Informe UIT-R SM.2449-1

(06/2024)

Serie SM: Gestión del espectro

Análisis de la incidencia de la transmisión inalámbrica de potencia por inducción magnética sin haces radioeléctricos y por resonancia magnética para dispositivos móviles y portátiles en los servicios de radiocomunicaciones



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 <u>https://www.itu.int/publ/R-REP/es</u>)
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
Μ	Servicios móviles, de radiodeterminación, de aficionados y otros servicios por satélite conexos
Р	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.2449-1

Análisis de la incidencia de la transmisión inalámbrica de potencia por inducción magnética sin haces radioeléctricos y por resonancia magnética para dispositivos móviles y portátiles en los servicios de radiocomunicaciones

(Cuestión UIT-R 210-4/1)

(2019-2024)

Página

ÍNDICE

1	Introducción								
2	Aplicaciones para la carga por inducción magnética y resonancia magnética de dispositivos móviles y portátiles								
3	Normas internacionales relacionadas con las aplicaciones de TIP por inducción sin haces radioeléctricos en la gama de frecuencias 100-148,5 kHz								
4	Características técnicas y de funcionamiento de la TIP por inducción y por resonancia sin haces radioeléctricos para dispositivos móviles y portátiles								
	4.1	Características de funcionamiento	5						
5	Entor	rno de ruido radioeléctrico por debajo de 30 MHz	8						
6	Estuc dispo de TI	dio de la incidencia de la TIP por inducción sin haces radioeléctricos para ositivos móviles y portátiles en el servicio de radiodifusión cuando los dispositivos IP utilizan las gamas de frecuencias 100-148,5 kHz y 315-405 kHz	10						
	6.1	Estudio sobre radiodifusión en amplitud modulada 1 para dispositivos de TIP en la gama 100-148,5 kHz	10						
	6.2	Estudio sobre radiodifusión en amplitud modulada 2 para dispositivos de TIP en la gama 100-148,5 kHz	19						
	6.3	Estudio sobre radiodifusión en amplitud modulada 3 para dispositivos de TIP en la gama 315 - 405 kHz	32						
7	Estuc dispo	dio sobre la incidencia de la TIP por inducción sin haces radioeléctricos para ositivos móviles y portátiles en el servicio de aficionados	38						
	7.1	Parámetros utilizados para la simulación	38						
	7.2	Análisis y resultados de las simulaciones	39						
	7.3	Resumen de los resultados	43						
8	Estuc dispo kHz	dio sobre la incidencia de la TIP por inducción sin haces radioeléctricos para ositivos móviles y portátiles en el servicio de radionavegación en la gama 90-110	43						
	8.1	Parámetros utilizados para la simulación	44						
	8.2	Hipótesis y resultados de las simulaciones	47						
	8.3	Resumen de los resultados	52						

Página

9	Estud dispo en el	io sobre la incidencia de la TIP por inducción sin haces radioeléctricos para sitivos móviles y portátiles que utilizan las gamas 100-148,5 kHz y 315-405 kHz servicio de radionavegación aeronáutica
	9.1	Parámetros utilizados para la simulación
	9.2	Hipótesis de una sola fuente
	9.3	Hipótesis combinada
	9.4	Resumen de los resultados
10	Análi (por e	sis genéricos de la incidencia de la TIP en los servicios de radiocomunicaciones ejemplo, fijo y móvil)
	10.1	Estudio Monte Carlo de la incidencia de la TIP (315-405 kHz, 1 700-1 800 kHz y 2 000-2 170 kHz) una sola fuente cocanal en los servicios de radiocomunicaciones
	10.2	Estudio Monte Carlo de la incidencia combinada de TIP (315-405 kHz, 1 700- 1 800 kHz y 2 000-2 170 kHz) en los servicios de radiocomunicaciones
11	Estud móvil mund	io sobre la incidencia de la TIP sin haces radioeléctricos para dispositivos les y portátiles en los sistemas del servicio de radionavegación marítima/ Sistema ial de navegación por satélite diferencial (DGNSS) por debajo de 325 kHz
	11.1	Introducción
	11.2	Parámetros de la simulación
	11.3	Hipótesis y resultados
	11.4	DGNSS para la aproximación a puerto
	11.5	Resumen de los resultados
12	Servi	cio móvil marítimo en relación con el SMSSM
13	SFTS	en la banda 3 995-4 005 kHz en la Región 3
14	Estud móvil de rac	io sobre la incidencia de la TIP sin haces radioeléctricos para dispositivos les y portátiles que utiliza la gama 1 700-1 800 kHz en los sistemas del servicio liolocalización
15	Comp	paración de la incidencia de la carga TIP entre 100-148,5 kHz y 315-405 kHz
16	Conc	lusión
	16.1	Radiodifusión AM en 525-1 700 kHz
	16.2	Servicio de aficionados en 135,7-137,8 kHz
	16.3	Servicio de radionavegación aeronáutica en relación con la TIP en 100-148,5 kHz y 315-405 kHz

Página

16.4	Análisis genéricos de la incidencia en los servicios de radiocomunicaciones (por ejemplo, fijo y móvil) de la TIP que utiliza las bandas 315-405 kHz, 1 700-1 800 kHz y 2 000-2 170 kHz	90
16.5	Incidencia de la TIP sin haces radioeléctricos para dispositivos móviles y portátiles que utiliza las bandas 100 – 148,5 kHz y 315-405 kHz en la radionavegación marítima/ sistema mundial de navegación por satélite diferencial (DGNSS)	91
16.6	Servicio móvil marítimo en relación con el SMSSM	92
16.7	Comparación de la incidencia de la carga TIP entre 100–148,5 kHz y 315-405 kHz.	92
Anexo 1 –	Referencias	92
Otras refer	encias	94
Anexo 2 –	Abreviaturas	95
Anexo 3 –	Modelo de propagación para emisiones de TIP	95

1 Introducción¹

Con el aumento de la demanda de dispositivos inalámbricos y de la movilidad mundial, las tecnologías de transmisión inalámbrica de potencia (TIP) que se utilizan para alimentar dichos dispositivos han evolucionado y, actualmente, consumidores de todo el mundo pueden acceder a ellas con facilidad. La TIP por inducción magnética es una tecnología bien conocida que lleva mucho tiempo aplicándose en los transformadores, donde las bobinas primaria y secundaria se acoplan por inducción, por ejemplo, utilizando un núcleo magnético permeable compartido. Esta tecnología también se conoce como TIP con alto grado de acoplamiento. La TIP por resonancia magnética, también denominada TIP con bajo grado de acoplamiento, utiliza una bobina y un condensador como resonador, transmitiendo energía eléctrica mediante la resonancia magnética entre la bobina transmisora y la bobina receptora. En comparación con la TIP por inducción, la TIP por resonancia utiliza tecnologías de resonancia y tiene más libertad espacial que la tecnología inductiva.

El Informe UIT-R SM.2303 contiene estudios genéricos aplicables también a los cargadores TIP portátiles y móviles, concretamente en el § 7.2 y el Anexo 3.

El presente Informe tiene por objeto estudiar los dispositivos de TIP sin haces radioeléctricos portátiles y móviles que utilizan tecnologías de inducción magnética y resonancia magnética y que utilizan las gamas de frecuencias 100-148,5 kHz, 315-405 kHz, 1 700-1 800 kHz, 2 000-2 170 kHz y 13 553-13 567 kHz para minimizar su incidencia en los servicios de radiocomunicaciones existentes. Quedan fuera del alcance de este Informe los dispositivos de TIP sin haces radioeléctricos portátiles y móviles como los utilizados para cargar vehículos eléctricos y electrodomésticos.

2 Aplicaciones para la carga por inducción magnética y resonancia magnética de dispositivos móviles y portátiles

De acuerdo con el Informe UIT-R SM.2303-1, la tecnología de TIP por inducción y por resonancia puede aplicarse a dispositivos móviles y portátiles, como teléfonos inteligentes, tabletas y ordenadores portátiles. Tras la publicación de dicho Informe, la tecnología de TIP por inducción y por resonancia se ha estado utilizando para otros dispositivos portátiles, tales como relojes inteligentes, gafas inteligentes/3D y dispositivos de seguimiento de la condición física. Actualmente la TIP por inducción sin haces radioeléctricos para dispositivos móviles y portátiles está disponibles y autorizada en varios países en las gamas de frecuencias 100-148,5 kHz, 315-405 kHz, 1 700-1 800 kHz y 13 553-13 567 kHz. Además, se está planificando utilizar en el futuro la gama 2 000-2 170 kHz.

La carga por inducción y por resonancia sin haces radioeléctricos suele requerir un contacto directo entre el dispositivo que se ha de cargar y la fuente de energía. Una vez que se establece el contacto directo y comienza la carga, se supone que la potencia de emisión es inferior a 30 vatios. Si ese contacto directo se interrumpe, el dispositivo deja de cargar; no obstante, este último puede emitir algo de energía únicamente con fines de detección. En el § 4 del presente Informe se describen con más detalle el funcionamiento y las características técnicas de las aplicaciones de TIP por inducción y por resonancia sin haces radioeléctricos para dispositivos móviles y portátiles.

¹ En dos de las hipótesis de los estudios abordados en el presente Informe se tienen en cuenta las pérdidas debidas a la penetración en edificios, lo que, según el grupo responsable del UIT-R, puede aplicarse de forma limitada.

3 Normas internacionales relacionadas con las aplicaciones de TIP por inducción sin haces radioeléctricos en la gama de frecuencias 100-148,5 kHz

En el § 4 del Informe UIT-R SM.2303-1 se abordan diversas normas internacionales vigentes en materia de TIP por inducción sin haces radioeléctricos para dispositivos móviles y portátiles.

En general, puede considerarse que la TIP para dispositivos móviles y portátiles pertenece a la categoría de aplicaciones industriales, científicas y médicas (ICM) (véanse los números **1.15** y **15.13** del RR), si no existe una comunicación de datos entre el cargador y el dispositivo que se ha de cargar. Sin embargo, muchas administraciones, en el marco de su reglamentación nacional del espectro, autorizan la TIP para dispositivos móviles y portátiles en virtud de normas asociadas a dispositivos de corto alcance o como aplicaciones exentas de licencia, por considerarlas emisores intencionales.

4 Características técnicas y de funcionamiento de la TIP por inducción y por resonancia sin haces radioeléctricos para dispositivos móviles y portátiles

4.1 Características de funcionamiento

La TIP por inducción sin haces radioeléctricos para dispositivos móviles y portátiles que permiten cargar dispositivos móviles y portátiles se utilizan principalmente en espacios interiores, como oficinas y hogares.

Generalmente, la actividad de carga se produce únicamente cuando el dispositivo que se ha de cargar se halla en contacto directo con la fuente de energía. Esta actividad suele limitarse a breves periodos y se concluye una vez que la batería del dispositivo está cargada. En el momento en que la batería está totalmente cargada, o el contacto directo se interrumpe, las emisiones disminuyen considerablemente.

Las aplicaciones incluidas en este informe están comercializadas y certificadas con arreglo a las normas de exención de licencias de la FCC², por considerarse emisores intencionales para uso y venta en los Estados Unidos de América.

4.1.1 Hipótesis de carga

En el marco de las pruebas realizadas, se utilizaron tanto un cargador individual (véase la Fig. 1) como cinco cargadores individuales combinados (véase la Fig. 2).

² Véase 47 C.F.R. § 15 y 18 (2017).









4.1.2 Características técnicas

Las características técnicas de los dispositivos móviles y portátiles pueden consultarse en el § 3.1 del Informe UIT-R SM.2303.

En el Cuadro 1 se muestran las densidades de TIP prevista de acuerdo con ETSI TR 103 493.

CUADRO 1

Previsiones en materia de densidad urbana de dispositivos de TIP

Gama de frecuencias (kHz)	Densidad urbana (/km²)	Observaciones
100-148,5	5 000	Dispositivos móviles y portátiles
315-405	1 500	dispositivos móviles y portátiles
1 600-1 800	500	dispositivos ponibles
1 950-2 150	500	dispositivos ponibles

En la sección 7.1.2.2 de ETSI TR 103 493 se contemplan los dispositivos móviles y portátiles. Las previsiones de densidad de dispositivos móviles genéricos se calculan en función de 5 000 dispositivos móviles y portátiles /km² y 500 dispositivos ponibles /km². Las previsiones del Cuadro 1 anterior suponen que el 30% de los dispositivos móviles y portátiles también podrán utilizar la gama de frecuencias más alta, cuya ocupación probablemente será más baja, dada la complejidad técnica que presenta. En el caso de los dispositivos ponibles, el número indicado procede de ETSI TR 103 493.

4.1.2.1 Dispositivos de TIP móviles y portátiles en la gama 100-148,5 kHz

Los estudios realizados en este Informe se basan en cargadores TIP para dispositivos móviles y portátiles en esta banda utilizando la especificación Qi.

4.1.2.2 Dispositivos de TIC móviles y portátiles por encima de 315 kHz

En el Cuadro 2 se muestran las características previstas de los dispositivos de TIP por encima de 315 kHz utilizados para los estudios de este Informe.

Gama de frecuencias de funcionamiento permitida (kHz)	Límite de emisiones deseadas a 10 m (dBµA/m)	Notas	Actividad
315-405	-15	Comunicación MDF (hasta ±20 kHz) Desplazamiento de frecuencia durante la carga para gestionar la transferencia de potencia (eficiencia) y/o para compensar el alineamiento: hasta 15 kHz	1-2 horas/día
1 700-1 800	-15	Comunicación 1 kHz o MDF (hasta ±20 kHz) Desplazamiento de frecuencia durante la carga para gestionar la transferencia de potencia (eficiencia) y/o para compensar el alineamiento: hasta 15 kHz	1-2 horas/día
2 000-2 170	-15	Comunicación MDF (hasta ±20 kHz) Desplazamiento de frecuencia durante la carga para gestionar la transferencia de potencia (eficiencia) y/o para compensar el alineamiento: hasta 15 kHz	1-2 horas/día

CUADRO 2

Características técnicas y casos de uso de los dispositivos de TIP por encima de 315 kHz

NOTA – Cada dispositivo de TIP está construido de manera tal que sólo emite al nivel máximo permitido cuando las dos bobinas se encuentran en el peor alineamiento posible, mientras que en la mayoría de alineamientos el nivel realmente radiado es mucho menor. Esto se tiene en cuenta en los estudios Monte Carlo escogiendo aleatoriamente niveles de emisión entre el mejor y el peor alineamiento. La gama de la incidencia se limita a 15 dB a los efectos de los estudios. Puede encontrarse más información sobre la incidencia del alineamiento incorrecto en el Anexo 1.4 del Informe 333 de ECC.

4.1.2.3 Dispositivos de TIP móviles y portátiles en la gama 13 553-13 567 kHz

El notable aumento del número de dispositivos inteligentes posibles ha generado un aumento en los últimos años de la demanda de carga inalámbrica para productos que utilizan frecuencias altas y una baja potencia. Se entiende que la banda de frecuencias de 13,56 MHz también se utiliza para la carga inalámbrica de dispositivos móviles y portátiles. En el Cuadro 3 se detallan las características técnicas.

CUADRO 3

Características técnicas de los dispositivos de TIP en 13,56 MHz

Bandas de frecuencias de funcionamiento	Parámetros principales	Datos	Límites de emisión de campo magnético (10 m, detección de cuasicresta)
	Potencia de carga	< 1 W	
	Distancia de carga entre la bobina receptora y la bobina transmisora	< 1 cm	
13 553-13 567 kHz	Principio de trabajo	Tecnología de resonancia magnética	< 42 dBµA/m (ancho de banda de medición: 9 kHz)
	Casos de uso	Gafas inteligentes Stylus Detector de condición física inteligente	

5 Entorno de ruido radioeléctrico por debajo de 30 MHz

Para algunas de las gamas de frecuencias estudiadas no se disponía de parámetros ni/o hipótesis de despliegue de servicios radioeléctricos. A fin de dar cierta información sobre los posibles efectos de la TIP en los servicios radioeléctricos se ha comparado el nivel de emisiones de la TIP con el nivel de ruido.

El entorno de ruido radioeléctrico por debajo de 30 MHz en las ciudades y zonas residenciales está dominado principalmente por el ruido artificial (MMN, *man-made noise*). En esta gama de frecuencias hay presentes tres tipos de ruido (véase la Recomendación UIT-R SM.1753): ruido impulsivo (IN, *impulsive noise*), ruido de portadora única (SCN, *single carrier noise*) y ruido blanco gaussiano (WGN, *white gaussian noise*).

El ruido impulsivo (IN) puede ser muy importante, pro su incidencia en los receptores de servicios radioeléctricos depende mucho del diseño del receptor y no suele utilizarse como base para los análisis.

El ruido de portadora única (SCN) suele estar presente o incluso ser dominante cuando procede de una fuente cercana al punto de medición. En la Recomendación UIT-R SM.1753 se aclara que el SCN procede de toda una serie de fuentes, incluidas las redes informáticas alámbricas, las computadoras y las fuentes de alimentación en modo conmutado. Estas fuentes de ruido se encuentran principalmente dentro de los edificios. En su *considerando b*, la Recomendación UIT-R SM.2093 establece que el

SCN procedente de fuentes concretas e identificables es la forma de ruido artificial dominante dentro de los edificios, que no puede describirse con los parámetros de la Recomendación UIT-R P.372.

El ruido blanco gaussiano (WGN), tal y como se especifica en la Recomendación UIT-R P.372, es el ruido artificial que no puede atribuirse a una única fuente de ruido, por lo que excluye específicamente las emisiones de fuentes concretas e identificables (véase la Recomendación UIT-R SM.2093), aunque la combinación de una serie de fuentes individuales se aproxima al ruido blanco gaussiano y también figura en los valores de WGN de la Recomendación UIT-R P.372. Esto limita la utilización de la Recomendación UIT-R P.372, pues su aplicabilidad se limita a distancias en entornos interiores, donde una combinación de fuentes individuales puede aproximarse al ruido gaussiano. Por consiguiente, los valores de ruido artificial de UIT-R P.372 no deben utilizarse en los análisis de compatibilidad, ni cuando la antena receptora del servicio víctima está en interiores (por ejemplo, receptor portátil con antena integrada) ni cuando la antena receptora del servicio víctima está cerca de las fuentes de ruido de un edificio adyacente. Sin embargo, lagunas mediciones de ruido indican que algunas antenas del servicio de aficionados pueden estar situadas a hasta 10 m de la pared exterior de un edificio con TIP [1].

Se ha de ser cauto al extraer conclusiones sobre la incidencia interferente de la TIP cuando la antena del servicio radioeléctrico está cerca de un edificio, pues pueden ser falsas. No deben aplicarse los valores de ruido artificial de la Recomendación UIT-R P.372 al análisis de receptores de servicios radioeléctricos en interiores.

La situación que afrontan las antenas de servicios radioeléctricos cercanas a edificios adyacentes no está muy clara. El valor mediano del ruido interior suele ser superior al exterior, pero la varianza suele ser mucho mayor [2]. Los muros exteriores tienen sólo una incidencia limitada, pues la atenuación debida a los materiales de construcción en el campo cercano es limitada, por lo que en el campo lejano depende en gran medida de la distribución del campo interno.

Para el caso en que tanto la víctima como el interferente están en interiores, la Recomendación UIT-R P.372 contiene información limitada sobre el WGN artificial en interiores, aunque no llega a las frecuencias por debajo de 200 MHz, y la información que presenta sobre el nivel de ruido dentro de los edificios (residenciales u oficinas) también es muy limitada. Una campaña de medición realizada en España [2] revela que los niveles de ruido medianos en los edificios es muy superior a las predicciones de UIT-R P.372 (ciudad), por ejemplo, 30-35 dB a 1,9 MHz, aunque la varianza en torno a la mediana también es considerable. En la Recomendación UIT-R SM.2093 se reconoce que los niveles de ruido derivados de la versión en vigor de la Recomendación UIT-R P.372 tienen muy poco sentido en entornos interiores y están en curso los trabajos de revisión de UIT-R P.372 teniendo en cuenta más detalladamente el ruido artificial en interiores. Sin embargo, poco se sabe hasta la fecha, pues no se han documentado resultados de mediciones realizadas tras la publicación de la Recomendación UIT-R SM.2093.

Las conexiones DSL y las comunicaciones por líneas eléctricas son dos factores de ruido que no existían cuando se fijaron las rectas de regresión actuales de la Recomendación UIT-R P.372. Las emisiones de DSL que utilizan la OFDM representan ruido blanco gaussiano adicional para los receptores de servicios radioeléctricos. Las emisiones de las comunicaciones por líneas eléctricas también utilizan la OFDM, pero sólo están activas cuando se transmiten paquetes de datos, lo que hace que la interferencia se parezca mucho más al ruido impulsivo. Además, las comunicaciones por líneas eléctricas suelen estar consignadas a partes del espectro (por ejemplo, las bandas del servicio de aficionados o del servicio de radiodifusión), por lo que su contribución a los niveles existentes en estas bandas podría no ser significativa. Lo mismo ocurre con VDSL y Gfast.

Unas mediciones recientemente realizadas en Países Bajos [1], [3] indican que, en determinadas ubicaciones, el nivel de ruido real es unos 10 dB superior a lo indicado en la Recomendación UIT-R P.372. por otra parte, se tuvieron en cuenta explícitamente distancias realistas entre los

edificios, donde se ubican la mayoría de las fuentes de ruido, y los puntos de medición. Esa conclusión confirma los trabajos previos realizados por Iwama [4].

6 Estudio de la incidencia de la TIP por inducción sin haces radioeléctricos para dispositivos móviles y portátiles en el servicio de radiodifusión cuando los dispositivos de TIP utilizan las gamas de frecuencias 100-148,5 kHz y 315-405 kHz

La interferencia a la radiodifusión en amplitud modulada (AM) puede darse en entornos muy cerrados, por ejemplo interiores, y las pruebas de interferencia a la radiodifusión AM deben ser universales y no limitarse a los casos en que la interferencia tiene la menor incidencia.

En la Fig. 1 de la Recomendación UIT-R BS.560 se muestra que la mayor relación de e protección relativa es de unos 16 dB, lo que corresponde a desplazamientos en frecuencia de unos 1,6 kHz. Cuando el desplazamiento en frecuencia entre los armónicos y la señal de radiodifusión AM es de 1,6 kHz, la distancia de protección podrá ser mayor.

