencias de las señales horarias normalizadas (por debajo de 85 kHz) están muy por debajo del límite de ETSI EN 300 330-1, típicamente unos 20 dB.
- Los niveles de emisiones no esenciales en las frecuencias armónicas por debajo de 1,5 MHz superan los límites de ETSI EN 300 330-1 hasta en 20 dB. Debe tenerse en cuenta que el sistema TIP probado era un prototipo, todavía en fase de desarrollo, y puede, por lo tanto, no representar el diseño final de producción.

7.2 Estudios y resultados de la TIP genérica sobre la repercusión en los servicios de radiodifusión

El servicio de radiodifusión dispone de las siguientes atribuciones a título primario en las bandas de ondas kilométricas y hectométricas:

148,5-283,5 kHz en la Región 1

526,5-1 606,5 kHz en la Región 1 y la Región 3

525-1 705 kHz en la Región 2.

Estas atribuciones se utilizan para la radiodifusión sonora MA y/o para DRM (Digital Radio Mondiale).

Sin embargo, el análisis que sigue se centra únicamente en la radiodifusión sonora MA.

Para los estudios de coexistencia entre los sistemas TIP y los servicios de radiodifusión, es necesario analizar las repercusiones sobre los servicios de radiodifusión en todos los entornos, en zonas rurales, residenciales y urbanas.

El § 7.2.1 contiene un estudio basado en un enfoque analítico que utiliza los criterios de protección del servicio de radiodifusión de las Recomendaciones e Informes del UIT-R. Calcula las intensidades de campo electromagnético máximas tolerables en el receptor de radiodifusión en las bandas de ondas kilométricas y hectométricas. Las intensidades de campo electromagnético máximas tolerables obtenidas están prácticamente en el mismo nivel que el nivel de ruido ambiental en zonas rurales silenciosas como se define en la Recomendación UIT-R P.372.

El § 7.2.2 describe un estudio de las repercusiones en zonas urbanas y suburbanas, realizado por un comité de la Administración de Japón. En este estudio, el requisito básico para la coexistencia entre los sistemas TIP y los servicios de radiodifusión es que el nivel de emisiones de la TIP en los receptores de radiodifusión sea inferior al ruido ambiental en el medio «urbano» descrito en la Recomendación UIT-R P.372. Los límites de emisión radiada para la banda de radiodifusión de ondas hectométricas a 10 m de los receptores TIP se determinan con un enfoque diferente del estudio analítico anterior. El enfoque incluye la medición de las emisiones, así como unas pruebas de audibilidad de las interferencias provocadas sobre el servicio de radiodifusión en un emplazamiento de prueba de emisión.

7.2.1 Estudios de las repercusiones de los sistemas TIP sobre los servicios de radiodifusión

7.2.1.1 Criterios de protección e interferencia aceptable

La Recomendación UIT-R BS.703 – Características de los receptores de radiodifusión sonora MA de referencia para la planificación, define la sensibilidad mínima de un receptor de sonido de radiodifusión sonora MA para fines de planificación como:

- Banda 5 (ondas kilométricas): 66 dB μ V/m
- Banda 6 (ondas hectométricas): 60 dB μ V/m.

La Recomendación UIT-R BS.560 – Relaciones de protección de radiofrecuencias en la radiodifusión en ondas kilométricas, hectométricas y decamétricas, indica las relaciones de protección aplicables para la interferencia entre señales de radiodifusión MA. Aunque la TIP no sea una señal de radiodifusión, puede adoptar la forma de una portadora sin (prácticamente) modulación y, en ese sentido, es de hecho muy similar a una señal de radiodifusión en AM durante una pausa o un pasaje tranquilo en la captación del receptor. Estas relaciones de protección pueden, por lo tanto, considerarse una buena base para calcular los límites de las emisiones radiadas de la TIP.

7.2.1.2 Cálculo de la intensidad de campo H máxima tolerable provocada por las instalaciones TIP en un receptor de radiodifusión

Una parte del límite de emisión es la especificación de la distancia desde la fuente de interferencia donde debe aplicarse el límite de intensidad de campo. Esta cuestión puede tratarse de manera totalmente independiente de la cuestión del valor de este límite:

- La primera parte del cálculo es analizar las intensidades del campo deseado y del campo de interferencia en el receptor del servicio de radiodifusión, independientemente de la distancia a la fuente de la interferencia. Donde se indican distancias, se hace únicamente para establecer la intensidad de campo presente.
- La segunda fase consiste en definir qué suposiciones son necesarias para la distancia de separación y los factores que afectan a la propagación entre la fuente de la interferencia y el receptor de radiodifusión, así como los escenarios para los casos de utilización de la TIP (desde los cargadores de baja potencia como los de teléfonos móviles hasta los cargadores de alta potencia para vehículos pesados).

Los límites pueden entonces calcularse en la primera fase para las interferencias de la TIP que se producen en la banda de una señal de MA.

Es importante señalar que las perturbaciones radiadas causadas por equipos TIP pueden producirse:

- en los armónicos de la frecuencia TIP fundamental; por ejemplo, un cargador TIP de vehículos eléctricos que utiliza una frecuencia en la banda de 79 a 90 kHz puede generar armónicos situados en la banda de radiodifusión de ondas kilométricas (148,5 a 283,5 kHz – el segundo armónico) y en las bandas de ondas hectométricas (526,5 a 1 606,5 kHz y 525 a 1 705 kHz – el sexto armónico y superiores); o
- en los fundamentos de la propia TIP; de un cargador TIP que utiliza una frecuencia de una banda de radiodifusión.

A partir de las consideraciones de planificación y los criterios de planificación indicados en las Recomendaciones UIT-R BS.703 y UIT-R BS.560 y teniendo en cuenta que los receptores de radiodifusión utilizados en el hogar a menudo utilizan antenas de ferrita que responden al componente H del campo electromagnético, es conveniente utilizar los valores de intensidad del campo H cuando se analizan los límites de emisión de los equipos TIP. Suponiendo condiciones de campo lejano y espacio libre (que se aplicarán a la señal de radiodifusión recibida en la antena del receptor), la relación entre los campos eléctrico y magnético (de las ecuaciones de Maxwell) es:

$$\frac{E}{H} = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} = 377 \Omega$$

Donde μ_0 es la permeabilidad en el espacio libre y ϵ_0 es la permitividad del espacio libre.

Significa que pueden aplicarse los siguientes factores de conversión:

$$H_{\left(\frac{\mu A}{m}\right)} = E_{\left(\frac{\mu V}{m}\right)} \cdot \frac{1}{377}$$

que pueden expresarse como:

$$H_{dB\left(\frac{\mu A}{m}\right)} = E_{dB\left(\frac{\mu V}{m}\right)} - 51,5 \text{ dB}$$

Las sensibilidades de los receptores en las bandas kilométricas y hectométricas (en el § 7.2.1.1) también puede expresarse como 14,5 dB μ A/m y 8,5 dB μ A/m respectivamente.

Las relaciones de protección para la radiodifusión MA están formadas por dos componentes:

- la «relación de protección cocanal», necesaria cuando el interferente y la portadora de la señal deseada están fundamentalmente en la misma frecuencia (de manera que cualquier batido entre ellos

es de una frecuencia por debajo de la gama audible; en ese caso la modulación del interferente es la principal causa de perturbación audible);

- la «relación de protección relativa» que es necesario añadir cuando las señales deseada e interferente tienen una diferencia de frecuencia, que provoca un tono de batido continuo audible; esta corrección depende de la diferencia de frecuencia, principalmente porque la respuesta en frecuencia del oído humano dista mucho de ser «plana».

Salvo que las frecuencias de los dispositivos TIP estén cuidadosamente alineadas con la disposición de frecuencias de radiodifusión, será necesario añadir la relación de protección relativa adicional para el funcionamiento diferente del cocanal. Suponiendo que la frecuencia TIP no esté controlada, se puede considerar que se está produciendo el caso más desfavorable. La Fig. 1 de la Recomendación UIT-R BS.560 muestra que la mayor relación de protección relativa es de aproximadamente 16 dB, que corresponde con una diferencia de frecuencias de aproximadamente 2 kHz.

Para el caso más desfavorable, es necesario añadir esta relación de protección relativa a la relación de protección cocanal de 40 dB para proporcionar una relación de protección global de la interferencia de la TIP sobre la radiodifusión MA de $(40 + 16) = 56$ dB.

Se deduce, por lo tanto, que la intensidad de campo máxima aceptable de la TIP en la ubicación del receptor de radiodifusión, se obtiene al restar esta relación de protección de la sensibilidad del receptor.

En consecuencia, la intensidad de campo máxima aceptable de la TIP en la ubicación del receptor de radiodifusión es:

- Banda 5 (ondas kilométricas): $(14,5-56) = -41,5$ dB μ A/m
- Banda 6 (ondas hectométricas): $(8,5-56) = -47,5$ dB μ A/m.

Se ve que estos valores son inferiores a:

- el ruido artificial y el ruido externo en las bandas de ondas kilométricas; véase la Recomendación UIT-R P.372 Ruido radioeléctrico; y
- los -15 dB μ A/m a 10 m, en una anchura de banda de 10 kHz, recomendados para los DCA que funcionan en la gama 148,5 kHz – 5 MHz en el Anexo 9 de la Recomendación ERC 70-03 [3].

Existen, sin embargo, buenas razones para ello:

- el tono de batido provocado cuando la portadora de un interferente tiene una diferencia de frecuencia respecto de la frecuencia de la señal de radiodifusión recibida, es más molesto que el mismo nivel de ruido; queda claro al comparar las relaciones de protección recomendadas, indicadas anteriormente, con las relaciones portadora/ruido consideradas aceptables para la radiodifusión MA (véase la Nota a continuación);
- las mismas relaciones de protección pueden aplicarse a otras señales de radiodifusión potencialmente interferentes en la planificación de la radiodifusión (véase el Anexo 6), no sería aceptable aplicar condiciones menos restrictivas a interferentes (sin licencia) diferentes de la radiodifusión que a los servicios de radiodifusión que tienen una atribución primaria en esta gama de frecuencias en la Región 1;
- los niveles de ruido en las bandas de ondas kilométricas varían mucho en función de la zona del mundo, las estaciones y el momento del día, la Recomendación UIT-R P.372 necesita una interpretación muy cuidadosa; la radiodifusión en las bandas de ondas kilométricas se utiliza en las zonas del mundo donde los niveles de ruido son aceptables (es decir la radiodifusión en las bandas de ondas kilométricas no se utiliza en los trópicos);

- los límites para los DCA indicados en la Recomendación ERC 70-03 [3] (que afecta a Europa) habrían sido calculados con supuestos como la distancia de separación esperada entre los receptores de radiodifusión y los tipos de DCA considerados, y una utilización probablemente intermitente de los dispositivos; estos supuestos deben ser revisados en el caso de los dispositivos domésticos ubicuos utilizados en el hogar durante periodos de tiempo significativos.

NOTA – La intensidad de la señal de una transmisión de radiocomunicación en MA se define con la intensidad de la portadora. La Recomendación UIT-R BS.703 fija el nivel mínimo de portadora que puede considerarse que permite prestar un servicio y define por lo tanto los bordes de la zona de servicio. De hecho, los operadores de radiodifusión y los planificadores de frecuencias utilizan este valor para definirla. Se basa en una relación de (señal de audio deseada)/(ruido aleatorio) de 26 dB. La modulación genera solo una pequeña cantidad de energía adicional en las bandas laterales (que transportan información). Si se considera una profundidad de modulación de valor cuadrático medio 0,2 (20%)⁶, la potencia de la portadora es 14 dB mayor que la potencia de modulación en las bandas laterales. En comparación con la portadora, la energía de las bandas laterales es despreciable, añadiendo menos de un 4% al total. Teniendo en cuenta esta relación típica (bandas laterales)/(portadora), la Recomendación UIT-R BS.560 especifica en 40 dB la relación de protección que debería tener un servicio dado frente a un interferente. Si las portadoras están en la misma frecuencia y se supone que la profundidad de la modulación de los dos programas es la misma, se obtiene una relación de (señal de audio deseada)/(señal de audio no deseada) generada por la estación interferente, de 40 dB. Claramente, este valor es algo superior a la relación (señal deseada)/(ruido aleatorio); una señal de audio no deseada representa, en efecto, una mayor intrusión en la señal de audio deseada y las señales en las bandas laterales superior e inferior están correladas, mientras que el ruido aleatorio no lo está.

Se deduce de lo anterior que, en el borde de la zona de servicio, definida por el requisito de sensibilidad mínima a efectos de planificación, la señal no deseada debe ser inferior en 40 dB. En el caso de las bandas de ondas hectométricas, representa: 60 dB μ V/m (según el § 7.2.1.1 – expresado como tensión) menos 40 dB μ V/m = 20 dB μ V/m. Si existe una diferencia de frecuencias entre las portadoras, el propio componente de la portadora constituye un interferente mucho más dañino pues es 14 dB mayor que la modulación y es mucho más intrusivo para el oído. Como se ha indicado anteriormente, en esta situación cualquier modulación es despreciable y puede ignorarse. La Recomendación UIT-R BS.560 reconoce que es necesaria una protección adicional de hasta 16 dB adicionales frente a una onda sinusoidal simple. A efectos prácticos, una interferencia de una única frecuencia que proviene de un equipo TIP aparecerá en el receptor igual que otra portadora interferente, con una posible desviación de frecuencia, y debe tratarse como tal. El hecho de que no esté modulada es irrelevante, como lo sería para otro servicio de radiofrecuencia.

7.2.1.3 Consideraciones sobre la distancia y los factores relacionados con la propagación

Es necesaria una clasificación de los cargadores TIP en cuanto a las siguientes características:

- Utilización (que incluya desde los cargadores de baja potencia como los de teléfonos móviles, hasta los cargadores de alta potencia para los VE pesados).
- Utilización en interiores o exteriores.
- Potencia de salida.
- Mecanismo de acoplamiento.

⁶ Los trabajos realizados por la BBC en 2007 mostraron que el valor cuadrático medio de la profundidad de la modulación de las transmisiones en MA varía entre aproximadamente un 20% para la voz hasta aproximadamente un 40% para música «pop» muy comprimida. Las radiocomunicaciones en MA se utilizan principalmente para voz y esta utilización debe considerarse como el «caso más desfavorable».

– Utilización en entornos residenciales o no residenciales.

Esta clasificación ayudaría a definir las hipótesis más adecuadas para la distancia de separación mínima y los factores relacionados con la propagación.

Por ejemplo, los cargadores domésticos de baja potencia para teléfonos móviles y los receptores de radiodifusión en las bandas de ondas kilométricas/hectométricas se utilizarán ambos en el entorno del hogar, previsiblemente en la misma habitación. No es posible, por lo tanto, conseguir grandes distancias de separación. Se propone, en consecuencia, que los límites de campo H anteriores se apliquen a una distancia del equipo TIP de 1 m. En otro ejemplo, una distancia de separación de 10 m sería una hipótesis más razonable entre un cargador TIP de autobuses y un receptor de radiodifusión doméstico, teniendo en cuenta, sin embargo, que en una estación de autobuses grande es probable que haya varios (muchos) sistemas de carga funcionando al mismo tiempo contribuyendo todos al ruido ambiental; es necesario considerar también el efecto acumulado.

FIGURA 24

Bloque de apartamentos en Londres



La Figura 24 muestra los pisos inferiores de un edificio de apartamentos del sureste de Londres. Se puede ver que el piso bajo está constituido por garajes con apartamentos encima. La altura de los techos de los garajes es de unos 2,30 metros. Puede razonablemente asumirse que un receptor radioeléctrico que funciona en uno de los apartamentos del piso inferior puede estar a una distancia inferior a 3 metros del suelo del garaje y por lo tanto a una distancia inferior a 3 metros de al menos un cargador TIP dedicado a la carga de automóviles en el garaje. Puede haber 3 cargadores a menos de 3 metros, y varios más a menos de 10 metros. También pueden definirse otros escenarios donde un automóvil puede estar recargándose y la distancia entre el cargador y un receptor situado en el apartamento de un vecino puede ser inferior a 3 metros. Los campos magnéticos disminuyen con el cubo de la distancia a la fuente e, inversamente, aumentan con la proximidad a esta fuente. La relación de los campos H a 3 m y 10 m es por lo tanto $(10/3)^3 = 37,0$. En términos de $\text{dB}\mu\text{A/m}$ representa una diferencia de $20 \cdot \log_{10}(37) = 31 \text{ dB}$. Por lo tanto, para obtener la intensidad de campo equivalente a 10 m, es necesario aplicar un factor de corrección de 31 dB. En el caso de un cargador para automóviles, la intensidad de campo magnético aceptable a 10 m del cargador debería ser 31 dB menor que el valor calculado para la protección del receptor. En otros casos, es necesario utilizar otras distancias y factores de corrección.

Otros breves experimentos (publicados en agosto de 2015) han confirmado que la interferencia de los dispositivos TIP sobre los receptores de radiodifusión existe, incluso con TIP de baja potencia.

7.2.1.4 Estrategias de mitigación

Es evidente que existe una gran diferencia entre los niveles de interferencia que puede tolerar un receptor de radiodifusión y los niveles permitidos para los dispositivos ICM. Normalmente, no es un problema, pues los dispositivos ICM funcionan en condiciones controladas y físicamente separados de los receptores de radiodifusión (o de cualquier otro receptor de radiocomunicaciones) que puedan resultar afectados. Pueden adoptarse medidas para asegurar que los servicios de radiocomunicaciones con licencia no se vean afectados. En el caso de los cargadores TIP para vehículos, es más difícil garantizar una utilización controlada. Parece improbable que la radiación parásita de un dispositivo TIP pueda reducirse a los niveles necesarios para proteger el servicio de radiodifusión y, por lo tanto, es necesario encontrar una estrategia alternativa.

Como punto de partida, los niveles de protección del receptor pueden reducirse 16 dB (la relación de protección relativa) si la fuente de la interferencia y todos sus armónicos pertinentes, pueden disponerse de manera que se sitúen en las frecuencias portadoras de las transmisiones en las bandas de ondas hectométricas. En las Regiones 1 y 3 de la UIT, las frecuencias portadoras de las transmisiones en las bandas de ondas kilométricas y hectométricas tienen una disposición fija, siendo cada frecuencia un múltiplo de 9 kHz. En la Región 2 de la UIT, las frecuencias portadoras de las transmisiones en las bandas de ondas hectométricas tienen una disposición fija, siendo cada frecuencia un múltiplo de 10 kHz. Si, por lo tanto, las frecuencias de carga se definen de manera que sean múltiplos de 9 kHz y 10 kHz respectivamente, quedarán, junto con todos sus armónicos, automáticamente alineados con la disposición de las frecuencias de radiodifusión.

En algunos casos, esta solución puede ser suficiente, pero no será probablemente suficiente para reducir la diferencia entre los requisitos del receptor de radiodifusión y, por ejemplo, un cargador de vehículos en un entorno doméstico. En este caso, puede resolverse el problema eligiendo cuidadosamente la frecuencia de funcionamiento del dispositivo TIP, situando no solo la frecuencia y (también importante) sus armónicos en la disposición de la radiodifusión, sino que deben definirse también que estén bien separadas (espectralmente) de las frecuencias utilizadas por los servicios de radiodifusión en la zona de funcionamiento del dispositivo TIP. En consecuencia, las frecuencias utilizadas para los dispositivos TIP deberían «planificarse» como las de las transmisiones de radiodifusión pues, en otro caso, se interferirían entre ellas. Es importante tener en cuenta que esta estrategia se simplifica mucho si las frecuencias de la TIP tienen la misma disposición que las frecuencias de radiodifusión. En el Anexo 6, se proporciona una descripción del proceso de planificación de la transmisión de la radiodifusión.

7.2.1.5 Trabajos adicionales

Las técnicas de mitigación descritas en el apartado anterior constituyen la base de un conjunto de herramientas. Es necesario desarrollar este conjunto de herramientas con mucho más detalle para poder completarla. Las áreas que deben cubrirse incluyen:

Precisión y estabilidad de la frecuencia – En una situación ideal, la frecuencia del dispositivo TIP está de manera precisa y constante en la disposición de 9 kHz o 10 kHz en la posición adecuada para que tanto la propia frecuencia como sus armónicos estén adecuadamente alineados con las frecuencias de las estaciones de radiodifusión. En la práctica, es probable que se pueden tolerar algunas variaciones estáticas y dinámicas, pero es necesario definir exactamente cuál es el nivel de tolerancia. En este caso intervienen dos factores. En primer lugar, es esencial que cualquier desviación de frecuencia no genere tonos de batido en la gama audible. Un batido se produciría en la frecuencia que corresponde con la diferencia entre el dispositivo TIP y la estación de radiodifusión, y el límite inferior de la gama audible depende en parte del filtro de audio del receptor. En la práctica, es posible que se produzcan algunas variaciones en la frecuencia de funcionamiento del dispositivo TIP porque

tenga que optimizar su funcionamiento para poder compensar un alineamiento físico inadecuado entre el cargador y el dispositivo que se está cargando.

Modulación del «campo» de carga – Este punto es continuación del anterior. Se propone que el cargador TIP pueda utilizarse para transferir datos al dispositivo que se está recargando modulando el «campo» (electromagnético) de alguna manera. Para las comunicaciones en el otro sentido, sería necesario otro sistema diferente. Cualquier intento de modular el «campo» de carga se manifestaría en forma de bandas laterales. Sería necesario definir límites a esta energía de bandas laterales, pues tendría la capacidad de interferir los servicios de radiodifusión, incluso cuando la frecuencia fundamental está adecuadamente situada en la disposición de frecuencias. Es necesario estudiar los esquemas de modulación considerados. En el caso de cargadores de alta potencia, sería lógico pensar que existen mejores medios de comunicar sobre distancias muy pequeñas que la modulación del «campo» de carga de alta potencia.

Base de datos de las frecuencias disponibles – En cualquier ubicación geográfica, la gama de frecuencias de los servicios de radiodifusión en las bandas de ondas kilométricas y hectométricas que pueden recibirse será diferente de la de otra ubicación. Por esta razón, en cada ubicación, la gama de frecuencias (no interferentes) disponibles para un cargador TIP será diferente. El cargador deberá saber, por lo tanto, dónde se encuentra (geográficamente) y tener acceso a una base de datos de frecuencias utilizables. Necesitará también, por supuesto, un cierto grado de flexibilidad de su frecuencia.

Utilización de frecuencias «fuera de la disposición» – Cuando se tiene el conocimiento de la ubicación y del entorno de los servicios de radiodifusión en las bandas de ondas kilométricas y hectométricas, puede ser posible utilizar frecuencias que no están en la disposición de radiodifusión, siempre que se reconozcan los inconvenientes de hacerlo y que la intensidad de campo se mantenga dentro de los límites adecuados. Pueden ser de particular interés las frecuencias que están en los puntos intermedios entre las frecuencias de la disposición de la radiodifusión. Los armónicos pares estarían todas en las frecuencias de la disposición y los armónicos impares estarían en el límite entre los canales adyacentes, punto en el cual el filtro del receptor puede reducir los efectos audibles.

Control de armónicos – En la banda de ondas hectométricas, de manera clara en la parte superior de las frecuencias, es probable que solo los armónicos superiores de la frecuencia de carga generen interferencia. Cuanto más se controle la energía en estos armónicos superiores, más fácil será encontrar una frecuencia adecuada de funcionamiento para el dispositivo TIP.

7.2.2 Estudio de Japón de las repercusiones sobre los servicios de radiodifusión y la compatibilidad con los mismos en las zonas urbanas y suburbanas

Mientras que el § 7.1.1 proporciona un resumen de los estudios de compartición y de coexistencia realizados en Japón durante el proceso de elaboración de la nueva reglamentación, esta sección describe los detalles de la metodología adoptada en el estudio de las repercusiones de la TIP para vehículos eléctricos sobre los servicios de radiodifusión y los resultados de la evaluación. El estudio lo realizó el Grupo de Trabajo y fue aprobado por el Comité del MIC (véase el § 7.1.1).

7.2.2.1 Puntos de vista de Japón sobre el estudio de repercusiones

El enfoque de Japón, adoptado en el estudio de repercusiones, destaca los puntos siguientes:

1) La compatibilidad de los sistemas TIP con los servicios existentes de radiocomunicaciones en zonas urbanas puede ser una cuestión prioritaria.

Los sistemas TIP para vehículos eléctricos van a comercializarse mayoritariamente en las zonas urbanas. En consecuencia, es necesario estudiar detalladamente el entorno radioeléctrico y los modelos de utilización para demostrar la capacidad de una coexistencia sin problemas. Los límites de

las emisiones radiadas de la nueva reglamentación de las TIP de Japón se determinaron en base a los resultados de los estudios de repercusiones enfocados a zonas urbanas.

En el estudio de las repercusiones para la protección de los servicios de radiodifusión, los límites de las emisiones radiadas por los sistemas TIP deben ser inferiores al nivel de ruido ambiental descrito en la Recomendación UIT-R P.372 donde se definen diferentes categorías de entornos: «ciudad», «residencial», «rural» y «rural tranquilo». Se asume que la distancia de separación en zonas suburbanas y rurales es mayor que en las zonas urbanas, siendo el nivel de ruido artificial en las zonas suburbanas y rurales inferior.

Se asumieron unas condiciones detalladas en el estudio que incluyen:

- Distancia de separación entre los sistemas TIP y el receptor de radiodifusión más cercano para la evaluación: 10 m (de acuerdo con las normas CISPR y otras).
- Pérdidas de propagación debidas a las paredes de casas/edificios: 10 dB (de los resultados de un estudio en Japón).
- Autointerferencia (el sistema TIP produce interferencias sobre los dispositivos inalámbricos del propietario): no considerado.

