

## RECOMENDACIÓN UIT-R SM.1755-0\*

**Características de la tecnología de ultrabanda ancha**

(2006)

**Cometido**

La información sobre las características técnicas y de explotación de los dispositivos de ultrabanda ancha (UWB) es necesaria para estudiar la repercusión de estos dispositivos en otros servicios de radiocomunicación. Esta Recomendación ofrece la relación de términos y definiciones así como las características generales de la tecnología UWB.

**Palabras clave**

Ultrabanda ancha, corto alcance, modulación, servicios de radiocomunicaciones

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

*considerando*

- a) que las transmisiones intencionadas procedentes de dispositivos que utilizan la tecnología de ultrabanda ancha (UWB) pueden extenderse a lo largo de una gama muy amplia de frecuencias;
- b) que se están desarrollando dispositivos que utilizan la tecnología UWB con transmisiones que abarcan numerosas atribuciones de servicios de radiocomunicación;
- c) que por este motivo, los dispositivos que utilizan la tecnología UWB pueden repercutir simultáneamente en muchos sistemas que funcionan con una serie de servicios de radiocomunicación, incluyendo los que se utilizan internacionalmente;
- d) que la tecnología UWB puede integrarse en múltiples aplicaciones, tales como las de comunicaciones de corto alcance en interiores y en exteriores, las de formación de imágenes de radar, las de imágenes médicas, las de seguimiento de blancos, las de vigilancia, las de radar de vehículos y las de transporte inteligente;
- e) que puede ser difícil distinguir las transmisiones UWB de las emisiones o las radiaciones no intencionadas en los equipos que también contienen otras tecnologías, cuando puedan aplicarse límites distintos;
- f) que las aplicaciones que utilizan la tecnología UWB pueden beneficiar a sectores tales como los de protección pública, construcción, ingeniería, ciencia, medicina, aplicaciones de consumo, tecnología de la información, entretenimiento multimedia y transporte;
- g) que los dispositivos que utilizan la tecnología UWB para ciertas aplicaciones pueden dar lugar a despliegues de gran densidad en ciertos entornos en los que ya se han instalado o se instalarán estaciones de servicios de radiocomunicación;
- h) que los requisitos en cuanto a espectro y las restricciones operativas de los dispositivos que utilizan la tecnología UWB pueden variar conforme a su aplicación;

---

\* La Comisión de Estudio 1 de Radiocomunicaciones introdujo algunas modificaciones redaccionales en esta Recomendación en 2018 y 2019, de conformidad con la Resolución UIT-R 1.

- j) que los dispositivos que utilizan la tecnología UWB funcionan normalmente sin protección y sin causar interferencia;
- k) que la información sobre las características técnicas y la explotación de los dispositivos que utilizan la tecnología y las aplicaciones UWB es necesaria para estudiar la repercusión de los dispositivos de dicha tecnología en los servicios de radiocomunicación; y
- l) que se necesita información sobre los términos y definiciones asociados a la tecnología UWB y a los dispositivos que la utilizan,

*recomienda*

- 1** que al describir la tecnología UWB y los dispositivos que la utilizan se utilicen los términos, definiciones y abreviaturas del Anexo 1;
- 2** que para caracterizar la tecnología UWB se utilicen las características generales del Anexo 2;
- 3** que en los estudios relativos a la repercusión de los dispositivos que utilizan la tecnología UWB (dispositivos de los que actualmente no se reconoce su funcionamiento en atribuciones de servicios de radiocomunicación) en los sistemas de radiocomunicaciones se consideren las características técnicas y de explotación que figuran en el Anexo 3;
- 4** que las Notas indicadas a continuación se consideren parte de la presente Recomendación.

NOTA 1 – Las administraciones que autoricen dispositivos que utilizan la tecnología UWB o concedan licencias de éstos deben asegurarse de que, en virtud de las disposiciones del Reglamento de Radiocomunicaciones, dichos dispositivos no causarán interferencia ni impondrán restricciones a los servicios de radiocomunicación de otras administraciones que se definen en el Reglamento de Radiocomunicaciones y que funcionan conforme a dicho Reglamento, ni reclamarán protección respecto a dichos servicios.