Si se puede escoger la frecuencia fundamental de la TIP sin haces radioeléctricos en la gama 315-405 kHz para que sea múltiplo de 9 kHz o 10 kHz, los armónicos coincidirán con la trama de frecuencias de radiodifusión, lo que podría ser una estrategia de reducción de la interferencia.

6.1 Estudio sobre radiodifusión en amplitud modulada 1 para dispositivos de TIP en la gama 100-148,5 kHz

El servicio de radiodifusión funciona en las siguientes gamas de frecuencias:

- Región 1: 148,5-283,5 kHz y 526,5-1 606,5 kHz;³
- Región 2: 525-1 625 kHz (con arreglo al número 5.89 del RR);⁴
- Región 3: 526,5-1 606,5 kHz.³

En las pruebas se utilizaron TIP por inducción sin haces radioeléctricos para dispositivos móviles y portátiles operativas en la gama de frecuencias 100-148,5 kHz. Las pruebas se llevaron a cabo en el canal de 810 kHz, esto es, el séptimo armónico de las TIP para dispositivos móviles y portátiles. El canal de 810 kHz es el canal más cercano que cumple los requisitos mínimos de intensidad de señal para la radiodifusión en amplitud modulada (AM) en los Estados Unidos de América.

6.1.1 Configuración de prueba

En este estudio se utilizaron datos recopilados a través de una serie de pruebas realizadas en una cámara de ensayos segura de 3 m. En dicha ocasión, se probaron ocho cargadores de dispositivos móviles por inducción disponibles en el mercado, para detectar interferencias en dos receptores de radio AM también disponibles en el mercado. Los casos de uso combinado comprendieron la utilización simultánea de cinco de los ocho cargadores de dispositivos móviles.

La intensidad de campo se puso a prueba con una antena en cuadro apantallado. Para las mediciones tanto del caso de uso individual, como del caso de uso combinado, se utilizaron dos radios AM. La Fig. 3 ilustra la configuración del caso de uso individual.

³ El servicio de radiodifusión está sujeto al Plan establecido en virtud del Acuerdo Regional de Ginebra de 1975, que le atribuye la banda 148,5-283,5 kHz en la Región y la banda 1 526,5-1 606,5 kHz en las Regiones 1 y 3 (Ginebra, 1975).

⁴ Número **5.89** del RR: en la Región 2, la utilización de la banda 1 605-1 705 kHz por las estaciones del servicio de radiodifusión está sujeta al Plan establecido por la Conferencia Administrativa Regional de Radiocomunicaciones (Río de Janeiro, 1988).

FIGURA 3 Configuración del laboratorio para el caso de uso individual

Informe SM.2449-03

6.1.2 Pruebas de audición subjetivas (uso individual y uso combinado)

En la presente sección se exponen los datos y resultados de las pruebas de audición subjetivas. La Fig. 4 muestra que el séptimo armónico de todos los cargadores inalámbricos se halla dentro de la gama de desplazamiento de frecuencias -4 kHz ~ +14,6 kHz. Para los casos de uso combinado, los cargadores inalámbricos se situaron a unos 0,6 m de distancia entre sí, en torno al receptor AM.



En los siguientes Cuadros y Figuras, se resumen los resultados de las pruebas relativas a la incidencia de cada cargador inalámbrico en ambos receptores de radiodifusión (AM1 y AM2). Las Figuras comprenden tres niveles de incidencia (véase el Cuadro 2) para evaluar el nivel de ruido audible que cada cargador inalámbrico generó en los receptores AM, con miras a determinar la mejor y la peor

interferencia audible, siendo el nivel 1 intolerable y el nivel 3 inaudible. El nivel de incidencia disminuye a medida que aumenta la distancia entre el cargador inalámbrico y el receptor AM.



FIGURA 5 Resumen de la prueba de audición subietiva del receptor AM



Resumen de la prueba de audición subjetiva del receptor AM2



CUADRO 4



Nivel de incidencia	Definición
1	Ruido intolerable
2	Ruido audible, pero tolerable
3	Ruido inaudible

En los Cuadros 5 y 6 se resumen los datos resultantes de los casos de uso individual con los receptores AM1 y AM2. Las dos columnas de la derecha muestran las distancias correspondientes a las Figuras 5 y 6 anteriores. Con respecto al AM1, si el cargador inalámbrico se sitúa a una distancia superior a 1,83 m, no causa interferencias audibles. En cuanto al AM2, si el cargador inalámbrico se sitúa a una distancia superior a 1,8 m, se eliminan las interferencias audibles.

Resumen de la prueba de audición subjetiva con un único dispositivo y el receptor AM1

(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)
Tipo de cargador inalám- brico	Intensidad de campo del 7° armónico (dBµA/m) a 3 m	Intensidad de campo del 7° armónico (dBµA/m) a 10 m	Intensidad de la señal de radio AM (dBμA/m) (canal de 810 kHz) (señal deseada)	Intensidad de campo del séptimo armónico (dBµA/m) en el límite entre los niveles 2 y 3	Relación señal deseada/ interferencia: <i>C/I</i> (dB) Nota 2	Límite entre los niveles 1 y 2 (m)	Límite entre los niveles 2 y 3 (m)
				Nota 1			
TIP1	-22,06	-53,36	2,85	11,1	-8,25	0,3	0,84
TIP2	-27,11	-58,41	2,85	3,7	-0,85	0,44	0,92
TIP3	-12,65	-43,95	2,85	11,9	-9,05	0,61	1,17
TIP4	-29,74	-61,04	2,85	1,6	1,25	0,51	1,02
TIP5	-16,02	-47,32	2,85	14,78	-11,93	0,51	0,92
TIP6	-28,8	-60,1	2,85	15,9	18,75	0,82	1,83
TIP7	-7,04	-38,34	2,85	3,7	-0,85	0,46	0,92
TIP8	-29,88	-61,18	2,85	3,7	-0,85	0,36	0,92

NOTA 1 – Nivel de emisión calculado en el límite entre la degradación subjetiva de nivel 2 y de nivel 3 basada en la atenuación en el campo cercano, δ . La fórmula es $\delta = 60 \log (d1/d2)$, donde d1 es 3 m, d2 es el límite entre los niveles 2 y 3 indicado (columna (h)) y δ es el factor de ajuste en dB para compensar la diferencia en la distancia de medición. Este factor de ajuste se añade al nivel de emisión de la columna (b).

NOTA 2 - Los números en negrita indican que la señal interferente es superior a la señal de radiodifusión deseada.

CUADRO 6

Resumen de la prueba de audición subjetiva con un único dispositivo y el receptor AM2

(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)
Tipo de cargador inalám- brico	Intensidad de campo del 7° armónico (dBµA/m) a 3 m	Intensidad de campo del 7° armónico (dBµA/m) a 10 m	Intensidad de la señal de radio AM (dBµV/m) (canal de 810 kHz) (señal deseada)	Intensidad de campo del séptimo armónico (dBµA/m) en el límite entre los niveles 2 y 3 Nota 1	Relación señal deseada/ interferencia: C/I (dB) Nota 2	Límite entre los niveles 1 y 2 (m)	Límite entre los niveles 2 y 3 (m)
TIP1	-22,06	-53,36	2,66	-2,2	4,86	0,84	1,4
TIP2	-27,11	-58,41	2,66	-19	21,66	1,1	2,2
TIP3	-12,65	-43,95	2,66	0,66	2	0,95	1,8
TIP4	-29,74	-61,04	2,66	-1,1	3,76	0,6	1
TIP5	-16,02	-47,32	2,66	15,35	-12,69	0,65	0,9
TIP6	-28,8	-60,1	2,66	-15,5	5418.16	1	1,8
TIP7	-7,04	-38,34	2,66	11,0	-8,34	1	1,5
TIP8	-29,88	-61,18	2,66	15,1	-12,44	0,67	1,7

NOTA 1 – Nivel de emisión calculado en el límite entre la degradación subjetiva de nivel 2 y de nivel 3 basada en la atenuación en el campo cercano, δ . La fórmula es $\delta = 60 \log (d1/d2)$, donde d1 es 3 m, d2 es el límite entre los niveles 2 y 3 indicado (columna (h)) y δ es el factor de ajuste en dB para compensar la diferencia en la distancia de medición. Este factor de ajuste se añade al nivel de emisión de la columna (b).

NOTA 2 - Los números en negrita indican que la señal interferente es superior a la señal de radiodifusión deseada.

Los Cuadros 7 y 8 muestran los resultados de las pruebas de uso combinado. Los cinco cargadores inalámbricos utilizados en esta prueba se situaron a unos 0,6 m de distancia entre sí, en torno al receptor AM. En el caso del AM1, los resultados de estas pruebas muestran que, si los cinco cargadores inalámbricos se sitúan a una distancia superior a 2,2 m, no causan interferencias audibles. En cuanto al AM2, si los cinco cargadores inalámbricos si sitúan a más de 2,3 m, no causan interferencias audibles al receptor.

CUADRO 7

Resumen de la prueba de audición subjetiva con varios dispositivos y el receptor AM1

(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)
Tipo de cargador inalámbrico	Intensidad de campo del 7º armónico (dBµA/m) a 3 m	Intensidad de campo del 7º armónico (dBµA/m) a 10 m	Intensidad de la señal de radio AM (dBµV/m) (canal de 810 kHz) (señal deseada)	Intensidad de campo del séptimo armónico (dBµA/m) en el límite entre los niveles 2 y 3 Nota 1	Límite entre los niveles 1 y 2 (m)	Límite entre los niveles 2 y 3 (m)
TIP1	-12,65	-43,95	2,66	-4,5		
TIP2	-29,74	-61,04	2,66	-21,6		
TIP3	-28,8	-60,1	2,66	-20	1,2	2,2
TIP4	-7,04	-38,34	2,66	+1,8		
TIP5	-29,88	-61,18	2,66	-21,9		

CUADRO 8

Resumen de la prueba de audición subjetiva con varios dispositivos y el receptor AM2

(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)
Tipo de cargador inalámbrico	Intensidad de campo del 7º armónico (dBµA/m) a 3 m	Intensidad de campo del 7º armónico (dBµA/m) a 10 m	Intensidad de la señal de radio AM (dBµV/m) (canal de 810 kHz) (señal deseada)	Intensidad de campo del séptimo armónico (dBµA/m) en el límite entre los niveles 2 y 3 Nota 1	Límite entre los niveles 1 y 2 (m)	Límite entre los niveles 2 y 3 (m)
TIP1	-12,65	-43,95	2,66	-5,7		
TIP2	-29,74	-61,04	2,66	-22,84		
TIP3	-28,8	-60,1	2,66	-21,9	1,1	2,3
TIP4	-7,04	-38,34	2,66	-0,15		
TIP5	-29,88	-61,18	2,66	-23,0		

Las distancias límite observadas sugieren la presencia de un factor de reducción, pues la señal interferente medida, al recalcularla en el punto donde se hicieron las pruebas de escucha, supera la señal deseada en algunos casos. Los resultados de este estudio deben considerarse con precaución. Es necesario realizar más estudios para explicar las conclusiones.

Posible explicación:

Los resultados de los Cuadros 7 y 8 sugieren que el receptor es mucho menos sensible a la interferencia entrante de lo que cabría esperar. Hay una serie de razones que podrían explicarlo, pero la principal es el grado de acoplamiento entre el incidente causado y las antenas receptoras.

Casi todos los receptores radioeléctricos portátiles utilizan antenas de varilla de ferrita sensibles al magnetismo para la recepción de la radiodifusión en ondas kilométricas y hectométricas y AM. Esos receptores poseerán también una antena una antena de látigo telescópica eléctricamente sensible, pero para la recepción en frecuencias superiores (ondas decamétricas y métricas (FM)). La antena de ferrita suele estar montada en horizontal dentro del receptor, como se muestra en la Fig. 1. Como se ha dicho, las antenas de ferrita son sensibles a los campos magnéticos, siendo máxima la sensibilidad cuando las líneas del flujo magnético son paralelas al eje de la varilla de ferrita. Las antenas de ferrita son direccionales a causa de su geometría, con una sensibilidad nula estricta cuando su extremo apunta en sentido de la señal entrante. Es habitual que los usuarios orienten el receptor de manera que la señal entrante haga ángulo recto con la varilla de ferrita para mejorar la sensibilidad y, por tanto, la calidad de la señal. En la Fig. 7 puede verse una topología donde se minimiza el potencial interferente de una bobina de carga TIP. Como se observa, es una topología muy semejante a la de la Fig. 3. La bobina de carga está en horizontal, el receptor está orientado de tal manera que el cargador TIP se encuentra en el sentido de sensibilidad mínima y las líneas del flujo magnético son ortogonales con respecto a la antena de ferrita. En esta configuración el efecto del interferente se ve notablemente reducido.



Al girar el receptor 90° en sentido horizontal y la bobina de carga 90° en sentido vertical, como se ve en la Fig. 8, se aumentarán notablemente el acoplamiento magnético y, por tanto, el nivel de interferencia. De hecho, ambos alcanzarán su nivel máximo. La orientación del flujo magnético dentro del receptor será paralela al eje de la antena de ferrita.



Informe SM.2449-08

Al poder mover y rotar tanto la bobina de carga como el receptor en un espacio tridimensional, es posible que el acoplamiento magnético entre la bobina y el receptor adopte cualquier valor entre el máximo y, potencialmente, un valor nulo.

6.1.3 Cuantificación de la intensidad de campo abierto para la TIP para dispositivos móviles y portátiles y receptores AM

La Fig. 9 ilustra la configuración del ancho de banda para la medición de armónicos de TIP y la justificación visual para el uso de un ancho de banda de 10 Hz. Según se indica en la Figura, la diferencia entre el ancho de banda de 10 Hz y el ancho de banda de 10 kHz es de tan solo de 1 dB, no obstante, reduce drásticamente el umbral mínimo de ruido. Además, el ancho de banda de 10 Hz se ajusta mejor a las características de la señal de TIP. La señal de TIP es similar a una onda sinusoidal y, por tanto, guarda escasa relación con el ancho de banda. El cambio a 10 Hz también facilitó la comprensión de los elementos necesarios para las mediciones.



FIGURA 9 Justificación del ancho de banda

La configuración del ancho de banda de la señal del receptor AM se muestra en la Fig. 10. Habida cuenta de la diferencia de 1 dB, se decidió utilizar también un ancho de banda de 10 Hz para los receptores AM.

FIGURA 10

Configuración del ancho de banda del receptor AM





FIGURA 11 Medición de la intensidad de campo del 7º armónico a 3 m



FIGURA 12 Intensidad de la señal de radio AM, 54,16 dBµV/m (0,5 mV/m = 54 dBµV/m)

6.1.4 Resumen de los resultados de las pruebas

De acuerdo con los resultados de las pruebas que se resumen en el Cuadro 9, una distancia de 2,3 m constituye el mínimo indispensable para evitar que el séptimo armónico de los cargadores por inducción objeto de estudio cause interferencias audibles a los receptores de radiodifusión AM. Al tratarse de dispositivos móviles que suelen utilizarse en oficinas y hogares, dicha distancia es factible y, en consecuencia, el estudio considera que la incidencia en los servicios de radiodifusión es insignificante.

CUADRO 9

Resumen del experimento

Receptores de radio AM	Intensidad simple de radio AM (dBµV/m) (Objetivo: 500 µV/m, 54 dBµV/m)	Incidencia simple en el peor caso, 8 cargadores inalámbricos probados por separado	Incidencia combinada en el peor caso, 5 dispositivos de TIP operativos simultáneamente, con una separación de 0,6 m
AM1	54,35	<0,82 m, ruido intolerable >1,83 m, ruido inaudible	<1,2 m, ruido intolerable >2,2 m, ruido inaudible
AM2	54,16	<1,1 m, ruido intolerable >2,2 m, ruido inaudible	<1,1 m, ruido intolerable >2,3 m, ruido inaudible

Estos resultados sugieren la presencia de un factor de reducción, pues la señal interferente medida, al recalcularla en el punto donde se hicieron las pruebas de escucha, supera la señal deseada en algunos casos. Los resultados de este estudio deben considerarse con precaución. Es necesario realizar más estudios para explicar las conclusiones.

6.2 Estudio sobre radiodifusión en amplitud modulada 2 para dispositivos de TIP en la gama 100-148,5 kHz

6.2.1 Observaciones generales

Se llevaron a cabo algunas pruebas predominantemente subjetivas, utilizando un cargador de teléfono completamente anónimo, un simulador de teléfono móvil como carga ficticia y un teléfono inteligente.

Desde el primer momento, no cabía duda de que la repetibilidad iba a ser un problema importante. Además, resultaba bastante difícil explicar lo que se veía. Lo que emitía el cargador dependía básicamente de la posición exacta de la carga (o del teléfono) sobre el propio cargador, su ubicación exacta en relación con el receptor y su orientación. La alteración de estos parámetros entrañó la modificación tanto de la frecuencia de funcionamiento, como de la naturaleza de la interferencia. En general, la «emisión» parecía ser una onda cuadrada (aparentemente) pulsada y filtrada, a una frecuencia que variaba incluso cuando la carga se mantenía firme en un lugar concreto con respecto al cargador. Es más, en algunos de los momentos en que no se registró ningún armónico dentro del «canal» al que estaba sintonizado el receptor⁵, se oyeron⁶ importantes transitorios de conmutación (al ritmo de repetición de la pulsación) a lo largo de la banda de ondas hectométricas. Además de depender en cierta medida de la posición exacta del cargador en relación con el receptor, el efecto general varió notablemente en función de la (supuesta) polarización relativa del cargador; el efecto de la interferencia podía eliminarse en cierta medida con una alineación precisa. Si bien los efectos de la posición y la polarización fueron los previstos, se dieron casos distintos que resultaron difíciles de explicar. De la variabilidad e inestabilidad general del conjunto se infirió la dificultad de realizar mediciones significativas.

La calidad de funcionamiento del cargador a la hora de cargar el teléfono difirió bastante de la registrada con la carga ficticia. A ese respecto, tampoco quedaba claro el grado en que las variaciones podían depender del nivel de batería del teléfono. De hecho, el teléfono estaba casi completamente cargado.

Al retirar el teléfono del cargador, el dispositivo pasó a un estado «sin carga» y empezó a emitir un impulso de radiación intermitente y bastante frecuente –como si preguntase a todos los teléfonos móviles que pudieran hallarse sobre el cargador, o cerca de él, si «estaban ahí»– para iniciar la secuencia de carga. Incluso en los casos en que no se estaba cargando ningún teléfono, estas ráfagas pudieron oírse claramente en el receptor cercano.

De una evaluación subjetiva se coligió que, con la combinación de la bobina de carga y una señal entrante deseada y generada artificialmente⁷ de +18,5 dB μ A/m (equivalente a 70 dB μ V/m, esto es, 10 dB por encima del nivel mínimo de sensibilidad del receptor prescrito en la Recomendación UIT R BS.703), el efecto de la interferencia con una separación de 2 m podía oscilar de relativamente inaudible a extremadamente molesto en función de la orientación y/o la posición precisa del cargador. Este dato contradice en gran medida los resultados de los Cuadros 5 y 6 del presente Informe, que

⁵ Una ligera modificación de la posición de la carga con respecto al cargador podía provocar el paso del armónico a un canal adyacente o incluso a uno más alejado.

⁶ De nuevo, en función de la posición de la carga y la orientación.

⁷ Las pruebas se llevaron a cabo en una sala apantallada.

sugieren que, con todos los cargadores probados, el efecto resulta inaudible cuando la separación es de al menos 2 m (a veces mucho menos) y la señal entrante (deseada) es 16 dB más baja.

6.2.2 Disposición de las pruebas

Las pruebas se realizaron en una sala apantallada de poco menos de 4 m de longitud, lo que impuso ciertas limitaciones a las pruebas factibles, entre las que cabe destacar que la máxima separación posible entre el receptor y el cargador fue de 2 m. La disposición física se muestra en las Figs. 13 y 14.

FIGURA 13 Configuración de la prueba (esquemática) Pared Pared Antena de espira Dispositivo Qi

FIGURA 14 Configuración de la prueba (fotográfica)



La antena de ferrita del receptor y el cargador se dispusieron en el eje perpendicular de la antena de espira. Para las pruebas, el receptor se situó a 0,5 m de la pared, la antena de espira a 1,0 m y el cargador a 1,2 m.

La antena de espira se utilizó para generar una señal de radiodifusión simulada. La simulación de la señal de radiodifusión de esta forma ofrecía ventajas con respecto a una señal aérea.

El nivel de la señal en el receptor podía controlarse con precisión.

El hecho de que la frecuencia de funcionamiento pudiera controlarse con precisión permitió no solo adaptar la frecuencia de sintonización del receptor al cargador, sino también investigar diferentes armónicos del cargador, que afectaban a diferentes frecuencias portadoras (y diferentes canales de radiodifusión).

NOTA - El receptor podía ser/fue «sintonizado» con respecto al cargador y no al revés.

Las mismas muestras de audio (voz y música) pudieron utilizarse para todas las pruebas, eliminando así una posible fuente de incertidumbre.

La capacidad de controlar el nivel de señal en el receptor también permitió simular el efecto que tenía la acción de acercar y alejar el cargador del receptor, sin necesidad de moverlo físicamente. Como ya se ha explicado, las dimensiones de la sala apantallada limitaban notablemente la separación que podía lograrse en la práctica. El efecto de la reflexión en la pared se consideró y tuvo en cuenta cuando fue necesario (véase el § 6.2.6.1). Dada la relación entre la intensidad de campo y la distancia en virtud de la ley del cubo inverso, un aumento del nivel de la señal deseada (de radiodifusión) de 18 dB resultó en una duplicación de la distancia de separación entre el receptor y el cargador. Evidentemente, el receptor funcionaba con una señal 18 dB más fuerte y, para mantener una adecuada relación señal-ruido en este último, hubo que añadirle 18 dB más de ruido de RF. Esto se logró fácilmente añadiendo ruido a la señal deseada en la antena de espira⁸. De esta forma, se logró ajustar la distancia efectiva entre el receptor y el cargador a cualquier valor deseado⁹ y medir la reducción del efecto de la interferencia con la distancia de separación.