2) Límites de emisiones radiadas de los sistemas TIP en la gama de frecuencias de los servicios de radiodifusión coherentes con la reglamentación existente en vigor.

Desde que se están comercializando las placas de cocina de inducción de acuerdo con las normas internacionales como la Clase B del grupo 2 del CISPR 11 y/o CISPR 14-1 y están ampliamente distribuidas, no se han señalado perturbaciones perjudiciales o problemas provocados sobre otros sistemas inalámbricos por estas placas de cocina. Esta situación se repite en muchos países y regiones. Para evitar la generación de interferencia perjudicial producida por los equipos TIP en la gama de frecuencias de los servicios de radiodifusión MA, se determinaron los límites de emisión radiada previstos en esa gama de acuerdo con los límites de emisión existentes. Los límites de emisión que se deben especificar en la reglamentación se acordaron con los representantes de los servicios de radiodifusión y los defensores de la tecnología.

3) Evaluación en zonas suburbanas y rurales y protección de los sistemas de radiocomunicaciones existentes mediante las reglamentaciones

Debido a varias restricciones físicas en las mediciones realizadas en el estudio, el Grupo de Trabajo no ha llegado a la conclusión de que sean aceptables para la coexistencia las repercusiones sobre los receptores de radiodifusión en las bandas de ondas hectométricas, en el caso de receptores utilizados en casas de madera situadas en zonas de ruido ambiental bajo o medio. Sin embargo, incluso en situaciones de este tipo, esto no significa que el sistema TIP provoque interferencia perjudicial en todo momento durante su funcionamiento y de manera continua, sobre los receptores situados a proximidad cuando se tienen en cuenta los datos estadísticos siguientes: el tiempo medio de funcionamiento de los sistemas TIP para vehículos eléctricos (es decir, menos de una hora), la proporción relativamente alta de los usuarios que prefieren una carga de corta duración (es decir, varias decenas de minutos) después de volver a casa y la frecuencia TIP que tiene que determinarse dentro de una banda en función de las condiciones del entorno y de la instalación.

Habida cuenta de los puntos anteriores, se estima poco probable que se produzcan problemas importantes en la recepción del servicio de radiodifusión, incluso cuando no puedan cumplirse, en algunos casos, las condiciones de los requerimientos de coexistencia. Un aviso del tipo «Este equipo puede causar interferencia perjudicial a los receptores del servicio de radiodifusión en las bandas de ondas hectométricas» en el manual de instrucciones del sistema TIP y/o el producto puede recordar a los usuarios la posible interferencia perjudicial sobre los receptores.

Las empresas de TIP deberían adoptar de manera continua medidas adecuadas de mitigación de la interferencia para reducir la interferencia por debajo del nivel permitido con el fin de evitar perturbaciones perjudiciales a los servicios de radiodifusión en zonas suburbanas y rurales.

En el caso de que el sistema TIP produzca una interferencia inaceptable a los receptores, las administraciones de radiofrecuencia deben adoptar las medidas/ordenes reglamentarias necesarias para parar el funcionamiento del sistema TIP que provoca la interferencia perjudicial en los otros sistemas existentes de radiocomunicaciones.

7.2.2.2 Especificaciones de la transmisión de potencia para las mediciones

Las especificaciones de los sistemas TIP para vehículos eléctricos se determinaron de la manera siguiente:

- Tecnologías TIP: acoplamiento magnético (acoplamiento magnético resonante).
- Aplicación: Recarga de vehículo eléctrico de pasajeros mientras está aparcado (Estático).
- Gama de frecuencias: 79-90 kHz (denominada banda de 85 kHz).
- La gama de 79-90 kHz se seleccionó como la gama de frecuencias primaria de acuerdo con los resultados del estudio de repercusiones realizado en Japón, y los resultados de los debates de la CEI y SAE con vistas a una armonización mundial.
- Gama de potencia de transferencia: clase de 3 kW y clase de 7,7 kW; se consideran clases para vehículos de pasajeros.

7.2.2.3 Límites de emisión para la evaluación

Los límites de emisión previstos en las gamas de frecuencias de la transmisión de potencia para los estudios de los sistemas TIP se eligieron de acuerdo con los límites de emisión de la FCC Parte 18. Los límites de emisión previstos fuera de la gama de frecuencias de transmisión de potencia se eligieron de acuerdo con uno de los reglamentos sobre placas de cocina inductivas de Japón. Para la gama de frecuencias por encima de 150 kHz, se utilizó la Clase B del grupo 2 de CISPR 11. Los límites previstos de emisión de campo electromagnético se describen a continuación:

- a) Gama de frecuencias TIP (gama de frecuencias utilizada para la transmisión de potencia):
68,4 dB μ A/m a 10 m, para una potencia de transmisión de 3 kW
72,5 dB μ A/m a 10 m, para una potencia de transmisión de 7,7 kW
- b) Gama de frecuencias de 526,5-1 606,5 kHz (gama de frecuencias de la radiodifusión MA):
–2,0 dB μ A/m a 10 m
- c) Gamas de frecuencias excepto las gamas de frecuencias anteriores:
23,1 dB μ A/m a 10 m

Los límites previstos de emisión anteriores se establecieron primero en la gama de frecuencias por debajo de 526,5 kHz y por encima de 1 606,5 kHz. Sin embargo, en una fase posterior, el Comité acordó utilizar los límites de la Clase B del grupo 2 de CISPR 11 en la gama de frecuencias por encima de 150 kHz, excepto en los rangos de frecuencias de la radiodifusión MA.

7.2.2.4 Estudio analítico, resultados de las mediciones y pruebas de audibilidad

Los sistemas TIP para los vehículos eléctricos no deben causar interferencia perjudicial a un receptor de radiodifusión MA situado a una distancia de al menos 10 m de los sistemas, en base a los límites previstos de emisión radiada. Las mediciones de las emisiones utilizando un transmisor TIP y receptores TIP en un vagón simulado, se realizaron en las condiciones más desfavorables acordadas, que corresponden con el ángulo de rotación de los receptores de radiodifusión MA fijado en un valor 0, en relación con la señal de radiodifusión considerando diagramas de antena directivos.

Además, los receptores de radiodifusión MA se situaron en el eje en el cual llega la onda de emisión no deseada del TIP más fuerte, considerando los diagramas de emisión de la bobina de la TIP. El 7ª armónico de la frecuencia TIP $F_c = 85,106$ kHz se sitúa en el canal de radiodifusión MA de 594 kHz AM, que cubre una amplia zona de la región de Kanto en Japón. Se realizaron también evaluaciones auditivas (audibilidad). Se confirmó finalmente un criterio de mitigación satisfactoria de las repercusiones de la TIP para vehículos eléctricos sobre la radiodifusión MA.

A continuación, se describen los detalles:

a) Condiciones básicas del estudio de repercusiones

En una primera fase, el Grupo de Trabajo sobre TIP del MIC definió las condiciones siguientes y los casos de utilización para el estudio de repercusiones.

- La emisión máxima aceptable (el límite de emisión previsto) es $-2,0$ dB μ A/m a 10 m, que concuerda con el límite de emisión existente para las placas de cocina de inducción en la gama de frecuencias 526,5-1 606,5 kHz (gama de frecuencias de la radiodifusión MA).
- La autointerferencia no forma parte del alcance del estudio de repercusiones. La autointerferencia significa que un sistema TIP provoca interferencia al receptor de radiodifusión MA de su propietario.
- Los receptores de radiodifusión MA están situados dentro de casas o edificios. Por otro lado, los sistemas TIP para vehículos eléctricos están situados en el exterior de las casas o los edificios. Es necesario considerar las pérdidas de propagación debidas a los muros y las paredes.
- La distancia de separación entre un sistema TIP y un receptor de radiodifusión MA es 10 m, asumiendo que la casa más cercana del vecindario está situada a más de 10 m de la casa del propietario del sistema TIP.
- Se supone que los receptores están situados en una zona de elevada intensidad de campo (la intensidad del campo eléctrico de recepción es mayor que 80 dB μ V/m) o en una zona de intensidad de campo media (66 dB μ V/m). La protección de los usuarios de recepción de la radiodifusión MA en una zona de baja intensidad de campo (48 dB μ V/m) también es importante. Sin embargo, el estudio de repercusiones del Grupo de Trabajo se centró en las zonas de intensidad de campo elevada y media, porque se prevé que los sistemas TIP adquieran más popularidad en zonas urbanas en una primera fase y se expandan posteriormente a las otras zonas.

b) Estudio analítico

En una fase siguiente, se estudiaron las repercusiones de la TIP para vehículos eléctricos sobre la radiodifusión MA con un enfoque analítico. En esta fase, se acordaron los siguientes criterios:

- Los límites de emisión radiada aceptable deben ser inferiores a los niveles de ruido ambiental en una zona particular. Se adoptó un límite de emisión de 26,0 dB μ V/m en 594 kHz, de acuerdo con el ruido ambiental del entorno «ciudad» descrito en la Recomendación UIT-R P.372. Esta intensidad de campo eléctrico (26,0 dB μ V/m) se convierte en intensidad de campo magnético ($-25,5$ dB μ A/m) que indica el valor de la emisión no deseada aceptable máxima en el receptor.
- Se estima que la pérdida de propagación debida a las paredes de las casas y los edificios entre el sistema TIP y un receptor de radiodifusión MA es de 10 dB, de acuerdo con los resultados de la mesa redonda del MIC sobre la preacentuación de la radiodifusión en bandas de ondas hectométricas (diciembre de 1983).

Este análisis se realizó para calcular las repercusiones de las emisiones de campo magnético sobre el receptor de MA cuando se aplica una intensidad medida de emisiones no deseadas. Con este fin, el modelo de sistema simuló las condiciones de a) y se acordó el resto de las condiciones; posteriormente, se calculó la intensidad de las emisiones no deseadas en el receptor. Se consideró un sistema TIP para vehículos eléctricos situado a 10 m de la casa más cercana del vecindario, en la cual estaba situado el receptor. Además, se situó el receptor de radiodifusión MA, en el interior de la casa, a 50 cm de la ventana. Los parámetros de la TIP como la intensidad de emisiones radiadas ($-15,6 \text{ dB}\mu\text{A/m}$) y las condiciones necesarias eran las mismas que el sistema TIP del «equipo de prueba B» para vehículos eléctricos descrito en el Anexo 3.

Se propusieron las siguientes hipótesis durante el estudio analítico:

- La intensidad de emisiones calculada con la intensidad de emisiones medidas cumple la intensidad de emisiones no deseadas aceptables.
- La intensidad de emisiones medida utilizada para el cálculo es inferior al límite de emisión previsto de $-2,0 \text{ dB}\mu\text{A/m}$ en más de 10 dB, lo que deja un importante margen de emisión hasta el límite. Se adoptó esta cifra porque la industria calcula habitualmente por prudencia una incertidumbre de 10 dB, o más, como margen de la calidad de funcionamiento en cuanto a emisiones en las fases de diseño y de prueba.
- En condiciones reales, la intensidad de emisiones no deseadas de los sistemas TIP alcanza $-25,6 \text{ dB}\mu\text{A/m}$ ($= -15,6 \text{ dB}\mu\text{A/m} - 10 \text{ dB}$), que es cercano o inferior a la intensidad de emisiones no deseadas aceptables de $-25,5 \text{ dB}\mu\text{A/m}$.

El Grupo de Trabajo sobre TIP del MIC aceptó las consideraciones anteriores. Posteriormente, se confirmó que el límite de emisiones acordado de $-2,0 \text{ dB}\mu\text{A/m}$ en la gama de frecuencias de radiodifusión MA de Japón era adecuado y se aprobó como nuevo reglamento relativo a la TIP.

c) Medición de las emisiones de campo magnético

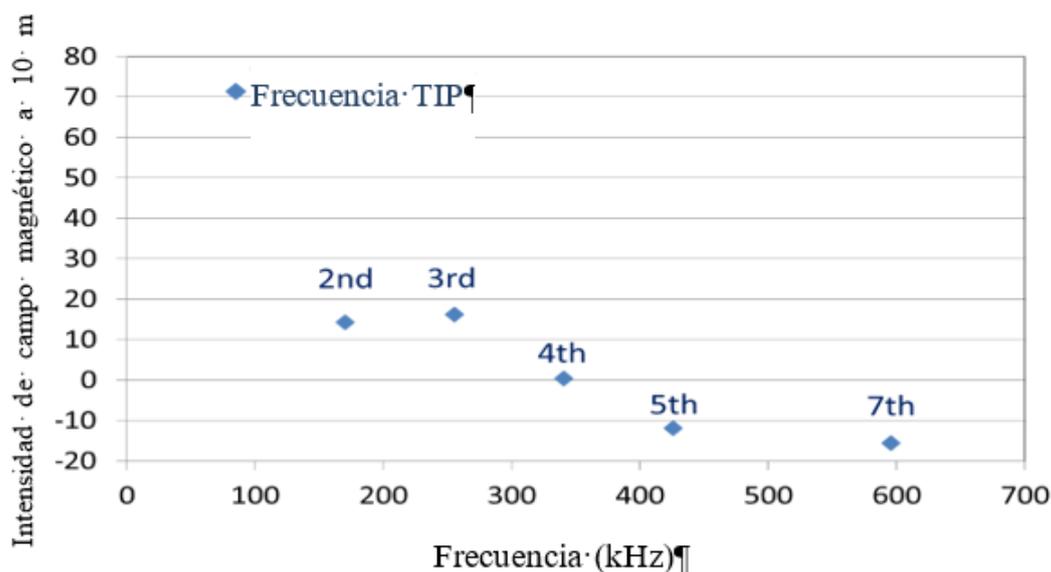
Con el fin de confirmar los resultados del estudio analítico anterior, se realizaron mediciones utilizando equipos TIP de prueba y receptores de radiodifusión MA, con las condiciones y los métodos siguientes:

i) Configuración de las mediciones

Como se ha indicado anteriormente, se utilizó el «equipo de prueba B» para vehículos eléctricos, descrito en el Anexo 3, en estas pruebas experimentales. La frecuencia TIP del equipo de prueba fue 85,106 kHz. La transferencia de potencia fue de 3 kW en el punto de entrada de la bobina de transmisión. El 7° armónico de este equipo TIP se sitúa en 595,742 kHz. Los niveles de emisión radiada medidos en la frecuencia TIP y los armónicos del «equipo de prueba B» se muestran en la Fig. 25.

FIGURA 25

Intensidad de campo magnético medida del «equipo de prueba B»
(valor de cuasi cresta)



NOTA – No se muestra el 6º armónico pues está por debajo del valor inferior del eje Y.

d) Pruebas de audibilidad

i) Selección del receptor de radiodifusión MA

Se prepararon varios tipos de receptores de radiodifusión MA, incluido un equipo de gama alta y un equipo portátil para esta prueba experimental.

ii) Fecha y lugar

La fecha de las pruebas experimentales fue del 1 al 2 de julio de 2014. Se utilizó el emplazamiento de pruebas abierto del Laboratorio Matsudo del Centro de Ingeniería de las Telecomunicaciones (TELEC) para esta prueba. El Laboratorio Matsudo de TELEC está ubicado en una zona suburbana residencial cerca de Tokio.

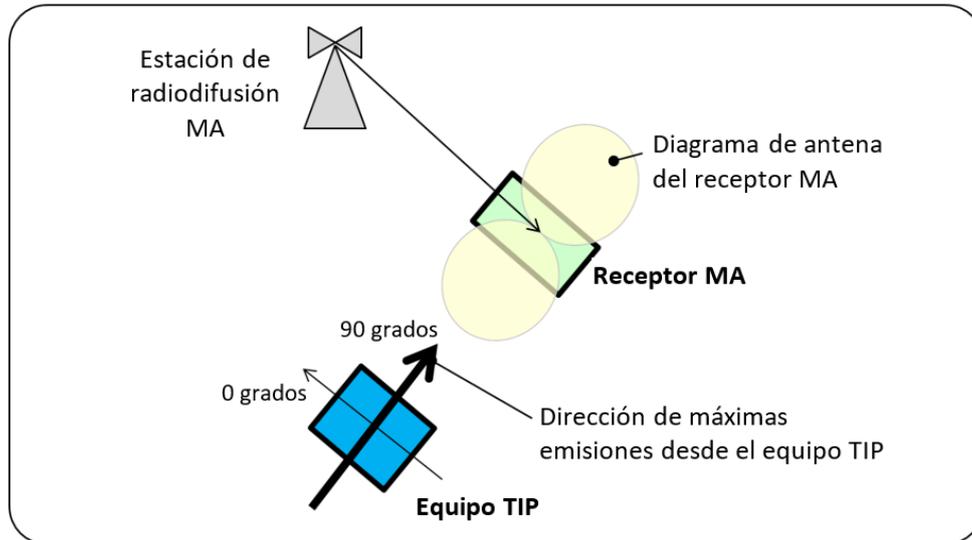
iii) Canal y frecuencia del servicio de radiodifusión

En la zona de Tokio, existe un canal de radiodifusión MA de NHK Radio 1 en 594 kHz. La diferencia de frecuencia entre NHK Radio 1 y el 7º armónico del «equipo de prueba B» es de aproximadamente 1,7 kHz. Si el 7º armónico del «equipo de prueba B» es mayor que el ruido ambiental, se puede oír un ruido de 1,7 kHz.

Se utilizó el siguiente procedimiento de prueba:

- En primer lugar, se midieron la intensidad de campo recibida de la radiodifusión MA, la intensidad de las emisiones radiadas en los armónicos del equipo TIP y el nivel de ruido ambiental, utilizando un analizador de espectro. En las mediciones, la antena receptora recibía las direcciones vertical y horizontal del campo H. El equipo TIP se situó en una dirección girada 90º que maximiza la intensidad de las emisiones no deseadas recibidas. Se controlaron la polarización y la directividad de las emisiones radiadas del equipo TIP para obtener la intensidad de emisión de recepción no deseada. La Fig. 26 describe las condiciones del caso más desfavorable de este estudio experimental que muestra los máximos efectos producidos por el equipo TIP sobre el receptor de radiodifusión. En esta Figura, se ve la posición de la estación de radiodifusión MA, los receptores de radiodifusión MA y el equipo TIP, y se muestra también la relación entre el diagrama de la antena de los receptores de radiofrecuencia y la dirección de máximas emisiones desde el equipo TIP.

FIGURA 26
Medición de las emisiones de las pruebas de audibilidad



- A continuación, los participantes realizaron las pruebas de audibilidad escuchando los programas de radiodifusión en diferentes ubicaciones con distancias diferentes de separación de 3 m y 10 m al equipo TIP. En estas pruebas de audibilidad, la distancia de 10 m cumple las condiciones necesarias para este estudio de repercusiones. La prueba con una distancia de separación de 3 m se realizó únicamente como referencia. En estas pruebas, la orientación y el ángulo de rotación de los receptores de radiodifusión se seleccionaron en las condiciones más desfavorables para los receptores. Al mismo tiempo, la orientación y el ángulo de rotación de los receptores se ajustaron para maximizar las emisiones de interferencia de los equipos TIP.
- iv) Resultados de las pruebas

Los resultados de las mediciones de la intensidad de campo eléctrico se muestran en la Fig. 27. La intensidad de campo de la radiodifusión MA fue de aproximadamente 100 dB μ V/m y el nivel de ruido ambiental de aproximadamente 60 dB μ V/m, que es mucho mayor que la hipótesis descrita en a). En esta Figura, se muestran las intensidades de campo eléctrico cuando el equipo TIP está encendido y apagado. La diferencia entre el equipo TIP encendido y apagado no se ve claramente en esta Figura, porque el nivel de ruido ambiental es ligeramente mayor que el 7^o armónico del equipo TIP.

Los resultados de estas pruebas de audibilidad fueron los siguientes:

- Receptores de radiodifusión MA situados a 10 m del equipo TIP
El ruido del tono pudo percibirse como un sonido muy débil solo en programas de radiodifusión muy silenciosos, pero nunca en programas normales de audio. En general, se considera que el ruido del tono, en estas condiciones de prueba, no perturba los oyentes de radiodifusión en general que escuchan programas de radio.
- Receptores de radiodifusión MA situados a 3 m del equipo TIP
El ruido del tono puede fácilmente percibirse cuando los programas de radiodifusión son relativamente silenciosos, como los programas de noticias. Por otro lado, cuando los programas de radiodifusión son relativamente ruidosos, como los programas de música, el tono no puede percibirse fácilmente.

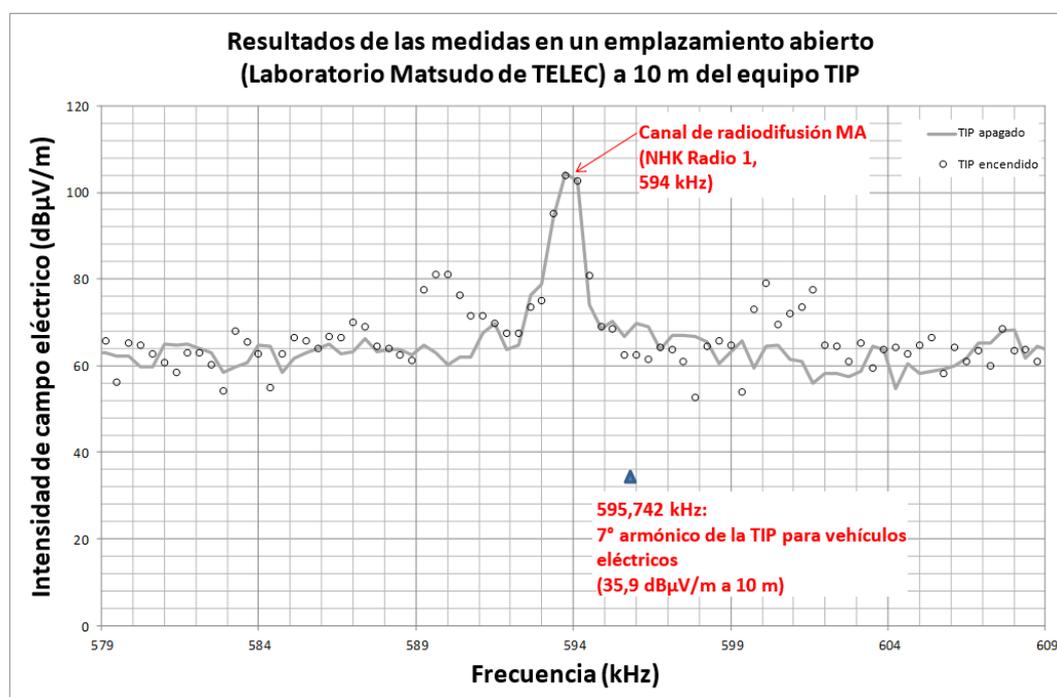
7.2.2.5 Evaluación de los resultados de las pruebas

En las condiciones de prueba acordadas y en casos de utilización para zonas urbanas, la intensidad de las emisiones de campo magnético calculadas mediante un estudio analítico y también la intensidad medida en un equipo TIP para vehículos eléctricos de prueba en una medición de campo, mostraron un nivel de emisiones recibidas aceptable (no perjudicial) cuando se fija un límite de emisiones de $-2,0 \text{ dB}\mu\text{A/m}$ en la gama de frecuencias de la radiodifusión MA. En las pruebas de audibilidad, se confirmó que el tono generado por el 7º armónico de la TIP, situado en un canal de radiodifusión MA en la banda de ondas hectométricas, no se percibió cuando se escuchaban programas de radio o fue ligeramente audible en programas muy silenciosos. Se demostró que existen pocas repercusiones y ninguna interferencia perjudicial sobre el servicio de radiodifusión MA. A partir de estos resultados, la reglamentación de Japón para los sistemas TIP adoptó este límite en la gama de frecuencias del servicio de radiodifusión MA.

Esta metodología para la medición y la evaluación puede ser útil para los reguladores de radiocomunicaciones que quieren elaborar reglamentaciones para los sistemas TIP para vehículos eléctricos en zonas urbanas donde puede aplicarse la categoría de entorno «ciudad» de la Recomendación UIT-R P.372.

FIGURA 27

Intensidad de campo eléctrico medida en un canal de radiodifusión MA cuando la TIP está encendida o apagada



7.3 Banda de frecuencias 100/110-300 kHz para TIP

Varios organismos de normalización, alianzas de la industria y fabricantes están promoviendo las bandas de ondas kilométricas y miriamétricas para la utilización de la TIP, el rango de frecuencias 100/110-300 kHz también se está considerando en los estudios actuales. Hay preocupaciones acerca de:

- la utilización de las frecuencias de las bandas de ondas kilométricas adyacentes, o superpuestas, a la banda 148,5-255 kHz del servicio de radiodifusión en bandas de ondas kilométricas en la Región 1; y

- las repercusiones negativas sobre los servicios de radiocomunicaciones y de radionavegación que utilizan las bandas de ondas kilométricas.

7.4 Gama de frecuencias 300-405 kHz para TIP para dispositivos móviles y portátiles

En el Informe UIT-R SM.2449 figuran estudios adicionales con arreglo a la Recomendación UIT-R SM.2129 «Orientaciones sobre las gamas de frecuencias para la explotación de sistemas de transmisión inalámbrica de potencia sin haces radioeléctricos para dispositivos móviles y portátiles».

7.5 Gama de frecuencias 1 700-1 800 kHz para TIP para dispositivos móviles y portátiles

En el Informe UIT-R SM.2449 figuran estudios adicionales con arreglo a la Recomendación UIT-R SM.2129 «Orientaciones sobre las gamas de frecuencias para la explotación de sistemas de transmisión inalámbrica de potencia sin haces radioeléctricos para dispositivos móviles y portátiles».