NOTA 2 – Al recibir una notificación de interferencia en los servicios de radiocomunicación mencionados en la Nota 1 anterior procedente de los dispositivos que utilizan la tecnología UWB, las administraciones deben adoptar medidas inmediatas para eliminar dicha interferencia.

## **Anexo 1**

### **Términos, definiciones y abreviaturas sobre ultrabanda ancha**

#### **1 Términos y definiciones sobre ultrabanda ancha**

En la descripción de las tecnologías y los dispositivos de ultrabanda ancha (UWB) se indican los siguientes términos con sus definiciones.

*Tecnología de ultrabanda ancha:* tecnología para radiocomunicaciones de corto alcance en la que interviene la generación y transmisión intencionadas de energía de radiofrecuencia dispersa a lo largo de una gama de frecuencias muy amplia que puede superponerse a varias bandas de frecuencias atribuidas a servicios de radiocomunicación. Los dispositivos que utilizan la tecnología

UWB suelen provocar una radiación intencionada por la antena con una anchura de banda en  $-10$  dB de al menos 500 MHz o una anchura de banda fraccional en  $-10$  dB superior a 0,2.<sup>1</sup>

*Transmisión UWB*: radiación generada utilizando al tecnología UWB.

*Factor de actividad*: fracción de tiempo durante la que transmite un dispositivo que utiliza la tecnología UWB.<sup>2</sup>

*Impulso*: cresta de polaridad unidireccional que suele utilizarse para excitar un filtro de banda limitada UWB cuya salida, al radiarse, es un impulso UWB.

*Pulsación*: señal UWB transitoria breve radiada cuya duración es nominalmente el recíproco de su anchura de banda a  $-10$  dB.

*Dispositivo de imagen radar*: dispositivo utilizado para obtener imágenes de objetos de obstrucción. Se incluye la detección intramuros y a través de paredes, el radar de penetración en el suelo, las imágenes médicas, las imágenes para la construcción y la reparación de edificios, las de minería y los dispositivos de vigilancia.

*Dispositivo radar de penetración en el suelo (GPR)*: dispositivo de imágenes radar que suele funcionar en contacto con el suelo o muy próximo a él con el fin de detectar o determinar estructuras del subsuelo. Aunque se utiliza principalmente para examinar el «subsuelo», el término «suelo» puede generalizarse para indicar todo material dieléctrico suelto.

*Dispositivo de imágenes radar de muros*: detector diseñado para examinar y determinar el interior de los muros. Los muros suelen estar hechos de una estructura de hormigón o de un material similar denso impermeable que absorbe gran parte energía radioeléctrica incidente. Entre las aplicaciones típicas están los muros de edificio de hormigón reforzado, los muros de contención, los revestimientos de túneles, los muros de minas, los pilares de puentes u otras estructuras físicas suficientemente densas y gruesas como para disipar y absorber la mayor parte de la intensidad de la señal transmitida por el dispositivo de imágenes.

*Dispositivo de imagen radar a través de muros*: detector utilizado para transmitir energía a través de una estructura opaca tal como la de un muro o de un techo, a fin de detectar el movimiento o el emplazamiento de personas u objetos situados al otro lado. Estos dispositivos se diseñan específicamente para maximizar la transferencia de energía a través de una estructura opaca. En esta categoría pueden incluirse productos tales como los localizadores de pernos, concebidos para

---

<sup>1</sup> La anchura de banda en  $-10$  dB  $B_{-10}$  y la anchura de banda fraccional en  $-10$  dB  $\mu_{-10}$  se calculan de la siguiente manera:

$$B_{-10} = f_H - f_L$$

$$\mu_{-10} = B_{-10}/f_C$$

siendo:

$f_H$ : frecuencia máxima a la que la densidad espectral de potencia de la transmisión UWB es de  $-10$  dB con relación a la  $f_M$

siendo:

$f_M$ : frecuencia de la transmisión UWB máxima

$f_L$ : frecuencia inferior a la que la densidad espectral de potencia de la transmisión UWB es de  $-10$  dB con relación a la  $f_M$ ,

$f_C = (f_H + f_L)/2$ : frecuencia central de la anchura de banda a  $-10$  dB.

La anchura de banda fraccional puede expresarse en porcentaje.