El ángulo del cargador se ajustó para tener el máximo efecto (hipótesis más desfavorable) en el receptor y provocar el máximo acoplamiento a las bobinas exploradoras. El mínimo acoplamiento del cargador al receptor – con interferencias casi inaudibles en muchos casos – se produjo con la combinación de la carga y el cargador inclinada unos 10° con respecto al plano horizontal y la carga alejada del receptor. La geometría de la situación sugeriría que el mínimo acoplamiento se produciría con la bobina del cargador en posición horizontal, puesto que el campo de interferencia coincidiría con el nivel mínimo de sensibilidad de la antena de ferrita (ángulo recto con la máxima sensibilidad). En la práctica, la orientación necesaria para lograr el mínimo nivel de sensibilidad dependió de la posición exacta de la carga sobre el cargador. Obviamente, también dependió del desplazamiento vertical y lateral del cargador con respecto al eje de la antena de ferrita. El nivel mínimo de sensibilidad era nítido y claramente diferenciado, mientras que el nivel máximo estaba menos definido. La respuesta polar de «cos θ» de la bobina de carga dio lugar a un nulo pronunciado en el nivel mínimo y a un valor constante más amplio en el máximo.

6.2.3 Mediciones de la calidad de funcionamiento del receptor

Las «características de los receptores de referencia de radiodifusión sonora con modulación de amplitud para fines de planificación» se detallan en la Recomendación UIT-R BS.703. En este caso, los parámetros pertinentes son:

_	respuesta de modulación de audio (frecuencia)	-3 dB a 2 kHz;	-24 dB a 5 kHz
_	relación S/N en audio con una intensidad		
	de campo de 60 dB dBµV/m	26 dB no pondera	ados con modulación
		del 30%.	

Se utilizaron dos receptores portátiles, el Receptor 1 y el Receptor 2, que se sometieron a una serie de mediciones para determinar su conformidad con el receptor de referencia. El Receptor 1 era de los años 80 y disponía de un pulsador de sintonización y una estructura de madera. El Receptor 2 era más moderno y, si bien no resultaba caro, su calidad de funcionamiento era razonable. Los resultados se presentan en las Figuras 15 y 16 (nótese el efecto de los controles de tonalidad).

⁸ En la práctica, se generó un ruido pseudoaleatorio, que se añadió a la señal de audio en el PC.

⁹ Hasta el punto en que la entrada de radiofrecuencia del receptor se sobrecargó debido a la excesiva fuerza de la señal.



El control de tonalidad en el Receptor 1 arroja resultados bastante particulares. Esta medida parece tener un efecto mayor en el nivel general que en la respuesta de los agudos, que viene (presumiblemente) determinada en gran medida por los filtros de frecuencia intermedia (FI). A efectos de las pruebas de interferencia, el control hubo de ajustarse al máximo, para mantener la respuesta aproximadamente a 2 kHz. La respuesta a 5 kHz era menos importante, ya que la fuente de interferencia se situó deliberadamente a unos 2 kHz de distancia de la portadora deseada para representar la hipótesis más desfavorable.



El control de tonalidad (conmutación) tiene un efecto realmente drástico. Huelga señalar que todas las pruebas tuvieron que llevarse a cabo con el conmutador en posición «alto» –no existen opciones intermedias entre «alto» y «bajo»–, donde la respuesta de modulación se asemeja considerablemente a la del receptor de referencia de la Recomendación UIT-R BS.703.

Los niveles de ruido de audio se midieron en función de la intensidad de campo y se ilustran en la Fig. 17.

FIGURA 17



Los niveles de ruido se representan en relación con una profundidad de modulación AM del 30%, conforme a lo estipulado en la Recomendación UIT-R BS.703 (un «ruido de audio» del orden de -30 dB se corresponde con una relación *S/N* de 30 dB). En teoría, cabría esperar que la relación *S/N* aumentara dB por dB con la señal deseada, de acuerdo con la línea discontinua. En la práctica, el «ruido de fondo» (en las últimas etapas del receptor) aporta un límite superior, mientras que, con unos niveles de señal bajos, el control automático de ganancia excede la gama prevista. Con una intensidad de señal de 60 dBµV/m, la calidad de funcionamiento del Receptor 1 parece superar las expectativas. No obstante, ello llama a engaño, dado que el nivel de la señal deseada disminuye junto con el ruido.

Por consiguiente, el Receptor 2 parece ser más apto para las pruebas, por ajustarse mejor al receptor de referencia de la Recomendación UIT-R BS.703. El hecho de que se mantenga unos 5 dB por debajo de la correspondiente relación *S/N* de audio no representa un problema significativo, porque la aplicación de grandes distancias no resulta factible cuando se evalúan los efectos de las interferencias. En este caso, se han utilizado distancias de separación más reducidas e intensidades de campo de referencia más elevadas, según se indica en el § 6.2.6.1.

Obsérvese que la frecuencia portadora elegida para las pruebas fue un «patrón» de 999 kHz. Si se utiliza otra frecuencia, es probable que el nivel de sensibilidad del receptor varíe.

6.2.4 Niveles de emisión del cargador

Se midieron los niveles de emisión del cargador. Los resultados coinciden en líneas generales con los de los Cuadros 5 a 8 del presente Informe.

A tal efecto, se utilizó un detector «casero», compuesto por un cable enrollado en diez vueltas alrededor de un corto fragmento de tubo. El diámetro de la bobina fue de 68 mm. Junto con la bobina del detector se utilizó un amplificador de bajo ruido (con un valor nominal) de 30 dB.

FIGURA 18

Detector casero (izquierda) y cargador Qi® (con carga)



A una distancia de 1 m, el nivel medido en el analizador de espectro fue de -34 dBm. Como la ganancia del preamplificador fue de 29 dB (medidos), la emisión de la bobina fue de -63 dBm. 0 dBm equivale a 224 mV y, en consecuencia, -63 dBm equivale a 0,159 mV.¹⁰

Un campo magnético *H* que pasa a través de una bobina de la zona *A* y de un número de vueltas *N* genera un campo electromagnético (CEM) *E* de μ_0 *HA N* ω , siendo μ_0 la permeabilidad del espacio libre (definida como $4\pi \times 10^{-7}$) y ω la frecuencia angular. Estos datos también pueden expresarse como sigue:

$$H = E / \mu_0 A N \omega \tag{1}$$

En cifras:

Por tanto: H = 0,0048 A/m, a una distancia de 1 metro.

Ello equivale a 73,6 dB μ A/m (o 125,1 dB μ V/m para el campo eléctrico equivalente en el espacio libre). A 300 m, lo anterior se reduciría por 60 log 300 dB, o 148,6 dB, para dar -23,5 dB μ V/m. En el § 5.1 se proporciona una cifra de -15 dB μ V/m, lo que resulta razonable dadas las diversas incertidumbres.

 $H = 0.159 \times 10^{-3} / \{(4\pi \times 10^{-7}) \times (\pi \times 0.034^2) \times 10 \times (2\pi \times 115 \times 10^3)\}$

6.2.5 Niveles de emisión de armónicos del cargador

Los trabajos descritos hasta ahora para el Estudio 2 sólo atañen a dos dispositivos. Puede haber diferencias entre los modelos disponibles en el mercado, por lo que se evaluó toda una gama de dispositivos.

24

¹⁰ Estrictamente, el decibelio-milivatio (dBm) es la unidad de potencia de un sistema de impedancia constante. En este caso, la bobina suministra una tensión con una alta impedancia.

El método de prueba era muy simple. El dispositivo Qi en cuestión se situaba en un banco y recibía de la alimentación eléctrica del banco +5 voltios. Llevaba una carga Qi ficticia como la que se muestra en la Fig. 18, configurada para absorber 2 vatios (su máximo previsto). Se colocó una bobina exploradora con tres vueltas 300 mm directamente encima del dispositivo Qi y se conectó la salida a un analizador de espectro.

Se configuró el analizador de espectro para hacer barridos entre 0 y 2 MHz y se utilizó el marcador para leer los niveles de los primeros 13 armónicos – sólo los impares, pues generalmente los pares tienen un nivel muy inferior.

Se sustituyó el dispositivo Qi por una bobina plana orientada por un tono de 1 MHz. La bobina era similar a la utilizada en los dispositivos Qi y su campo magnético se calculó con facilidad. Se comparó la salida de la bobina exploradora con el nivel calculado para garantizar la coherencia entre los resultados medidos y previstos.



A continuación se muestra la proyección de los resultados, normalizados a una distancia de 1 metro.

FIGURA 20 Niveles de los armónicos de los dispositivos probados



En general, el nivel del armónico n para cada dispositivo obedece a la ley (1/n) prevista. (las líneas proyectadas son paralelas a la línea «Sim» ideal). Esto confirma que el circuito sintonizado responde a una onda cuadrada. Como se señala en la Sección 4, la relación 1/n no se aplica al componente fundamental, pues el circuito sintonizado que lleva integrado el inductor de acoplamiento se acerca entonces a la resonancia.

Dado que en la simulación no se tiene en cuenta ningún factor de reducción de la interferencia, como una eventual pantalla magnética, no es sorprendente que las emisiones de los dispositivos reales sean algo inferiores. La calidad de funcionamiento del Dispositivo 5 es unos 25 dB mejor que la simulación.

6.2.6 Evaluación de los niveles de interferencia

Los efectos de la interferencia causada por la combinación cargador/carga se midieron de forma tanto objetiva como subjetiva en la salida de audio del receptor, utilizando la configuración mostrada en la Fig. 21.

FIGURA 21



El esquema se explica prácticamente por sí solo. El material del programa, que se almacenó en un PC como archivo.wav, fue el mismo que se utilizó para las pruebas de TIP anteriores¹¹ (proporcionado por los estudios de Radio 5 de la BBC y comprimido como si fuera a ser transmitido). Este se reprodujo con un CAD «de referencia» de alta calidad y se utilizó para modular un generador de RF. A continuación, el generador de RF activó la antena de espira de prueba. Por convención, la espira se situó a 600 mm del elemento puesto a prueba (la radio), por lo que el campo eléctrico equivalente en V/m fue en términos numéricos igual a 1/10 del CEM de la fuente del generador en V¹². Finalmente, las emisiones de la radio, junto con la interferencia, se convirtieron a un formato digital y se almacenaron en el PC como archivos .wav.

Además, se utilizó el programa informático Audacity para añadir un ruido pseudoaleatorio al material del programa, lo que resultó útil para lograr que la relación S/N de audio del receptor se estableciera en el valor de referencia de 26 dB en relación con una profundidad de modulación AM del 30%, independientemente de la intensidad de campo real¹³. Al realizar pruebas subjetivas de interferencia, el efecto de enmascaramiento de cualesquiera ruidos de fondo es obviamente un factor importante.

Por último, se efectuaron comprobaciones de seguridad en la calibración del sistema. El generador se fijó en -3 dBm, para un CEM origen de 317 mV y una intensidad de campo nominal de 31,7 mV/m (90 dBµV/m). La intensidad de campo magnético debía ser entonces de 31,7/377 mA/m, o 38,5 dBµA/m. La bobina exploradora con 4 vueltas volvió a utilizarse para medir la intensidad de campo real y dio una lectura de -92 dBm en el analizador de espectro.

Recordando la ecuación (1) anterior:

$$H = E / \mu_0 A N \omega$$

n cifras:
$$H = (5,63 \times 2 \times 10^{-6}) / \{ (4\pi \times 10^{-7}) \times (\pi \times 0,034^2) \times 4 \times (2\pi \times 999 \times 10^3) \}$$

En

¹¹ Por ejemplo, como se describe en el Libro Blanco de la BBC WHP 322

 $^{1^2}$ En este caso, no se debe inferir que la espira genera un campo eléctrico; de hecho, la espira está apantallada para evitar que eso ocurra. El campo eléctrico equivalente se calcula utilizando la relación estándar de campo lejano $E/H = 377 \Omega$.

¹³ Suponiendo que la intensidad de campo baste para exceder la relación *S/N* de audio de referencia.

siendo $5,63 \times 10^{-6}$ equivalente a -92 dBm en voltios y el 2 destacado la terminación.

$$H = 9,818 \times 10^{-5} \text{ A/m}, \text{ o } 39,8 \text{ dB}\mu\text{A/m}$$

Estos valores se ajustan razonablemente a la intensidad de campo nominal.

6.2.6.1 Multiplicación de la distancia y efecto de la sala apantallada

Como ya se ha mencionado anteriormente, el aumento de los niveles de la señal «deseada» en el receptor afectado podría facilitar la evaluación de la interferencia causada por un dispositivo a distancias superiores a las factibles en la sala apantallada. Suponiendo que el receptor de referencia funcionase a 60 dB μ V/m y que el cargador interferente se hallase a 2 metros de distancia, según la ley del cubo inverso, la interferencia aumentaría en 18 dB si la distancia se redujera a la mitad, es decir, a 1 metro. De ello se deduce que el efecto en la salida del receptor sería exactamente el mismo si la señal deseada también se incrementara en 18 dB. En este caso, se aplican dos condiciones: en primer lugar, cualquier ruido generado en cualquier parte del sistema debe mantenerse al mismo nivel (-26 dBu, con modulación AM del 30%); en segundo lugar, el control automático de ganancia en el receptor debe mantener el nivel de salida (deseado) suficientemente constante.

En el Cuadro 10 se muestran los niveles adecuados del generador de señal para los factores de multiplicación 1 a 4. En caso, se asume el uso de una antena de espira, situada a 600 mm de distancia del receptor afectado.

CUADRO 10

Niveles del generador para determinados factores de multiplicación

Nivel del generador (dBm)	-33	-15	-4,4	+3	Con un factor 4, una fuente interferente
Factor de multiplicación	1	2	3	4	que una situada a 2,4 m.

Las distancias factibles en la sala apantallada son más limitadas de lo que cabría esperar, debido a que la habitación está hecha de metal y el metal se comporta como un reflector casi perfecto. A pesar de tener casi 4 metros de largo, la fuente de interferencia debe mantenerse a 1,2 metros del receptor, aproximadamente. La Fig. 22 ilustra esta situación.



Tal y como se midió en la radio, los valores de intensidad de campo normalizados para el dispositivo Qi® y su reflexión son $1/(d_2 - d_1)^3$ y $1/(d_2 + d_1)^3$, respectivamente. Para obtener la intensidad de campo resultante, es necesario restar la señal reflejada a la señal directa:¹⁴

Intensidad de campo resultante

$$1 / (d_2 - d_1)^3 - 1 / (d_2 + d_1)^3$$

Relación entre la intensidad de campo resultante y la directa

 $\{1 / (d_2 - d_1)^3 - 1 / (d_2 + d_1)^3\} / 1 / (d_2 - d_1)^3$ = 1 - {(d_2 - d_1) / (d_2 + d_1)}³

La aplicación de distancias reales ($d_1 = 0,5$ m, y $d_2 = 1,2$ m) permite obtener una relación de 0,93 (error de 0,6 dB). En este caso, el efecto es demasiado limitado para considerarse grave y puede corregirse reduciendo ligeramente d_2 . Sin embargo, el error aumenta rápidamente a medida que d_2 se amplía.

6.2.6.2 Muestras de audio

Se realizaron diversas grabaciones preliminares, con 30 segundos de voz y 30 segundos de música «transmitidos» a la radio portátil. El material fue el mismo que en las pruebas anteriores de TIP, y se obtuvo del clip «Jerusalén» de Radio 5. Este último se había procesado para su distribución a las estaciones de transmisión en ondas hectométricas de Radio 5.

A continuación figuran las grabaciones realizadas hasta la fecha, con algunos comentarios. En todos los casos, se seleccionó el séptimo armónico de la fuente de interferencia. En general, la frecuencia utilizada osciló en torno a 1 MHz, pero también varió.

CUADRO 11

Las grabaciones

Identificador	Descripción breve	Observaciones
as_clean	Voz, sin más degradación que el ruido	El ruido de fondo es audible pero no
	del sistema a -26 dBu	objetable
bs_wp0_12_2-4_onc	Mismas circunstancias, a las que se	La interferencia a 2,4 metros de
	añade la interferencia dentro del canal de	distancia efectiva es muy molesta
	la plataforma de carga genérica	
cs_wp0_12_2-4_offc	Mismas circunstancias, pero con la	En condiciones normales, es probable
	interferencia fuera del canal	que la interferencia no se perciba
ds_wp0_12_2-4_idle	Mismas circunstancias, pero con la carga	En condiciones normales, es probable
	retirada de la plataforma genérica	que la interferencia no se perciba
em_clean	Música, sin más degradación que el	El ruido de fondo es audible pero no
	ruido del sistema a –26 dBu	objetable
fm_wp0_12_2-4_onc	Mismas circunstancias, a las que se	La interferencia a 2,4 metros de
	añade la interferencia dentro del canal	distancia efectiva es muy molesta
	de la plataforma de carga genérica	
gm_wp0_12_2-4_offc	Mismas circunstancias, pero con la	En condiciones normales, es probable
	interferencia fuera del canal	que la interferencia no se perciba
hm_wp0_12_2-4_idle	Mismas circunstancias, pero con la carga	En condiciones normales, es probable
	retirada de la plataforma genérica	que la interferencia no se perciba
is_wp7_s7_2-4_onc	Un teléfono inteligente genera	Resultados casi análogos a los de la
	interferencias dentro del canal a la «voz»	plataforma de carga genérica
jm_wp7_s7_2-4_onc	Mismas circunstancias, con un programa	Ídem
	de «música»	

¹⁴ Por otra parte, podría ser más fácil pensar en términos de cargas eléctricas. La tensión debe ser cero en la pared (que está puesta a tierra), lo que puede lograrse únicamente si las cargas reales e imaginarias son iguales y opuestas, y equidistantes de la pared.

Resultó difícil obtener resultados coherentes, puesto que la interferencia podía saltar a un canal diferente sin previo aviso. Incluso en condiciones estables, podía cambiar entre dos frecuencias fijas, de las cuales solo una estaría sintonizada en la radio. La frecuencia de conmutación era de aproximadamente una por segundo, lo que dio lugar a una «firma» audible y fácilmente identificable. En condiciones normales, la interferencia fuera del canal era casi inaudible, pero todo dependía de lo alejada del canal que estuviera.

La falta de sutileza de estos efectos hace que la escala de degradación de 5 puntos de la UIT sea casi innecesaria: la interferencia es o bien abrumadora, o bien inaudible.

6.2.7 Cargador TIP en modo reposo

En los estudios anteriores se asume en todos los casos que el dispositivo está activo, lo que puede parecer razonable, aunque en la práctica es posible dejar el dispositivo encendido cuando no se está utilizando. En tales condiciones, emite una señal periódica o «ping». Para analizar este caso se repitieron las pruebas anteriores, pero sin la carga ficticia. La otra única diferencia era que se acercó la bobina exploradora a 175 mm a fin de incrementar el nivel de la señal presentada al analizador de espectro. También se escuchó la interferencia en una radio portátil.

Descargados, todos los dispositivos emiten ráfagas periódicas con una frecuencia fundamental de 175 kHz. La tasa de repetición osciló entre 0,5 y 4 veces por segundo. Se vio que esta señal sólo causaba graves interferencias radioeléctricas a causa de los armónicos, pues la banda estaba bastante «silenciosa» en los espacios entre los armónicos. En la Fig. 23 se muestra un gráfico del espectro típico, realizado utilizando la función «mantenimiento de cresta» del analizador de espectro de manera que el contenido de la banda lateral podía aumentar con el tiempo y los armónicos aparecían «limpios» en la instantánea. El intervalo es 0-2 MHz y la escala vertical son divisiones de 10 dB. Cabe señalar que la bobina exploradora tiene una respuesta proporcional a la frecuencia.



FIGURA 23 Espectro típico (del dispositivo 2)

Una interpretación del espectro es que el dispositivo pasa la mayoría del tiempo a 175 kHz, pero momentáneamente intenta 100 kHz (su frecuencia operativa normal). El efecto audible en un receptor AM es un «doble golpe», correspondiente al inicio y el final de la ráfaga. Se trata del resultado previsto: los cambios súbitos en el nivel de la portadora dan lugar a transitorios de baja frecuencia.

A continuación se proyectan, en naranja, las intensidades de campo del quinto armónico y se comparan con las del séptimo armónico cuando la carga de prueba está presente (y puesta a 2 W). Cabe señalar que los dos conjuntos de armónicos se sitúan convenientemente alrededor de la misma frecuencia.



FIGURA 24 Niveles de armónicos de los dispositivos probados

Se observa lo siguiente:

- Los niveles se han normalizado a una distancia de 1 metro.
- Los resultados «previos» (con carga) son los niveles del séptimo armónico de la Fig. 24.
- No se ha incluido el Dispositivo 9, pues daba resultados muy erráticos.
- «Calculado 2» es el nivel de armónico predicho por la simulación del § 4, mientras que «Calculado 1» es 2,9 dB superior, dejando margen para que el quinto armónico de la expansión de Fourier sea 7/5 veces el nivel del séptimo armónico.

Por norma general, los niveles de los armónicos calculados y reales son bastante coincidentes en el caso «sin carga», pues de media los valores reales sólo difieren en 1,2 dB de los calculados. En el caso «con carga» el resultado es menos satisfactorio, pues los resultados medidos son, de media 11 dB inferiores a los calculados. Los resultados «con carga» previos y actuales para el séptimo armónico son razonablemente coincidentes, por lo que cabe pensar que el déficit es real.

Se intentó encontrar el motivo de esa diferencia. Se volvió a realizar una «comprobación de seguridad» con la bobina plana, situando esta vez la carga de prueba directamente sobre la bobina. Con la carga de prueba en contacto con la bobina, el nivel fue inferior en 13 dB. La elevación de la carga apenas 10 mm redujo las pérdidas a unos 4 dB. Algunos experimentos informales mostraron que la pérdida depende mucho de la posición y, en menor medida, de la frecuencia. Evidentemente, la pantalla de ferrita y la bobina en la carga ficticia tienen un efecto importante. Utilizar un cargador Qi como pantalla en lugar de la carga de prueba generó algunas pérdidas, pero no tan grandes como en casos anteriores.