7.6 Gama de frecuencias 2 000-2 170 kHz para TIP para dispositivos móviles y portátiles

En el Informe UIT-R SM.2449 figuran estudios adicionales con arreglo a la Recomendación UIT-R SM.2129 «Orientaciones sobre las gamas de frecuencias para la explotación de sistemas de transmisión inalámbrica de potencia sin haces radioeléctricos para dispositivos móviles y portátiles».

7.7 Banda de frecuencias 6 765-6 795 kHz para TIP

Otros grupos de trabajo han expresado su preocupación por la posible presencia de energía de radiofrecuencia no deseada relacionada con los armónicos de los sistemas TIP que funcionan en esta y en otras bandas. Los Grupos de Trabajo 7D y 6A en particular, han expresado su preocupación por el segundo armónico de energía TIP en la banda ICM ($6\,765\text{--}6\,795\text{ kHz} \times 2 = 13\,530\text{--}13\,590\text{ kHz}$) que se superpone con la banda $13\,570\text{--}13\,870\text{ kHz}$ de la radiodifusión en la banda de ondas decamétricas, atribuida a los servicios de radioastronomía a título primario.

De acuerdo con los expertos que estudian las cuestiones de la TIP, la energía en esta banda sería generalmente en líneas espectrales (y, por lo tanto, con una anchura de banda estrecha). Sin embargo, existe alguna probabilidad de bandas laterales no deseadas de energía en ambos lados de la emisión fundamental. El nivel de estas bandas laterales debería ser mucho menor, pero puede depender de un cierto número de factores que incluyen: el diseño del equipo TIP, las características de la carga suministrada, el filtrado/apantallado de la fuente y de la carga, el grado de acoplamiento a la carga y posiblemente otros factores.

Considerando que la banda $6\,765\text{--}6\,795\text{ kHz}$ es una banda designada para utilización ICM de acuerdo con el número **5.138** del Reglamento de Radiocomunicaciones (sujeto a una aprobación de la Administración), y teniendo en cuenta también la protección de los servicios de radiocomunicación frente a la interferencia, de acuerdo con el número **15.13** del Reglamento de Radiocomunicaciones, son necesarios estudios adicionales para asegurar que la energía de radiofrecuencia no deseada (incluida la energía de los armónicos) del funcionamiento de la TIP está en un nivel que no provoca interferencia perjudicial a los servicios de radiocomunicación que funcionan en otras bandas del espectro.

7.8 Repercusiones sobre los servicios de frecuencias patrón y señales horarias

El Grupo de Trabajo 7A proporcionó información relativa a las gamas de frecuencias que las Conferencias Mundiales de Radiocomunicaciones han atribuido, a lo largo de los años, al servicio de frecuencias patrón y señales horarias: $19,95\text{--}20,05\text{ kHz}$, $2\,495\text{--}2\,505\text{ kHz}$ ($2\,498\text{--}2\,502\text{ kHz}$ en la Región 1), $4\,995\text{--}5\,005\text{ kHz}$, $9\,995\text{--}10\,005\text{ kHz}$, $14\,990\text{--}15\,010\text{ kHz}$, $19\,990\text{--}20\,010\text{ kHz}$ y

24 990–25 010 kHz. Además, se atribuyeron las siguientes bandas de frecuencias al servicio de frecuencias patrón y señales horarias por satélite:

- 400,05-400,15 MHz,
- 4 200-4 204 MHz (espacio-Tierra),
- 6 425-6 429 MHz (Tierra-espacio),
- 13,4-14 GHz (Tierra-espacio),
- 20,2-21,2 GHz (espacio-Tierra),
- 25,25-27 GHz (Tierra-espacio),
- 30-31,3 GHz (espacio-Tierra).

Señales adicionales de frecuencias patrón y señales horarias se emiten, también en otras bandas de frecuencias, como por ejemplo 14-19,95 kHz y 20,05-70 kHz en la Región 1, y en las bandas 72-84 kHz y 86-90 kHz, designadas por otras conferencias (véase el número 5.56 del RR).

La Recomendación 70-03 [3] del ERC utilizada en Europa especifica las gamas de frecuencias, su intensidad de campo máxima y las ubicaciones como se muestra en el Cuadro 15.

CUADRO 15

Señales de frecuencias patrón y señales horarias que deben protegerse en las bandas 9-90 kHz y 119-135 kHz (Recomendación 70-03 del ERC) [3]

Estaciones	Frecuencias	Anchura de banda de protección	Intensidad de campo máxima a 10 m	Ubicación
MSF	60 kHz	±250 Hz	42 dB μ A/m	Reino Unido
RBU	66,6 kHz	±750 Hz	42 dB μ A/m	Federación de Rusia
HBG	75 kHz	±250 Hz	42 dB μ A/m	Suiza
DCF77	77,5 kHz	±250 Hz	42 dB μ A/m	Alemania
DCF49	129,1 kHz	±500 Hz	42 dB μ A/m	Alemania

NOTA 1 – El límite se reduce a 42 dB μ A/m a 10 m.

El § 7.1 y el Cuadro 12 de este Informe proporcionan estudios de casos prácticos de las repercusiones sobre los servicios de frecuencias patrón y las señales horarias en Japón.

7.9 Experiencias de la CEPT con la protección de los servicios frente a las emisiones de los DCA de inducción

En esta sección se detallan las experiencias de la CEPT con la protección de los servicios frente a las emisiones de las aplicaciones DCA de inducción. En 2009, se analizaron los límites de los dispositivos DCA de inducción para acomodar las aplicaciones de DCA de mayor potencia y las aplicaciones de TIP. Se realizó un estudio y se publicaron los estudios en el Informe 135 de la CCE «Inductive limits in the frequency range 9 kHz to 148,5 kHz».

Se ha determinado que era necesaria una protección de los transmisores del servicio de frecuencias patrón y de señales horarias que funcionan en los países de la CEPT. Se especificaron filtros de eliminación de banda con una potencia emitida máxima de 42 dB μ A/m a 10 m para proteger estos transmisores. Cabe señalar que la gama de frecuencias estudiada no incluye las frecuencias por encima de 148,5 kHz, tampoco analiza los armónicos alejados fuera de la banda 9-148,5 kHz.

Esto significa que, por ejemplo, no se estudian las balizas DGPS de 350 kHz, la radiodifusión de 198 kHz y los transmisores de frecuencias patrón y señales horarias, y es probable que estos equipos necesiten límites de protección más restrictivos debido a las frecuencias más altas.

Estos límites y filtros de eliminación de banda se incluyeron posteriormente en la Decisión de la Comisión Europea sobre DCA y se reflejaron posteriormente en la norma EN 300 330 del ETSI.

En 2014, la industria europea solicitó unas máscaras de espectro más amplias y una mayor potencia para los dispositivos de inducción en la banda de 13,6 MHz como los RFID y las tarjetas inteligentes sin contacto. Se realizó un estudio y se publicaron los resultados en el Informe 208 del ECC «Impact of RFID devices on radio services in the band 13,56 MHz».

Se examinaron los servicios de radiodifusión y de radioastronomía.

Se concluyó que podía encontrarse una solución con dos máscaras de espectro diferentes para tener en cuenta las emisiones de banda estrecha de alta potencia y las emisiones de banda amplia de baja potencia. Se determinó que un nivel de emisión de $-3,5 \text{ dB}\mu\text{A/m}$ a 10 m es el máximo absoluto para los servicios indicados.

Es necesario señalar que solo se probó realmente la interferencia sobre el servicio de radiodifusión. Los otros servicios como el servicio de radioaficionados no están protegidos adecuadamente, pero debido al despliegue relativamente reducido de dispositivos, se consideró aceptable en ese momento.

Es necesario reconsiderar detalladamente estos límites para un mayor despliegue de la TIP y sus emisiones no esenciales correspondientes.

Los documentos de la CEPT de apoyo a nuevos estudios adicionales son:

Informe 69 del ERC: «*Propagation model and interference range calculation for inductive systems 10 kHz – 30 MHz*».

Informe 74 del ERC: «*Compatibility between radio frequency identification devices (RFID) and the radioastronomy service at 13 MHz*».

Informe 67 del ECC: «*Compatibility study for generic limits for the emission levels of inductive SRD's below 30 MHz*».

El enfoque inductivo de eliminar activamente las frecuencias sensibles podría utilizarse como una solución de gestión del espectro para dar cabida a los dispositivos TIP en regiones o zonas donde están activos servicios específicos, mientras que el enfoque de 13 MHz de definir un límite máximo fuera de banda combinado con una máscara de espectro restrictiva, proporciona un límite genérico fuera de banda para la protección global de los servicios de radiocomunicaciones.

8 Resumen

El presente Informe muestra las gamas de frecuencias y los posibles valores asociados para las emisiones fuera de banda que no se han acordado en el UIT-R y que precisan estudios ulteriores para comprobar que proporcionan protección a los servicios de radiocomunicaciones siguiendo los criterios del mismo canal, del canal adyacente y de banda adyacente. El Informe ofrece una visión general de la investigación y desarrollo actuales y del trabajo emprendido en algunas regiones.

Las aplicaciones candidatas para utilizar las tecnologías TIP son los dispositivos móviles y portátiles, los aparatos de uso doméstico y los vehículos eléctricos. Se están estudiando y desarrollando tecnologías de inducción magnética, resonancia magnética y acoplamiento capacitivo. Se están llevando a cabo estudios de coexistencia que han finalizado en algunos países.

Las tecnologías TIP de inducción magnética utilizan normalmente las gamas de frecuencias de 100 a 205 kHz con potencias que varían entre varios vatios y 1,5 kW. Esta gama de frecuencias también se está estudiando para aparatos de uso doméstico y equipos de oficina que incorporan tecnologías TIP.

Las tecnologías TIP de inducción magnética para vehículos eléctricos de pasajeros están en estudio en la banda de frecuencias 79-90 kHz. Para los vehículos eléctricos pesados están en estudio las bandas de frecuencias 19-21 kHz y 59-61 kHz. Las potencias típicas de los vehículos eléctricos de pasajeros son 3,3 kW, 7,7 kW, 11 kW y 22 kW. Las potencias típicas de los vehículos pesados se sitúan entre 75 y 100 kW.

Las tecnologías TIP de resonancia magnética normalmente utilizan las bandas 6 765-6 795 kHz y 13 553-13 567 kHz de los equipos ICM con potencia desde varios vatios y hasta 50 W.

Las tecnologías TIP de acoplamiento capacitivo utilizan la banda de frecuencias 425-524 kHz con potencias que pueden llegar a los 100 W.

9 Referencias

- [1] APT/AWG/REP-48 «*APT Survey Report on 'Wireless Power Transmission'*», marzo de 2014. <https://www.appt.int/AWG-REPTS>
- [2] BWF «*Guidelines for the use of Wireless Power Transmission/Technologies, Edition 2.0*» abril de 2013. <http://bwf-yrp.net/english/update/docs/guidelines.pdf>
- [3] [The ERC Recommendation 70-03](#), *Relating to the use of Short Range Devices (SRD)*
- [4] ICNIRP 1998 *Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz)*. <http://www.icnirp.de/documents/emfgdl.pdf>
- [5] ICNIRP 2010 *Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz to 100 kHz)*. <http://www.emfs.info/Related+Issues/limits/specific/icnirp2010/>.
- [6] ICNIRP (2020): *Guidelines for limiting exposure to electromagnetic fields (100 kHz to 300GHz)*.
- [7] IEEE C95.1 (2019) *IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields, 0 Hz to 300 GHz*
- [8] APT/AWG/REP-62(Rev.1) «*APT Report on «Wireless Power Transmission (WPT)»*», marzo de 2015. <https://www.appt.int/AWG-REPTS>
- [9] Norma estatal de la República Popular de China, «*Industrial, scientific and medical (ISM) radio-frequency equipment Electromagnetic disturbance characteristics Limits and methods of measurement*», GB 4824-2004.
- [10] Número 423 de la Oficina Nacional de Administración de las Radiocomunicaciones del MIIT, «*Micro Power (short) Radio Equipment Technology Requirements*».
- [11] Mazar (Madjar) H., 2016, «[Radio Spectrum Management: Policies, Regulations and Techniques](#)», John Wiley & Sons.
- [12] Informe (en japonés) «*Requisitos técnicos de los sistemas TIP para vehículos eléctricos*», Documento 22-5, 22ª reunión del Subcomité sobre entorno electromagnéticos para la utilización de las ondas radioeléctricas, Consejo de Información y Comunicación (ICC), Ministerio de Asuntos Interiores y Comunicación (MIC), Japón, http://www.soumu.go.jp/main_content/000367149.pdf, (6 de julio de 2015).

Anexo 1

Orientación sobre la evaluación de la exposición a la RF en varias organizaciones y administraciones

La siguiente información ofrece orientación sobre la exposición a la RF elaborada por diferentes organizaciones, así como información de algunas administraciones. Debe considerarse como una referencia para entender las cuestiones relativas a los peligros que afectan a los seres humanos. Se insta a los lectores a consultar la última información de la ICNIRP, el IEEE, las administraciones reguladoras y otros organismos de expertos:

El BWF WPT-WG editó las «Directrices para el uso de tecnologías de transmisión inalámbrica de potencia, Edición 2.0» [2] en abril de 2013. La versión inglesa está disponible y puede descargarse en la siguiente página web: <http://bwf-yrp.net/english/update/2013/10/guidelines-for-the-use-of-wireless-power-transmission-technologies.html>.

Presenta los aspectos siguientes sobre las metodologías de evaluación de la exposición a la RF, detallando las excepciones frente a la reglamentación y las directrices.

El documento «Consideraciones sobre las directrices de protección ante la radiación radioeléctrica» de [2] facilita directrices detalladas de conformidad con los casos de uso definidos por el BWF WPT-WG y aspectos biológicos y técnicos tales como las gamas de frecuencias que se pueden usar para la TIP. Se describen los efectos de estimulación, los efectos de calentamiento, la corriente de contacto y la corriente inducida al y en el tejido del cuerpo humano. Además, también se presentan los organigramas recomendados a la hora de seleccionar una metodología de evaluación y los métodos de medición puesto que los métodos de medición tradicionales puede que no cumplan las evaluaciones de exposición a la RF para dispositivos TIP.

Los Anexos A a G en [2] resumen la reglamentación y las directrices nacionales e internacionales relativas a la exposición a los campos electromagnéticos y a los asuntos de seguridad. Asimismo, se explica cómo leerlos y utilizarlos. En estos anexos se introducen la reglamentación japonesa, las directrices del ICNIRP y las del IEEE. Además, se presentan como referencias algunas publicaciones recientes en el ámbito de la evaluación SAR basada en simulaciones.

El documento de referencia «Informe de la encuesta de la APT sobre TIP» [1] facilita información sobre este asunto en los países miembros de la APT, complementaria a la del documento anterior.

Exposición a las ondas radioeléctricas

Cada país tiene sus propias directrices y reglamentación propias sobre exposición a las ondas radioeléctricas (en la mayoría de los casos de conformidad con ICNIRP98). La norma ICNIRP98 no incluye todavía una discusión de los dispositivos TIP, ni métodos de medición adecuados específicos de la TIP.

CUADRO A1-1

Estado de la reglamentación en materia de exposición a las ondas radioeléctricas

País	Exposición a la RF	Evaluación
Australia	<ul style="list-style-type: none"> – La ACMA es responsable de la gestión de la norma <i>Radiocommunications (Electromagnetic Radiation – Human Exposure) Standard 2003</i> (que incorpora la enmienda a la Norma 2011 (Nº 2) sobre radiocomunicaciones (radiación electromagnética – exposición del cuerpo humano) obligatoria, <ul style="list-style-type: none"> • que especifica los límites de exposición a la RF para la mayoría de los transmisores de radiocomunicaciones móviles y portátiles con antenas integradas que funcionan en la gama de frecuencias 100 kHz ~ 300 GHz. – Norma sobre protección ante la radiación para niveles máximos de exposición a los campos radioeléctricos – 3 kHz a 300 GHz (RPS3), <ul style="list-style-type: none"> • establecida por la ARPANSA (Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency). 	<p>Se precisan estos dispositivos para demostrar el cumplimiento mediante métodos de prueba tales como EN 62209-2.</p> <p>(Exposición del cuerpo humano a campos electromagnéticos provenientes de dispositivos inalámbricos de comunicaciones portátiles y montados sobre el cuerpo – Modelos del cuerpo humano, instrumentación y procedimientos – Parte 2: Procedimiento para determinar la tasa de absorción específica (SAR) para dispositivos inalámbricos de comunicaciones usados en estrecha proximidad del cuerpo humano (gama de frecuencias de 30 MHz a 6 GHz); véase AS/NZS. La ACMA obliga a cumplir los límites de exposición a la RF y al EMR fijados por la Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency (ARPANSA). La Fuente de información básica en materia de límites de exposición es la norma <i>Radiation Protection Standard for Maximum Exposure Levels to Radiofrequency Fields – 3 kHz to 300 GHz</i> (RPS3) – de la ARPANSA.</p>
Japón	<ul style="list-style-type: none"> – Directriz del BWF sobre exposición a la RF: requisitos de cumplimiento. – Directrices sobre la protección ante la radiación electromagnética y directrices del ICNIRP, <ul style="list-style-type: none"> • límite de exposición a la RF. – Las metodologías de evaluación de la exposición de las personas en los sistemas de transmisión inalámbrica de potencia (TIP) para vehículos eléctricos (79-90 kHz) y para aplicaciones móviles (400 kHz y 6,78 MHz) pueden encontrarse en los Informes parciales de la Comisión de Información y Comunicación (ICC) del MIC en enero y julio de 2015. 	<p>El BWF de Japón considera los planteamientos siguientes en la evaluación de la exposición a la RF.</p> <p>Asume casos más desfavorables concretos como cuando una parte del cuerpo humano está próximo al transmisor o está situada entre el transmisor y el receptor.</p> <p>Se pueden adoptar medidas adicionales de seguridad si no se puede asegurar la seguridad.</p> <p>Los campos magnéticos generados por los productos TIP no son uniformes y la exposición será local. Por tanto, las directrices del ICNIRP pueden ser referencias más seguras. Se proponen metodologías de evaluación por simulación tales como la dosimetría de radiación cuando participen expertos en dosimetría.</p> <p>El método de evaluación no debe ser excesivamente largo puesto que no pretende determinar un valor exacto de exposición a la RF. Debería tratarse de un método razonable que sea útil para los procedimientos de certificación y para las pruebas de aceptación.</p> <p>En 2016, se ha elaborado la reglamentación con la especificación de tres tipos de sistemas TIP en Japón.</p> <ul style="list-style-type: none"> – El nivel de campo H incidente puede exceder los niveles de referencia mientras que el campo eléctrico inducido/SAR es muy inferior a las restricciones básicas. – La utilización de un factor de acoplamiento que cumple los requerimientos flexibiliza el límite de la potencia de entrada para los sistemas TIP. – También se requiere la medición de la corriente de contacto.

CUADRO A1-1 (*fin*)

País	Exposición a la RF	Evaluación
		El Ministerio de Asuntos Interiores y Comunicación (MIC) recibió de la Comisión de Información y Comunicación (ICC), órgano consultivo del MIC, unos informes parciales sobre los «requisitos técnicos de los sistemas TIP» en enero de 2015 (para la TIP de móviles) y julio de 2015 (para la TIP de vehículos eléctricos). Los informes especifican los requisitos técnicos con el objetivo de definir nuevas reglas de la «especificación de la homologación», que exime de solicitud de autorización para la instalación de equipos individuales a las tecnologías TIP. Proporciona un estado general de la reglamentación que incluye la coexistencia, los límites de emisión y las metodologías de evaluación de la exposición humana a la RF.
República de Corea	– Las directrices del ICNIRP hacen referencia a la reglamentación actual sobre EMF.	– Prevé introducir métodos de evaluación para la TIP durante 2015.

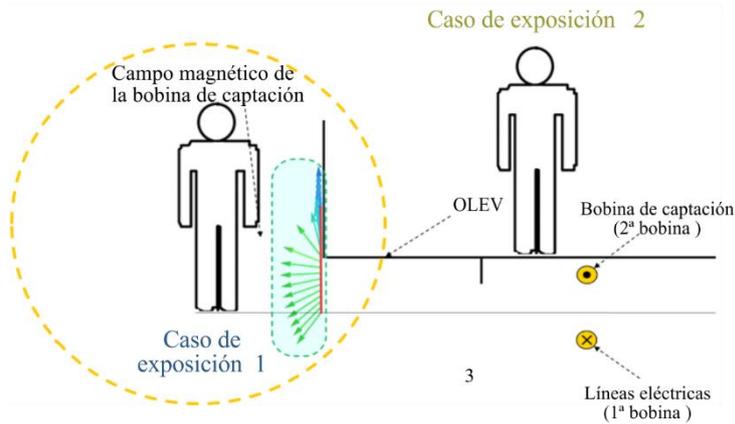
Evaluación de la exposición de las personas a los campos electromagnéticos (EMF) de los vehículos eléctricos en Corea

La República de Corea estudió en 2013 el método de evaluación de los campos magnéticos generados por los vehículos eléctricos en línea (on-line electric vehicle, OLEV) con transferencia inalámbrica de potencia que funcionan en zonas accesibles al público. Las líneas de alimentación eléctrica en la calzada (primera bobina) y 5 segmentos de bobina de captación bajo el OLEV (2ª bobina) son una fuente de campo magnético, con una frecuencia de resonancia de 20 kHz y una potencia de salida de 75 kW.

En la Fig. A1-1 se muestra el segundo caso de exposición de las personas a los campos electromagnéticos de las líneas eléctricas y de las bobinas de captación del sistema de vehículos eléctricos en línea.

FIGURA A1-1

Casos de exposición de las personas a los campos electromagnéticos en el sistema de vehículos eléctricos en línea

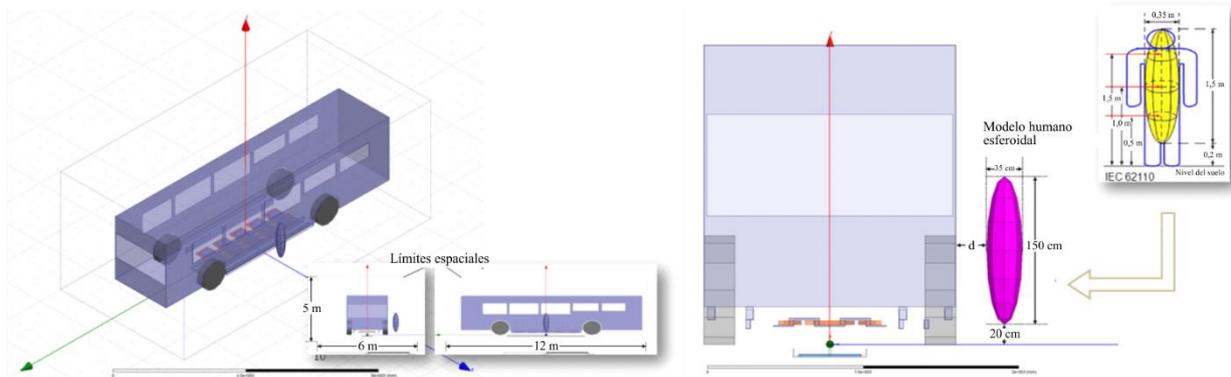


Informe SM.2303-A1-01

En el caso de exposición 1, donde el campo de exposición se considera no uniforme, similar a los sistemas de alimentación de corriente alterna (CEI 62110), la intensidad del campo en la posición considerada se calcula a tres alturas: 0,5 m, 1,0 m y 1,5 m sobre el nivel del suelo.

FIGURA A1-2

El modelo humano dentro del campo generado por el OLEV



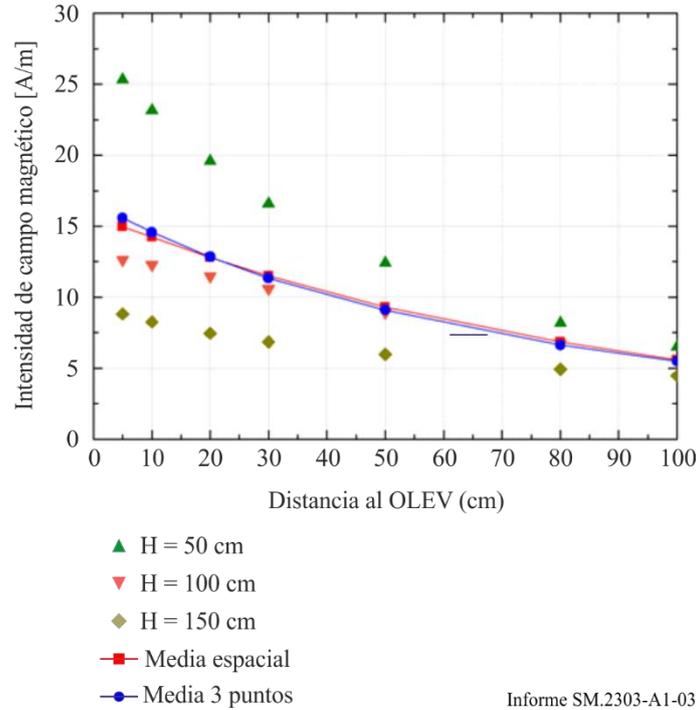
Informe SM.2303-A1-02

El nivel de exposición se calcula utilizando el modelo humano esferoidal cuyos ejes vertical y horizontal son 1,5 m y 0,35 m, situados 0,2 m por encima del nivel del suelo.