<sup>2</sup> Para dispositivos múltiples, véase el § 3 del Anexo 3.

localizar objetos situados detrás de los muros que no son suficientemente espesos o densos para absorber la señal transmitida, tales como los de yeso, escayola o similares.

*Dispositivo de comunicación UWB*: dispositivo de comunicación de corto alcance para la transmisión y/o recepción de información entre dispositivos.

*Dispositivo de medición UWB*: dispositivo utilizado para medir la distancia o la posición.

*Dispositivo de imágenes médicas*: detector utilizado para determinar la posición o el movimiento de objetos dentro del cuerpo de un ser humano o un animal.

*Detección de la posición y seguimiento*: red de detectores instalados en posiciones controladas de forma precisa para medir el emplazamiento de un dispositivo distante utilizando la tecnología UWB.

*Dispositivo de radar de vehículos*: dispositivo radar montado en vehículos de transporte terrestre para detectar el emplazamiento y el movimiento de personas o de objetos en las proximidades de un vehículo.

*Dispositivo multifuncional*: dispositivo que permite aplicaciones UWB múltiples tales como las imágenes de radar, el radar de vehículos, la detección de posición y seguimiento y las funciones de comunicación, utilizando una plataforma común.

NOTA 1 – Los términos de anchura de banda necesaria, anchura de banda ocupada, emisiones no deseadas, emisiones fuera de banda y emisiones no esenciales, tal como se definen en el Artículo 1 del Reglamento de Radiocomunicaciones, no son por lo general pertinentes para las transmisiones de ultrabanda ancha.

## 2 Abreviaturas relativas a la ultrabanda ancha

DS-CDMA	Acceso múltiple por división de código de secuencia directa ( <i>direct sequence-code division multiple access</i> )
DSSS	Dispersión de espectro de secuencia directa ( <i>direct sequence spread spectrum</i> )
GPR	Radar de penetración en el suelo ( <i>ground penetrating radar</i> )
MB-MDFO	MDFO multibanda ( <i>multiband OFDM</i> )
MDFO	Multiplexión por división de frecuencia ortogonal ( <i>orthogonal frequency division multiplexing</i> )
MIP	Modulación de impulsos en posición
PRF	Frecuencia de repetición de impulsos ( <i>pulse repetition frequency</i> )
PSD	Densidad espectral de potencia ( <i>power spectral density</i> )
RBW	Anchura de banda de resolución ( <i>resolution bandwidth</i> )
SRR	Radar de corto alcance ( <i>short-range radar</i> )
UWB	Ultrabanda ancha ( <i>ultra-wideband</i> )
WPAN	Red de área personal inalámbrica ( <i>wireless personal area network</i> )

## Anexo 2

### Características generales de la tecnología de UWB

#### 1 Potenciación posible de la alta densidad

La tecnología UWB puede potencialmente integrarse en múltiples aplicaciones que pueden ofrecer ventajas para el público, los consumidores, las empresas y la industria. Por ejemplo, la UWB puede integrarse en aplicaciones de mejora de la seguridad pública, utilizando dispositivos de radar de vehículos para evitar colisiones, activación de *airbag* y sensores de carreteras, dispositivos de comunicación de gran velocidad de datos y corto alcance, sistemas de etiqueta, detectores y sensores de nivel de líquidos, dispositivos de vigilancia, dispositivos de determinación de la posición, y también como sustitución de las conexiones alámbricas de gran velocidad de datos en distancias cortas. Aunque la mayoría de los dispositivos que utilizan la tecnología UWB funcionarán con una potencia muy reducida, las múltiples aplicaciones posibles de dicha tecnología pueden traducirse en una gran densidad de dispositivos UWB en ciertos entornos tales como los de oficinas principales y centros empresariales.

#### 2 Velocidad de datos elevada

Los dispositivos que utilizan la tecnología UWB pueden funcionar con niveles de potencia muy reducidos y pueden servir para aplicaciones en las que intervengan múltiples usuarios con velocidades de datos elevadas (por ejemplo, redes de área personal inalámbricas de corto alcance (WPAN) con velocidades de datos superiores a 100 Mbit/s).