Estos trabajos sugieren que las emisiones en «modo reposo» son más molestas, pues no hay nada que las apantalle. Dado que hay un grado de coincidencia satisfactorio entre los cálculos y la realidad, se confirma la conclusión de la Sección 5 de que el cargador puede causar interferencia a los receptores AM a distancias de hasta 10 metros.

6.2.8 Altos niveles de potencia

Hasta ahora las pruebas se han realizado con una potencia de 2 W, límite impuesto por la resistencia interna de la carga ficticia. Sin embargo, la carga permite la conexión de resistencias externas, aumentando la capacidad a 5 W. La carga ficticia siente estas resistencias y configura el sistema en consecuencia. Se midieron los niveles fundamental y del séptimo armónico del cargador «2» por encima de 2 W, siendo los resultados los siguientes.



FIGURA 25 Intensidad de campo a altos niveles de potencia

La potencia se limitó a 4,5 W, pues el sistema mostró signos de fatiga a 5 W.

Hasta 2 W, por lo menos, el nivel de armónicos permanece constante. Por encima de esa potencia, el nivel baja un poco, posiblemente a causa del cambio de modo cuando se utilizan resistencias externas. Lo más sorprendente es que el nivel de la señal fundamental también permanece constante, lo que podría deberse en parte a que la eficiencia del sistema mejora al aumentar la potencia, lo que reduce el campo parásito.

6.3 Estudio sobre radiodifusión en amplitud modulada 3 para dispositivos de TIP en la gama 315 - 405 kHz

6.3.1 Mediciones para comparar la incidencia de distintas frecuencias

Este estudio se ha realizado para determinar si los armónicos de un dispositivo de carga inalámbrica que utiliza la gama 315-405kHz creará en la práctica interferencia perjudicial a los receptores de radiodifusión AM en la gama de frecuencias 526,5-1 700 kHz.

6.3.2 Selección de canal de radiodifusión AM

Se estudian dispositivos de TIP por inducción sin haces radioeléctricos que funcionan en torno a una frecuencia de 360 kHz. Los cargadores son conformes a la especificación Qi2 del Wireless Power Consortium o muy similares y todos ellos están disponibles a la venta. La especificación Qi2 define el funcionamiento TIP en torno a 360 kHz con una potencia superior y una eficiencia notablemente superior a la de Qi1.

En teoría, sus segundo, tercer y cuarto armónicos se situarán en la gama 526,5-1 700 kHz. Sin embargo, los armónicos pares están bien suprimidos por el diseño del circuito de carga.

Por consiguiente, el estudio se centra en el tercer armónico de los dispositivos de TIP. El estudio se realizó para receptores de radiodifusión AM en los canales de 1080 kHz y de 1098 kHz en China. El canal 1080 se solapa con el tercer armónico, mientras que el canal 1098 es el canal adyacente más cercano constatado en la realidad durante el estudio del tercer armónico de los dispositivos de TIP que funcionan en torno a 360 kHz.

El estudio recabó datos en una cámara de prueba de 3 m, un inmueble de oficinas y un hotel en una zona urbana. Se probó la interferencia causada por cargadores inalámbricos de tres marcas distintas en tres receptores de radiodifusión AM comercializados de distintos fabricantes.

6.3.3 Prueba de audición subjetiva

La prueba de audición subjetiva se realizó dentro de un edificio, donde la intensidad de la señal de la radiodifusión AM se acerca mucho al nivel mínimo de la señal indicado en la Recomendación UIT-R BS.703. Así, puede obtenerse una calidad de señal aceptable ajustando la situación y orientación de los receptores de radiodifusión AM. El operador supervisó la interferencia audible orientando gradualmente los cargadores inalámbricos hacia los receptores AM. Habida cuenta de las diferencias de audición de una persona a otra, cinco personas participaron en la evaluación de la prueba subjetiva. La prueba de audición subjetiva se diseñó conformemente a UIT-R BS.1284-2, pero se centró más en la percepción de los usuarios reales.

La evaluación de la prueba de audición se define en tres niveles¹⁵:

- Nivel 1 : intolerable;
- Nivel 2 : interferencia audible, pero tolerable;
- Nivel 3 : interferencia inaudible.

¹⁵ Los niveles de BS.1284 se han simplificado a : Nivel 1 = 1 (muy molesto) y 2 (molesto), Nivel 2 = 3 (ligeramente molesto) y 4 (perceptible, pero no molesto), Nivel 3 = 5 (Imperceptible).

FIGURA 26



FIGURA 27 Configuración de la prueba de audición subjetiva



6.3.4 Resumen de los resultados

En la Fig. 28 se muestran, en la parte superior, los resultados para el receptor AM 1, el receptor AM 2 y el receptor AM 3 que utilizan el canal AM1080 kHz, que se solapa con el tercer armónico de todos los cargadores de TIP. En la parte inferior se muestra el canal AM1098 kHz.



FIGURA 28 Resultados de la prueba de audición subjetiva
Cuando la interferencia del armónico se solapa con el canal de radiodifusión AM, una distancia de separación de 1,5 m puede eficazmente evitar la interferencia audible en el caso más desfavorable.

Sin embargo, cuando es adyacente al canal de radiodifusión AM, una distancia de separación de 0,9 m puede evitar la interferencia audible en los receptores de radiodifusión AM en el caso más desfavorable.

Estas distancias son factibles, por lo que en el estudio se considera que la incidencia sobre el servicio de radiodifusión es evitable.

Al comparar las distancias con las del Estudio sobre la radiodifusión AM 1 (§ 6.1) con la TIP operativa en la gama 100-148,5 kHz, puede verse que las distancias necesarias para el funcionamiento de la TIP en la gama 315-405 kHz son muy inferiores y la incidencia mucho más limitada.

6.3.5 Análisis de sensibilidad – diferencias en la orientación de la bobina de carga y dispositivos de TIP adicionales

Además de las hipótesis de utilización habituales, donde la bobina de carga si sitúa a la horizontal, este estudio también contempló algunas hipótesis de uso en que la bobina de carga se sitúa a la vertical gracias a un apoyador extraíble o un apoyador externo. Para este estudio se midieron dos cargadores adicionales, que son los únicos disponibles que pueden estar de pie. El estudio estima la incidencia en la práctica ajustando la disposición de la bobina de carga con respecto a los receptores de radiodifusión AM, por ejemplo, de espaldas o en paralelo.



FIGURA 29 Orientación de las bobinas de carga en vertical

En la Fig. 30 se muestran los resultados para el receptor AM 1, el receptor AM 2 y el receptor AM 3 que utilizan el canal AM1080 kHz.



Resumen de los resultados para los armónicos de TIP en el canal AM1080 kHz (disposición vertical)



Cabe señalar que sólo un cargador TIP necesita una distancia de protección mayor que los demás. El tercer armónico de este cargador inalámbrico está desplazado unos 500 Hz con respecto al cetro del canal de radiodifusión AM. En la Fig. 1 de la Recomendación UIT-R BS.560 puede verse que la mayor relación de protección es de aproximadamente 16 dB, lo que se corresponde con un desplazamiento en frecuencia de unos 1,6 kHz. Cuando el desplazamiento en frecuencia entre los armónicos y la señal de radiodifusión AM es de 1,6 kHz en lugar de 500 Hz, la distancia de protección aumenta por un factor de 1,17.

En la Fig. 31 se muestran los resultados para el receptor AM1, el receptor AM2 y el receptor AM3 que utilizan el canal AM1098 kHz.



FIGURA 31

Los resultados del estudio muestran que la incidencia es comparable a la de la disposición horizontal de la bobina del cargador inalámbrico.

Análisis de sensibilidad – diferencias en la orientación del receptor de radiodifusión AM 6.3.6

Se realizó otro análisis de sensibilidad para analizar la directividad de un receptor de radiodifusión AM.



FIGURA 32

Análisis de sensibilidad en función de la orientación de los receptores de radiodifusión AM

El estudio también aclara la sensibilidad al acoplamiento de la interferencia en función de la orientación de los receptores de radiodifusión. Se acercaron los cargadores inalámbricos a los receptores de radiodifusión desde distintos ángulos y se cuantificó la distancia de separación necesaria para evitar la interferencia. En general, hay unos 10~40cm de diferencia en la separación necesaria en función de los ángulos de acercamiento, como se muestra en la Fig. 32, lo que podría deberse al acoplamiento de la antena en el campo cercano o a la incertidumbre de la prueba.

6.3.7 Comparación objetiva del nivel de los armónicos

En comparación con la banda de frecuencias 100-148,5 kHz, la regulación existente, por ejemplo, ETSI EN300 330, que exige que se alcancen –15 dBuA/m a 360 kHz, por oposición a 66 dBuA/m a 119 kHz, impone límites mucho más estrictos a la emisión radiada fundamental a 315-405 kHz. Esto hace que los armónicos causados a 315-405 kHz tengan menos incidencia en los servicios de radiodifusión AM que los causados a 100-148,5 kHz.

A efectos de la comparación se efectuaron mediciones con otros 5 dispositivos de TIP que utilizaban la banda 100-148,5 kHz.

Se compararon entonces sus niveles de emisión con los de los 5 dispositivos de TIP a 315-405 kHz utilizados en este estudio.

En la Fig. 33 se muestra la comparación del nivel de los armónicos en función de las distintas gamas de frecuencia de TIP. Se ve claramente que el nivel de armónicos radiados por los dispositivos de TIP a 315-405 kHz es muy inferior al de los radiados por los dispositivos de TIP a 100-148,5 kHz. Por otra parte, dado que la frecuencia de carga operativa a 315-405 kHz es superior, menos armónicos coinciden con la banda de radiodifusión AM de ondas hectométricas (2 armónicos impares en lugar de 6).

En resumen, la incidencia de los armónicos de la banda de frecuencias 315-405 kHz en la radiodifusión AM en frecuencia intermedia es muy inferior que en el caso de la banda 100-148,5 kHz.

FIGURA 33 Comparación de nivel armónico basado en la medida



Cabe señalar que el riesgo de que los dispositivos de TIP para dispositivos móviles y portátiles que utilizan la banda 100-148,5 kHz causen interferencia es muy limitado o inexistente. Hay millones de dispositivos que utilizan esta gama de frecuencias y no se ha registrado ningún caso de interferencia. Dado que los dispositivos de TIP para dispositivos móviles y portátiles que utilizan la gama 315-405 kHz tienen una incidencia interferente en la radiodifusión menor, es incluso menos probable que los usuarios de la radiodifusión AM noten interferencia alguna.

7 Estudio sobre la incidencia de la TIP por inducción sin haces radioeléctricos para dispositivos móviles y portátiles en el servicio de aficionados

7.1 Parámetros utilizados para la simulación

En los Estados Unidos, el título 47 del Código de Reglamentación Federal, § 15.31 (2), rige los requisitos de medición de los dispositivos de radiofrecuencias que funcionan en el campo cercano. Una vez aplicado el factor de extrapolación requerido por la FCC de 40 dB por década a los $-15 \text{ dB}\mu\text{V/m}$ a 300 m, el límite de los dispositivos de TIP sin haces radioeléctricos equivale a 44,08 dB μ V/m a 10 m. En este caso, se ha utilizado un modelo para la propagación en el campo cercano.

Los parámetros de los receptores del servicio de aficionados se han extraído de la Recomendación UIT-R M.1732 y se exponen en el Cuadro 12. Esta Recomendación no contiene criterios de protección contra la interferencia al funcionamiento del servicio de aficionados en esta gama de frecuencias. A los efectos de este estudio, se supone un criterio de protección de I/N –6 dB.

CUADRO 12

Parámetros asumidos para los receptores del servicio de aficionados

Parámetros	Valor
Frecuencia central (kHz)	136,75
Ancho de banda (kHz)	0,4
Diagrama de antena	Omnidireccional
Nivel mínimo de ruido (dBµV/m)	31,6
Criterio de protección (<i>I</i> / <i>N</i>) (dB)	-6
Nivel de interferencia admisible (dBµV/m)	25,6

7.2 Análisis y resultados de las simulaciones

7.2.1 Casos de uso individual

Los casos de uso individual comprenden la instalación de un único dispositivo de TIP dentro de un edificio, junto con un receptor del servicio de aficionados lejos del edificio en cuestión. En la primera simulación, se aplicó una pérdida debida a la penetración en el edificio de 10 dB y, en la segunda, de 0 dB, a fin de tener en cuenta los diferentes materiales de construcción.



FIGURA 35

Distribución del dispositivo único para el caso 1



Conclusiones del caso de uso individual 1

Los resultados del caso de uso individual 1, a que se aplica una atenuación de 10 dB para simular un edificio de hormigón, muestran que el dispositivo de TIP debe situarse a más de 15,3 m del receptor de radioaficionados.



FIGURA 36 Distribución del dispositivo único para el caso 2

Conclusiones del caso de uso individual 2

Los resultados del caso de uso individual 2, a que se aplica una atenuación de 0 dB para simular un edificio de madera, muestran que el dispositivo de TIP debe situarse a más de 28,1 m del receptor de radioaficionados.

7.2.2 Casos de uso combinado

Los casos de uso combinado comprenden la utilización de cuatro dispositivos de TIP, instalados dentro de una casa. Cada uno de estos dispositivos se halla a 1 m de la pared y todos están distribuidos aleatoriamente en diversos rincones de las habitaciones. En el primer caso se aplica una pérdida debida a la penetración en el edificio de 10 dB, para simular los efectos de unas paredes de hormigón (generalmente, hormigón armado), y en la segunda de 0 dB, para simular una construcción de madera o de ladrillo (condiciones de propagación perfectas).



FIGURA 37 Descripción del Modelo #1 de caso de uso combinado

A fin de simular diferentes materiales de construcción a efectos de la definición de la distancia de protección, se evaluaron pérdidas debidas a la entrada en edificios con paredes tanto de madera como de hormigón. Los valores correspondientes se han incluido en el Cuadro 13.

CUADRO 13

Valores utilizados	para las	pérdidas	debidas	a la	entrada	en	edificios
--------------------	----------	----------	---------	------	---------	----	-----------

Parámetro	Número de paredes	Pérdidas debidas a la entrada en edificios con paredes de madera (dB)	Pérdidas debidas a la entrada en edificios con paredes de hormigón (dB)
TIP1	2	0	20
TIP2	2	0	20
TIP3	1	0	10
TIP4	1	0	10

FIGURA 38

Resultados de la simulación con una pérdida debida a la entrada en edificios de 10 dB



Conclusiones de la simulación de uso combinado 1

La distancia mediana de protección es de 17,1 m y la distancia máxima de protección es de 23,2 m, con una pérdida debida a la entrada en edificios con paredes de hormigón de 10 dB. Esta gama de valores se obtuvo situando el dispositivo de TIP cerca de una ventana. En el caso de la distancia máxima de 23,2 m, el dispositivo de TIP se hallaba muy cerca del muro exterior y las fases de la señal se solapaban constructivamente; en el caso de la distancia mínima hasta 2,5 m, el dispositivo de TIP se hallaba cerca de una pared interior y/o las fases de la señal se solapaban destructivamente.



Conclusiones del caso de uso combinado 2

La distancia mediana de protección es de 42,0 m y la distancia máxima de protección es de 51,3 m, con una pérdida debida a la entrada en edificios con paredes de madera/ladrillo de 0 dB. Esta gama de valores se obtuvo situando el dispositivo de TIP cerca de una ventana. En el caso de la distancia máxima de 51,3 m, el dispositivo de TIP se hallaba muy cerca de un muro exterior y las fases de la señal se solapaban constructivamente; en el caso de la distancia mínima hasta 17,2 m, el dispositivo de TIP se hallaba cerca de una pared interior y/o las fases de la señal se solapaban destructivamente.

7.3 Resumen de los resultados

En el Cuadro 14 *infra* se resumen los resultados de las simulaciones. Dichos resultados permiten concluir que los cargadores móviles de TIP sin haces radioeléctricos no afectan a los receptores del servicio de aficionados, cuando se hallan a menos de 51,3 m de los receptores en cuestión.

CUADRO 14

Resumen de los resultados

Caso	Nivel de interferencia admisible (dBµV/m)	Distancia de separación (m)
Caso de uso individual 1	25,6	15,3
Caso de uso individual 2	25,6	28,1
Caso de uso combinado 1	25,6	23,2
Caso de uso combinado 2	25,6	51,3

El emplazamiento exacto (por ejemplo, diferencia de altura) de la antena receptora del servicio de aficionados podría reducir la incidencia de la interferencia. Asimismo, es muy improbable que todos los cargadores TIP funcionen en la misma frecuencia, lo que podría reducir aún más esa incidencia. Sin embargo, es probable que haya muchos dispositivos de TIP dentro de la gama de un único receptor, pues las distancias de protección son grandes en zonas urbanas.

8 Estudio sobre la incidencia de la TIP por inducción sin haces radioeléctricos para dispositivos móviles y portátiles en el servicio de radionavegación en la gama 90-110 kHz

El receptor Loran-C se considera un sistema actualmente afectado, que funciona a 90-110 kHz, con un ancho de banda de 20 kHz. Las características del sistema Loran-C se describen en la Recomendación UIT-R M.583, según lo dispuesto por el GT 5B.

Las estaciones de los sistemas Loran-C suelen instalarse en zonas no residenciales. En la Fig. 40 se muestran ejemplos a título de referencia. En este caso, el receptor Loran-C se halla a bordo de un barco.



FIGURA 40 Estaciones Loran-C en zonas no residenciales

Informe SM.2449-40

8.1 Parámetros utilizados para la simulación

Los Cuadros 15 y 16 contienen los parámetros utilizados en las simulaciones para los sistemas interferente e interferido, respectivamente.

En los Estados Unidos, el título 47 del Código de Reglamentación Federal, § 15.31 (2), rige los requisitos de medición de los dispositivos de radiofrecuencias que funcionan en el campo cercano. Una vez aplicado el factor de extrapolación requerido por la FCC de 40 dB por década a los $-15 \text{ dB}\mu\text{V/m}$ a 300 m, el límite de estos dispositivos equivale a 44,08 dB $\mu\text{V/m}$ a 10 m.

El modelo de propagación utilizado para los campos cercano y lejano figura en la Recomendación UIT-R SM.2028.

En los casos de interferencia simulados, el dispositivo de TIP se situó sobre una mesa dentro de un edificio a 50 m de la costa, entre el transmisor y el receptor instalado a bordo de un barco en alta mar. El transmisor Loran-C se situó 5 km tierra adentro con respecto a la costa.

CUADRO 15

Parámetros asumidos para los dispositivos de TIP que causan interferencia al receptor Loran-C

Parámetros	Detalles
Tipo de dispositivo	Dispositivo móvil de TIP
Frecuencia de funcionamiento (kHz)	100-148,5
Intensidad del campo E radiado (dBµV/m a 10 m)	44,08
Tipo de antena	Omnidireccional
Altura (m)	0,7
Distancia mínima con respecto a la costa (m)	50
Pérdida debida a la entrada en edificios (dB) ¹⁶	10
Modelo de propagación	Modelo de propagación de campo cercano y espacio libre

CUADRO 16

Parámetros asumidos para el receptor Loran-C afectado

Parámetros	Detalles
Sistema afectado	Receptor de Loran-C
Frecuencia de funcionamiento (kHz)	100
Ancho de banda (kHz)	20
Diagrama de antena	Antena de varilla
Potencia de salida del transmisor de la estación Loran-C (kW)	40
Potencia de salida del transmisor de la estación Loran-C (dBµV/m)	45
Criterios de protección (I/S)	-20 dB

¹⁶ La pérdida debida a la entrada en los edificios significa, en este caso, la pérdida de salida de los edificios de la señal TIP. Es plenamente aplicable aquí, pues el efecto de atenuación del material de e construcción se aplica al campo lejano.

Los criterios de protección utilizados son los incluidos en la Fig. 1 de la Recomendación UIT-R M.589. Según esta referencia, los criterios de protección contra la interferencia dentro y fuera de la banda deberían seguir la curva de la Fig. 41. La curva más desfavorable (valor cuasi síncrono) se utiliza para evaluar el riesgo de interferencia.

La hipótesis más desfavorable comprende –20 dB de interferencia cuasi síncrona a 100 kHz (0 kHz de separación de frecuencias a partir de 100 kHz); por tanto, 25 dB μ V/m es un nivel de ruido aceptable en el receptor Loran-C. Además, si la hipótesis más desfavorable supone –13 dB de interferencia cuasi síncrona a 110 kHz, 32 dB μ V/m constituye un nivel de ruido aceptable en el receptor Loran-C. De acuerdo con lo anterior, en esta evaluación se utilizó un valor de 25 dB μ V/m a 100 kHz como nivel de ruido aceptable máximo en el receptor Loran-C. La Fig. 41 ilustra los criterios de protección contra la interferencia descritos en la Recomendación UIT-R M.589 y el Cuadro 17 resume los parámetros de interferencia utilizados a continuación.



CUADRO 17

Parámetros asumidos para el sistema Loran-C afectado

Frecuencia interferente	Intensidad de campo de señal deseada mínima	Criterios del Loran-C/IOC (cuasi síncrono)	Ruido aceptable en el receptor Loran-C (dBµV/m)
100 kHz	45	-20	25
110 kHz	45	-13	32

CUADRO 18

Distancia (m)	Relación E/H (dB-ohmios)
10	17,95
100	38,32
1 000	53,26
2 000	52,01
5 000	51,61
10 000	51,55

La relación E/H se utiliza para calcular la intensidad de campo E de campo cercano del dispositivo de TIP

Distribución de la intensidad de la señal de Loran-C

Basándose en los 40 kW de la estación Loran-C, la Fig. 42 muestra la distribución del campo E de Loran-C a lo largo de la distancia correspondiente. En los 1 700-2 400 km de cobertura objetivo, la intensidad de la señal de Loran-C es mucho más fuerte que el nivel mínimo de señal requerido.

FIGURA 42 Distribución típica del campo E de Loran-C



Modelo de antena para el receptor Loran-C

En esta evaluación, se considera que la antena receptora Loran-C es una antena de varilla instalada en la parte superior de un barco. De acuerdo con el resultado de la simulación ilustrada en la Fig. 43, la ganancia delta de la relación entre ganancia no deseada y ganancia deseada es de -11,73 dB.