La desviación es del 4% a una distancia de 5 cm del OLEV, y -2% a una distancia de 100 cm accesible al público. La Fig. A1-3 muestra que la distribución vertical de los campos electromagnéticos es uniforme. Se puede ver que el nivel de la exposición media de los tres puntos corresponde prácticamente con el nivel medio de exposición del caso de exposición 1 del vehículo eléctrico (OLEV).

FIGURA A1-3

Distribución de los campos magnéticos calculados en función de la distancia al OLEV



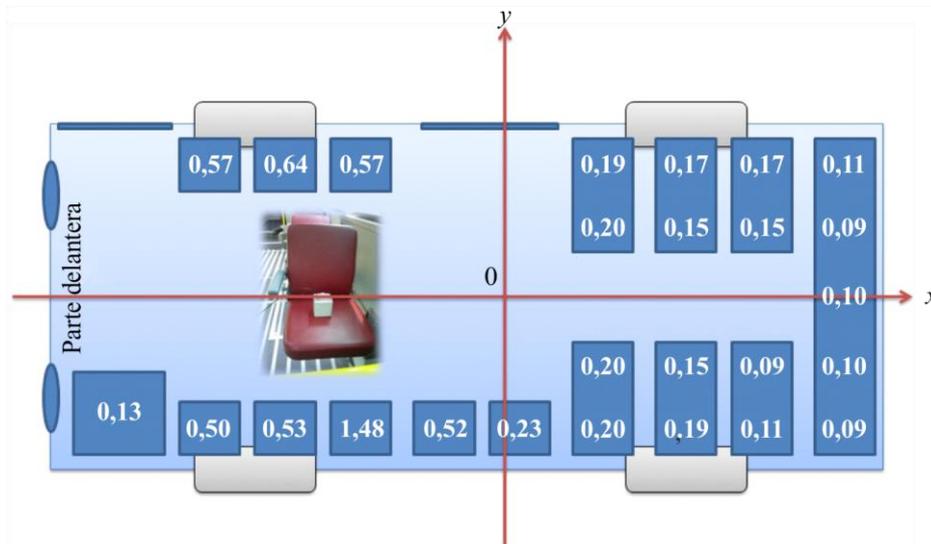
Informe SM.2303-A1-03

Teniendo en cuenta los resultados del análisis numérico, el nivel de exposición medio de los tres puntos (en las tres alturas: 0,5 m, 1,0 m y 1,5 m sobre el nivel del suelo) representa el nivel medio de exposición sobre todo el cuerpo, que se estima en 2,1 A/m, un 40% inferior al criterio técnico de exposición a la RF.

La Fig. A1-4 representa el cálculo de la intensidad del campo magnético para cada asiento dentro del OLEV, en el caso de exposición 2.

FIGURA A1-4

Distribución del campo magnético calculado según la distancia al OLEV



Informe SM.2303-A1-04

FIGURA A1-5

Distribución del campo magnético calculado según la distancia al OLEV

Datos simulados (S.D.: 72 cm)			Datos medidos (S.D.: 60 cm)		
Puntos de medida	Medidas	Valores escogidos	Puntos de medidas	Medidas (A/m)	Valores escogidos
P1	1,07		P1	3,82	×
P2	1,93		P2	3,41	×
P3	3,96	×	P3	1,96	×
P4	2,12	×	P4	0,90	
P5	3,99	×	P5	1,08	

Informe SM.2303-A1-05

Teniendo en cuenta los resultados del análisis numérico con un método de valor medio de 5 puntos, el resultado es 3,36 A/m, pero la medida en las mismas condiciones es de 3,06 A/m. En cambio, cuando se utiliza un método de valor medio de 3 puntos, los datos simulados son 0,53 A/m y los datos medidos 0,57 A/m. Al considerar condiciones complejas de exposición como la arquitectura interna de apantallamiento, la diferencia de altura y las posiciones, el método de valor medio de 5 puntos es mejor que el método de tres puntos para medir el caso más desfavorable de exposición a la RF.

Anexo 2

Ejemplo de implementación de la banda ICM 6 765-6 795 kHz para la carga de dispositivos móviles

En este Anexo se muestra un ejemplo de implementación de la banda ICM 6 765-6 795 kHz para la carga inalámbrica de dispositivos móviles. Se ha elaborado una tecnología inalámbrica de transmisión de potencia, basada en los principios de la resonancia magnética, que utiliza la banda ICM 6 765-6 795 kHz para la carga inalámbrica de dispositivos móviles. Esta tecnología aporta algunas ventajas únicas en el ámbito de la carga inalámbrica.



DISTANCIA DE CARGA SUPERFICIAL

La carga sobre una superficie permite depositar simplemente el dispositivo sobre la mayoría de las superficies y materiales que se encuentran habitualmente en las casas, la oficina o en entornos comerciales.



RECARGA DE MÚLTIPLES DISPOSITIVOS

Capacidad para cargar al mismo tiempo múltiples dispositivos con necesidades de potencia diferentes, tales como teléfonos inteligentes, tabletas y auriculares Bluetooth®.



DISPUESTOS PARA EL MUNDO REAL

Las superficies de carga funcionarán en presencia de objetos metálicos tales como llaves, monedas y utensilios, lo que le convierte en la mejor elección para casa, la oficina, la automoción, la venta al por menor y para aplicaciones en restaurantes y hoteles.



COMUNICACIÓN CON BLUETOOTH

Utiliza la tecnología Bluetooth inteligente existente, reduciendo los requisitos de fabricación y facilitando futuras zonas de carga inteligentes.

Especificación técnica

El objeto de la especificación es ofrecer al usuario una experiencia conveniente, segura y excepcional en situaciones de carga reales, definiendo a su vez los fundamentos técnicos para que los fabricantes diseñen productos compatibles. La tecnología ofrece una especificación de interfaces para el transmisor inalámbrico de potencia y su receptor, el acoplamiento mutuo y la inductancia mutua, dejando abiertas la mayoría de las opciones a los fabricantes.

Para emparejar la potencia inalámbrica con las condiciones reales, la libertad espacial permite una mayor variabilidad del coeficiente de acoplamiento, el tamaño del dispositivo, las condiciones de carga y la separación entre el transmisor de potencia y el receptor, lo que ofrece a los diseñadores de productos inalámbricos de potencia una mayor libertad en la confección de sistemas de carga y redonda en una privilegiada experiencia del consumidor.

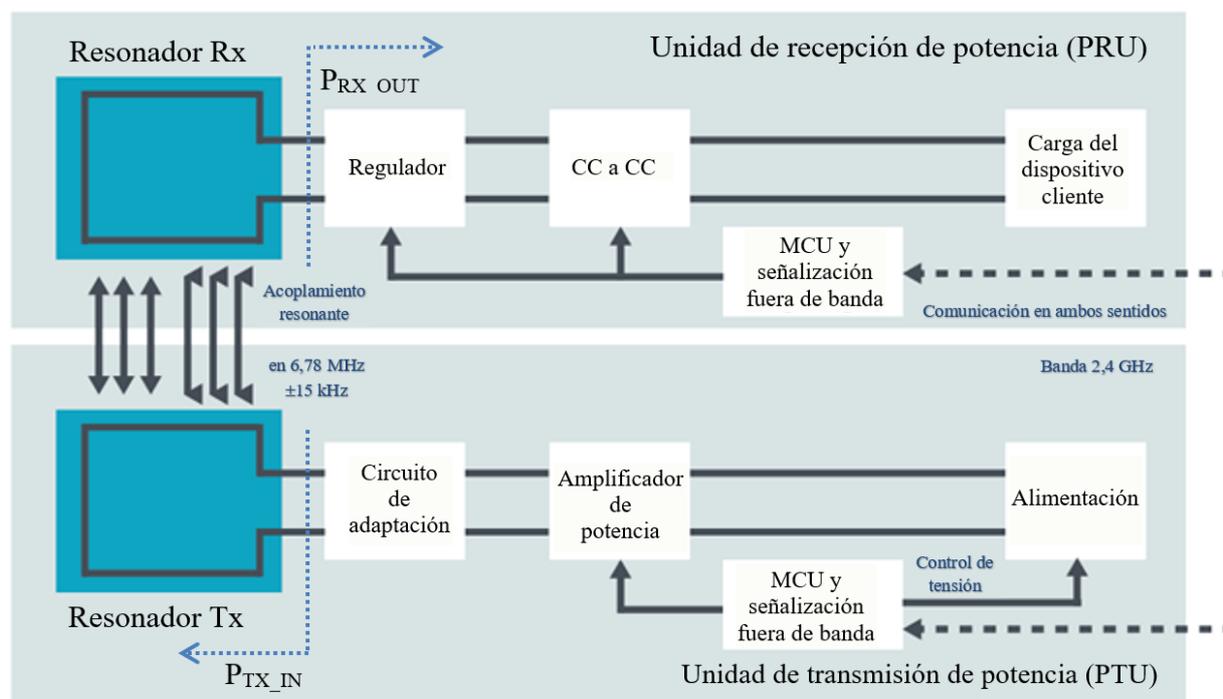
Los productos electrónicos que incluyan esta tecnología deben considerar diversos factores:

- disipación y distribución de la potencia;
- integración del dispositivo resonante;
- miniaturización;
- integración del enlace de comunicaciones con la radio incorporada.

Los diseñadores pueden especificar y fundamentar sus propias implementaciones para las radios fuera de banda, los amplificadores de potencia, los convertidores CC-CC, los rectificadores, los microprocesadores – discretos o integrados – necesarios y montarlos como precisen.

Siempre que los componentes sean conformes con una especificación, podrán utilizar cualquier topología. La especificación fija únicamente las interfaces y el modelo de resonador del transmisor que debe utilizar el sistema.

La Figura siguiente ilustra la configuración básica de un sistema de transmisión inalámbrica de potencia entre la unidad de transmisión de potencia (PTU) y una unidad de recepción de potencia (PRU). La PTU se puede ampliar para que dé servicio a múltiples PRU independientes. La PTU comprende tres unidades funcionales principales que son el resonador y unidad de adaptación, una unidad de conversión de potencia y una unidad de señalización y control (MCU). La PRU también comprende tres unidades funcionales como la PTU.



Como se muestra en la Figura anterior, el resonador de transmisión (Resonador Tx) utiliza 6 780 kHz (± 15 kHz) para transmitir energía desde la PTU a la PRU. Se utiliza Bluetooth Smart™ en la banda de 2,4 GHz para las comunicaciones en ambos sentidos en un canal diferente de las frecuencias que se utilizan para transmitir potencia, lo que facilita un medio de comunicación fiable entre los receptores inalámbricos de potencia y las superficies de carga.

La especificación incluye muchas categorías de PRU y clases de PTU en función de la potencia entregada en la banda 6 780 kHz, varían entre una unidad de carga de baja potencia para dispositivos pequeños que puede necesitar sólo unos pocos vatios y para dispositivos mayores que requieren muchos vatios. En el Cuadro siguiente se muestran las clases de PTU y las categorías de PRU basadas en un Proyecto de especificación de un sistema básico. Se están elaborando nuevas categoría y clasificaciones.

Categorías de unidad de recepción de potencia (PRU)

PRU	P _{RX_OUT_MAX} '	Ejemplos de aplicaciones
Categoría 1	Sin definir	Auriculares Bluetooth
Categoría 2	3,5 W	Teléfono común
Categoría 3	6,5 W	Teléfono inteligente
Categoría 4	13 W	Tableta, tabléfono
Categoría 5	25 W	Ordenador portátil pequeño
Categoría 6	37,5 W	Ordenador portátil ordinario
Categoría 7	50 W	Ordenador portátil de altas prestaciones

P_{RX_OUT_MAX}' es el valor máximo de P_{RX_OUT} (potencia de salida del resonador Rx).

Clases de unidad de transmisión de potencia (PTU)

	$P_{TX_IN_MAX}$	Requisitos mínimos por categoría	Valor mínimo para el mayor número de dispositivos soportados
Clase 1	2 W	1 × Categoría 1	1 × Categoría 1
Clase 2	10 W	1 × Categoría 3	2 × Categoría 2
Clase 3	16 W	1 × Categoría 4	2 × Categoría 3
Clase 4	33 W	1 × Categoría 5	3 × Categoría 3
Clase 5	50 W	1 × Categoría 6	4 × Categoría 3
Clase 6	70 W	1 × Categoría 7	5 × Categoría 3

$P_{TX_IN_MAX}$ es el valor máximo de P_{TX_IN} (potencia de entrada al resonador Tx).

Las operaciones en Bluetooth se transmitirán entre -6 dBm y $+8,5$ dBm medidos en el conector de la antena.

La especificación para las PTU y las PRU permite construir productos que cumplen los requisitos legales para el país en los que se venden. Por ejemplo, en los Estados Unidos de América, el funcionamiento en 6 785 kHz será conforme con los requisitos de la norma FCC Parte 18 y el funcionamiento en ambos sentidos en 2,4 GHz cumplirá los requisitos de la norma FCC Parte 15.

Anexo 3

Datos de las mediciones del ruido radiado y del ruido conducido en sistemas TIP

1 Introducción

El presente Anexo 3 proporciona datos medidos en Japón del ruido radiado y del ruido conducido proveniente de los sistemas TIP que se están considerando en la nueva legislación en Japón. Los sistemas se enumeran a continuación.

- 1) sistemas TIP para la carga de vehículos eléctricos (EV) de pasajeros;
- 2) sistemas TIP para dispositivos móviles y portátiles que utilizan tecnologías de resonancia magnética;
- 3) sistemas TIP para aparatos de uso doméstico y equipos de oficina que utilizan tecnologías de inducción magnética; y
- 4) sistemas TIP para dispositivos móviles y portátiles que utilizan tecnologías de acoplamiento capacitivo.

2 Modelos de medición y métodos de medición

En el WPT-WG del Subcomité sobre el entorno radioeléctrico para el uso de las ondas radioeléctricas del Ministerio de Interior y Comunicaciones (MIC) se trataron y definieron los modelos de medición y métodos de medición para el ruido radiado y el ruido conducido proveniente de sistemas TIP. Se llevaron a cabo las mediciones siguientes:

- 1) Ruido radiado en la gama de frecuencias de 9 kHz a 30 MHz:
Se mide la intensidad del campo magnético mediante antenas de espira. La intensidad del campo eléctrico se obtiene mediante translación simple de la impedancia característica de onda plana, 377 ohmios.
- 2) Ruido radiado en la gama de frecuencias de 30 MHz a 1 GHz:
La intensidad del campo eléctrico se mide mediante antenas bicónicas o mediante conjuntos de dipolos logarítmico periódicos. En el caso de aplicaciones para dispositivos portátiles, la gama de frecuencias se amplía hasta los 6 GHz.
- 3) Ruido conducido en la gama de frecuencias de 9 kHz a 30 MHz:
Se mide el ruido conducido radiado por las líneas de alimentación. En estas mediciones se conecta el equipo bajo prueba (EUT, Equipment under Test) a la red ficticia (AMN, Artificial Mains Network).

2.1 Sistemas TIP para la carga de vehículos eléctricos

Las Figs. A3-1 y A3-2 describen los métodos de medición del ruido radiado generado por sistemas TIP durante la carga de vehículos eléctricos (EV). La Fig. A3-1 muestra la gama de frecuencias de 9 kHz a 30 MHz y la Fig. A3-2 la gama de frecuencias de 30 MHz a 1 GHz. La Fig. A3-3 muestra un esquema del EUT y de su disposición para mediciones del ruido radiado. En este método de medición se aplica la norma CISPR 16-2-3 «Mediciones de perturbaciones radiadas». La Fig. A3-4 describe una simulación de la carrocería del automóvil que se utiliza para las mediciones. Este modelo de simulación del automóvil se propuso en la norma CEI TC 69/PT 61980, que es la norma internacional relativa a los sistemas TIP para carga de vehículos eléctricos. La Fig. A3-5 muestra un esquema del EUT y de su disposición para mediciones del ruido conducido. En estas mediciones se define la potencia de transmisión como el valor de la potencia medido a la entrada del puerto del equipo de alimentación de potencia radioeléctrica o de la bobina primaria.

FIGURA A3-1

Modelos de medición de sistemas TIP para la carga de vehículos eléctricos, en la gama de frecuencias de 9 kHz a 30 MHz

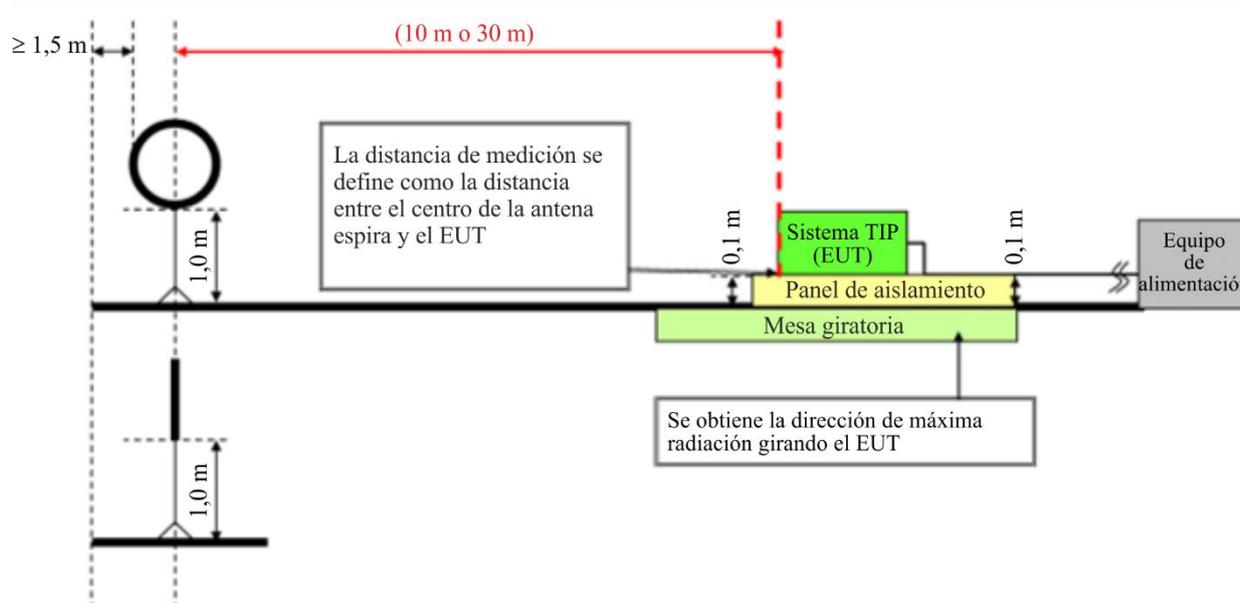
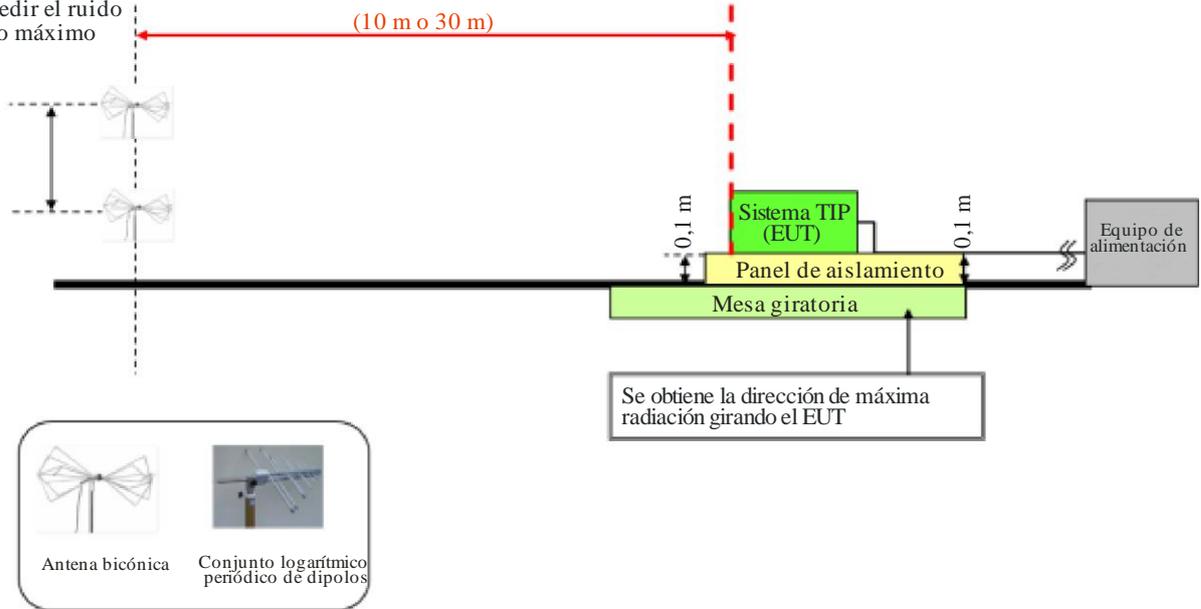


FIGURA A3-2

Modelos de medición de sistemas TIP para la carga de vehículos eléctricos, en la gama de frecuencias de 30 MHz a 1 GHz

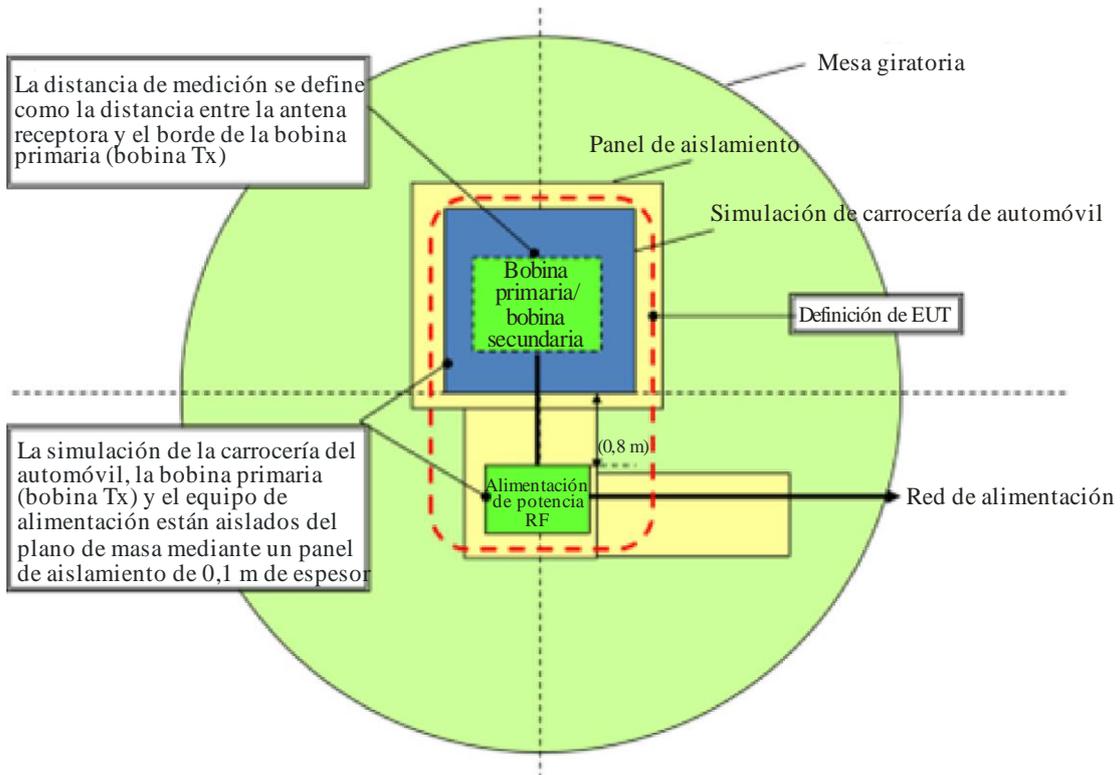
La altura de las antenas receptoras se ajusta para medir el ruido radiado máximo



Informe SM.2303-A3-02

FIGURA A3-3

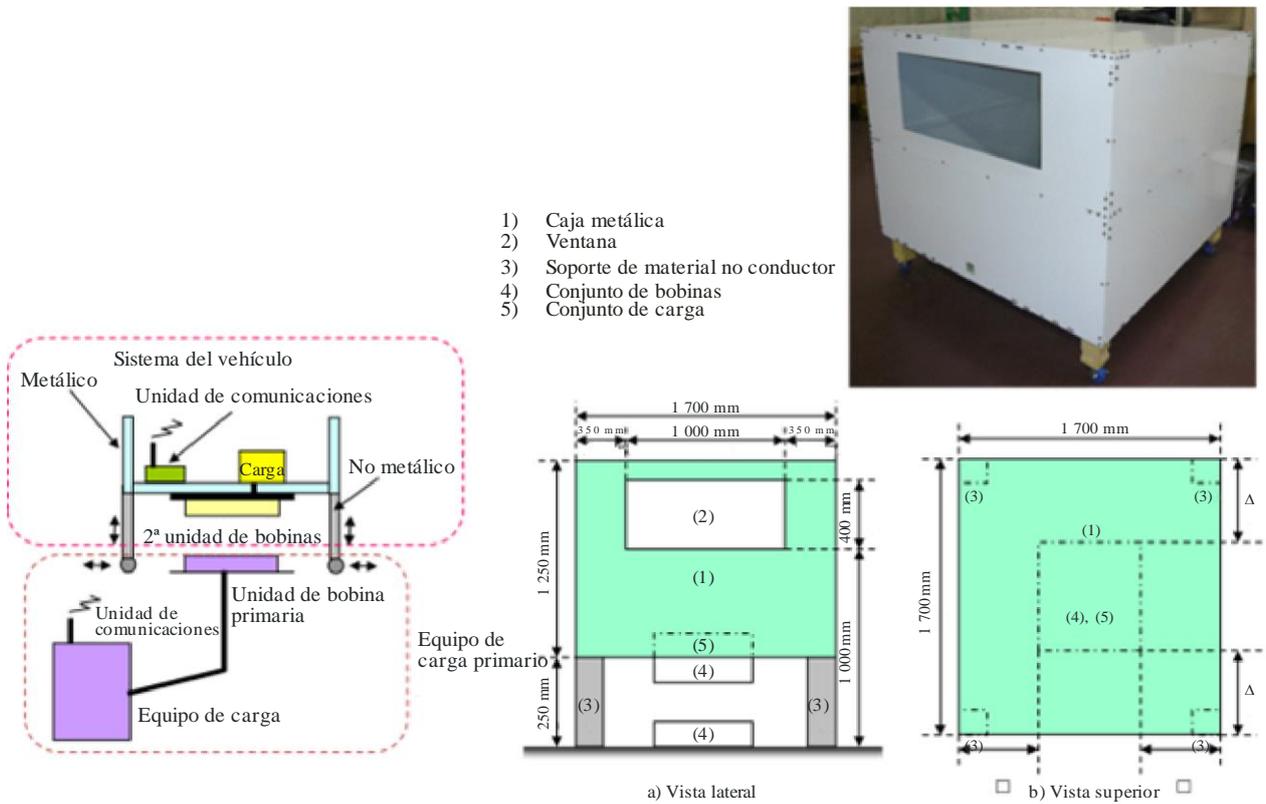
Esquema del EUT y de su disposición para mediciones de ruido radiado