#### 3 Comunicaciones seguras

Las señales UWB quedan potencialmente más protegidas y son posiblemente más difíciles de detectar que las señales de radiocomunicación con otras técnicas. Ello es debido a que las señales UWB ocupan una anchura de banda muy amplia, pueden ser de tipo ruido y pueden comunicarse con un código temporal singular aleatorizado a millones de bits por segundo. Cada bit suele representarse por un gran número de impulsos de muy pequeña amplitud, generalmente inferior al nivel de ruido. Estas características se traducen en transmisiones seguras con probabilidad reducida de detección (LPD) y muy pequeña probabilidad de interceptación (LPI).

#### 4 Comunicaciones inmunes

Los dispositivos que utilizan la tecnología UWB se diseñan generalmente para obtener una amplia ganancia de procesamiento, lo que es una medida de la inmunidad del dispositivo ante la interferencia.

#### 5 Capacidad del sistema de comunicación

La capacidad teórica de todo sistema de comunicación, y también la de un sistema UWB, puede calcularse a partir de una relación de Shannon:

$$C = B \log_2 \left( 1 + \frac{\int P_d(f) df}{\int_B N_0 df} \right) \quad (1)$$

siendo:

- $C$ : capacidad del canal (bit/s)
- $B$ : anchura de banda del canal (Hz)
- $P_d(f)$ : densidad espectral de potencia de la señal (W/Hz (o dBm/Hz))
- $N_0$ : densidad espectral de potencia del ruido (W/Hz (o dBm/Hz)).

La relación de Shannon muestra que la capacidad teórica del canal de un sistema de comunicación UWB es muy grande debido a su anchura de banda, aun cuando su densidad espectral de potencia sea muy reducida y restringida en amplitud.

## 6 Espectro de potencia de UWB

Las señales UWB generadas por la modulación básica de la posición del impulso tienen numerosas crestas espectrales. La aleatorización se utiliza para que la señal se parezca más al ruido. La forma de la densidad espectral de potencia de una señal UWB emitida suele controlarse mediante una selección adecuada de las formas de impulso, la técnica de modulación, la fluctuación de la temporización y las secuencias de código de pseudoruido utilizadas para la aleatorización de los impulsos UWB. La forma espectral de una transmisión UWB se define además mediante componentes tales como las antenas.

### 6.1 Requisito de una anchura de banda grande

Las transmisiones UWB se extienden a lo largo de una anchura de banda de frecuencia muy amplia en comparación con las distintas de la UWB. Entre otras dificultades está la de encontrar un espectro adecuado y una forma de introducir las aplicaciones UWB sin causar interferencia en los servicios de radiocomunicación.

### 6.2 Conformación del impulso

La conformación del impulso permite controlar el contenido de la frecuencia de la transmisión UWB con lo que se puede reducir la interferencia causada a los sistemas de radiocomunicación. Es fundamental que las formas de los impulsos de las comunicaciones UWB tengan una media cero, porque una antena no puede radiar señales con frecuencia cero. En los diseños de sistemas de comunicación UWB pueden incorporarse combinaciones creativas de formas de impulsos y diversas opciones de modulación.

### 6.3 Modulaciones de UWB

En los impulsos UWB, la información puede codificarse utilizando la modulación por posición del impulso (es decir PPM binaria o  $M$ -aria), la modulación de la amplitud del impulso (es decir MAP binaria o  $M$ -aria), la modulación bifase o de polaridad del impulso (BPM), la modulación mediante un doblete de un impulso positivo seguido de un impulso negativo o viceversa, y la manipulación de impulsos (OOK). Además, pueden utilizarse combinaciones de dichas modulaciones. Por ejemplo, se ha visto que un esquema de modulación híbrido bifase y PPM sirve para eliminar los componentes discretos de un sistema UWB PSD.

La transmisión de la señal UWB implica la conformación del impulso, su dispersión, modulación y aleatorización. La modulación y aleatorización híbrida adecuada de una señal UWB hace que su espectro se parezca al del ruido Gaussiano blanco aditivo. La elección del esquema de modulación UWB repercute en la densidad de potencia espectral de la señal radiada y consecuentemente, afecta a los servicios de radiocomunicación. En particular, el efecto de los componentes discretos del sistema PSD puede reducirse o eliminarse.