FIGURA 43

Ganancia de la antena receptora de Loran-C



8.2 Hipótesis y resultados de las simulaciones

8.2.1 Modelo de simulación #1

El Modelo #1 comprende un único dispositivo de TIP situado dentro o cerca de un edificio construido a 50 m en tierra. El receptor Loran-C es el sistema afectado y se haya instalado a bordo de un barco.



La Fig. 45 ilustra los resultados consolidados del Modelo #1 (caso de uso individual). Cuando el dispositivo de TIP funciona a 100 kHz, existe un margen de 80 dB entre la señal que se ha de proteger (26,21 dB μ V/m) y la intensidad de campo E del transmisor Loran-C, que excede los 110 dB μ V/m en la costa.

CUADRO 19

Modelo #1 para el receptor Loran-C – Uso individual

Parámetros	Valor
Intensidad de campo E de TIP a 300 m ($dB\mu V/m$)	-15
Intensidad de campo E de TIP a 10 m ($dB\mu V/m$)	44,08
Intensidad de campo E de TIP a 50 m ($dB\mu V/m$) (lejos de la costa)	16,12
Pérdida debida a la entrada en edificios (dB)	10
Relación de protección (dB)	20
Nivel de señal que se ha de proteger $(dB\mu V/m) - 50$ m de distancia de protección base	26,12
Intensidad de la señal de Loran-C ($dB\mu V/m$) en la costa	>110
Margen (dB)	>80



La Fig. 46 ilustra los resultados consolidados de los diferentes casos de uso combinado y muestra los niveles de señal de campo E de 100 y 10 000 dispositivos de TIP activos, que funcionan de manera simultánea. Cuando 10 000 dispositivos de TIP activos funcionan a 100 kHz simultáneamente, existe un margen de 3,88 dB entre la señal que se ha de proteger (66 dB μ V/m para 100 dispositivos y 106,12 dB μ V/m para 10 000 dispositivos) y la intensidad de campo E del transmisor Loran-C, que excede los 110 dB μ V/m en la costa.

FIGURA 45



FIGURA 46

Modelo #1 para el receptor Loran-C - Caso de uso combinado

8.2.2 Modelo de simulación #2

El segundo Modelo #2 comprende un transmisor Loran-C en tierra, ubicado a 5 km de la costa; un dispositivo móvil de TIP, situado bajo la cubierta de un barco; y una antena receptora de Loran-C, instalada en la parte superior del barco. Considerando una pérdida debida a la entrada en edificios de 10 dB y la relación E/H de 17,95 dB del Cuadro 18, el campo E de interferencia admisible a 10 m sería de 34,08 dB μ V/m. Según se indica en el Cuadro 16, se requiere una relación I/S de –20 dB. De acuerdo con la siguiente ecuación, cuando el dispositivo móvil de TIP funciona a 10 m de distancia de la antena receptora de Loran-C, el máximo nivel de señal interferente aceptable sería de 42,35 dB μ V/m.

Máximo nivel de ruido aceptable en la ecuación del receptor Loran-C:

Nivel de interferencia – ganancia delta + nivel de protección = $34,08 - 11,73 + 20 = 42,35 \text{ dB} \mu \text{V/m}$

Modelo #2 - Caso de uso individual

En el Cuadro 20 figuran los parámetros iniciales y los resultados de la simulación correspondientes al Modelo #2 (caso de uso individual). Los resultados de la simulación muestran que un dispositivo de TIP con un nivel de campo E de 34,08 dB μ V/m debe situarse a una distancia superior a 5,37 m de la antena receptora de Loran-C, para mantener el nivel de señal mínimo a la máxima distancia de cobertura de 2 400 km.

CUADRO 20

Modelo #2 para el receptor Loran-C – Caso de uso individual

Parámetros	Valor
Intensidad de campo E de TIP a 300 m (dBµV/m)	-15
Intensidad de campo E de TIP a 10 m ($dB\mu V/m$)	44,08
Pérdida debida a la entrada en edificios (dB)	10
Intensidad de campo E de TIP a 10 m ($dB\mu V/m$) con pérdida debida a la entrada en edificios	34,08
Ganancia de antena delta para señal deseada e interferencia de TIP (dB)	-11,73
Relación de protección (dB)	20
Nivel de señal que se ha de proteger $(dB\mu V/m) - 10$ m de distancia de protección base	42,35
Cobertura del nivel de señal que se ha de proteger (km) – 10 m de distancia de protección base	8 355
Distancia de protección (m) – basada en 1 700 km	4,51
Distancia de protección (m) – basada en 2 400 km	5,37

La Fig. 47 ilustra la información consolidada para el Modelo #2 (caso de uso individual). La Figura muestra los resultados en materia de distancia de protección incluidos en el Cuadro 20.



FIGURA 47 Modelo #2 para el estudio de incidencia en el receptor Loran-C – Uso individual

Modelo #2 - Caso de uso combinado

Este caso comprende la utilización de cinco dispositivos móviles de TIP, operativos simultáneamente bajo la cubierta de un barco y situados a 3 m de distancia entre sí, según se indica en la Fig. 48. Los parámetros iniciales del caso de uso combinado figuran en el Cuadro 21.

FIGURA 48



CUADRO 21

Modelo #2 para el receptor Loran-C – Caso de uso combinado

Parámetros	Valor
Número de dispositivos de TIP activos	5
Intensidad de campo E de TIP a 300 m ($dB\mu V/m$)	-15
Intensidad de campo E de TIP a 10 m (dBµV/m)	44,08
Pérdida debida a la entrada en edificios (dB)	10
Intensidad de campo E de TIP a 10 m ($dB\mu V/m$) con pérdida debida a la entrada en edificios	34,08
Ganancia de antena delta para señal deseada e interferencia de TIP (dB)	-11,73
Relación de protección (dB)	20
Cobertura del nivel de señal protegido (km) – 10m de distancia de protección base	8 355
Nivel de señal que se ha de proteger a 1 700 km ($dB\mu V/m$)	56,18
Distancia de protección requerida para una cobertura de 1 700 km (m)	9,4
Nivel de señal que se ha de proteger 2 400 km (dBµV/m)	53,13
Distancia de protección requerida para una cobertura de 2 400 km (m)	11,4

La Fig. 49 ilustra la información consolidada para el Modelo #2 (caso de uso combinado). Con el fin de no repercutir en el receptor Loran-C en la distancia máxima de cobertura de 2 400 km, los dispositivos de TIP más próximos a la antena receptora Loran-C deben mantenerse a 11,4 m de distancia.

FIGURA 49

Modelo #2 para el estudio de incidencia en el receptor Loran-C – Nivel de señal combinado



8.3 Resumen de los resultados

El receptor Loran-C no se ve afectado en el caso del Modelo #1, en que los cargadores móviles de TIP se hallan en tierra.

En el marco del Modelo #2 (caso de uso individual), el receptor Loran-C no se ve afectado por el cargador de dispositivo móvil de TIP a bordo cuando el dispositivo se halla a 4,51 m de distancia de la antena receptora Loran-C en su rango máximo de cobertura de 1 700 km, y a 5,37 m cuando la distancia máxima de cobertura deseada es de 2 400 km.

En el marco del Modelo #2 (caso de uso combinado), el receptor Loran-C no se ve afectado por los dispositivos móviles de TIP a bordo cuando el dispositivo de TIP más próximo se halla a 9,4 m de distancia de la antena receptora Loran-C en su rango máximo de cobertura de 1 700 km, y a 11,4 m cuando la distancia máxima de cobertura deseada es de 2 400 km.

9 Estudio sobre la incidencia de la TIP por inducción sin haces radioeléctricos para dispositivos móviles y portátiles que utilizan las gamas 100-148,5 kHz y 315-405 kHz en el servicio de radionavegación aeronáutica

9.1 Parámetros utilizados para la simulación

Se llevó a cabo la simulación en dos frecuencias representativas: 130 kHz para la TIP en la gama 100-148,5 kHz y 400 kHz para la TIP en la gama 315-405 kHz.

Para el caso de 130 kHz, en los Estados Unidos, el título 47 del Código de Reglamentación Federal, § 15.31 (2), rige los requisitos de medición de los dispositivos de radiofrecuencias que funcionan en el campo cercano. Una vez aplicado el factor de extrapolación requerido por la FCC de 40 dB por década a los $-15 \text{ dB}\mu\text{V/m}$ a 300 m, el límite de los dispositivos de TIP sin haces radioeléctricos equivale a 44,08 dB μ V/m a 10 m. En este caso, se ha utilizado un modelo para la propagación en el campo cercano.

Para el caso de 400 kHz, el estudio consideró un valor propuesto de $-15 \text{ dB}\mu\text{A/m}$ como máximo de emisión de los dispositivos de TIP. Se modelizó la propagación en el campo cercano. En el estudio se supuso que todos los dispositivos de TIP utilizaban la misma frecuencia (400 kHz), aunque en la vida real buena parte de las frecuencias de carga reales dependen de la implementación real, el estado de carga, etc.

El grupo rector del UIT-R sentó las bases para el análisis de la incidencia según se indica en el Cuadro 22.

CUADRO 22

Límite de interferencia admisible de sistemas de radiogoniometría automática (ADF)/radiobalizas no direccionales (NDB)

Servicio	Gama de frecuencias (kHz)	Ancho de banda del receptor de ADF/NDB (kHz)	Límite de interferencia admisible (dBµV/m)
Radionavegación aeronáutica	130-535	2,7	21,9

El efecto combinado se tiene en cuenta en la simulación sumando todas las emisiones de TIP de cada dispositivo.

Como análisis de sensibilidad, los resultados también se muestran con un margen de 6 dB adicional.

En la Fig. 50 se muestran los distintos niveles.



FIGURA 50 Niveles de intensidad de campo pertinentes

9.2 Hipótesis de una sola fuente

En la hipótesis de una sola fuente se contempla un único dispositivo de TIP, situado dentro de un edificio, y una aeronave que sobrevuela el edificio en cuestión.

FIGURA 51

Hipótesis de una sola fuente



9.2.1 Resultados de una sola fuente



FIGURA 52

TIP a 130 kHz: Campo E de una sola fuente respecto de la altura sobre el nivel del suelo (m)

Informe SM.2449-52

FIGURA 53

TIP a 130 kHz: Campo E de una sola fuente respecto de la altura sobre el nivel del suelo (m) (ampliación) Intensidad de campo E del modelo EM de TIP respecto de la distancia



Informe SM.2449-53

FIGURA 54



TIP at 400 kHz: Intensidad de campo E de una sola fuente con respecto a la altura sobre el nivel del suelo (m) para bobina TIP horizontal

FIGURA 55

TIP at 400 kHz: Intensidad de campo E de una sola fuente con respecto a la altura sobre el nivel del suelo (m) para bobina TIP vertical



9.2.2 Conclusiones del caso de uso individual

Los resultados de la hipótesis de una sola fuente muestran que la incidencia en el receptor de ADF no supera el umbral establecido en distancias superiores a 6 m. Habida cuenta del margen de seguridad, la distancia es superior a 8,4 m. Las pérdidas debidas a la penetración de techos o suelos no se tuvieron en cuenta en el cálculo. La inclusión de estas pérdidas reduciría aún más la repercusión de la interferencia causada por los dispositivos de TIP a los sistemas de ADF.

9.3 Hipótesis combinada

En la hipótesis combinada se considera el funcionamiento de 5000 dispositivos/km² para la TIP a 130 kHz y 1 500 dispositivos/km² para la TIP a 400 kHz, de acuerdo con el Cuadro 1.

Esta hipótesis asume el caso más desfavorable en el que todos los dispositivos transmiten al mismo tiempo exactamente en la misma frecuencia. En la realidad, la frecuencia fundamental de los dispositivos de TIP varía.

9.3.1 TIP a 130 kHz

9.3.1.1 Hipótesis a 130 kHz

La hipótesis combinada comprende diversos dispositivos de TIP uniformemente distribuidos en una zona cuadrada. Se consideraron zonas de distintas dimensiones, entre 1 km × 1 km y 8 km × 8 km. En las simulaciones se utilizaron dos altitudes de aeronave, a saber, 100 m y 300 m. A título de referencia, las altitudes mínimas de seguridad en los Estados Unidos son de 500 pies (\approx 150 m) sobre aguas abiertas o zonas escasamente pobladas, y 1 000 pies (\approx 300 m) sobre zonas urbanas. La antena receptora de ADF de la aeronave se halla sobre el centro del cuadrado. Los campos radiados se combinan utilizando la agregación vectorial.



FIGURA 56 Ejemplo ilustrado de la hipótesis combinada

En el Cuadro 23 se muestran los resultados correspondientes a una altitud de aeronave de 100 m.

CUADRO 23

Zono	Emár	Madia	Interferencia máxima	Margen/Diferencia (dB)	
$(\mathbf{km} \times \mathbf{km})$	(dBµV/m)	(dBµV/m)	permisible (dBµV/m)	Sin margen de seguridad	Con margen de seguridad
1×1	-6,3	-16,7	21,9	28,2	22,2
2×2	-5,5	-15,9	21,9	27,4	21,4
4×4	-4,8	-15,3	21,9	26,7	20,7
8×8	-5	-14,6	21,9	26,9	20,9

Campo E de TIP combinada (altura de aeronave : 100 m)

9.3.1.2 Conclusiones para una aeronave a 100 m de altitud

La simulación ha demostrado que el máximo nivel de intensidad de campo calculado, es inferior en más de 26 dB al nivel máximo de interferencia admisible. Habida cuenta del margen de seguridad, es inferior al nivel máximo de interferencia permisible en más de 20 dB. Las pérdidas debidas a la penetración de techos o suelos no se tuvieron en cuenta en la simulación, no obstante, estas reducirían aún más la repercusión de la interferencia causada por los dispositivos de TIP a los sistemas de ADF.

En el Cuadro 24 se muestran los resultados correspondientes a una altitud de aeronave de 300 m.

CUADRO 24

	Emán	Madia	Interferencia máxima	Margen/Diferencia (dB)		
$(\mathbf{km} \times \mathbf{km})$	(dBµV/m)	(dBµV/m)	permisible (dBµV/m)	Sin margen de seguridad	Con margen de seguridad	
1×1	-16,5	-25,5	21,9	38,4	32,4	
2×2	-13,4	-22,2	21,9	35,3	29,3	
4×4	-11,0	-20,1	21,9	32,9	26,9	
8×8	-10,4	-18,6	21,9	32,3	26,9	

Campo E de TIP combinada (altura de aeronave : 300 m)

9.3.1.3 Conclusiones para una aeronave a 300 m de altitud

La simulación ha demostrado que el máximo nivel de intensidad de campo calculado es inferior en más de 32 dB al nivel máximo de interferencia admisible. Habida cuenta del margen de seguridad, es inferior al máximo de interferencia permisible en más de 26 dB. Las pérdidas debidas a la penetración de techos o suelos no se tuvieron en cuenta en la simulación, no obstante, estas reducirían aún más la repercusión de la interferencia causada por los dispositivos de TIP a los sistemas de ADF.

9.3.1.4 Influencia de la dimensión de la zona en la zona de interferencia recibida

Al aumentar la zona de cálculo se ve que el nivel de interferencia permanece idéntico más allá de 15 km² para una altitud de 100 m y de 30 km² para una altitud de 300 m, como se muestra en la Fig. 57 siguiente.

FIGURA 57

Intensidad de campo con respecto a la zona de distribución de la interferencia

Intensidad de campo E de TIP combinada máxima con respecto a la zona de distribución



9.3.2 TIP a 400 kHz

9.3.2.1 Hipótesis a 400 kHz

La hipótesis combinada comprende diversos dispositivos de TIP uniformemente distribuidos en una zona cuadrada. Se consideraron zonas de distintas dimensiones, entre 1 km × 1 km y 16 km × 16 km. En las simulaciones se utilizaron dos altitudes de aeronave, a saber, 100 m y 300 m. A título de referencia, las altitudes mínimas de seguridad en Reino Unido son de 500 pies (\approx 150 m) sobre aguas abiertas o zonas escasamente pobladas, y 1 000 pies (\approx 300 m) sobre zonas urbanas. La antena receptora de ADF de la aeronave se halla sobre el centro del cuadrado. Los campos radiados se combinan utilizando la agregación vectorial.

FIGURA 58 Ejemplo ilustrado de la hipótesis combinada



En el Cuadro 25 se muestran los resultados para una altitud de aeronave de 100 m.

CUADRO 25

Distribución de campo E radiado de TIP combinada (altura de aeronave : 100 m)

Zona	Emáx	Media	Interferencia máxima	Margen/Diferencia (dB)	
(km × km)	(dBµV/m)	(dBµV/m)	(dBµV/m)	Sin margen de seguridad	Con margen de seguridad
1×1	-5,5	-14,4	21,9	27,4	21,4
2×2	-3,9	-12,7	21,9	25,8	19,8
4×4	-3,2	-11,7	21,9	25,1	19,1
8×8	-3,5	-11,7	21,9	25,4	19,4

9.3.2.2 Conclusiones para una altura de aeronave de 100 m a 400 kHz

La simulación ha demostrado que el máximo nivel de intensidad de campo calculado, es inferior en más de 25 dB al nivel máximo de interferencia admisible. Habida cuenta del margen de seguridad, es inferior al nivel máximo de interferencia permisible en más de 19 dB. Las pérdidas debidas a la penetración de techos o suelos no se tuvieron en cuenta en la simulación, no obstante, estas reducirían aún más la repercusión de la interferencia causada por los dispositivos de TIP a los sistemas de ADF.

En el Cuadro 26 se muestran los resultados para una altitud de aeronave de 300 m.

Zona	Emáx	Media	Interferencia máxima	Margen/Diferencia (dB)	
(km × km)	(dBµV/m)	(dBµV/m)	(dBµV/m)	Sin margen de seguridad	Con margen de seguridad
1×1	-11,5	-20,3	21,9	33,4	27,4
2×2	-8,1	-16,6	21,9	30,0	24,0
4×4	-6,2	-14,2	21,9	28,1	22,1
8×8	-4,2	-12,6	21,9	26,1	20,1
16 × 16	-3,9	-11,5	21,9	25,8	19,8

Distribución de campo E radiado de TIP combinada (altura de aeronave: 300 m)

9.3.2.3 Conclusiones para una altitud de aeronave de 300 m a 400 kHz

La simulación ha demostrado que el máximo nivel de intensidad de campo calculado, es inferior en más de 25 dB al nivel máximo de interferencia admisible. Habida cuenta del margen de seguridad, es inferior al nivel máximo de interferencia permisible en más de 19 dB. Las pérdidas debidas a la penetración de techos o suelos no se tuvieron en cuenta en la simulación, no obstante, estas reducirían aún más la repercusión de la interferencia causada por los dispositivos de TIP a los sistemas de ADF.

9.3.2.4 Influencia de la dimensión de la zona en la zona de interferencia recibida a 400 kHz

Al aumentar la zona de cálculo se ve que el nivel de interferencia permanece idéntico más allá de 20 km^2 para una altitud de 100 m y de 60 km^2 para una altitud de 300 m, como se muestra en la Fig. 59 siguiente.



FIGURA 59

Intensidad de campo con respecto a la zona de distribución de la interferencia

Las simulaciones han demostrado que el campo E de los cargadores de TIP para dispositivos móviles y portátiles no incide en la recepción de señales de ADF/NDB. Las pérdidas debidas a la penetración de techos o suelos no se tuvieron en cuenta en los cálculos/simulaciones, no obstante, estas reducirían

10 Análisis genéricos de la incidencia de la TIP en los servicios de radiocomunicaciones (por ejemplo, fijo y móvil)

aún más la repercusión de la interferencia causada por los dispositivos de TIP a los sistemas de ADF.

10.1 Estudio Monte Carlo de la incidencia de la TIP (315-405 kHz, 1700-1800 kHz y 2000-2170 kHz) una sola fuente cocanal en los servicios de radiocomunicaciones

En este estudio se analiza el nivel de un único dispositivo de TIP que utiliza el mismo canal que el receptor del servicio de radiocomunicaciones, por ejemplo, servicio fijo o servicio móvil. No se aplica a los receptores situados dentro de los edificios, por ejemplo, de radiodifusión de radio AM, en cuyo caso la incidencia interferente debería compararse con el ruido de portadora única. Su nivel es superior al ruido blanco gaussiano utilizado aquí a título de comparación, pero no se sabe con certeza en qué medida es superior.

9.4

Resumen de los resultados

10.1.1 Parámetros

10.1.1.1 Dispositivos de TIP

10.1.1.1 Emisiones de TIP

En el Cuadro 27 se indican los parámetros de las emisiones de TIP utilizadas en este estudio.

CUADRO 27

Emisiones de TIP

Parámetro	valor
Emisiones máximas de TIP, alineamiento más desfavorable (dBµA/m a 10 m)	-15
Emisiones mínimas de TIP, alineamiento más favorable (dBµA/m a 10 m)	-30
Frecuencia operativa de TIP 1 (kHz)	400
Frecuencia operativa de TIP 2 (kHz)	1 650
Frecuencia operativa de TIP 3 (kHz)	2 000

Cada dispositivo de TIP está construido de manera tal que sólo emite al nivel máximo permitido en la posición de alineamiento más desfavorables de ambas bobinas, mientras que en la mayoría de alineamientos, el nivel radiado real es muy inferior. El efecto del alineamiento se considera escogiendo aleatoriamente un nivel de emisión entre el alineamiento más desfavorable y el más favorable.

En este estudio se analiza la incidencia cocanal de un dispositivo de TIP.

10.1.1.1.2 Parámetros del servicio de radiocomunicaciones

En el Cuadro 28 se muestran los parámetros de los servicios de radiocomunicaciones utilizados en los análisis.

CUADRO 28

Parámetros de los servicios de radiocomunicaciones

Parámetro	Valor
Ancho de banda de recepción (kHz)	2,7 ⁽¹⁾
Frecuencia de recepción (kHz)	400, 1 650, 2 000
Ruido del receptor	ruido artificial (véase el § 10.1.2.3.3)
Antena	Omnidireccional
Altura sobre el nivel del suelo (m)	1,5

⁽¹⁾ No se consideró el canal adyacente. Los canales solapados se consideraron cocanal completo.