Informe SM.2303-A3-02

FIGURA A3-4

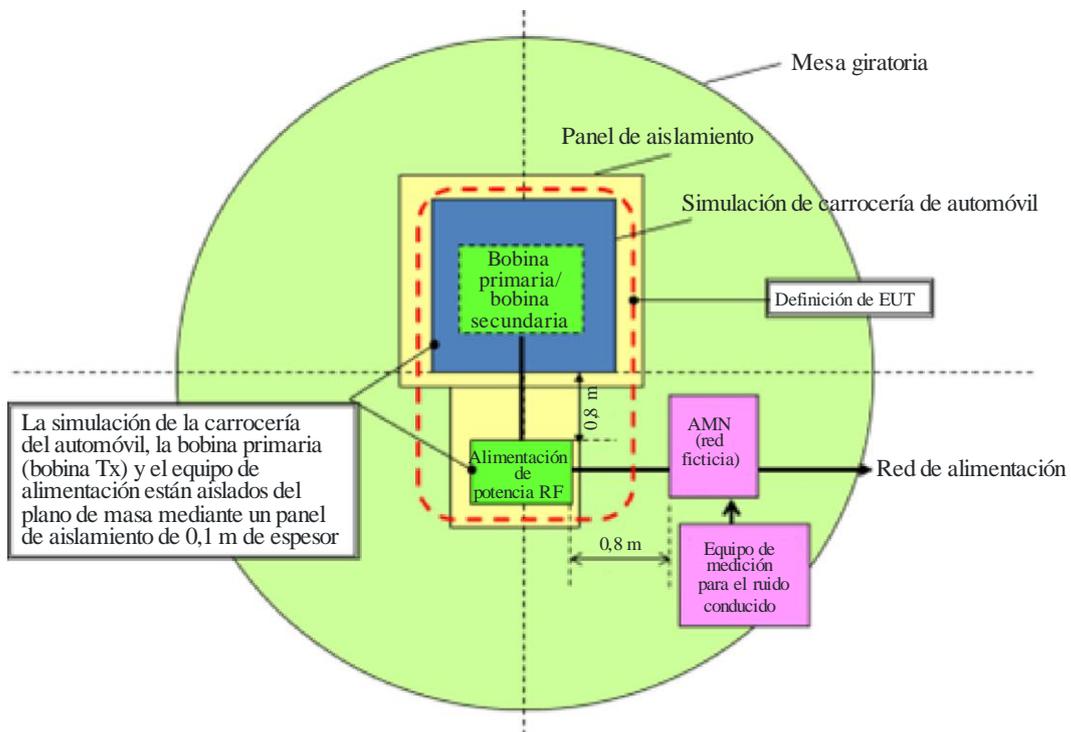
Configuración de una simulación de carrocería de automóvil



Informe SM.2303-A3-04

FIGURA A3-5

Vista superior de la EUT y de su disposición para mediciones de ruido conducido



Informe SM.2303-A3-05

2.2 Dispositivos móviles, dispositivos portátiles y aparatos de uso doméstico

Las Figs. A3-6 y A3-7 describen los métodos de medición del ruido radiado generado por sistemas TIP para dispositivos móviles y portátiles y para aparatos de uso doméstico. La Fig. A3-6 muestra la gama de frecuencias de 9 kHz a 30 MHz y la Fig. A3-7 la gama de frecuencias de 30 MHz a 6 GHz. Cabe destacar que la gama de frecuencias se amplía hasta 6 GHz sólo en el caso de dispositivos móviles y portátiles. Para los aparatos de uso doméstico el límite superior de la gama de frecuencias de medición es de 1 GHz. Esto se debe a que para aplicaciones domésticas se utiliza el método de la norma CISPR 14-1 mientras que para dispositivos móviles y portátiles se aplica la norma CISPR 22. La Fig. A3-8 describe los métodos de medición del ruido conducido. Se han considerado dos métodos.

FIGURA A3-6

Métodos de medición del ruido radiado por sistemas TIP para dispositivos móviles y portátiles y aparatos de uso doméstico en la gama de frecuencias de 9 kHz a 30 MHz

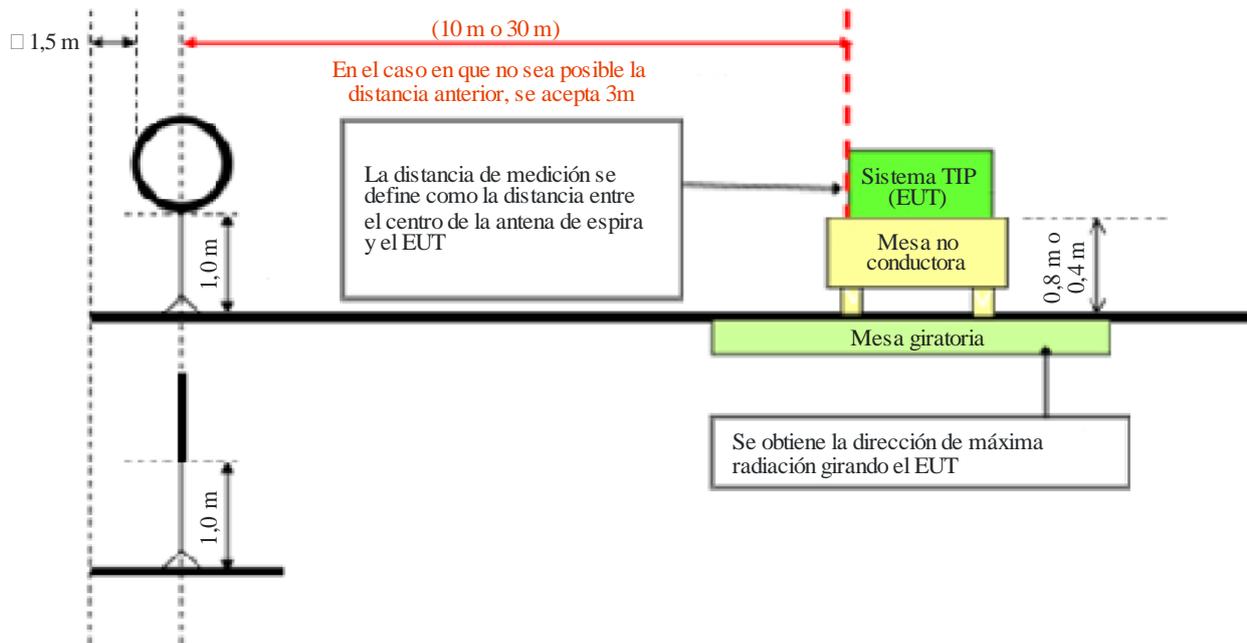
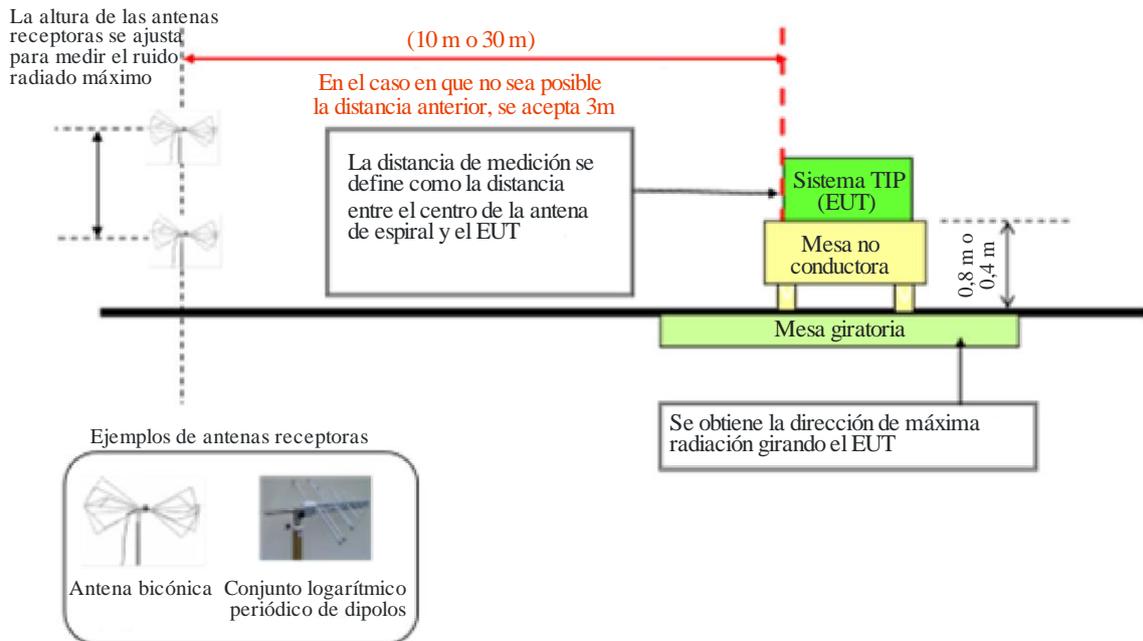


FIGURA A3-7

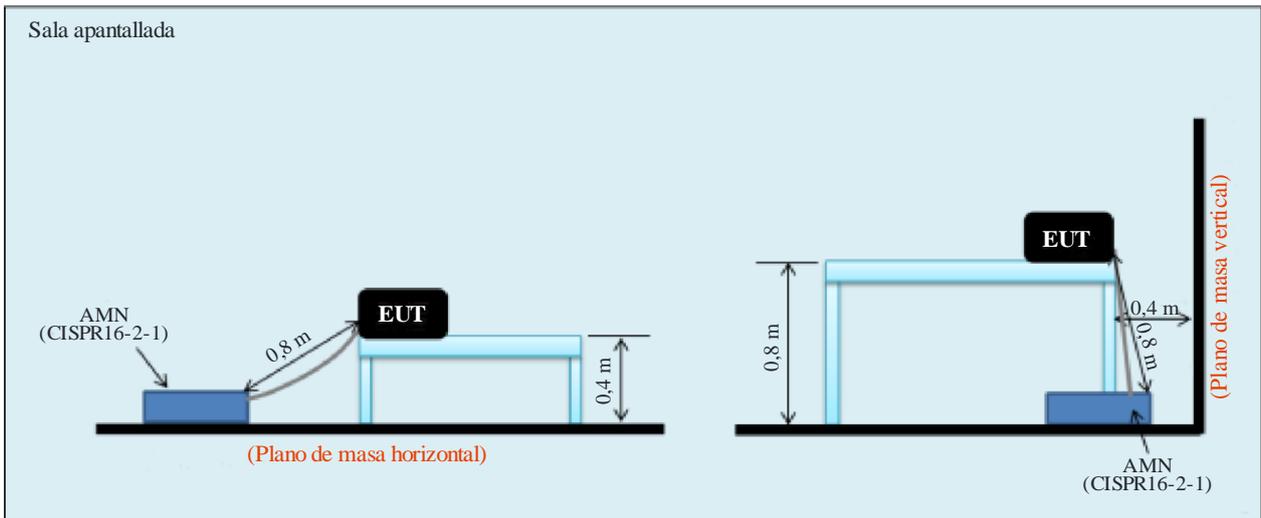
Métodos de medición del ruido radiado por sistemas TIP para dispositivos móviles y portátiles y aparatos de uso doméstico en la gama de frecuencias de 30 MHz to 6 GHz



Informe SM.2303-A3-07

FIGURA A3-8

Métodos de medición para mediciones del ruido conducido



Informe SM.2303-A3-07

3 Límite previsto de emisiones radiadas fijado por el BWF

En el WPT-WG del MIC se está debatiendo el límite de las emisiones radiadas para una nueva legislación en Japón. Sin embargo, el Foro sobre banda ancha inalámbrica (BMF) de Japón ya ha fijado un límite previsto de emisiones radiadas con valores preliminares con el fin de debatir las condiciones de coexistencia con otros sistemas inalámbricos. Los puntos de vista fundamentales para estos límites son los siguientes:

- 1) Los límites previstos de emisiones radiadas se fijan únicamente en la gama de frecuencias 9 kHz a 30 MHz. Se describen aquí los límites de intensidad del campo eléctrico y de intensidad del campo magnético.
- 2) Se consideran en primer lugar los límites previstos para el ruido radiado por la intensidad del campo eléctrico, ya que el BWF hace referencia a la reglamentación de radiocomunicaciones japonesa actual en la que los límites de ruido radiado están determinados básicamente por la intensidad del campo eléctrico. La intensidad del campo magnético se calcula a partir de la intensidad del campo eléctrico utilizando la impedancia característica de la onda plana, a saber, 377 ohmios.
- 3) El BWF no fija límites previstos para el ruido radiado por encima de 30 MHz ni para el ruido conducido.

A continuación, se describen los límites previstos de emisiones radiadas para cada sistema TIP. Cabe destacar que estos valores son preliminares y que se están debatiendo.

3.1 Límite para los sistemas TIP de carga de EV

El límite provisional previsto de ruido radiado para la gama de frecuencias de las TIP se propuso como regla internacional a partir de la norma FCC Parte 18 Subparte C y de los resultados de mediciones de sistemas TIP en funcionamiento. Para otras gamas de frecuencias se propuso un límite provisional previsto basándose en la reglamentación de radiocomunicaciones de Japón de aplicación para el equipamiento de cocinas por inducción por tratarse de una aplicación de la inducción magnética muy utilizada.

- 1) Límite provisional previsto para el ruido del campo eléctrico radiado
 - a) Gama de frecuencias de la TIP (gama de frecuencias utilizada para la transmisión de potencia)
 - 3 kW – Potencia Tx: 36,7 mV/m a 30 m (91,3 dB μ V/m a 30 m)
 - 7,7 kW – Potencia Tx: 58,9 mV/m a 30 m (95,4 dB μ V/m a 30 m)
 - b) Gama de frecuencias 526,5-1 606,5 kHz
 - 30 μ V/m a 30 m (29,5 dB μ V/m a 30 m)
 - c) Gama de frecuencias supuesta para la gama de frecuencias anterior
 - 200 μ V/m a 30 m (46,0 dB μ V/m a 30 m)
- 2) Límite provisional previsto para el ruido del campo magnético radiado
 - a) Gama de frecuencias de la TIP (gama de frecuencias utilizada para la transmisión de potencia)
 - 3 kW – Potencia Tx: 97,5 μ A/m a 30 m (39,8 dB μ A/m a 30 m)
 - 7,7 kW – Potencia Tx: 156 μ A/m a 30 m (43,9 dB μ A/m a 30 m)
 - b) Gama de frecuencias 526,5-1606,5 kHz
 - 0,0796 μ A/m a 30 m (-22,0 dB μ A/m a 30 m)
 - c) Gama de frecuencias supuesta para la gama de frecuencias anterior
 - 0,531 μ A/m a 30 m (-5,51 dB μ A/m a 30 m)

3.2 Límite para los dispositivos móviles y portátiles que utilizan tecnologías de resonancia magnética

El límite provisional previsto de ruido radiado para la gama de frecuencias de las TIP se propuso a partir de los resultados de mediciones de sistemas TIP en funcionamiento. Para las otras gamas de frecuencias se propuso un límite provisional previsto basándose en la reglamentación de radiocomunicaciones de Japón de aplicación para el equipamiento de cocinas por inducción por tratarse de una aplicación de la inducción magnética muy utilizada.

- 1) Límite provisional previsto para el ruido del campo eléctrico radiado
 - a) Gama de frecuencias de la TIP (gama de frecuencias utilizada para la transmisión de potencia)
100 mV/m a 30 m (100 dB μ V/m a 30 m)
 - b) Gama de frecuencias 526,5-1 606,5 kHz
30 μ V/m a 30 m (29,5 dB μ V/m a 30 m)
 - c) Gama de frecuencias supuesta para la gama de frecuencias anterior
100 μ V/m a 30 m (40,0 dB μ V/m a 30 m)
- 2) Límite provisional previsto para el ruido del campo magnético radiado
 - a) Gama de frecuencias de la TIP (gama de frecuencias utilizada para la transmisión de potencia)
265,3 μ A/m a 30 m (48,5 dB μ A/m a 30 m)
 - b) Gama de frecuencias 526,5-1 606,5 kHz
0,0796 μ A/m a 30 m (-22,0 dB μ A/m a 30 m)
 - c) Gama de frecuencias supuesta para la gama de frecuencias anterior
0,265 μ A/m a 30 m (-11,5 dB μ A/m a 30 m)

3.3 Límite para los aparatos de uso doméstico que utilizan tecnologías de inducción magnética

El límite provisional previsto de ruido radiado para la gama de frecuencias de las TIP se propuso a partir de los resultados de mediciones de sistemas TIP desarrollados. Para las otras gamas de frecuencias se propuso un límite provisional previsto basándose en la reglamentación de radiocomunicaciones de Japón de aplicación para el equipamiento de cocinas por inducción por tratarse de una aplicación de la inducción magnética muy utilizada.

- 1) Límite provisional previsto para el ruido del campo eléctrico radiado
 - a) Gama de frecuencias de la TIP (gama de frecuencias utilizada para la transmisión de potencia)
1 mV/m a 30 m (60 dB μ V/m a 30 m)
 - b) Gama de frecuencias 526,5-1 606,5 kHz
30 μ V/m a 30 m (29,5 dB μ V/m a 30 m)
 - c) Gama de frecuencias supuesta para la gama de frecuencias anterior
173 μ V/m a 30 m (44,8 dB μ V/m a 30 m)
- 2) Límite provisional previsto para el ruido del campo magnético radiado
 - a) Gama de frecuencias de la TIP (gama de frecuencias utilizada para la transmisión de potencia)
2,66 μ A/m a 30 m (8,5 dB μ A/m a 30 m)

- b) Gama de frecuencias 526,5-1 606,5 kHz
0,0796 $\mu\text{A}/\text{m}$ a 30 m ($-22,0$ dB $\mu\text{A}/\text{m}$ a 30 m)
- c) Gama de frecuencias supuesta para la gama de frecuencias anterior
0,459 $\mu\text{A}/\text{m}$ a 30 m ($-6,7$ dB $\mu\text{A}/\text{m}$ a 30 m)

3.4 Límite para los dispositivos móviles y portátiles que utilizan tecnologías de acoplamiento capacitivo

El límite provisional previsto de ruido radiado para la gama de frecuencias de las TIP se propuso a partir de los resultados de mediciones de sistemas TIP desarrollados. Para las otras gamas de frecuencias se propuso un límite provisional previsto basándose en la reglamentación de radiocomunicaciones de Japón de aplicación para el equipamiento de cocinas por inducción por tratarse de una aplicación de la inducción magnética muy utilizada.

- 1) Límite provisional previsto para el ruido del campo eléctrico radiado
 - a) Gama de frecuencias de la TIP (gama de frecuencias utilizada para la transmisión de potencia)
100 $\mu\text{V}/\text{m}$ a 30 m (40 dB $\mu\text{V}/\text{m}$ a 30 m)
 - b) Gama de frecuencias 526,5-1 606,5 kHz
30 $\mu\text{V}/\text{m}$ a 30 m (29,5 dB $\mu\text{V}/\text{m}$ a 30 m)
 - c) Gama de frecuencias supuesta para la gama de frecuencias anterior
100 $\mu\text{V}/\text{m}$ a 30 m (40 dB $\mu\text{V}/\text{m}$ a 30 m)
- 2) Límite provisional previsto para el ruido del campo magnético radiado
 - a) Gama de frecuencias de la TIP (gama de frecuencias utilizada para la transmisión de potencia)
0,265 $\mu\text{A}/\text{m}$ a 30 m ($-11,5$ dB $\mu\text{A}/\text{m}$ a 30 m)
 - b) Gama de frecuencias 526,5-1606,5 kHz
0,0796 $\mu\text{A}/\text{m}$ a 30 m ($-22,0$ dB $\mu\text{A}/\text{m}$ a 30 m)
 - c) Gama de frecuencias supuesta para la gama de frecuencias anterior
0,265 $\mu\text{A}/\text{m}$ a 30 m ($-11,5$ dB $\mu\text{A}/\text{m}$ a 30 m)

4 Resultados de las mediciones del ruido radiado y del ruido conducido

A continuación, se describen los resultados de mediciones del ruido radiado, del ruido conducido y mediciones conexas para cada sistema TIP. Los sistemas TIP medidos en este caso son para pruebas y están en desarrollo.

4.1 Sistema TIP para la carga de vehículos eléctricos

1) Visión general del equipo de pruebas

Como se muestra en el Cuadro A3-1 para esta medición se prepararon dos equipos de pruebas. En el equipo de pruebas A la frecuencia de la TIP es de 120 kHz y se utilizan bobinas circulares planas para transmisión y para recepción. En el equipo de pruebas B, la frecuencia es de 85 kHz y se utilizan bobinas de tipo solenoidal para transmisión y para recepción. El equipo de pruebas B incluye asimismo dispositivos para suprimir los armónicos de orden superior de la frecuencia TIP. En las Figs. A3-9 y A3-10 se muestran fotografías de los equipos.

CUADRO A3-1

Visión general del equipo de pruebas para carga de EV

Sistema TIP	Carga de vehículos eléctricos (EV)
Tecnología TIP	Resonancia magnética
Frecuencia TIP	Equipo de prueba A: 120 kHz Equipo de prueba B: 85 kHz
Condiciones para la TIP	Transferencia de potencia: 3 kW Distancia de transferencia de potencia: 150 mm

FIGURA A3-9

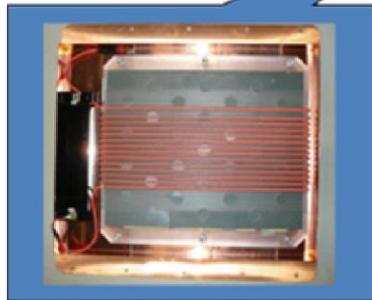
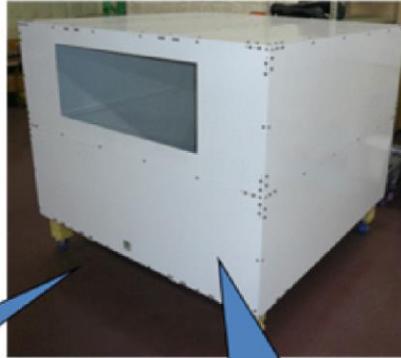
Equipo de prueba A



FIGURA A3-10

Equipo de prueba B

Simulación de carrocería de automóvil



Bobina Tx (tipo solenoide)



Circuito rectificador y de adaptación

Informe SM.2303-A3-10

2) Ruido radiado

Se ha medido el ruido radiado en cada uno de los equipos de prueba en una cámara apantallada. La distancia de medición fue de 10 m. La intensidad de campo a 30 m se obtiene mediante la siguiente regla de traslación que figura en la reglamentación de Japón.