El efecto de la interferencia se analiza calculando el nivel mediano de la interferencia con respecto a la distancia.

10.1.1.1.3 Propagación

10.1.1.1.3.1 Modelo de propagación

Véase el Anexo 3.

10.1.1.1.3.2 Pérdidas de propagación adicionales

En las ciudades se supone que el 30% de los trayectos tienen un objeto metálico entre el interferente y el receptor del servicio de radiocomunicaciones (por ejemplo, ventanas metalizadas, muros/suelos de cemento armado, puertas/portones, vallas), mientras que esto es menos probable en las zonas residenciales. Estos valores también pueden interpretarse como el porcentaje de edificios térmicamente eficientes que según la Recomendación UIT-R P.2109 utilizan vidrio metalizado o paneles de aluminio laminado. Para los cálculos se utilizaron los parámetros del Cuadro 29.

La propagación a través de madera o ladrillo no genera pérdidas adicionales.

CUADRO 29

Pérdidas de propagación adicionales

Parámetro	% aplicable	Valor (dB)
Pérdidas de propagación en entornos urbanos	30%	10
Otros entornos	—	—

En los casos en que la pérdida no era aplicable, se aplicó una pérdida nula, es decir, 0 dB.

10.1.1.1.3.3 Entorno de ruido

La gama de frecuencias considerada suele estar dominada por el ruido artificial. El análisis utiliza como referencia la Recomendación UIT-R P.372. además, también se utilizaron en los análisis [1] y [3] las mediciones de ruido artificial realizadas en Países Bajos (MN). Esas mediciones se realizaron a una distancia mínima de 10 m con respecto al muro más cercano. En [3] se aclara que el objetivo de las mediciones es describir el ruido artificial percibido por los usuarios de servicios de radiocomunicaciones, como los del servicio de aficionados.

En los Cuadros 30 y 31 se muestran los niveles medianos de ruido de UIT-R P.372 y los de las mediciones de ruido artificial realizadas en Países Bajos (MN), convertidas en campo magnético utilizando un factor de corrección de 51,5 dB.

CUADRO 30

Niveles de ruido de UIT-R P.372

Parámetro	Nivel (dBµA/m)	Desviación típica (dB)
400 kHz		
Ruido urbano	-32,82	8,4
Ruido residencial	-37,12	5,8
1 650 kHz		
Ruido urbano	-37,56	8,4
Ruido residencial	-41,86	5,8
2 000 kHz		
Ruido urbano	-38,20	8,4
Ruido residencial	-42,50	5,8

CUADRO	31	

Parámetro	Nivel (dBµA/m)	Desviación típica (dB)
400 kHz		
Ruido urbano	-18,47	5,6
Ruido residencial	-23,97	9,5
1 650 kHz		
Ruido urbano	-26,23	6,4
Ruido residencial	-32,34	5,5
2 000 kHz		
Ruido urbano	-27,28	6,4
Ruido residencial	-33,84	5,5

Niveles de ruido de las mediciones realizadas en Países Bajos (MN)

10.1.1.1.3.4 Pérdida por discriminación

El alineamiento de la antena de los receptores de servicios de radiocomunicaciones con el campo generado por el cargador TIP no es fijo. Se generó una pérdida por discriminación aleatoria generando, en primer lugar, un ángulo de desadaptación aleatorio, θ , uniformemente distribuido entre 0 y 360 grados. La pérdida por discriminación en dB se obtiene con la ecuación:

Pérdida por discriminación = min $(-10 \log_{10}(\cos^2 \theta), 35)$

La pérdida está limitada a 35 dB en el eje de puntería para considerar las imperfecciones de diseño de la antena y la bobina.

10.1.2 Metodología

Se llevó a cabo una simulación Monte Carlo de una sola fuente para analizar la incidencia estadística de la carga TIP a 400 kHz, 1 650 kHz y 2 000 kHz. La situación de interferencia en estas bandas suele estar dominada por el ruido artificial, que se caracteriza por una mediana y una desviación típica (distribución espacial). Todo servicio de radiocomunicaciones que utilice esas bandas afrontará este nivel de ruido artificial. Al ser de naturaleza estadística, el objetivo del estudio era analizar las diferencias de la mediana con y sin dispositivos de TIP.

La configuración de la simulación fue la siguiente:

- se situó un único receptor de servicio de radiocomunicaciones a una distancia de 5 m del dispositivo de TIP;
- bucle con 20 000 eventos:
 - Se asignó al dispositivo de TIP un nivel de emisión (variable aleatoriamente entre el alineamiento más favorable y el más desfavorable);
 - se calculó el nivel de interferencia recibida (suma) de la TIP (incluidas las pérdidas de propagación y por discriminación);
 - se almacenó el nivel de interferencia;
 - se calculó la mediana de los niveles de interferencia;
- se aumentó la distancia entre el receptor de servicios de radiocomunicaciones único y el dispositivo TIP en 0,1 m;

 se vio en qué medida el nivel de emisión mediano del dispositivo TIP varía con la distancia con respecto al receptor del servicio de radiocomunicaciones.

10.1.3 Resumen de los resultados

En la Fig. 60 se muestran los detalles de los resultados. La curva azul se obtiene cuando el dispositivo de TIP siempre tiene el alineamiento más desfavorable entre el cargador TIP y las bobinas receptoras (por lo que es el límite superior), mientras que la curva naranja se obtiene con alineamientos aleatorios de las bobinas (es decir, variable entre las emisiones con el alineamiento más favorable y más desfavorable). Las líneas horizontales representan los niveles medianos de ruido artificial a 400 kHz, 1 650 kHz y 2 000 kHz.



b) Con las mediciones realizadas en Países Bajos

Informe SM.2449-60

En la Fig. 61 se muestra la distancia a la que el nivel mediano de interferencia de un dispositivo de TIP cae por debajo del ruido de fondo mediano.



FIGURA 61 Resultados detallados

Informe SM.2449-61

En el Cuadro 32 se resumen las distancias a las que las emisiones del cargador TIP caen por debajo del nivel mediano de ruido artificial del estudio de una sola fuente.

CUADRO 32

Distancias, en m, a las que las emisiones del cargador TIP caen por debajo del nivel mediano de ruido artificial de un estudio de una sola fuente

	Nivel de ruido	Distancia con alineamiento más desfavorable (m)	Distancia con alineamiento aleatorio (m)
Zonog unhonog	UIT-R P.372	15 a 19	11 a 14
Zonas urbanas	Mediciones de Países Bajos	9 a 13	7 a 9
Zonas	UIT-R P.372	21 a 26	15 a 18
residenciales	Mediciones de Países Bajos	13 a 18	9 a 13

Este estudio de una sola fuente es un análisis del caso más desfavorable, pues supone que las emisiones de TIP son siempre cocanal con el receptor del servicio de radiocomunicaciones.

10.2 Estudio Monte Carlo de la incidencia combinada de TIP (315-405 kHz, 1 700-1 800 kHz y 2 000-2 170 kHz) en los servicios de radiocomunicaciones

En este estudio se analiza el nivel de los dispositivos de TIP en el receptor de un servicio de radiocomunicaciones, por ejemplo, servicio fijo o servicio móvil. No se aplica a los receptores ubicados dentro de los edificios, como los de radiodifusión de radio AM, en cuyo caso la incidencia de la interferencia debería compararse con el ruido de portadora única. Su nivel es superior al del ruido banco gaussiano utilizado a título de comparación, pero no se sabe con certeza en qué medida es superior.

10.2.1 Parámetros

10.2.1.1 Dispositivos de TIP

10.2.1.1.1 Emisiones de TIP

En el Cuadro 33 se indican los parámetros de las emisiones de TIP utilizados en este estudio.

CUADRO 33

Emisiones de TIP

Parámetro	Valor
Emisiones máximas de TIP, alineamiento más desfavorable (dBµA/m a 10 m)	-15
Emisiones mínimas de TIP, alineamiento más favorable (dBµA/m a 10 m)	-30
Frecuencia operativa de TIP 1 kHz	350-400
Frecuencia operativa de TIP 2 kHz	1 750-1 800
Frecuencia operativa de TIP 3 kHz	2 000-2 050
Ancho de banda de TIP	< 1 kHz

Cada dispositivo de TIP está construido de manera tal que sólo emite al nivel máximo permitido en la posición de alineamiento más desfavorables de ambas bobinas, mientras que en la mayoría de alineamientos, el nivel radiado real es muy inferior. El efecto del alineamiento se considera escogiendo aleatoriamente un nivel de emisión entre el alineamiento más desfavorable y el más favorable.

Las emisiones de los dispositivos de TIP suelen ser de banda muy estrecha, es decir, con un ancho de banda muy inferior al del receptor del servicio de radiocomunicaciones. La señal de carga es muy similar a una señal de onda continua, por lo que no se consideró la incidencia en el canal adyacente.

10.2.1.1.2 Distribución en altura de la TIP

Se distribuyeron uniformemente dispositivos de TIP por todas las plantas de un edificio. Se supone que la altura de cada planta es de 3 m. Se supone que los dispositivos en la planta más baja están a 1,5 m del suelo. En el Cuadro 34 se resume la distribución en altura.

CUADRO 34

Distribución en altura de los dispositivos de TIP

Entorno	Número de plantas
Zona urbana (urbana densa: 20 000 hab/km ²)	6
Zona urbana (Urbana: 5 000 hab/km ²)	4
Zona residencial (2 000 hab/km ²)	2





En las zonas urbanas los edificios pueden tener más de seis plantas. En este estudio se supone que la densidad de dispositivos en una zona es fija. La utilización de plantas más altas en los cálculos daría, por consiguiente, como resultado una incidencia menor. Los dispositivos de TIP en plantas más altas contribuirían con una menor incidencia, pues la distancia con respecto a la víctima sería mayor. Los parámetros utilizados en este estudio podrían no ser aplicables a todos los entornos.

10.2.1.1.3 Densidad/despliegue

En los Cuadros 35, 36 y 37 se muestra la densidad de dispositivos de TIP para los servicios de radiocomunicaciones utilizados en los análisis conforme al Cuadro 1.

CUADRO 35

Parámetro	Valor
Densidad de dispositivos en zonas urbanas (Urbana densa: 20 000 hab/km ²)	1 500/km ²
Densidad de dispositivos en zonas urbanas (Urbana: 5 000 hab/km ²)	375/km ²
Densidad en zonas residenciales (2 000 hab/km ²)	150/km ²
Duración de carga típica	1-2 horas
Dispositivos cargados en horas punta (Noche: 0:00–07:00)	100%
Dispositivos cargados en horas no punta (Día: 09:00-21:30)	1/4

Densidad en la frecuencia operativa de TIP 1 1 (400 kHz)

CUADRO 36

Densidad en la frecuencia operativa de TIP 2 (1 800 kHz)

Parámetro	Valor
Densidad de dispositivos en zonas urbanas (Urbana densa: 20 000 hab/km ²)	500/km ²
Densidad de dispositivos en zonas urbanas (Urbana: 5 000 hab/km ²)	125/km ²
Densidad en zonas residenciales (2 000 hab/km ²)	50/km ²
Duración de carga típica	1-2 horas
Dispositivos cargados en horas punta (Noche: 23:30–07:00)	100%
Dispositivos cargados en horas no punta (Día: 11:00-20:00)	1/3

CUADRO 37

Densidad en la frecuencia operativa de TIP 3 (2 000 kHz)

Parámetro	Valor
Densidad de dispositivos en zonas urbanas (Urbana densa: 20 000 hab/km ²)	500/km ²
Densidad de dispositivos en zonas urbanas (Urbana: 5 000 hab/km ²)	125/km ²
Densidad en zonas residenciales (2 000 hab/km ²)	50/km ²
Duración de carga típica	1-2 horas
Dispositivos cargados en horas punta (Noche: 23:30–07:00)	100%
Dispositivos cargados en horas no punta (Día: 11:00-20:00)	1/3

En este estudio se supone que todos los dispositivos de TIP funcionan durante las horas punta, lo que no ocurre en la realidad, por lo que es probable que se sobreestime el nivel de incidencia.

Hay una correlación entre los niveles de ruido artificial y la densidad de población, por lo que se considera que cada nivel de ruido está vinculado a una densidad de TIP distinta.

10.2.1.2 Parámetros de los servicios de radiocomunicaciones

En el Cuadro 38 se muestran los parámetros de los servicios de radiocomunicaciones utilizados en el análisis.

CUADRO 38

Parámetros de los servicios de radiocomunicaciones

Parámetro	Valor
Ancho de banda de recepción (kHz)	2,7 ⁽¹⁾
Frecuencia de recepción (kHz)	400, 1 800, 2 000
Ruido de receptor	Ruido artificial en el ancho de banda de 2,7 kHz (véase el § 8.2.1.3.4)
Antena	Omnidireccional
Altura por encima del suelo (m)	1,5
Nota relativa al Cuadro 38

(1) El ancho de banda del receptor del servicio de radiocomunicaciones utilizado es de 2,7 kHz. Sin embargo, para contemplar que el receptor del servicio de radiocomunicaciones y la TIP pueden no ser perfectos, el ancho de banda real considerado se aumentó en 1 kHz a 3,7 kHz, lo que da lugar a una mayor estimación de ruido en el ancho de banda de recepción. Por consiguiente, los resultados presentados deben considerarse el caso más desfavorable.

Se supone una distancia mínima entre el dispositivo de TIP y el receptor del servicio de radiocomunicaciones. En las zonas urbanas esa distancia es de 5 m y de 10 m en las zonas residenciales. Tales distancias son la distancia mínima típica entre servicios de radiocomunicaciones o representan el alcance operativo del operador del receptor del servicio de radiocomunicaciones. En [3] se utiliza una distancia mínima proyectada de 10 m con respecto al muro exterior más cercano como distancia típica entre edificios y emplazamientos de antenas receptoras del servicio de aficionados en las bandas de ondas hectométricas y decamétricas. El efecto de la interferencia se analiza aumentando el nivel de ruido.

Ese aumento del nivel de ruido representa el nivel de interferencia generada en el ancho de banda de 2,7 kHz, que se suma y añade al ruido artificial en ese ancho de banda. De este modo la interferencia de la TIP se considera sólo una contribución a la potencia de ruido y no una portadora única muy estrecha. Por consiguiente, el resultado sólo se aplica a sistemas en los que se supone que la interferencia puede tratarse como el ruido, por ejemplo, los sistemas de comunicaciones digitales.

10.2.1.3 Propagación

10.2.1.3.1 Modelo de propagación

Véase el Anexo 3

10.2.1.3.2 Pérdidas de propagación adicionales

En las ciudades se supone que el 30% de los trayectos tienen un objeto metálico entre el interferente y el receptor del servicio de radiocomunicaciones (por ejemplo, ventanas metalizadas, muros/suelos de cemento armado, puertas/portones, vallas), mientras que esto es menos probable en las zonas residenciales. Estos valores también pueden interpretarse como el porcentaje de edificios térmicamente eficientes que según la Recomendación UIT-R P.2109 utilizan vidrio metalizado o paneles de aluminio laminado. Para los cálculos se utilizaron los parámetros del Cuadro 39.

La propagación a través de madera o ladrillo no genera pérdidas adicionales.

CUADRO 39

Pérdidas de propagación adicionales

Parámetro	% aplicable	Valor (dB)		
Pérdida de propagación en entornos urbanos	30%	10		
Otros entornos	_	_		

En los casos en que la pérdida no era aplicable, se aplicó una pérdida nula, es decir, 0 dB.

10.2.1.3.3 Entorno de ruido

La gama de frecuencias considerada suele estar dominada por el ruido artificial. El análisis utiliza como referencia la Recomendación UIT-R P.372. además, también se utilizaron en los análisis [1] y [3] las mediciones de ruido artificial realizadas en Países Bajos (MN). Esas mediciones se realizaron

a una distancia mínima de 10 m con respecto al muro más cercano. En [3] se aclara que el objetivo de las mediciones es describir el ruido artificial percibido por los usuarios de servicios de radiocomunicaciones, como los del servicio de aficionados.

En los Cuadros 40 y 41 se muestran los niveles medianos de ruido de UIT-R P.372 y los de las mediciones de ruido artificial realizadas en Países Bajos (MN), convertidas en campo magnético utilizando un factor de corrección de 51,5 dB.

CUADRO 40

Niveles de ruido de la Recomendación UIT-R P.372

Parámetro	Nivel (dBµA/m)	Desviación típica (dB)			
400 kHz					
Ruido urbano	-32,82	8,4			
Ruido residencial	-37,12	5,8			
1 650 kHz					
Ruido urbano	-37,85	8,4			
Ruido residencial	-42,15	5,8			
2 000 kHz					
Ruido urbano	-38,20	8,4			
Ruido residencial	-42,50	5,8			

CUADRO 41

Niveles de ruido de las mediciones realizadas en Países Bajos (MN)

Parámetro	Nivel (dBµA/m)	Desviación típica (dB)	
400 kHz		,	
Ruido urbano	-18,47	5,6	
Ruido residencial	-23,97	9,5	
1 650 kHz			
Ruido urbano	-26,7	6,4	
Ruido residencial	-32,86	5,5	
2 000 kHz			
Ruido urbano	-27,28	6,4	
Ruido residencial	-33,84	5,5	

Sólo se analiza la variación del ruido en función de la ubicación (distribución espacial), sin embargo, como se indica claramente en la Recomendación UIT-R P.372, el ruido también varía con el tiempo y esas variaciones pueden ser incluso mayores, véase el Cuadro 42.

CUADRO 42

Categoría	Decilo Variación temporal (dB)		Variación espacial (dB)
Urbana	Superior	11,0	8,4
	Inferior	6,7	8,4
Residencial	Superior	10,6	5,8
	Inferior	5,3	5,8
Rural	Superior	9,2	6,8
	Inferior	4,6	6,8

Valor de la desviación del decilo del ruido artificial, según la Recomendación UIT-R P.372

10.2.1.3.4 Pérdida por discriminación

El alineamiento de la antena de los receptores de servicios de radiocomunicaciones con el campo generado por el cargador TIP no es fijo. Se generó una pérdida por discriminación aleatoria generando, en primer lugar, un ángulo de desadaptación aleatorio, θ , uniformemente distribuido entre 0 y 360 grados. La pérdida por polarización en dB se obtiene con la ecuación:

Pérdida por discriminación = min $(-10 \log_{10}(\cos^2 \theta), 35)$

La pérdida está limitada a 35 dB en el eje de puntería para considerar las imperfecciones de diseño de la antena y la bobina.

10.2.2 Metodología

Se llevó a cabo una simulación Monte Carlo para analizar la incidencia estadística de la carga TIP en las bandas 315-405 kHz, 1 700-1 800 kHz y 2 000-2 170 kHz. La situación de interferencia en estas bandas está dominada por el ruido artificial, que se caracteriza por una mediana y una desviación típica (distribución espacial). Todo servicio de radiocomunicaciones que utilice esas bandas afrontará este nivel de ruido artificial. Al ser de naturaleza estadística, el objetivo del estudio era analizar las diferencias de la mediana con y sin dispositivos de TIP.

La configuración de la simulación es la siguiente:

- Se situó un único receptor de servicios de radiocomunicaciones en el centro de la simulación.
- Bucle con 10 000 eventos:
 - Se repartieron aleatoriamente unos 700 dispositivos de TIP por una zona como interferentes (Nota 1).
 - A cada dispositivo de TIP se le asignó un nivel de emisión (aleatoriamente entre el alineamiento más favorable y el más desfavorable).
 - Se asignó un nivel de ruido correspondiente a la distribución de ruido artificial en el receptor del servicio de radiocomunicaciones.
 - se asignó aleatoriamente una frecuencia operativa a cada dispositivo de TIP.
 - se calculó el nivel de interferencia recibida (suma) de todos los dispositivos de TIP en funcionamiento cocanal (es decir, pérdida de propagación, discriminación de polarización) (Nota 2).
 - Se almacenó el nivel de ruido + interferencia.
 - Se creó una FDA de los niveles de ruido más los niveles de ruido + interferencia.
- Se calculó el aumento de los niveles medianos de ruido.

NOTA 1 – La zona de simulación debe ser suficientemente grande para albergar suficientes muestras estadísticas (niveles de potencia configuraciones espaciales).

NOTA 2 - Se suman los niveles de intensidad de campo, no los niveles de potencia.

En la Fig. 63 se muestra la proyección de una única disposición de simulación con una densidad de TIP de 500 dispositivos por km^2 .

FIGURA 63

Ejemplo de disposición de la simulación



10.2.2.1 Resultados

10.2.2.1.1 Interpretación de los resultados

Los servicios de radiocomunicaciones que utilizan las gamas de frecuencias 315-405 kHz, 1 606,5-1 800 kHz y 2 000-2 170 kHz afrontan un entorno ruidoso en algunos emplazamientos. A diferencia de lo que ocurre en las bandas de ondas decimétricas o superiores, el ruido está dominado por el ruido artificial externo al receptor, en lugar del ruido térmico o natural.

En la Figura 64 se muestran los entornos de ruido actuales de los receptores de servicios de radiocomunicaciones en las bandas de frecuencias analizadas. Se muestran ambas fuentes de niveles de ruido, la Recomendación UIT-R P.372 y las mediciones de ruido artificial realizadas en Países Bajos (MN), en función de los niveles medianos y las desviaciones típicas correspondientes.



FIGURA 64

Informe SM.2449-64

La recepción de un servicio de radiocomunicaciones en estas bandas depende en gran medida de garantizar que la ubicación del receptor se acerca al lado izquierdo de las curvas. Esto puede deberse al movimiento del receptor en el espacio y/o, en algunos casos, a la frecuencia.

Por ejemplo, algunos receptores del servicio móvil utilizan un esquema de saltos de frecuencia con el que la diferencia en los niveles de ruido genera una conexión más fiable.

10.2.2.1.2 Resultados para 400 kHz

CUADRO 43

Aumento del nivel de ruido (frecuencia de TIP: 400 kHz)

Entorno	Día/noche	Densidad (/km²)	Nivel de ruido	Aumento del ruido mediano (dB)
	Nasha	1 500	P.372	1,2
Urbano	Nocne	1 300	MN	0,3
(urbano denso)	Día	275	P.372	0,3
	Dia	375	MN	0,1
Urbano (urbano)	Noche	375	P.372	0,4
			MN	0,1
	Día	94	P.372	0,1
			MN	0
Residencial	Noche	150	P.372	0,2
			MN	0,1
	D.	38	P.372	0,1
	Dia		MN	0.0

10.2.2.1.3 Resultados para 1 800 kHz

CUADRO 44

Aumento del nivel de ruido (frecuencia de TIP: 1 750-1 800 kHz)

Entorno	Día/noche	Densidad (/km²)	Nivel de ruido	Aumento del ruido mediano (dB)
	Masha	500	P.372	1,8
Urbano	Nocne	300	MN	0,6
(urbano denso)	Día	167	P.372	0,8
	Dia	167	MN	0,2
Urbano (urbano)	Noche	125	P.372	0,6
			MN	0,2
	Día	42	P.372	0,3
			MN	0,1
	Masha	50	P.372	0,4
Residencial	Noche		MN	0,2
	D/	17	P.372	0,2
	Dia	1 /	MN	0,1

10.2.2.1.4 Resultados para 2 000 kHz

CUADRO 45

Entorno	Día/noche	Densidad (/km²)	Nivel de ruido	Aumento del ruido mediano (dB)
	NT 1	500	P.372	2,1
Urbano (urbano	noche	500	MN	0,7
denso)	Día	167	P.372	1
	Dia	107	MN	0,3
Urbano (urbano)	Noche	125	P.372	0,8
			MN	0,2
	Día	42	P.372	0,3
			MN	0,1
Residencial	Noche	50	P.372	0,6
			MN	0,2
	D'	17	P.372	0,2
	Dia	1 /	MN	0,1

10.2.2.1.5 Resumen de los resultados

El estudio muestra que la densidad de despliegue prevista de dispositivos de TIP en la banda 315-405 kHz, genera en las zonas urbanas muy densas un incremento del ruido 1,2 dB por encima del nivel mediano predicho en la Recomendación UIT-R P.372. Cuando se utilizan las mediciones reales del ruido radioeléctrico realizadas en los Países Bajos, el incremento del ruido mediano es inferior a 0,3 dB. En todos los demás entornos (urbano y residencial) el incremento del ruido mediano fue igual o inferior a 0,4 dB en la banda 1 700-1 800 kHz, lo que supone un incremento del ruido 1,8 dB por encima del nivel mediano predicho en la Recomendación UIT-R P.372. Cuando se utilizan las mediciones reales del ruido radioeléctrico realizadas en los Países Bajos, el incremento del ruido 1,8 dB por encima del nivel mediano predicho en la Recomendación UIT-R P.372. Cuando se utilizan las mediciones reales del ruido radioeléctrico realizadas en los Países Bajos, el incremento del ruido 1,8 dB por encima del nivel mediano predicho en la Recomendación UIT-R P.372. Cuando se utilizan las mediciones reales del ruido radioeléctrico realizadas en los Países Bajos, el incremento del ruido mediano es inferior a 0,6 dB. En todos los demás entornos (urbano y residencial) el incremento de ruido mediano es igual o inferior a 0,6 dB.

En la banda 2 000-2 170 kHz, el incremento del ruido es 2,1 dB superior al nivel mediano predicho en la Recomendación UIT-R P.372. Cuando se utilizan las mediciones reales del ruido radioeléctrico realizadas en los Países Bajos, el incremento del ruido mediano es inferior a 0,7 dB. En todos los demás entornos (urbano y residencial) el incremento de ruido mediano es igual o inferior a 0,8 dB.

Estos son los niveles de las horas de carga de cresta, es decir, por la noche. Durante el día, el incremento mediano del ruido fue inferior.

El entorno de ruido real a menos de 10 m de distancia del dispositivo de TIP puede ser inferior o superior a los niveles de ruido artificial utilizados en este estudio. La incidencia real de la TIP en el entorno de ruido a distancias tan cortas con respecto a los edificios, o dentro de ellos, no pudo evaluarse por falta de referencias sobre los niveles de ruido artificial en esos casos.

11 Estudio sobre la incidencia de la TIP sin haces radioeléctricos para dispositivos móviles y portátiles en los sistemas del servicio de radionavegación marítima/ Sistema mundial de navegación por satélite diferencial (DGNSS) por debajo de 325 kHz

11.1 Introducción

La banda de frecuencias 315-325 kHz está atribuida al servicio de radionavegación marítima y se utiliza para las transmisiones diferenciales del sistema mundial de navegación por satélite (DGNSS), cuyos parámetros detallados pueden encontrarse en la Recomendación UIT-R M.823-3. La TIP para dispositivos móviles y portátiles en la banda 315-405 kHz se solapa con la banda 315-325 kHz del DGNSS en las Regiones 2 y 3. De acuerdo con el GT 5B, la intensidad mínima de la señal deseada del DGNSS (en el borde de la cobertura) oscila entre 40 y 100 μ V/m (pueden verse más detalles en el Cuadro 45A). El DGNSS también se utiliza en vías navegables interiores en algunos lugares (es decir, Europa y Canadá) para ofrecer información de posicionamiento precisa. En la Región 1 este sistema utiliza frecuencias por debajo de 315 kHz.

Por consiguiente, en el estudio sólo se analiza el efecto de la TIP por encima de 315 kHz, lo que significa que sólo se contempla la hipótesis de mar abierto.

A los efectos del estudio se supone que todos los dispositivos de TIP utilizan la misma frecuencia (315 kHz), aunque en la vida real las frecuencias de carga varían en función de la implementación real, la situación de carga, etc.

11.2 Parámetros de la simulación

En el estudio se consideró que el nivel máximo de las emisiones de los dispositivos de TIP era de $-15 dB\mu A/m$. Se supuso que todos los dispositivos de TIP utilizados utilizaban la misma frecuencia (315 kHz), aunque en la vida real las frecuencias de carga varían en función de la implementación real, la situación de carga, etc.

Los parámetros del DGNSS figuran en el Cuadro 46 siguiente.

CUADRO 46

Parámetros del sistema mundial de navegación por satélite diferencial (DGNSS)

Parámetros	Valor	Referencia
Intensidad mínima de la señal deseada en el borde (uV/m)	40/75/100 Entre 40 y 100 μV/m	Los países de la Región 3 utilizaron la información de la <u>IALA, <i>Table of</i></u> <u>DGNSS stations</u> , edición 1.8 2021
Relación de protección, C/I (dB)	15, cocanal	UIT-R M.823-3, Cuadro 5
Intensidad máxima de la señal interferente permisible en el borde (dBuV/m)	17,04 /22,5 /25	R3
Cobertura	entre 50 y 500 km	Información de la IALA, <i>Table of DGNSS stations</i> , edición 1.8 2021
Intensidad máxima de la señal interferente permisible en el borde (dBuV/m)	18,89/11,02/17,04	R1/R2/R3
Disponibilidad de la señal (navegación en aguas oceánicas)	99,8 %	Resolución <u>A.1046 (27) Apéndice 2.5</u> <u>de la OMI</u>

11.3 Hipótesis y resultados

Habida cuenta de las hipótesis de uso de la TIP por inducción sin haces radioeléctricos para dispositivos móviles y portátiles, para este estudio de simulación se diseñaron tres hipótesis: una sola fuente en general, dispositivo de TIP en la costa y dispositivo de TIP en el buque.

11.3.1 Estudio de una sola fuente 1: estudio de la incidencia de la TIP sin haces radioeléctricos para dispositivos móviles y portátiles en el sistema mundial de navegación por satélite diferencial (DGNSS)

Se llevó a cabo un estudio de la incidencia utilizando los parámetros indicados en el Cuadro 46 y el modelo de propagación de la Recomendación UIT-R SM.2028.

CUADRO 47

Parámetros del sistema mundial de navegación por satélite diferencial (DGNSS)

Parámetro	Valor
Intensidad mínima de la señal deseada del DGNSS($\mu V/m$)	75 (valor típico)
Intensidad mínima de la señal deseada del DGNSS (dBµV/m)	37,5
Relación de protección (dB) cocanal	15
Umbral de intensidad de campo interferente (dB μ V/m)	22,5
Modelo de propagación	Rec. UIT-R SM.2028
Frecuencia deseada del DGNSS	315 kHz

En la Fig. 65 siguiente se muestran las distancias de separación necesarias entre la antena de campo H del DGNSS y los dispositivos TIP con distintos niveles de emisión y en distintas frecuencias.



FIGURA 65

Informe SM.2449-65

En la Fig. 66 siguiente se muestran las distancias de separación necesarias entre la antena de campo E del DGNSS y los dispositivos de TIP con distintos niveles de emisión y en distintas frecuencias.



FIGURA 66 Distancias de separación en función de los niveles de emisión de la TIP (campo E)

La comparación de los distintos niveles de emisión de las Figs. 65 y 66 muestra que la distancia de separación para los dispositivos de TIP que utilizan la banda 315-405 kHz es inferior a la necesaria para el tercer armónico de los dispositivos de TIP que utilizan la banda 100-148,5 kHz. Hay millones de dispositivos que utilizan la gama de frecuencias inferior y no se ha registrado ningún caso de interferencia. Dado que los dispositivos de TIP para dispositivos móviles y portátiles que utilizan la banda 315-405 kHz generan menos interferencia en el DGNSS, es todavía más improbable que se dé un caso de interferencia.

Además, en el caso de la antena de campo E, la interferencia se reduce notablemente.

En este estudio se supone un acoplamiento perfecto de las antenas, lo que exigiría un alineamiento perfecto del dispositivo de TIP con la antena del DGNSS.

11.3.2 Estudio 2 sobre la incidencia de la TIP sin haces radioeléctricos para dispositivos móviles y portátiles que utiliza la banda 315-405 kHz en el sistema mundial de navegación por satélite diferencial (DGNSS)

Se llevó a cabo un estudio de la incidencia utilizando los parámetros del Cuadro 47 y el modelo de propagación de la Recomendación UIT-R SM.2028.

Cuando un dispositivo de TIP se encuentra cerca del receptor del DGNSS, la distancia de protección, *r*, puede estar dentro del campo cercano, por lo que puede calcularse con la siguiente ecuación, (13) en el Anexo 1 a la Recomendación UIT-R SM.2028:

$$r = \sqrt[3]{\frac{m}{2\pi H_{limit}}}$$

m se define en las ecuaciones (1) y (2) del Anexo 1 a UIT-R SM.2028 y el límite de intensidad de campo magnético, H_{limit} (A/m), puede obtenerse de la ecuación (8). Se escogió que *m* fuese el máximo de m1 y m2. Se supone aquí que la antena utilizada para el DGNSS es una antena de bucle sensible

al magnetismo, y la conversión de campo E a campo H se efectúa con el factor E/H = 51,5 dB sin tener en cuenta otros factores de conversión dada la gran distancia entre el transmisor y el receptor del DGNSS. La TIP suele emitir en un ancho de banda muy estrecho, inferior al ancho de banda del DGNSS, por lo que la relación de ancho de banda es 0. En los cálculos no se consideran factores de reducción que pudiesen reducir la incidencia en el receptor.

Los resultados del Cuadro 48 muestran que, para una sola fuente de TIP sin haces radioeléctricos para dispositivos móviles y portátiles, la distancia de protección con respecto al DGNSS es de 21 metros, es decir, que los dispositivos de TIP deben estar como mínimo a 21 m del receptor del DGNSS.

Pueden obtenerse resultados distintos con otros modelos de propagación y la distancia de interferencia real puede reducirse gracias a otros factores. Las pruebas en el terreno podrían ofrecer más información para esta hipótesis de interferencia.

CUADRO 48

Parámetro	Valor
Intensidad mínima de la señal deseada del DGNSS (µV/m)	75 (valor típico)
Intensidad mínima de la señal deseada del DGNSS (dBµV/m)	37,5
Relación de protección (dB) cocanal	15
Umbral de intensidad de campo interferente (dBµV/m)	22,5
Emisión máxima de TIP (dBµA/m @10 m)	-15
Modelo de propagación	Rec. UIT-R SM.2028
Distancia de protección con respecto a un único dispositivo de TIP (m)	21

Parámetros del sistema mundial de navegación por satélite diferencial (DGNSS)

11.3.3 Estudio combinado 1: Hipótesis de dispositivo de TIP en la costa

La intensidad de la señal transmitida por las estaciones de radiobaliza se reduce paulatinamente al alejarse de la costa. Los niveles de intensidad de la señal en relación con la cobertura se definen en la Información de la IALA⁸ sobre estaciones del DGNSS por países. El receptor víctima está montado en el buque. En ese estudio se considera el caso más desfavorable en que el buque está situado en el borde de la cobertura. En la Fig. 67 se ilustra esta hipótesis.

FIGURA 67 Hipótesis de dispositivos de TIP en la costa



En la Fig. 68 se muestra la distribución de la intensidad de campo eléctrico de un único dispositivo de TIP. La intensidad de la señal de TIP recibida en el buque depende de la cobertura. El modelo de propagación utilizado es el de la Recomendación UIT-R SM.2028.



FIGURA 68 Distribución del campo E del dispositivo de TIP

Tanto para la hipótesis de una sola fuente como para la hipótesis combinada, la simulación del presupuesto de enlace del sistema se llevó a cabo con supuestos conservadores. En este estudio se tuvieron en cuenta estaciones del DGNSS de China, Corea (República de), India, Malasia, Viet Nam, Brasil y Canadá. Para la hipótesis de una sola fuente, el margen es superior a 140 dB. Para la hipótesis combinada, como se muestra en el Cuadro 49, la simulación concluye el número de dispositivos de TIP que, combinados simultáneamente en la misma frecuencia y en la misma fase, pueden causar interferencia perjudicial al receptor del DGNSS. Además, se concluyen respectivamente las zonas de distribución habida cuenta de la densidad de TIP en zonas urbanas o urbanas densas. La zona de distribución para entornos urbanos o urbanos densos de la simulación es muy superior a una ciudad costera real, lo que significa que la interferencia combinada no podría llegar en la práctica a un nivel perjudicial.

CUADRO 49

Parámetros del DGNSS	China	India	Viet Nam	Corea (República de)	Brasil	Canadá
Intensidad nominal de la señal (dBuV/m)	75	100	100	100	20	75
Cobertura (km)	300	185	500	80	370	150
Relación de protección (dB)	15	15	15	15	15	15
Nivel máximo de interferencia aceptable (dBuV/m)	22,50	25,00	25,00	25,00	11,02	22,5
Intensidad de la señal de TIP en la cobertura (dBuV/m)	-133,28	-127,04	-142,15	-119,75	-136,92	-125,22
Margen de TIP de una sola fuente (dB)	155,78	152,04	167,15	144,75	147,94	147,72
Número de dispositivos de TIP (unidades) combinados para llegar al margen	61 526 366	39 994 475	227 771 824	17 278 260	24 947 671	24 325 471
Zona urbana densa equivalente (km ²)	47 476	30 861	175 958	13 332	1 999 581	16 217
Zona urbana equivalente (km ²)	189 902	123 444	70 382	53 330	498 953	64 868
Zona (km ²)/ciudad	6 340 (Shanghai)	603 (Mumbai)	2 061 (Ho Chi Minh City)	770 (Busán)	1 521 (Sao Paolo)	115 (Vancúver)

Simulación del presupuesto de enlace del sistema DGNSS

Resultados de los dispositivos de TIP en la costa

El estudio muestra que ni en el caso de una sola fuente ni en el caso combinado se causa interferencia perjudicial al sistema DGNSS marítimo en las Regiones 2 y 3. En la Región 1 las frecuencias de la TIP y del DGNSS no se solapan.

En el caso de una sola fuente, el margen mínimo para el DGNSS es de 144 dB en Corea; en los demás países el margen es superior.

En el caso combinado se supone que todos los dispositivos de TIP utilizan la misma frecuencia y la misma fase vectorial (caso más desfavorable). En la realidad, la frecuencia de carga varía y los dispositivos deberían utilizar fases factoriales aleatoria, lo que generaría menos interferencia. Además, no se aplicó la discriminación de antena. Se concluye que la zona de distribución correspondiente a un entorno urbano o urbano denso en la simulación es mucho más grande que una ciudad costera real, lo que significa que la interferencia combinada no podría, en la práctica, alcanzar un nivel perjudicial.

11.3.4 Estudio combinado 2: Hipótesis de dispositivos TIP a bordo del buque

Esta hipótesis contempla la presencia de dispositivos de TIP a bordo de buques, por ejemplo, cruceros. Los dispositivos de TIP se cargan dentro de las cabinas y están uniformemente distribuidos en una zona rectangular. Se utilizó la modelización EM para la propagación en el campo cercano. Se aplicó una suma vectorial para evaluar la interferencia combinada utilizando la metodología Monte Carlo.

El número de dispositivos activos se calculó como se indica en el Cuadro 50.

CUADRO 50

Hipótesis	Penetración de frecuencia (%) ⁽¹⁾	Relación de método de carga inalámbrica (%) ⁽²⁾	Periodo de carga (%) ⁽³⁾	Factor de actividad (%) durante el tiempo de carga de cresta ⁽⁴⁾
Utilización inalámbrica alta	30	60	25	4,5
Utilización inalámbrica baja	30	15	25	1,13

Factor de actividad de los dispositivos de TIP

⁽¹⁾ La frecuencia más utilizada en la actualidad es 100-148,5 kHz. Se prevé que la banda 315-400 kHz comparta la cuota de mercado con 100-148,5 kHz en el futuro. Se prevé una tasa de penetración del 30%.

⁽²⁾ Se prevé que la penetración de carga inalámbrica alcance el 34% en 2025.

⁽³⁾ El periodo de carga es casi igual a 8 horas. Una carga puntual se efectúa en 2 horas.

⁽⁴⁾ El tiempo de carga de cresta se sitúa entre las 11 pm y las 7 am (durante las 8 horas).

Como base para el análisis se utilizó un buque de crucero grande. Se seleccionó el buque AIDA Nova que se muestra en la Fig. 69.

FIGURA 69 AIDA Nova (*https://en.wikipedia.org/wiki/AIDAnova*)



Se diseñó un modelo basado en la disposición del buque, véanse las Figs. 70 y 71.

FIGURA 70 Modelo geométrico del buque (parte 1)



FIGURA 71 Modelo geométrico del buque (parte 2)



Se estudiaron dos hipótesis: un dispositivo de TIP por cabina y dos dispositivos de TIP por cabina.

Los cruceros están principalmente formados por estructuras metálicas que influyen notablemente en los campos magnéticos generados por los cargadores TIP. Las mediciones indicadas en el Cuadro 51 muestran que puede darse el siguiente nivel de incidencia (recuadro naranja).

Referencia	Elemento	Esparcimiento (mm)	Pérdida (dB)	Otros detalles
1	Puerta de madera de habitación interior	500	0	
2	Pared de ladrillo de habitación interior, grosor 280 mm	300	0	
3	Tablón de madera (aglomerado) de doble grosor (50 mm)	500	0	
4	Panel de acero,	475	2	Panel de 100 mm detrás del generador
5	$600 \times 1\ 000\ mm$	475	10	Panel entre el generador y el receptor
6	Panel de aluminio,	500	11	Panel horizontal
7	$480\times2~000~mm$	500	15	Panel vertical
8	Célula GTEM, a través de la pared	500	>34	La puerta debe estar totalmente cerrada

CUADRO 51

Atenuación de campo causada por diversos materiales (de construcción)

Las atenuaciones de campo debidas a estructuras metálicas reducen el campo en más de 10 dB. El valor de la atenuación se considera una variable aleatorizada dentro de la horquilla 10-30 dB.

Habida cuenta de que hay distintos tipos de antena del DGNSS, la antena de campo E y la antena de campo H, se realizaron los estudios para ambos tipos, cuyos resultados se resumen en los Cuadros 52 y 53.

CUADRO 52

Resumen de los resultados con dispositivos de TIP a bordo del buque – antena DGNSS de campo H (utilizando un factor E/H constante)

Cabinas	Área (m*m)	TIP por cabina	Densidad de TIP	Campo E (probabi 99,	combinado ilidad del 8%)	Nivel máximo de interferencia permisible
			(/km²)	1,1% AF	4,5% AF	(dBuV/m) (R1/R2/R3)
4x60x11	42*337	1	186520	-13,83	-6,53	18,89/11,02/17,04
4x60x11	42*337	2	373039	-11,23	-2,08	18,89/11,02/17,04

CUADRO 53

Resumen de los resultados con dispositivos de TIP a bordo del buque – antena DGNSS de campo E (utilizando un factor E/H dependiente de la distancia)

Cabinas	Área (m*m)	TIP por cabina	Densidad de TIP (/km ²) Campo E combinado (probabilidad del 99,8%)		combinado llidad del 3%)	Nivel máximo de interferencia permisible
				1,1% AF	4,5% AF	(dBuV/m) (R1/R2/R3)
4x60x11	42*337	1	186520	-27,65	-17,96	18,89/11,02/17,04
4x60x11	42*337	2	373039	-23,61	-12,93	18,89/11,02/17,04

Resultados para dispositivos de TIP a bordo del buque

La simulación llega a la conclusión de que los dispositivos de TIP a bordo del buque no causan interferencia perjudicial al receptor del DGNSS marítimo instalado en el buque. Habida cuenta del nivel máximo de interferencia permisible actual, queda un margen de 13 dB en todas las Regiones y en todos los casos.

No se consideran otros factores de reducción que podrían reducir la incidencia, como las estructuras metálicas del buque, que podrían reducir la incidencia en hasta 40 dB, o el diagrama de antena del receptor del DGNSS. Los niveles de TIP más altos se darán por debajo del nivel de la antena del DGNSS, mientras que la señal deseada llega en horizontal.

11.4 DGNSS para la aproximación a puerto

Queda un caso de uso del DGNSS que no se ha estudiado explícitamente, a saber, la mejora de la precisión cuando un buque entra o sale de puerto. Se verificó el emplazamiento de las estaciones del DGNSS más cercanas en los puertos más grandes de los países señalados anteriormente. En todos los casos hay una estación del DGNSS a proximidad directa del puerto y su nivel de intensidad de campo es bastante superior al mínimo.