[Factor de atenuación debido a la diferencia en la distancia de medición de 10 a 30 m]

Frecuencias inferiores a 526,5 kHz: $1/27$

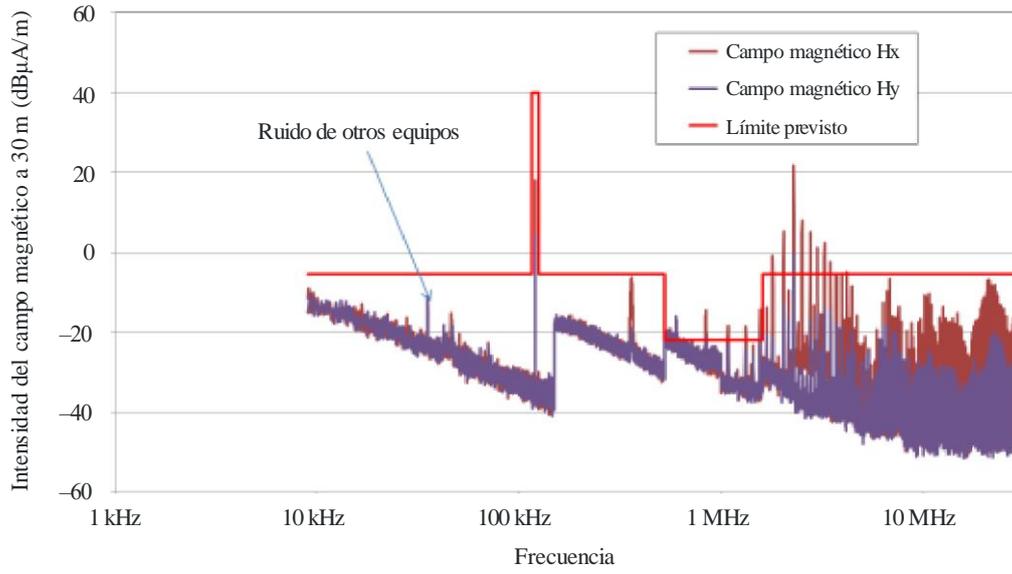
Entre 526,5 y 1 606,5 kHz: $1/10$

Por encima de 1 606,5 kHz hasta 30 MHz: $1/6$

Las Figs. A3-11 y A3-12 muestran los resultados de las mediciones en la gama de frecuencias de 9 kHz a 30 MHz. La Fig. A3-13 describe los resultados de las mediciones de los armónicos de cada equipo de pruebas. Los resultados de estas mediciones muestran que el equipo de pruebas B cumple el límite provisional previsto para el ruido radiado. El equipo de pruebas A cumple el límite provisional previsto para la frecuencia TIP, pero no lo hace para otras gamas de frecuencias. No obstante, se estima que, incluyendo dispositivos adecuados para suprimir el ruido de alta frecuencia, se logrará cumplir el límite provisional previsto.

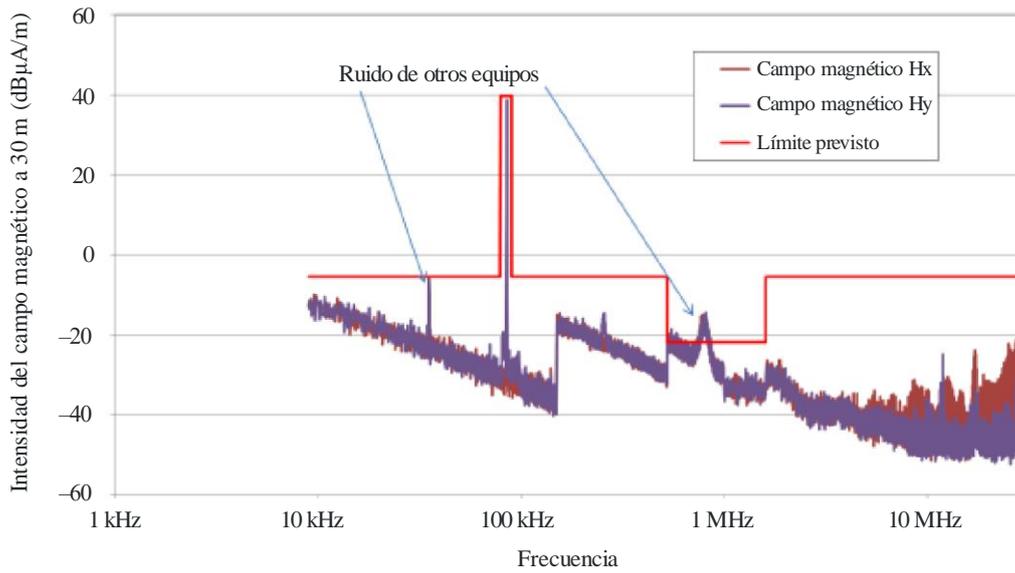
En las Figs. A3-14 y A3-15 se muestran los resultados en la gama de frecuencias de 30 MHz a 1 GHz.

FIGURA A3-11
Ruido radiado del equipo de pruebas A
(9 kHz – 30 MHz, valor de cresta)



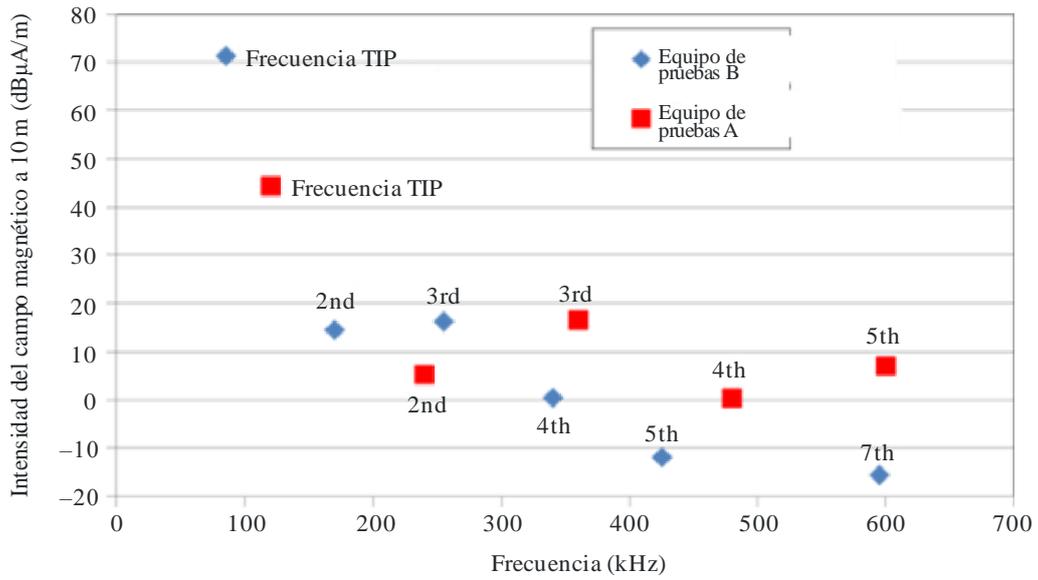
Informe SM.2303-A3-11

FIGURA A3-12
Ruido radiado del equipo de pruebas B
(9 kHz – 30 MHz, valor de cresta)



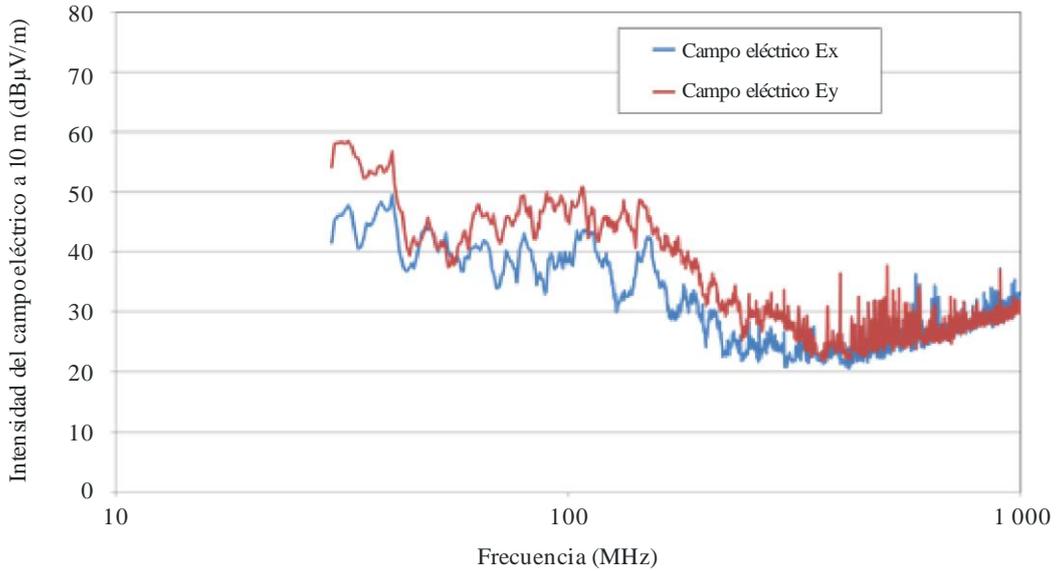
Informe SM.2303-A3-12

FIGURA A3-13
Resultados de las mediciones de los armónicos de orden superior
(Valor de cuasi cresta)



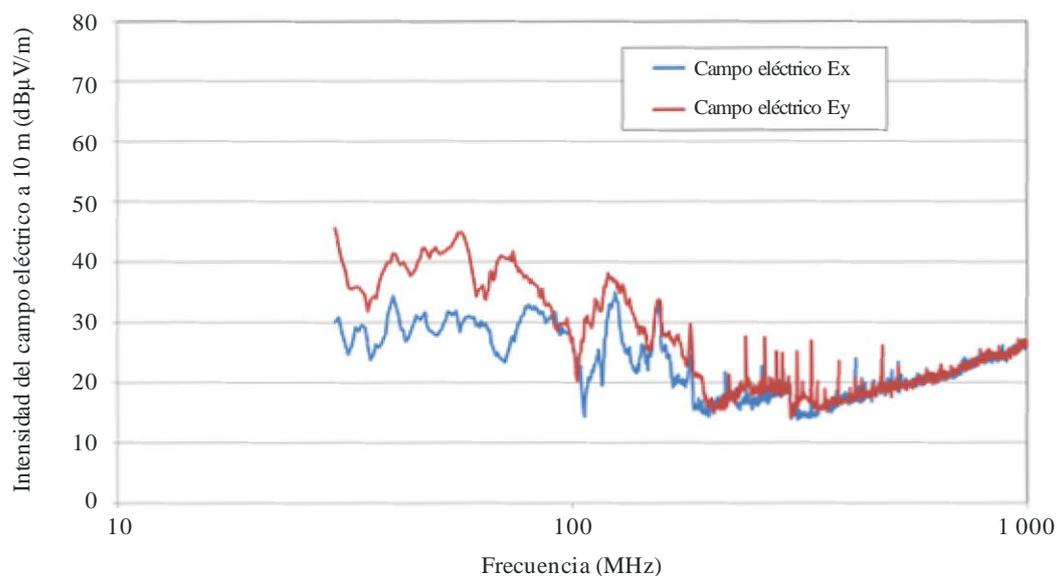
Informe SM.2303-A3-13

FIGURA A3-14
Ruido radiado del equipo de pruebas A
(30 MHz – 1 GHz, valor de cresta)



Informe SM.2303-A3-14

FIGURA A3-15

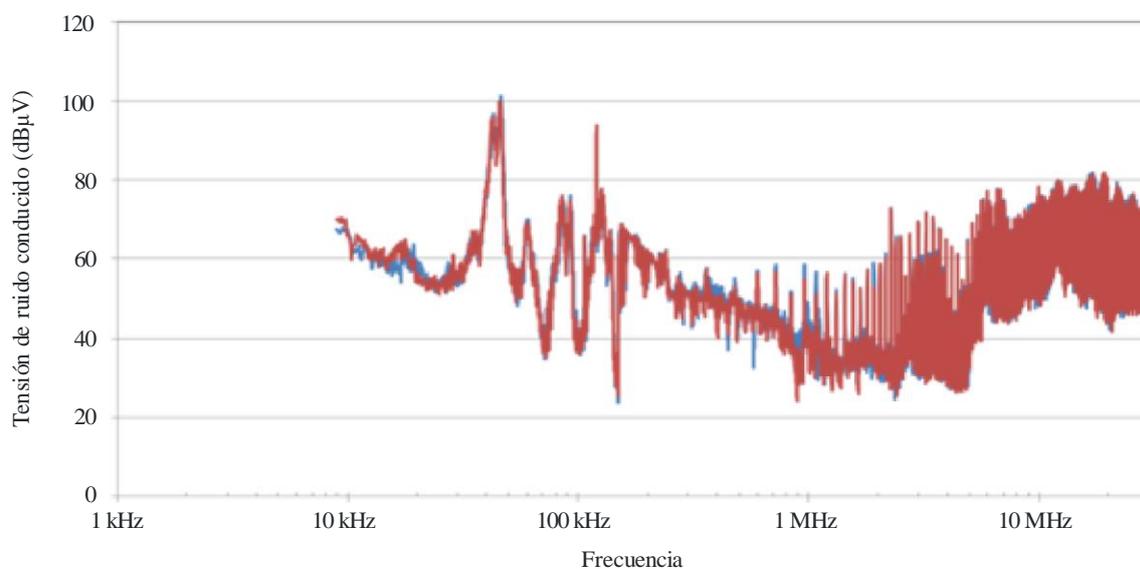
**Ruido radiado del equipo de pruebas B
(30 MHz – 1 GHz, valor de cresta)**

Informe SM.2303-A3-15

3) Ruido conducido

En las Figs. A3-16 y A3-17 se muestran los resultados del ruido conducido en la gama de frecuencias de 30 MHz a 1 GHz.

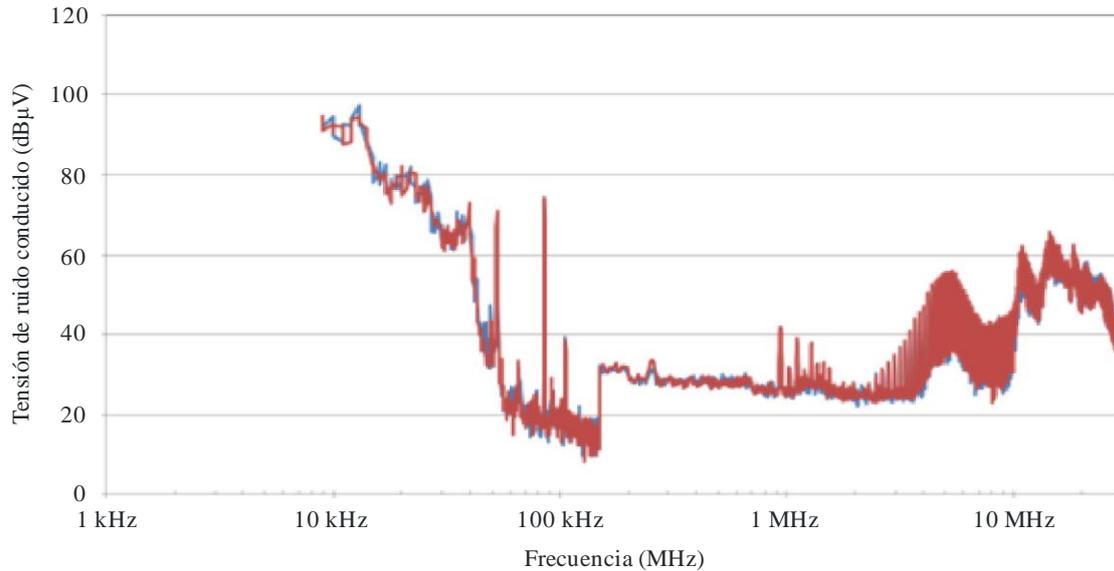
FIGURA A3-16

**Ruido conducido del equipo de pruebas A
(9 kHz – 30 MHz, valor de cresta)**

Informe SM.2303-A3-16

FIGURA A3-17

**Ruido conducido del equipo de pruebas B
(9 kHz – 30 MHz, valor de cresta)**



Informe SM.2303-A3-17

4.2 Dispositivos móviles y portátiles que utilizan tecnologías de resonancia magnética

1) Visión general del equipo de pruebas

El Cuadro A3-2 muestra una visión general del equipo de pruebas para dispositivos móviles y portátiles que utilizan tecnologías de resonancia magnética. La frecuencia de la TIP es 6,78 MHz. La Fig. A3-18 describe la estructura de una bobina típica para este equipo de pruebas.

El dispositivo portátil que se mide en este caso tiene la estructura de la bobina en su interior. La potencia transmitida es de 16,8 W. En los resultados de las mediciones que se muestran a continuación la potencia transmitida es de 100 W y la distancia de medición se traslada a 30 m mediante el factor de traslación mencionado en el apartado 2) del § 4.1. Cabe destacar que este equipo de pruebas no dispone de dispositivos de supresión de armónicos de orden superior de la frecuencia de TIP.

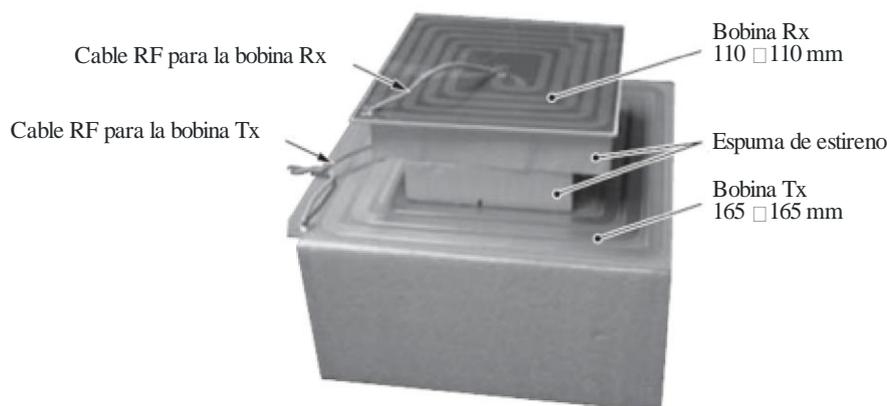
CUADRO A3-2

**Visión general del equipo de pruebas para dispositivos móviles y portátiles
que utilizan resonancia magnética**

Sistema TIP	Dispositivos móviles y de tecnologías de la información
Tecnología TIP	Resonancia magnética
Frecuencia TIP	6,78 MHz
Condiciones para la TIP	Potencia transferida: 16,8 W Distancia de transferencia de potencia: varios centímetros

FIGURA A3-18

Estructura de bobina típica del equipo de pruebas para dispositivos móviles y portátiles que utilizan resonancia magnética



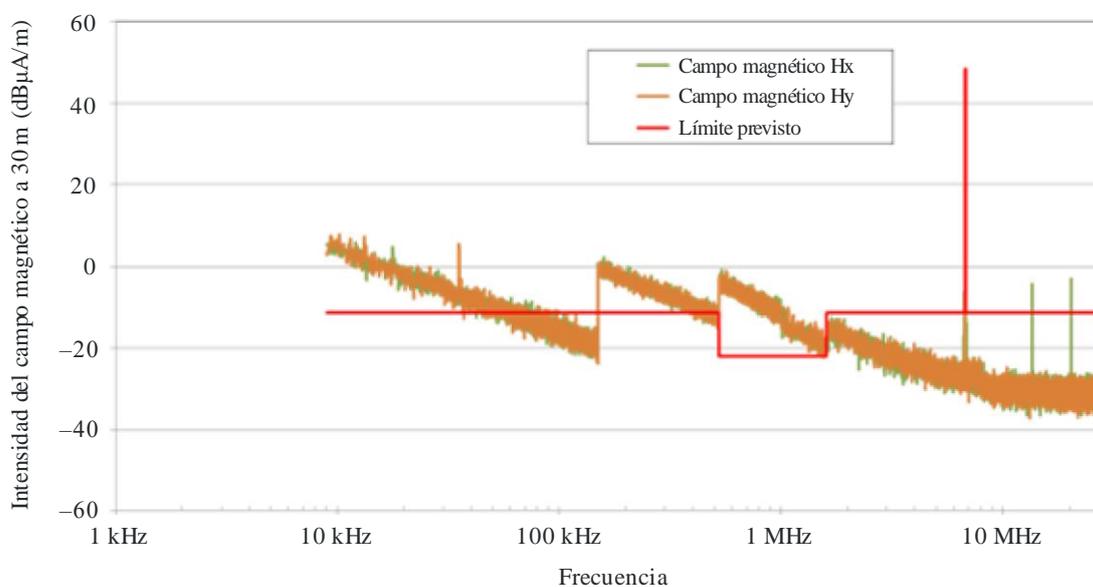
Informe SM.2303-A3-18

2) Ruido radiado

Se ha medido el ruido radiado del equipo de pruebas en una cámara apantallada. En las Figs. A3-19, A3-20 y A3-21 se muestran los resultados de las mediciones en las gamas de frecuencias de 9 kHz a 30 MHz, de 30 MHz a 1 GHz y de 1 GHz a 6 GHz, respectivamente. Asimismo, la Fig. A3-22 muestra los resultados de las mediciones de los armónicos de nivel superior de este equipo. Las conclusiones de estas mediciones son que este equipo de pruebas cumple el límite provisional previsto del ruido radiado para la frecuencia de TIP y que no se emite ruido por encima de 1 GHz.

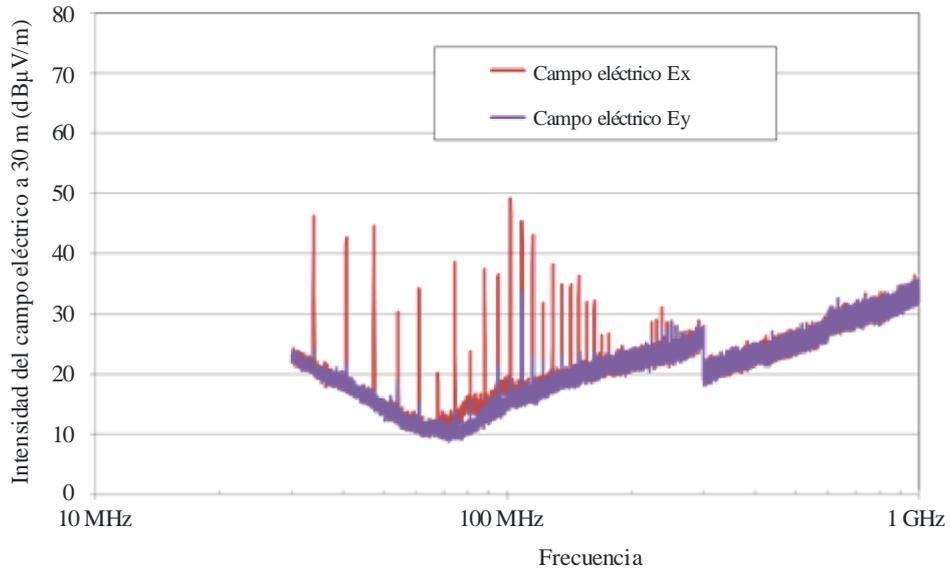
FIGURA A3-19

**Ruido radiado del equipo de pruebas
(9 kHz – 30 MHz, valor de cresta)**



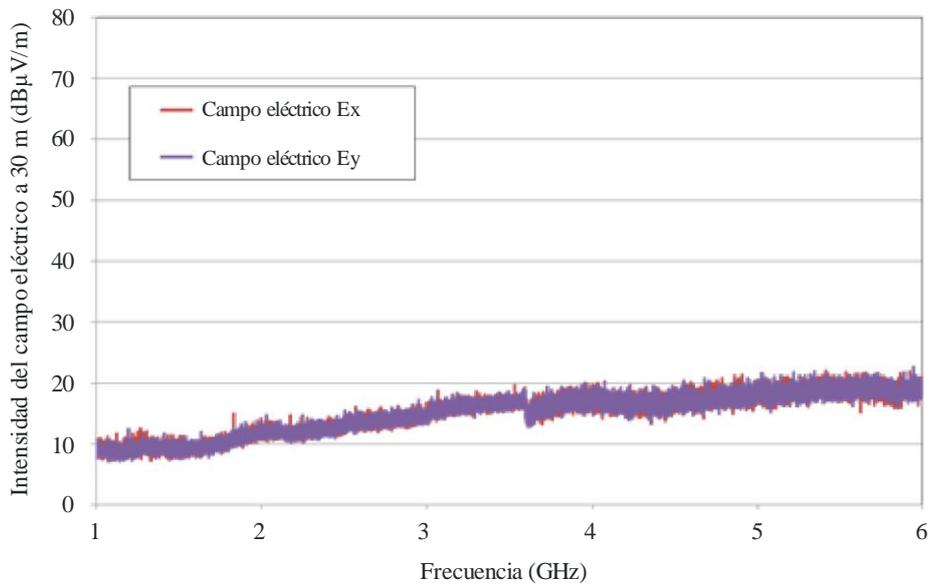
Informe SM.2303-A3-19

FIGURA A3-20
Ruido radiado del equipo de pruebas
(30 MHz – 1 GHz, valor de cresta)



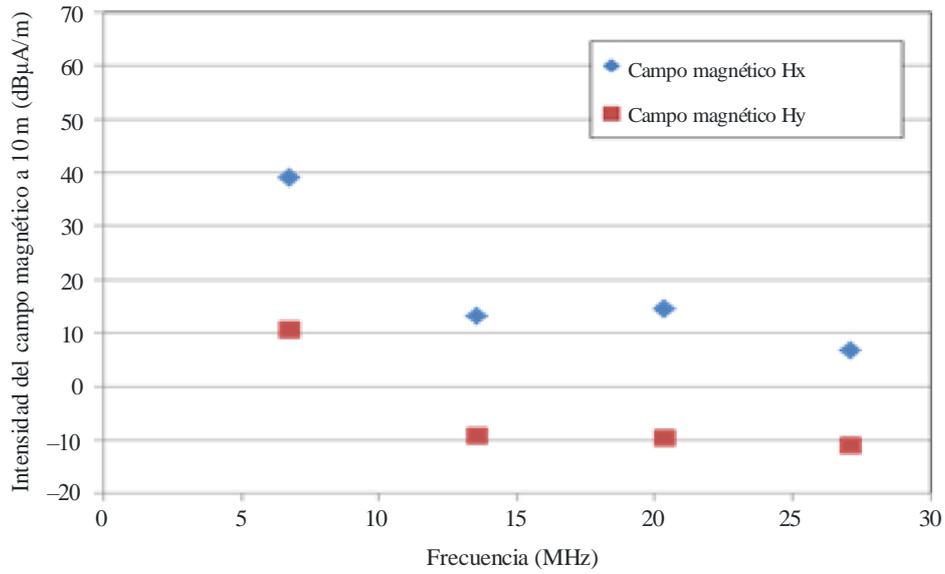
Informe SM.2303-A3-20

FIGURA A3-21
Ruido radiado del equipo de pruebas
(1-6 GHz, valor de cresta)



Informe SM.2303-A3-21

FIGURA A3-22
Resultados de las mediciones de armónicos de orden superior
(Valor de cuasi cresta)

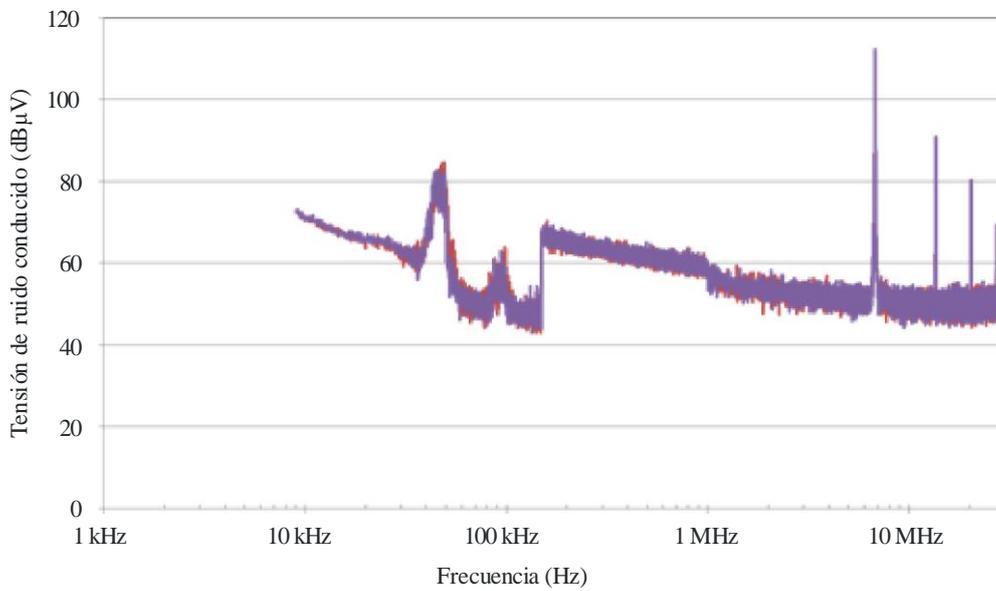


Informe SM.2303-A3-22

3) Ruido conducido

En la Fig. A3-23 se muestran los resultados de las mediciones del ruido conducido en la gama de frecuencias de 30 MHz a 1 GHz.