11.5 Resumen de los resultados

La simulación demuestra que el campo E de los dispositivos de TIP para dispositivos móviles y portátiles no tiene incidencia alguna en la recepción del DGNSS.

En el caso en que los dispositivos de TIP están en la costa, el número de dispositivos de TIP combinados se calcula de manera que se pueda comparar la interferencia combinada con el nivel de interferencia permisible. El número de dispositivos de TIP resultante, en las distintas ciudades costeras, es muy superior al número de dispositivos previstos en la realidad.

En el caso en que los dispositivos de TIP están a bordo del buque, la interferencia combinada arroja un margen de al menos 13 dB en todas las Regiones. Además, en el estudio no se consideran las pérdidas adicionales causadas por el diseño y los materiales escogidos para la estructura del buque. Tampoco se aplica la discriminación de antena del DGNSS, que podría reducir aún más el nivel de interferencia combinada.

Cuando el DGNSS se utiliza para la aproximación a puerto, se escoge la ubicación del transmisor del DGNSS para dejar un margen suficiente que evite todo riesgo de interferencia causada por la TIP.

12 Servicio móvil marítimo en relación con el SMSSM

Es necesario garantizar la protección de los servicios móviles marítimos para servicios de seguridad de la vida humana enumerados en el Apéndice **15** del RR, que utilizan, en particular las frecuencias 490 kHz, 518 kHz y 2 187,5 kHz. La TIP que utiliza las gamas de frecuencias 315-405 kHz, 1 700-1 800 kHz y 2 000-2 170 kHz no se solapa con esas gamas de frecuencias ni tiene armónicos impares que coincidan con ellas.

13 SFTS en la banda 3 995-4 005 kHz en la Región 3

No se han realizado estudios al respecto. Una posible solución sería limitar la TIP a las frecuencias por encima de 2 005 kHz y evitar que un posible segundo armónico coincida con la gama utilizada por el SFTS en la banda 3 995-4 005 kHz.

14 Estudio sobre la incidencia de la TIP sin haces radioeléctricos para dispositivos móviles y portátiles que utiliza la gama 1 700-1 800 kHz en los sistemas del servicio de radiolocalización

No se han realizado estudios al respecto.

15 Comparación de la incidencia de la carga TIP entre 100-148,5 kHz y 315-405 kHz

En este caso hay dos elementos pertinentes: primero, la diferencia en «frecuencia» de los armónicos y, segundo, la diferencia en el nivel real de las emisiones.

En la Fig. 72 se compara un ejemplo de dispositivo de TIP operativo a 100 kHz y otro a 350 kHz, que crean armónicos impares. El dispositivo de TIP que funciona a 100 kHz tiene 14 armónicos por debajo de 3 MHz, mientras que el dispositivo de TIP que funciona a 375 kHz sólo tiene tres armónicos. En tal caso, es entre cuatro y cinco veces más probable que un servicio de radiocomunicaciones se vea afectado cuando hay dispositivos de TIP operativos en la gama inferior.



FIGURA 72 «Frecuencia» de la aparición de armónicos por debajo de 3 MHz

El límite de emisiones fundamental de los dispositivos de TIP en la gama 100-148,5 kHz puede ser de hasta 37,7-42 dB μ A/m mientras que las emisiones de los dispositivos de TIP en la gama 315-405 kHz no rebasarán los -15 dB μ A/m (a 10 m de distancia).

En la vida real, los dispositivos de TIP para la carga de dispositivos móviles y portátiles podrían no alcanzar los niveles indicados en la Figura anterior. Sin embargo, pueden ser muy importantes. Como se indica en la sección § 6.3.7 los niveles reales de algunos cargadores que utilizan la banda 100-148,5 kHz superan los $-15 \text{ dB}\mu\text{V/m}$ en su tercer armónico.

Estos niveles se ajustan al marco reglamentario vigente en muchos países pero los armónicos son notablemente superiores a los que genera un cargador TIP que funciona con un límite fundamental de $-15 \text{ dB}\mu\text{A/m}$.

Los cargadores TIP que utilizan la banda 315-405 kHz suponen un riesgo notablemente inferior para los servicios de radiocomunicaciones. En general, la aparición de armónicos es mucho más infrecuente, pero, en particular porque su nivel de emisiones es inferior al nivel fundamental, sus armónicos son también mucho más bajos.

16 Conclusión

Se utilizaron modelos y mediciones de emisiones para analizar la incidencia de la TIP para dispositivos móviles y portátiles en los servicios de radiocomunicaciones. En el informe, se analizó la incidencia de este tipo de interferencia en los servicios de radiodifusión AM, de radioaficionados y de radionavegación aeronáutica (ADF/NDB), y se realizó un análisis independiente de los servicios sobre los efectos de la TIP en el ruido artificial de fondo.

16.1 Radiodifusión AM en 525-1 700 kHz

Los dispositivos de TIP utilizados para cargar dispositivos móviles y portátiles deben situarse a una distancia adecuada de los receptores de los servicios de radiocomunicaciones para no causarles interferencia.

Informe SM.2449-72

En un estudio sobre radiodifusión AM y dispositivos de TIP que utilizan la gama de frecuencias 100-148,5 kHz se determinó que la distancia de separación necesaria era de 2,3 m, mientras que en otro estudio se indicó que la distancia de separación necesaria podía ser mucho mayor.

En el caso de la radiodifusión AM y los dispositivos de TIP que utilizan la gama 315-405 kHz, un estudio constató que la distancia de separación necesaria era de 1,5 m en la mayoría de los casos cuando se escogía 360 kHz como frecuencia de funcionamiento del dispositivo de TIP y el nivel de emisiones fundamental se encontraba entre -25 y -35dBµA/m a 10 m (-15 dBµA/m en ETSI EN300 330), muy inferior a lo que ocurre cuando se utiliza la gama 100-148,5kHz. El estudio consistió en un análisis de sensibilidad con distintas orientaciones de los dispositivos de TIP y los receptores de radiodifusión AM. En una de las mediciones se encontró un cargador que exigía una distancia de separación de 2,3 m, incremento que se debe al desplazamiento en frecuencia de 500 Hz entre el armónico y el centro del canal de radiodifusión AM. El desplazamiento en frecuencia con respecto al centro del canal del caso más desfavorable es de 1,6 kHz. Otros cálculos muestran que, cuando el desplazamiento en frecuencia es de 1,6 kHz en lugar de 500 Hz, la distancia de protección aumenta hasta los 2,7 m. Sin embargo, será necesario realizar más mediciones para verificar este cálculo a fin de evitar que la TIP cause interferencia perjudicial a los sistemas de radiodifusión AM.

La radiodifusión AM se mucho menos afectada por los dispositivos de TIP que utilizan la banda 315-405 kHz en comparación con los que utilizan la banda 100-148,5 kHz. Se aconseja a las administraciones que verifiquen si la situación se ajusta a sus requisitos nacionales.

16.2 Servicio de aficionados en 135,7-137,8 kHz

Los dispositivos de TIP para la carga de dispositivos móviles y portátiles que utilizan la gama de frecuencias 100-148,5 kHz deben observar una distancia de separación adecuada con respecto a los receptores de servicios de radiocomunicaciones para no causar interferencia. En el caso del servicio de aficionados, esta distancia oscila entre 15,3 m y 51,3 m en función de los casos. Sin embargo, es muy probable que haya múltiples dispositivos de TIP dentro del radio de acción de un único receptor, dado que las distancias de protección son grandes en las zonas urbanas.

16.3 Servicio de radionavegación aeronáutica en relación con la TIP en 100-148,5 kHz y 315-405 kHz

En los estudios relativos a la radionavegación aeronáutica (ADF/NDB) se constató que las distancias de separación requeridas eran notablemente inferiores a las altitudes mínimas de seguridad de los vuelos.

16.4 Análisis genéricos de la incidencia en los servicios de radiocomunicaciones (por ejemplo, fijo y móvil) de la TIP que utiliza las bandas 315-405 kHz, 1 700-1 800 kHz y 2 000-2 170 kHz

16.4.1 Estudio Monte Carlo combinado

El estudio Monte Carlo analizó la cantidad de interferencia que llega al ancho de banda de un receptor, en comparación con el nivel de ruido artificial. Se ve que la densidad de despliegue de dispositivos de TIP prevista en las gamas de frecuencias consideradas (a saber, 315-405 kHz, 1 700-1 800 kHz y 2 000-2 170 kHz) genera, sólo en las zonas urbanas muy densas, un incremento del ruido entre 1,2 y 2,1 dB por encima del nivel mediano predicho en la Recomendación UIT-R P.372 en función de la frecuencia. Cuando se utilizan las mediciones reales del ruido radioeléctricos efectuadas en Países Bajos, el incremento del ruido mediano es inferior a entre 0,3 dB y 0,7 dB en las tres gamas de frecuencias. En todos los demás entornos (urbano y residencial) el incremento del ruido mediano es inferior a 0,4 dB, 0,6 dB o 0,8 dB, en función de la frecuencia.

Estos niveles corresponden a las horas de carga de cresta, que suelen ser por la noche. Durante el día, se constató un incremento mediano del ruido menor.

El entorno de ruido real a menos de 10 m de distancia del dispositivo de TIP puede ser inferior o superior a los niveles de ruido artificial utilizados en este estudio. La incidencia real de la TIP en el entorno de ruido a distancias tan cortas con respecto a los edificios, o dentro de ellos, no pudo evaluarse por falta de información sobre los niveles de ruido artificial en esos casos.

16.4.2 Estudio Monte Carlo de una sola fuente

El estudio compara el nivel mediano de interferencia con el nivel mediano de ruido artificial e identifica el punto por debajo del cual la interferencia rebasa el nivel de ruido artificial. Demuestra que, al modelizar el alineamiento variable del cargador TIP con las bobinas receptoras (variable entre las emisiones más favorables y más desfavorables), la distancia a la que las emisiones del cargador TIP caen por debajo del nivel mediano de ruido artificial depende de la gama de frecuencias:

- En zonas urbanas, entre 11 m y 14 m, en comparación con el nivel mediano predicho en la Recomendación UIT-R P.372, y entre 7 y 9 m, en comparación con el nivel de las mediciones reales de ruido radioeléctrico realizadas en Países Bajos.
- En zonas residenciales, entre 15 m y 18 m, en comparación con el nivel mediano predicho en la Recomendación UIT-R P.372, y entre 9 m y 13 m, en comparación con el nivel de las mediciones reales de ruido radioeléctrico realizadas en Países Bajos.

Este estudio de una sola fuente es un análisis del caso más desfavorable, pues supone que las emisiones de TIP son siempre cocanal con el receptor del servicio de radiocomunicaciones y que el alineamiento de la antena receptora con el campo creado por el dispositivo de TIP es perfecto.

El entorno de ruido real a menos de 10 m de distancia del dispositivo de TIP puede ser inferior o superior a los niveles de ruido artificial utilizados en este estudio. La incidencia real de la TIP en el entorno de ruido a distancias tan cortas con respecto a los edificios, o dentro de ellos, no pudo evaluarse por falta de información sobre los niveles de ruido artificial en esos casos.

16.5 Incidencia de la TIP sin haces radioeléctricos para dispositivos móviles y portátiles que utiliza las bandas 100 – 148,5 kHz y 315-405 kHz en la radionavegación marítima/ sistema mundial de navegación por satélite diferencial (DGNSS)

El primer estudio de una sola fuente muestra que, en el caso de una sola fuente de TIP sin haces radioeléctricos para dispositivos móviles y portátiles, la distancia de protección con respecto al DGNSS puede alcanzar los 47-51 m para el tercer armónico de los dispositivos de TIP que utilizan la gama 100-148,5 kHz en el límite de emisiones no deseadas y los 17 m para las emisiones fundamentales de dispositivos de TIP que utilizan la gana 315-405 kHz en el límite fundamental.

También determina una distancia de separación necesaria de entre 7 m y 17m para el tercer armónico de los dispositivos de TIP que utilizan la gama 100-148,5 kHz y de entre 8 m y 11 m para las emisiones fundamental de los dispositivos de TIP que utilizan la gama 315-405 kHz, en el límite de emisión real medido. Los dispositivos de TIP para dispositivos móviles y portátiles que utilizan la gama 315-405 kHz generan menos interferencia en el DGNSS que los armónicos de los dispositivos de TIP que utilizan la gama 100-148,5 kHz.

El segundo estudio de una sola fuente muestra que, en el caso de una sola fuente de TIP sin haces radioeléctricos para dispositivos móviles y portátiles, la distancia de protección con respecto al DGNSS es de 21 m sin tener en cuenta otros factores de reducción, es decir, que los dispositivos de TIP deben observar una distancia de 21 m con respecto al receptor del DGNSS.

Las administraciones deben tener en cuenta las distancias de separación necesarias al planificar la utilización de las bandas 100-148,5 kHz y 315-405 kHz para la TIP, evitando en particular que la TIP cause interferencia a los receptores del DGNSS en la costa y a bordo de los buques.

El primer estudio combinado demuestra que los dispositivos de TIP en la costa no afectan a la recepción del DGNSS a bordo de los buques.

El segundo estudio combinado indica que el campo H y el campo E de los dispositivos de TIP a bordo de un gran buque crucero que utilizan la gama 315-325 kHz no afectan a la recepción del DGNSS.

16.6 Servicio móvil marítimo en relación con el SMSSM

Está garantizada la protección de los servicios móviles marítimos para servicios de seguridad de la vida humana enumerados en el Apéndice **15** del RR. Se trata, en particular, de los que utilizan las frecuencias 490 kHz, 518 kHz y 2 187,5 kHz. La TIP que utiliza las gamas de frecuencias 315-405 kHz, 1 700-1 800 kHz y 2 000-2 170 kHz no se solapa con esas gamas de frecuencias ni tiene armónicos impares que coincidan con ellas.

16.7 Comparación de la incidencia de la carga TIP entre 100–148,5 kHz y 315-405 kHz

En comparación con los cargadores TIP que utilizan la gama 100-148,5 kHz, los cargadores TIP que utilizan la gama 315-405 kHz suponen un menor riesgo para los servicios de radiocomunicaciones. En general, la aparición de armónicos es mucho más infrecuente, pero, en particular porque su nivel de emisiones es inferior al nivel fundamental, sus armónicos son también mucho más bajos.

Documento del UIT-R y número	Título del documento del UIT-R		
Acuerdo Regional GE75			
Recomendación UIT-R P.368-7	Curvas de propagación por onda de superficie para frecuencias comprendidas entre 10 kHz y 30 MHz		
Recomendación UIT-R P.372	Ruido radioeléctrico		
Recomendación UIT-R BS.468	Medición del nivel de tensión del ruido de audiofrecuencia en radiodifusión sonora		
Recomendación UIT-R BS.498	Transmodulación ionosférica en las bandas de radiodifusión de ondas kilométricas y hectométricas		
Recomendación UIT-R P.532	Efectos ionosféricos y consideraciones de explotación en relación con la modificación artificial de la ionosfera y del canal de ondas radioeléctricas		
Recomendación UIT-R BS.559	Medición objetiva de las relaciones de protección en radiofrecuencia en las bandas de radiodifusión por ondas kilométricas, hectométricas y decamétricas		
Recomendación UIT-R BS.560	Relaciones de protección en radiofrecuencia para la radiodifusión en ondas kilométricas, hectométricas y decamétricas		

Anexo 1

Referencias

Documento del UIT-R y número	Título del documento del UIT-R
Recomendación UIT-R BS.561	Definiciones de la radiación en radiodifusión (ondas kilométricas, hectométricas y decamétricas)
Recomendación UIT-R M.589	Características técnicas de los métodos de transmisión de datos y de protección contra la interferencia para los servicios de radionavegación en las bandas de frecuencias comprendidas entre 70 y 130 kHz
Recomendación UIT-R BS.638	Términos y definiciones utilizados en la planificación de frecuencias para radiodifusión sonora
Recomendación UIT-R BS.639	Anchura de banda necesaria para la emisión en radiodifusión (ondas kilométricas, hectométricas y decamétricas)
Recomendación UIT-R BS.703	Características de los receptores de referencia de radiodifusión sonora con modulación de amplitud para fines de planificación
Recomendación UIT-R M.823	Características técnicas de las transmisiones diferenciales efectuadas para sistemas mundiales de navegación por satélite desde radiobalizas marítimas en la banda de frecuencias 283,5-315 kHz en la Región 1 y 285-325 kHz en las Regiones 2 y 3
Recomendación UIT-R SM.1056	Limitación de las radiaciones procedentes de equipos industriales, científicos y médicos (ICM)
Recomendación UIT-R P.1147	Predicción de la intensidad de campo de la onda ionosférica en frecuencias comprendidas entre 150 y 1 700 kHz aproximadamente
Recomendación UIT-R P.1321	Factores de propagación que afectan a los sistemas con técnicas de modulación digital en ondas kilométricas y hectométricas
Recomendación UIT-R BS.1348	Requisitos de servicio de la radiodifusión sonora digital para frecuencias inferiores a 30 MHz
Recomendación UIT-R BS.1386	Características y diagramas de las antenas transmisoras en ondas kilométricas y hectométricas
Recomendación UIT-R BS.1387	Método para mediciones objetivas de la calidad de audio percibida
Recomendación UIT-R BS.1514	Sistema para radiodifusión sonora digital en las bandas de radiodifusión por debajo de 30 MHz
Recomendación UIT-R M.1732-2	Características de los sistemas que funcionan en el servicio de aficionados y de aficionados por satélite para utilizarlas en estudios de compartición
Recomendación UIT-R BS.1895	Criterios de protección para los sistemas de radiodifusión terrenal
Recomendación UIT-R SM.1896	Gamas de frecuencia para la armonización mundial o regional de los dispositivos de corto alcance
Recomendación UIT-R SM.2028	Cálculo de distancia de protección entre sistemas inductivos y servicios de radiocomunicaciones que utilizan frecuencias por debajo de 30 MHz
Recomendación UIT-R SM.2103	Armonización mundial de categorías de dispositivos de corto alcance
Recomendación UIT-R P.2109	Predicción de las pérdidas debidas a la penetración en edificios
Recomendación UIT-R SM.2110	Gamas de frecuencias para la explotación de sistemas de transmisión inalámbrica de potencia sin haces radioeléctricos
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

Documento del UIT-R y número	Título del documento del UIT-R
Informe UIT-R BS.401	Antenas de emisión para radiodifusión en ondas kilométricas y hectométricas
Informe UIT-R BS.458	Características de los sistemas de radiodifusión en ondas kilométricas, hectométricas y decamétricas
Informe UIT-R SM.2057	Studies related to the impact of devices using ultra-wideband technology on radiocommunication services
Informe UIT-R SM.2153	Parámetros técnicos y de funcionamiento de los dispositivos de radiocomunicaciones de corto alcance y utilización del espectro por los mismos
Informe UIT-R SM.2154	Técnicas de medición de ocupación del espectro por dispositivos de radiocomunicaciones de corto alcance
Informe UIT-R SM.2179	Mediciones de dispositivos de radiocomunicaciones de corto alcance
Informe UIT-R SM.2180	Influencia de las equipos industriales, científicos y médicos (ICM) sobre los servicios de radiocomunicaciones
Informe UIT-R SM.2210	Incidencia de las emisiones de dispositivos de corto alcance en los servicios de radiocomunicaciones
Informe UIT-R SM.2303	Transmisión inalámbrica de potencia mediante tecnologías distintas de las de haces radioeléctricos

Otras referencias

- [1] Measurement Methodology and Results of Measurements of Man-Made Noise Floor on HF in The Netherlands, T.W.H. Fockens, A.P.M. Zwamborn, F. Leverink, IEEE Transactions on EMC, Vol 61, No. 2, abril de 2019.
- [2] I. Landa, A. Arrinda, I. Eizmendi, M. M. Velez and I. Fernandez, «Man-made noise measurements in indoor locations in Medium Wave band». Proceedings of the Fourth European Conference on Antennas and Propagation, Barcelona, 2010, pp. 1-5.
- [3] K. Fockens and F. Leferink, «Correlation Between Measured Man-Made Noise Levels and the Density of Habitation», en IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, doi: 10.1109/TEMC.2020.3001979.
- [4] M. Iwama, «Estimation of Background Noise in HF-Band,» 2008 Asia-Pacific Symposium on Electromagnetic Compatibility and 19th International Zurich Symposium on Electro- magnetic Compatibility, mayo de 2008, Singapur, pp. 478-481.
- [5] ERC Recommendation 70-03: <u>https://docdb.cept.org/document/845</u>
- [6] ERC Recommendation 74-01: <u>https://docdb.cept.org/document/1001</u>
- [7] ERC Report 69: <u>https://docdb.cept.org/document/637</u>
- [8] ECC Report 67: <u>https://docdb.cept.org/document/177</u>

Anexo 2

Abreviaturas

Término	Explicación
ADC	Convertidor de analógico a digital (analogue digital converter)
ADF	Radiogoniometría automática (automatic direction finder)
AM	Amplitud modulada
BBC	British Broadcasting Corporation
BW	Ancho de banda (<i>bandwidth</i>)
ETSI	Instituto Europeo de Normas de Telecomunicación
FCC	Federal Communications Commission
ICM	Industriales, científicas y médicas (aplicaciones)
LF	Ondas kilométricas (low frequency)
NDB	Radiobaliza no direccional (non-directional beacon)
RR	Reglamento de Radiocomunicaciones
SCN	Ruido de portadora única (single carrier noise)
TR	Informe Técnico (technical report)
WGN	Ruido blanco gaussiano (white gaussian noise)
TIP	Transmisión inalámbrica de potencia

Anexo 3

Modelo de propagación para emisiones de TIP

La pérdida de propagación se basa en el modelo de propagación utilizado, a saber, el de la Recomendación UIT-R SM.2028 con tipo de suelo 9. Se combina el efecto del acoplamiento magnético a distancias cortas (60 dB por década) con la pérdida en el espacio libre (20 dB por década) en el campo lejano. La transición entre el campo cercano y el campo lejano se modeliza a 40 dB por década. Más allá del campo lejano se supone una propagación por onda de superficie. El modelo se programó para ofrecer directamente los resultados en dB μ A/m. Se configuró para generar –15 dB μ A/m a 10 m.