FIGURA A3-23
Ruido conducido del equipo de pruebas
(9 kHz – 30 MHz, valor de cresta)



Informe SM.2303-A3-23

4.3 Aparatos de uso doméstico que utilizan tecnología de inducción magnética

1) Visión general del equipo de pruebas

El Cuadro A3-3 muestra una visión general del equipo de pruebas para aparatos de uso doméstico que utilizan tecnologías de inducción magnética. Como se muestra en la Fig. A3-24, se dispone de dos estructuras de bobina para este sistema TIP. La frecuencia de la TIP es 23,4 kHz y 94 kHz. Las potencias de transmisión son de 1,5 kW para el equipo de pruebas A y de 1,2 kW para el equipo de pruebas B. La distancia de medición se traslada a 30 m mediante el factor de traslación que figura en el apartado 2) del § 4.1. Cabe destacar que dos elementos de este equipo incluyen dispositivos para suprimir los armónicos de orden superior de la frecuencia TIP.

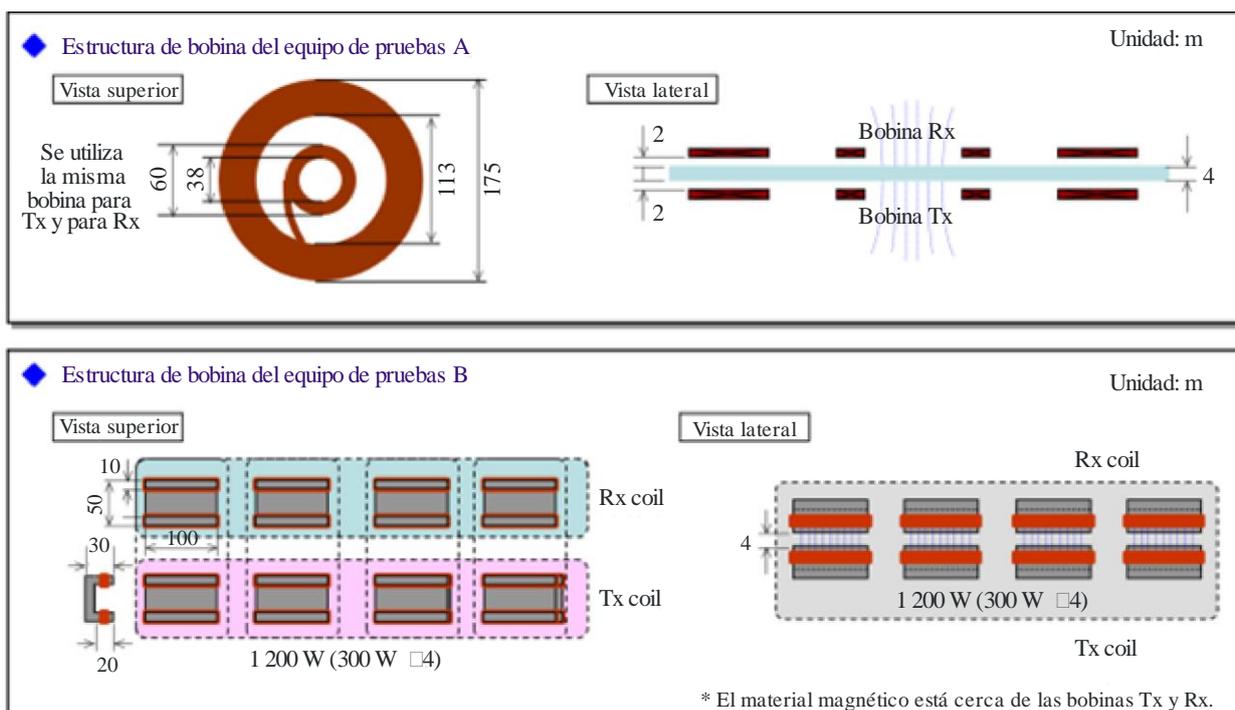
CUADRO A3-3

Visión general del equipo de pruebas para aparatos de uso doméstico que utilizan inducción magnética

Sistema TIP	Aparatos de uso doméstico
Tecnología TIP	Tecnología de inducción magnética
Frecuencia TIP	Equipo de pruebas A: 23,4 kHz Equipo de pruebas B: 95 kHz
Condiciones para la TIP	Potencia transferida (Equipo de pruebas A): 1,5 kW Potencia transferida (Equipo de pruebas B): 1,2 kW Distancia de transferencia de potencia: inferior a 1 cm

FIGURA A3-24

Estructuras típicas de las bobinas de equipos de pruebas para aparatos de uso doméstico que utilizan tecnologías de inducción magnética



2) **Ruido radiado**

Se ha medido el ruido radiado de cada equipo de pruebas en una cámara apantallada. En las Figs. A3-25 y A3-26 se muestran los resultados de las mediciones en la gama de frecuencias de 9 kHz a 30 MHz para cada equipo. Las mediciones en la gama de frecuencias de 30 MHz a 1 GHz se realizaron únicamente para el equipo de pruebas A. Este resultado se muestra en la Fig. A3-27. Las conclusiones a estas mediciones son que los dos equipos de pruebas cumplen el límite provisional previsto de ruido radiado para la frecuencia de TIP y para frecuencias superiores.

FIGURA A3-25
Ruido radiado del equipo de pruebas A
 (9 kHz – 30 MHz, valor de cuasi cresta)

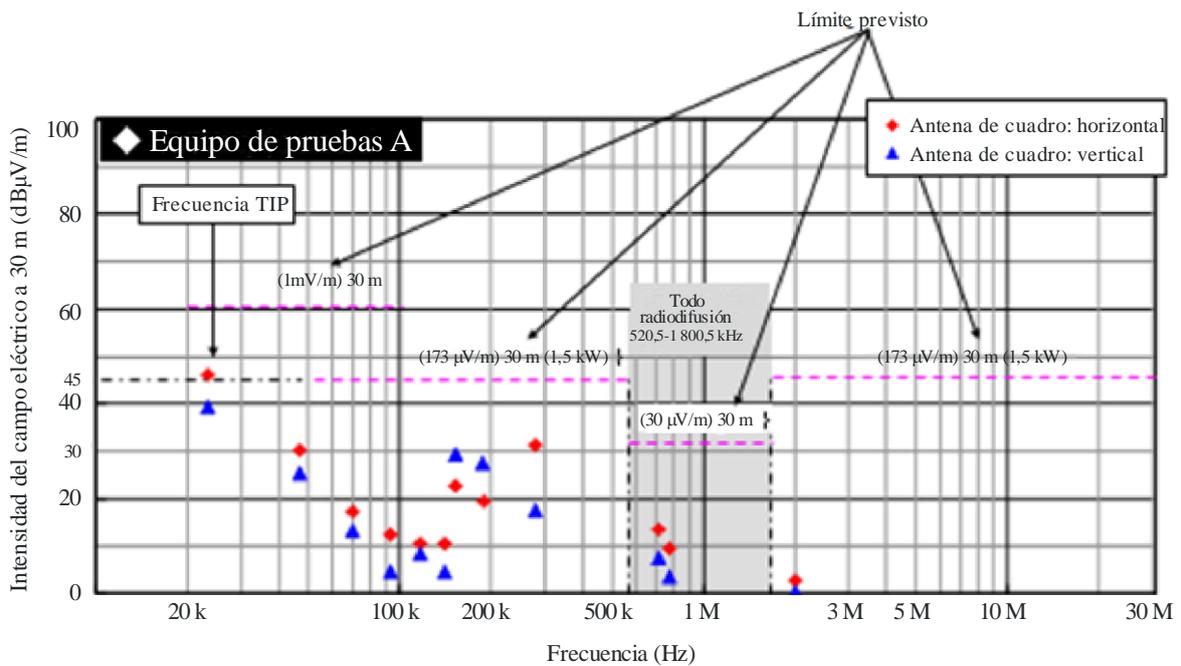
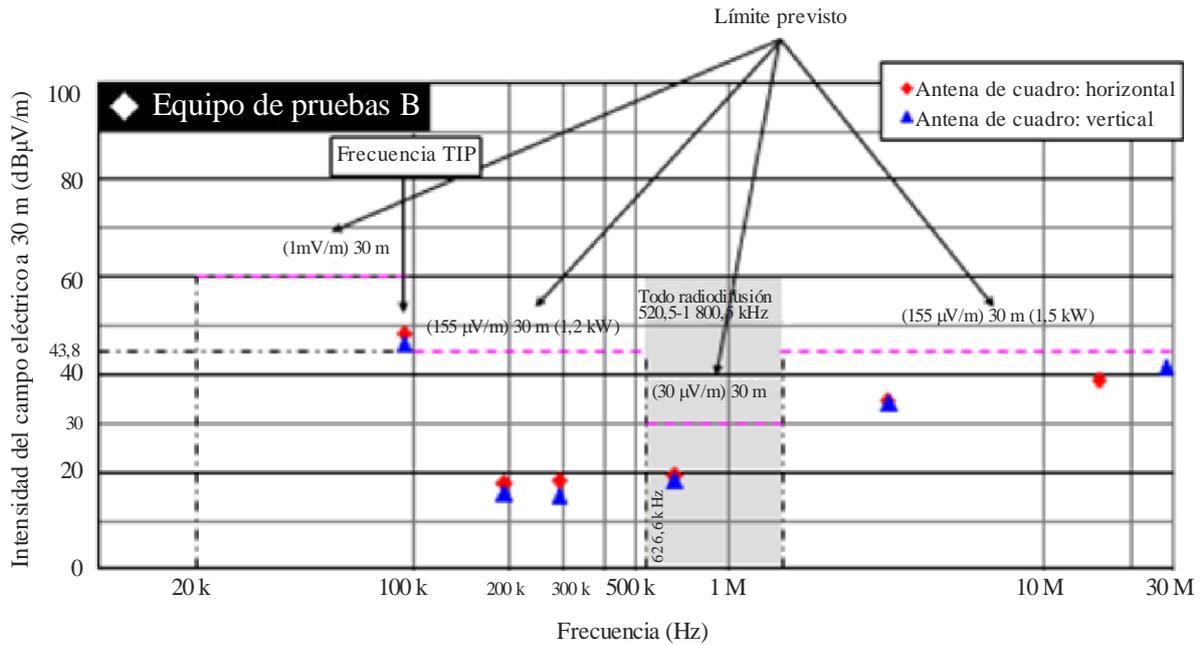


FIGURA A3-26

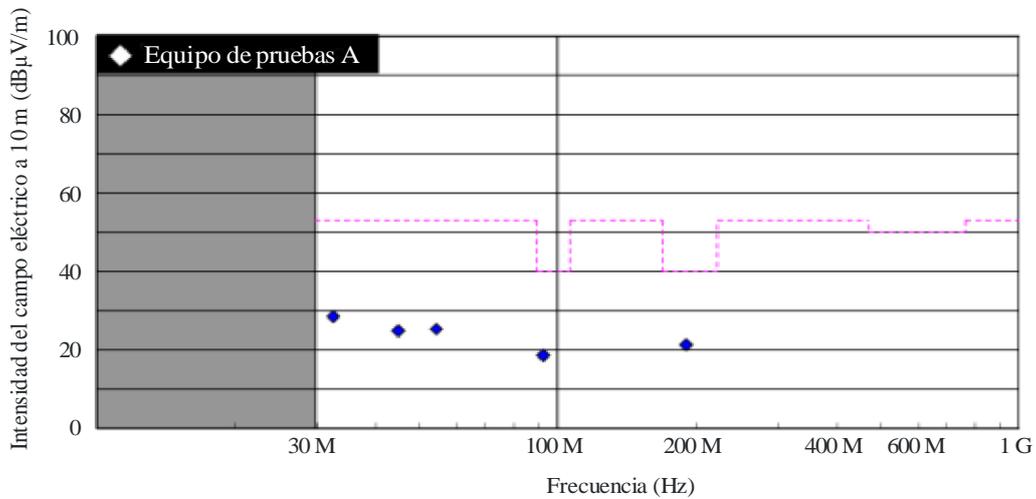
**Ruido radiado del equipo de pruebas B
(9 kHz – 30 MHz, valor de cuasi cresta)**



Informe SM.2303-A3-26

FIGURA A3-27

**Ruido radiado del equipo de pruebas A
(30 MHz – 1 GHz, valor de cuasi cresta)**

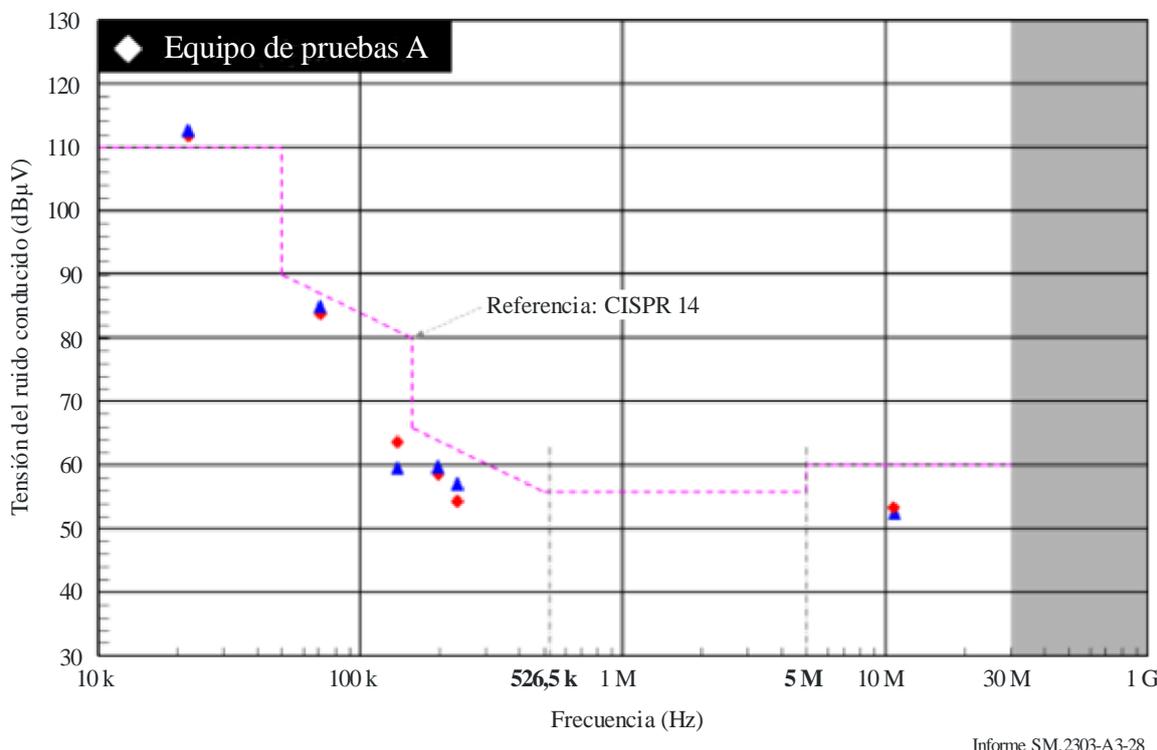


Informe SM.2303-A3-27

3) Ruido conducido

En la Fig. A3-28 se muestran los resultados de las mediciones del ruido conducido en la gama de frecuencias de 9 kHz a 30 MHz.

FIGURA A3-28
Ruido conducido del equipo de pruebas A (9 kHz – 30 MHz, valor de cuasi cresta)



Informe SM.2303-A3-28

4.4 Dispositivos móviles y portátiles que utilizan tecnologías de acoplamiento capacitivo

1) Visión general del equipo de pruebas

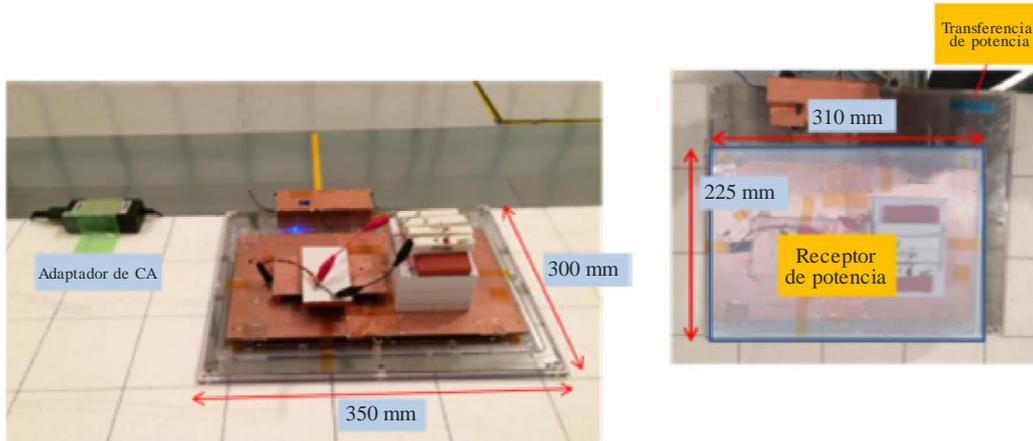
El Cuadro A3-4 muestra una visión general del equipo de pruebas para dispositivos móviles y portátiles que utilizan tecnologías de acoplamiento capacitivo. Las Figs. A3-29 y A3-30 muestran el equipo de pruebas para esta medición y el diagrama de bloques del sistema TIP, respectivamente. La frecuencia TIP es 493 kHz. La potencia de transmisión es de 40 W como máximo. Cabe destacar que este equipo de pruebas adopta el mayor número posible de requisitos de productos comerciales, incluido el diseño del apantallamiento para suprimir la emisión radiada y los armónicos de orden superior.

CUADRO A3-4

Visión general del equipo de pruebas para dispositivos móviles y portátiles que utilizan tecnologías de acoplamiento capacitivo

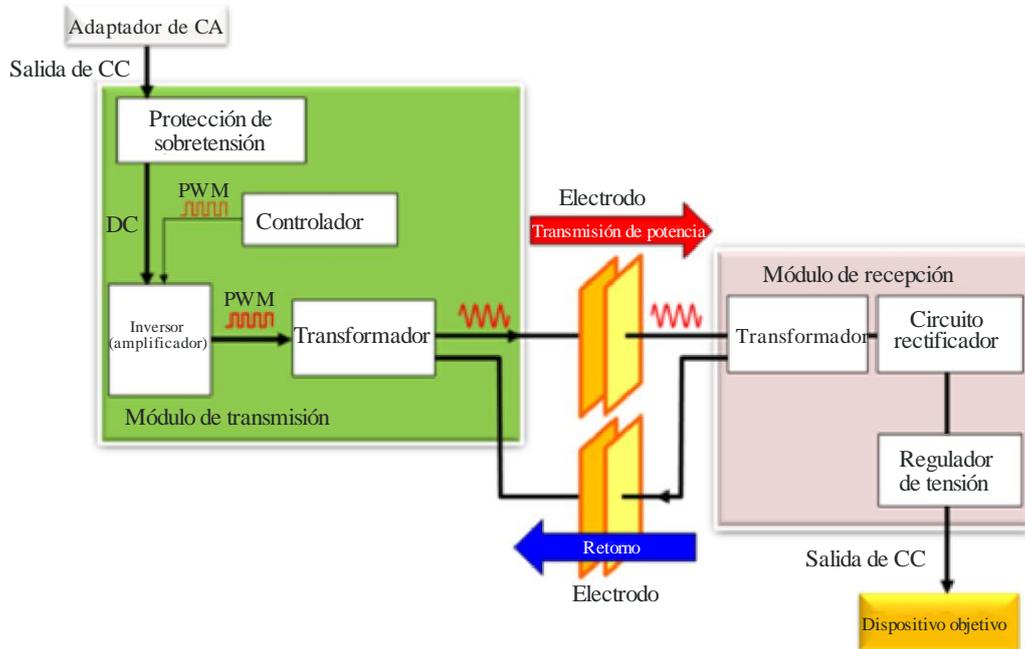
Sistema TIP	Dispositivos móviles y de tecnologías de la información
Tecnología TIP	Acoplamiento del campo eléctrico
Frecuencia TIP	493 kHz
Condiciones para la TIP	Potencia transferida: 40 W máx. Distancia de transferencia de potencia: 2 mm

FIGURA A3-29
Equipo de pruebas para dispositivos móviles y portátiles que utilizan tecnologías de acoplamiento capacitivo



Informe SM.2303-A3-29

FIGURA A3-30
Diagrama de bloques de un sistema TIP para dispositivos móviles y portátiles que utilizan tecnologías de acoplamiento capacitivo



Informe SM.2303-A3-30

2) **Ruido radiado**

Se ha medido el ruido radiado del equipo de pruebas en una cámara apantallada. En las Figs. A3-31, A3-32 y A3-33 se muestran los resultados de las mediciones en las gamas de frecuencias de 9 kHz a 30 MHz, de 30 MHz a 1 GHz y de 1 GHz a 6 GHz, respectivamente. Los resultados de las mediciones de la Fig. A3-31 muestran que el ruido radiado es inferior al límite provisional previsto, lo que puede deberse a la forma en que se suprimen la radiación y la emisión.

FIGURA A3-31
Ruido radiado
(9 kHz – 30 MHz, valor de cresta)

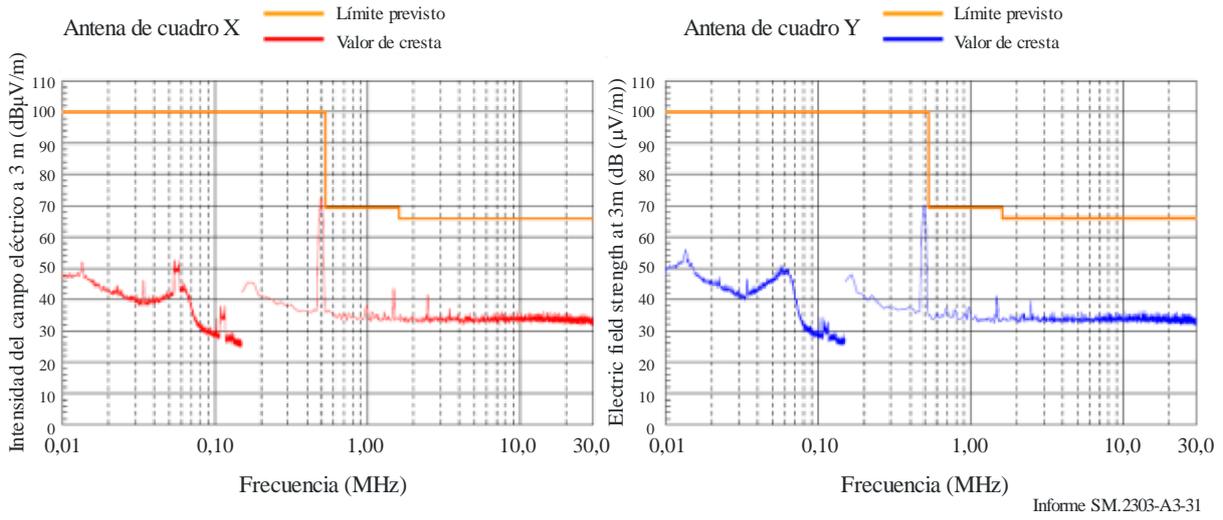


FIGURA A3-32
Ruido radiado
(30 MHz – 1 GHz, valores de cresta y cuasi cresta)

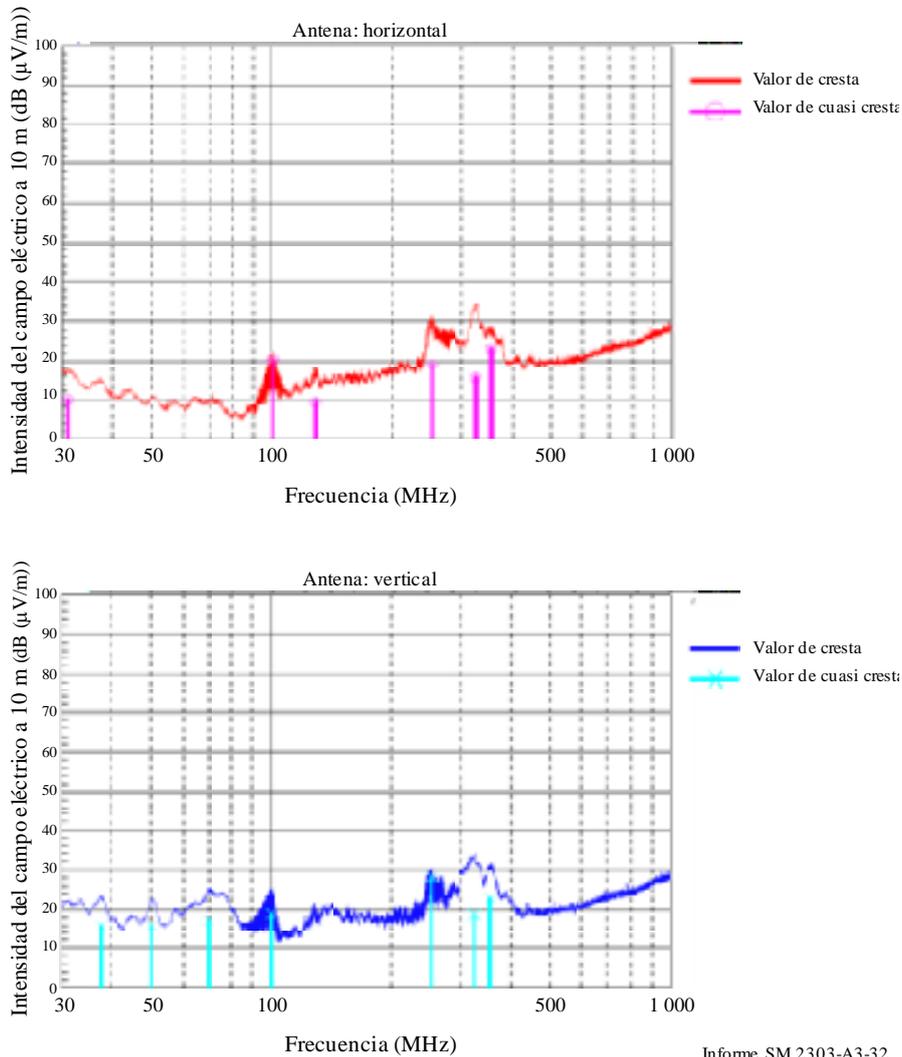
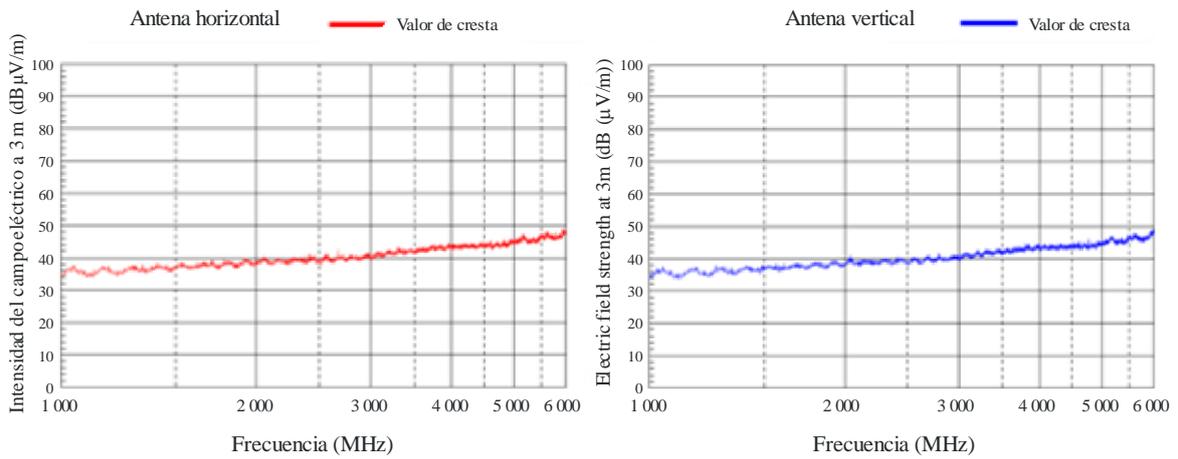


FIGURA A3-33
Ruido radiado
(1-6 GHz, valor de cresta)



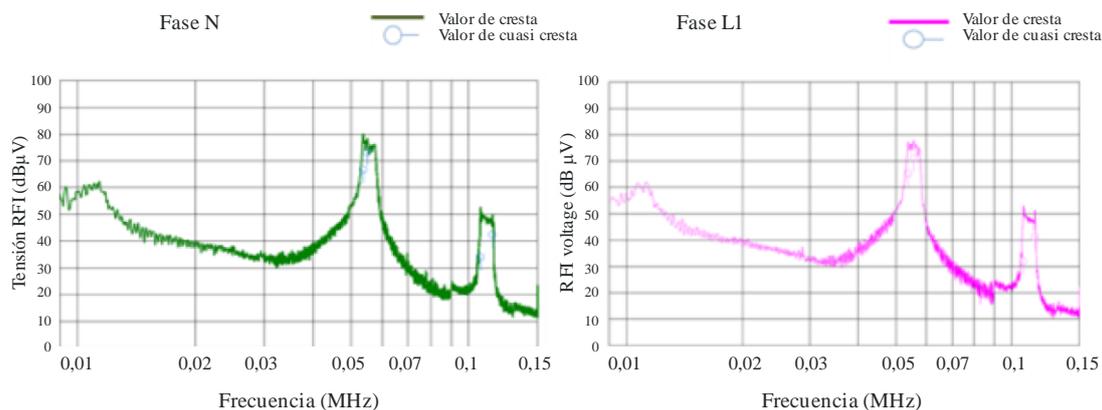
Informe SM.2303-A3-33

3) Ruido conducido

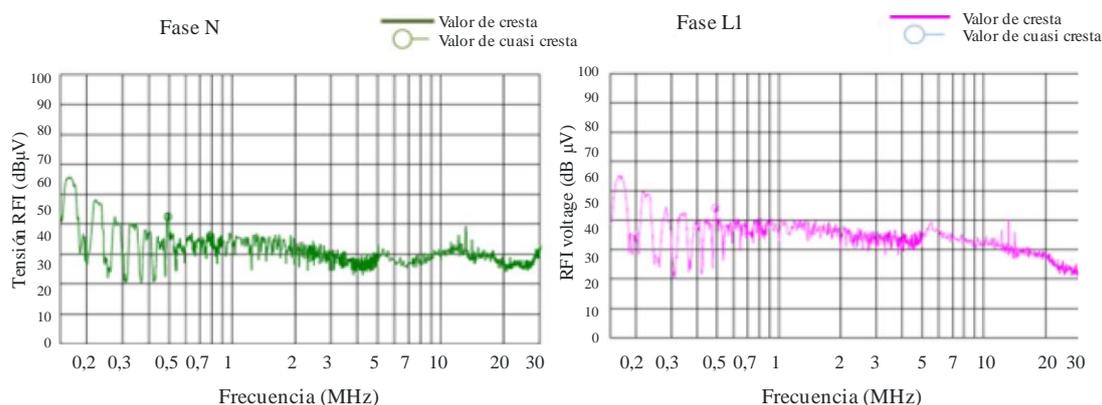
En la Fig. A3-34 se muestran los resultados de las mediciones del ruido conducido para la gama de frecuencias de 9 kHz a 30 MHz.

FIGURA A3-34

**Ruido conducido del equipo de pruebas
(9 kHz – 30 MHz, valores de cresta y de cuasi cresta)**



a) 9 kHz - 150 kHz



b) 150 kHz - 30 MHz

Informe SM.2303-A3-34

Anexo 4

No se utiliza

(Nota: La información anteriormente incluida en el Anexo 4 se ha incorporado al Anexo 6.3 del Informe UIT-R SM.2451).

Anexo 5

Resultados de las pruebas de perturbación electromagnética de los sistemas TIP

En este Anexo se detallan los resultados de las pruebas de perturbación electromagnética de sistemas TIP para teléfonos móviles realizadas en Corea.

5.1 Introducción

Este Anexo proporciona los datos de las mediciones de perturbación electromagnética de los sistemas TIP para dispositivos móviles que utilizan tecnología de inducción magnética de acuerdo con la reglamentación de Corea (KN 17)*.

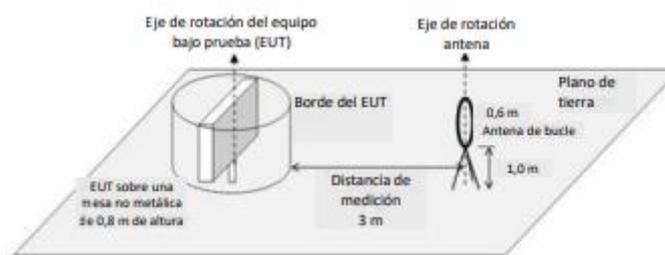
5.2 Entorno general y condiciones de las pruebas

La reglamentación de los métodos de medición de perturbación electromagnética de los sistemas TIP está descrita en KN 17 de 2013-06 de Corea. Se utiliza una antena de bucle con un diámetro de 0,6 m en la gama de frecuencias por debajo de 30 MHz. Véase la norma EN 16-1-4 para los detalles.

Las Figs. A5-1 y A5-2 describen los métodos de medición de perturbación electromagnética de los sistemas TIP para dispositivos móviles. La Fig. A5-1 muestra la disposición del emplazamiento de pruebas en la gama de frecuencias de 9 kHz a 30 MHz. En la gama de frecuencias 9 kHz ~ 30 MHz, las propiedades de un emplazamiento de pruebas pueden determinarse confirmando que el nivel del ruido ambiental es inferior en al menos 6 dB a los límites de niveles permitidos especificados en el § 5.3.

FIGURA A5-1

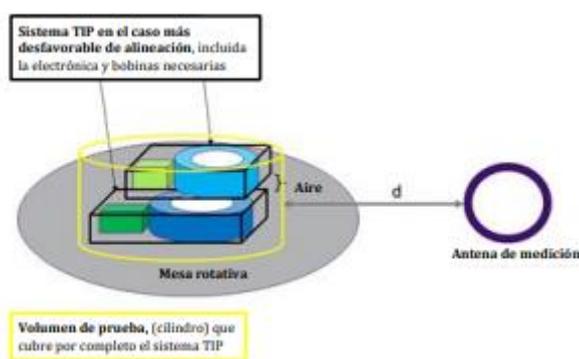
Disposición del emplazamiento de pruebas para el ruido electromagnético de los sistemas TIP para dispositivos móviles que funcionan en la gama de frecuencias de 9 kHz a 30 MHz



* KN 17: Método de medición de la interferencia electromagnética de la TIP para los aparatos TIP del hogar de menos de 10 W en Corea.

FIGURA A5-2

**Instalación para una disposición de transmisión de potencia
(emisión horizontal, antena horizontal)**



5.3 Límite de emisión

La norma KN-17 se aplica al límite de emisión en Corea. El equipo bajo prueba (EUT) desde cumplir los límites del Cuadro A5-1. De acuerdo con el Anexo F de la norma EN 300 330-1, la conversión de los límites del campo H de una medición a 10 m en los límites de una medición a 3 m se determinan con la siguiente ecuación:

$$H_{3m} = H_{10m} + \text{aprox. } 31 \text{ (de } 0,1 \text{ MHz a } 2 \text{ MHz)}$$

CUADRO A5-1

**Nivel de interferencia aceptable para los aparatos TIP
del hogar por debajo de 30 MHz**

Gama de frecuencias (MHz)	Límites del valor de cuasi cresta (dBμV/m)	Distancia de medición (m)
0,009 ~ 0,45	47-20 log <i>f</i>	3
0,45 ~ 30	54	

- 1) *f* está expresado en [MHz]
- 2) Margen de los armónicos: 3^{er} armónico (+20 dB), 5^o armónico (+10 dB), 7^o y 9^o armónico (+5 dB)
- 3) Constante de conversión de campo E lejano a campo H: 51,5 dBμA/m = dBμV/m – 51,5
- 4) Factor de conversión de las medidas de campo H: $H_{3m} = H_{10m} + 31$ (debajo de 2 MHz) (véase EN 300 33-1)

5.4 Perturbación electromagnética

En este apartado, se describen los resultados de las mediciones de perturbación electromagnética de los sistemas TIP para dispositivos móviles. Los equipos TIP para dispositivos móviles probados están disponibles en el mercado.

5.4.1 Resultados de las mediciones de dispositivos móviles que utilizan tecnología de inducción magnética

5.4.1.1 Descripción de los equipos probados

En el Cuadro A5-2 se muestra una descripción de los equipos probados en las pruebas de dispositivos móviles que utilizan tecnología magnética. La frecuencia TIP es 144,6 kHz. La Fig. A5-3 muestra los equipos probados como transmisor y receptor.

CUADRO A5-2

Características de los equipos probados en las pruebas de dispositivos móviles que utilizan tecnología de inducción magnética

Equipo probado	Transmisor: CARGADOR INALÁMBRICO SAMSUNG EP-PG9201 Receptor: SAMSUNG Galaxy S7
Tecnología TIP	Inducción magnética
Frecuencia TIP	144,6 kHz
Características de la TIP	Potencia típica de transferencia: 5 W (Eficiencia de la TIP, por encima del 75%) Distancia de la transferencia de potencia: inferior a 1 cm

FIGURA A5-3

Equipos probados en las pruebas de dispositivos móviles que utilizan tecnología de inducción magnética



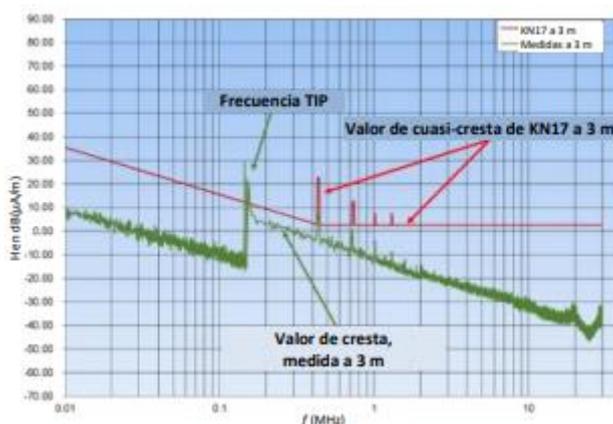
5.4.1.2 Emisiones electromagnéticas

Las emisiones de los equipos probados se midieron en una típica cámara semianecoica de 3 m, con un plano de tierra conductor. Los resultados de las mediciones en la gama de frecuencias de 9 kHz a 30 MHz se muestran en la Fig. A5-4. El resultado cumple la reglamentación KN 17 de Corea, la curva roja de la figura representa el nivel de KN 17 a 3 m, y la curva verde es la medición del valor de cresta a 3 m. El nivel en la frecuencia TIP es 29,27 dB μ A/m en 144,6 kHz, el valor del armónico 3 $^\circ$ es -0,71 dB μ A/m en 434 kHz, el valor del armónico 5 $^\circ$ es 0,61 dB μ A/m en 726 kHz, el valor del

7º armónico es $-4,07 \text{ dB}\mu\text{A/m}$ en $1\,018 \text{ kHz}$, y el valor del 9º armónico es $-8,76 \text{ dB}\mu\text{A/m}$ en $1\,306 \text{ kHz}$.

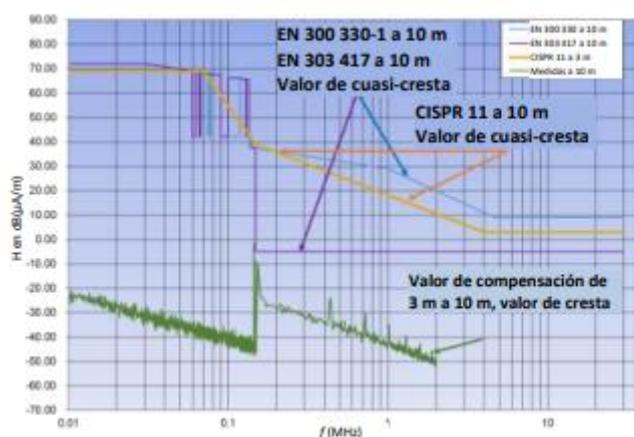
La portadora principal, la frecuencia TIP, está definida por los límites de los dispositivos de campo electromagnético de baja intensidad y los armónicos por la KN 17 de acuerdo con la Ley de ondas radioeléctricas de Corea. El límite permitido en la frecuencia TIP es $94,8 \text{ dB}\mu\text{V/m}$ de acuerdo con la reglamentación técnica coreana y $89,2 \text{ dB}\mu\text{V/m}$, de acuerdo con la norma EN 303 417. La medida en la frecuencia TIP de $144,6 \text{ kHz}$ es $80,77 \text{ dB}\mu\text{V/m}$. La emisión de la portadora TIP fundamental cumple las reglamentaciones técnicas coreana y europea, y los armónicos cumplen los límites EMC de la KN 17.

FIGURA A5-4
Emisión horizontal, antena horizontal
(9 kHz – 30 MHz, medidas a 3 m)



En la Fig. A5-5, se muestran los valores compensados, calculados para los valores a 10 m a partir de los valores de cresta medidos a 3 m mediante el factor de conversión de 31, de acuerdo con el Anexo F de EN 300 330-1 entre 100 kHz y 2 MHz , y que cumplen de manera suficiente los requisitos de las normas europeas y CISPR 11.

FIGURA A5-5
Emisión horizontal, antena horizontal (9 kHz – 30 MHz, valores compensados de 3 m a 10 m)



En consecuencia, como el valor compensado cumple las normas internacionales EN 303 417 y CISPR 11 como se muestra en la Fig. A5-5, se considera que cumple los requisitos internacionales para el caso de la medición a 10 m de las emisiones electromagnéticas del equipo probado para los dispositivos móviles.

Anexo 6

Planificación de la radiodifusión

Los transmisores de radiodifusión pueden interferirse mutuamente, y de hecho lo hacen, y la elección de las frecuencias de funcionamiento es, por lo tanto, fundamental. Como principio general, los servicios de radiodifusión se planifican en base a la restricción de la interferencia. La zona de servicio de un transmisor particular es la zona definida por un contorno fuera del cual el servicio se vuelve inutilizable debido a la interferencia. El significado exacto de «inutilizable» puede diferir para los diferentes tipos de contenidos de programación o para diferentes usuarios, pero se consideran ciertas hipótesis cuando se definen los criterios de planificación.

Por otro lado, la variabilidad de las condiciones de propagación significa que hay un elemento estadístico que también es necesario considerar en los criterios de planificación. Se considera que una señal particular es inutilizable cuando es superada por la interferencia causada por fuentes naturales, el ruido interno del receptor u otros servicios de radiodifusión.

Los Planes regionales de asignación de frecuencias para radiodifusión en las bandas de ondas kilométricas y hectométricas de Ginebra 1975 (GE75) y Rio de Janeiro 1981 (RJ81) muestran cómo la UIT ha aplicado estas consideraciones en la práctica.

Cuando son necesarios dos transmisores para cubrir una misma zona geográfica con diferentes programas, deben tener diferentes frecuencias y la separación de las frecuencias debe ser tal que un receptor pueda aislarlas entre ellas. La capacidad de un receptor de hacerlo se llama selectividad y está definida por la calidad del filtrado en la parte de radiofrecuencia del receptor. Los receptores modernos suelen ser mejores en este aspecto que los más antiguos, pero como existen todavía muchos receptores antiguos funcionando en el mundo, los criterios de planificación especificados por la UIT suelen ser conservadores. Las bandas de radiodifusión no son lo suficientemente amplias como para permitir que cada estación en el mundo tenga una única frecuencia para sí, bien separada de todas las otras. Esto significa que es necesario reutilizar las frecuencias. La clave de la reutilización de frecuencias sin provocar interferencia es la separación geográfica. Cuando dos transmisores están funcionando en la misma frecuencia, la separación geográfica debe ser suficientemente grande como para asegurar que uno no provoque interferencia perjudicial en la zona de servicio definida para el otro. Tomando un caso (hipotético) muy sencillo con solo dos transmisores, ambos en la misma frecuencia y con la misma potencia, existirá un punto, aproximadamente a mitad de camino entre los dos, donde las intensidades de señal de los dos transmisores son iguales. Claramente, ninguna de las dos es utilizable en ese punto; es necesario moverse hacia una de las dos para encontrar un punto donde ésta sea dominante y la interferencia de la otra pueda desprejarse. En muchos casos, es este fenómeno el que define los límites de la zona de servicio de uno u otro transmisor.

En el mundo real, existen numerosos transmisores diferentes que funcionan en un mismo espacio geográfico de dos dimensiones. Cada uno dispondrá de su propia frecuencia, su potencia de emisión y sus características de antena. Las antenas de transmisión de radiodifusión son a menudo direccionales y, por lo tanto, incluso con dos transmisores de misma potencia, las intensidades de sus señales pueden no ser iguales en el punto geográfico intermedio entre ellos. Aunque no sea

estrictamente necesario, para simplificar el proceso de planificación (y su comprensión) las bandas de radiodifusión suelen estar estructuradas en canales. En el caso de las transmisiones en las bandas de ondas kilométricas y hectométricas del Plan GE75, los canales suelen ser de una anchura de 9 kHz y las frecuencias portadoras están organizadas con una disposición de 9 kHz⁷. Los canales son por lo tanto contiguos en frecuencia (sin banda de guarda entre ellos) pero no se superponen. El filtrado de radiofrecuencias en el receptor intenta aislar un único canal de 9 kHz (con una portadora en el centro), pero los receptores más antiguos con filtrados con circuitos discretos de sintonización, por oposición al filtrado de onda de superficies de estado sólido, lo hacen menos eficazmente. Reconociendo que las radiocomunicaciones en MA no es un medio de alta fidelidad, los filtros de radiofrecuencia en muchos receptores son más estrechos que 9 kHz. Esto significa, en la práctica, que dos transmisores en canales adyacentes no pueden cubrir la misma zona geográfica porque cada uno de ellos podrá provocar interferencia en el filtro del canal del otro. Los transmisores en canales adyacentes pueden, sin embargo, funcionar con una separación geográfica menor entre ellos, porque el filtro reducirá el nivel de interferencia. La situación es mucho más simple con una mayor separación de frecuencias; un transmisor en el segundo canal adyacente puede funcionar a menor distancia y uno en el tercer canal adyacente más cerca todavía, hasta un punto en que no se necesita ninguna separación geográfica. En la mayoría de los sitios, están disponibles varios servicios de radiodifusión en la misma banda; no interfieren entre ellos porque existe una separación de frecuencias suficiente entre ellos.

Todos estos principios, incluidas las hipótesis sobre la selectividad típica de los receptores, están incluidos en las directrices de planificación elaboradas por la UIT como el GE75 y el RJ81. La propagación de las radiofrecuencias no respeta las fronteras internacionales y, por lo tanto, la planificación tiene que realizarse a nivel internacional. Prácticamente todas las administraciones han acordado la atribución de frecuencias de radiodifusión publicadas en la BR IFIC de la UIT. Las atribuciones están vinculadas a unas ubicaciones geográficas concretas y especifican la potencia de transmisión y la directividad de la antena en un plan acordado. Aunque la mayoría de estas atribuciones son estáticas, se pueden realizar cambios, y se realizan, para dar cabida a las necesidades de servicio de diferentes operadores de radiodifusión. La UIT tiene programas informáticos que simulan el efecto de los cambios sobre el plan acordado para ver si pueden realizarse o cómo deben adaptarse para ser aceptables.

En base a lo anterior, la elección de las frecuencias y la estructura para definir la disposición de los canales utilizados en la planificación son importantes factores para guiar a los organismos de normalización y asegurar que las normas de los equipos TIP minimizarán de manera natural el riesgo de interferencia, utilizando los parámetros adecuados para la zona donde se pretenden utilizar.

En una zona concreta, podría definirse una frecuencia de funcionamiento para el dispositivo TIP y, quizá más importante, para los armónicos del mismo, que esté bien separada de los servicios de radiodifusión planificados en esa zona. La utilización de la misma disposición que la planificación de la radiodifusión facilita la elección de la frecuencia de los dispositivos TIP.

También es importante tener en cuenta las características de la radiación de los dispositivos TIP en la zona que es posible que se vea afectada (estabilidad de frecuencia, contenido de armónicos e, importante, la intensidad de campo). En efecto, este tipo de soluciones de mitigación asume que los requisitos de pureza espectral y estabilidad de frecuencia definidos en los instrumentos y las normas de equipos de la UIT serán tan estrictos como para las aplicaciones ICM.

⁷ Mientras que prácticamente todos los canales del Plan GE75 tienen una anchura de 9 kHz, existen unos pocos con una atribución más amplia. También es posible dar cabida a frecuencias portadoras que no están en la disposición de 9 kHz. Las disposiciones de canales del Plan RJ81 son un poco más complicadas y en base a una disposición de 10 kHz.