### 6.3.1 Modulación de la posición del impulso (PPM)

La PPM es una técnica de modulación UWB mediante la cual los datos se representan por derivas temporales a partir de un instante de referencia. La PPM binaria ha sido una primera opción muy extendida y apareció relativamente pronto en la literatura sobre comunicaciones UWB. Las señales UWB con modulación PPM pueden tener un espectro discreto que no cursa información y puede causar interferencia. Esto puede reducirse considerablemente aleatorizando las posiciones de los impulsos mediante secuencias de pseudoruido que blanquean el espectro significativamente. Esta aleatorización de la modulación PPM se ha denominado frecuentemente de saltos temporales (TH). Otra forma de reducir la interferencia procedente de una señal PPM UWB es aumentar el periodo del tren de impulsos. Esto hace disminuir la frecuencia de aparición de los componentes discretos del sistema PSD.

Una forma de modulación de la posición del impulso es la UWB de impulso multibanda (MB-I) que comprende un método mediante el cual el espectro se divide en subbandas. Se envían impulsos de muy corta duración en secuencias por saltos de frecuencia y de tiempo en diversas subbandas. Se utiliza la modulación de polaridad o bifase con los impulsos salteados en tiempo-frecuencia. Puede emplearse un espacio de modulación multidimensional rellenando una matriz de tiempo y frecuencia con impulsos. También son posibles otras modulaciones complejas y eficaces (respecto a la relación  $E_b/N_0$ ) que se detectan de forma coherente. La calidad de tipo ruido de las señales es el resultado de los saltos de tiempo-frecuencia.

### 6.3.2 Modulación bifase

Para una modulación de fase binaria, se utiliza una forma específica de impulso y su negativo para representar un cero y un uno. La modulación bifase supone una ventaja de entre 3 y 6 dB respecto a la PPM en entornos sin propagación multitrayecto. También presenta una relación entre potencia de cresta y media inferior a 3 (comparada a la de una onda senoidal con una relación de 2).

### 6.3.3 Modulación de amplitud del impulso (PAM)

La PAM es una técnica en la que se varía la amplitud de los impulsos transmitidos basándose en los datos a transmitir. En los dispositivos con modulación PAM se selecciona un conjunto de amplitudes para representar los datos a transmitir. Un impulso de cualquier forma con media cero puede tener su amplitud modulada con variaciones de  $\pm 1$  (señalización binaria) o una variación  $M$  (PAM  $M$ -aria). Las señales PAM pueden demodularse con técnicas no coherentes.

### 6.3.4 Modulación de manipulación de impulsos (OOK) sí-no

La OOK es un caso especial de modulación UWB PAM en la que la presencia o ausencia de un impulso en un intervalo temporal representa un uno o un cero.

### 6.3.5 UWB modulada con segmentos

En la modulación con segmentos, la frecuencia portadora se barre a lo largo de una banda muy amplia durante un intervalo de impulso determinado. El esquema de barrido que codifica los datos puede ser lineal o no lineal, conforme a los requisitos del dispositivo.

### 6.3.6 Modulación mediante un par de dobletes de polaridad opuesta

Un doblete consta de un impulso positivo seguido de un impulso negativo, o viceversa, lo que da lugar a otra forma de modulación. Una ventaja de este tipo de modulación es que la elección de la separación entre los impulsos de un doblete y la separación temporal entre los dobletes permite conformar el espectro de frecuencia para reducir la interferencia.

### **6.3.7 UWB con acceso múltiple por división de código de secuencia directa (DS-CDMA) y de secuencia indirecta**

La ultrabanda ancha de secuencia directa (UWB-DS) utiliza secuencias de impulsos codificados con polaridad de ciclo de trabajo elevado para codificar datos con velocidades del orden de cientos de megabits hasta más de un gigabit por segundo, o incluso más. A una velocidad de impulsos fija, se utilizan múltiples impulsos para representar un solo bit, intercambiando de esta manera energía por bit y velocidad binaria. La anchura de banda UWB de la técnica UWB-DS es función de la duración del impulso en subnanosegundos de cada segmento. La señal UWB es de tipo ruido con una probabilidad de detección muy reducida y pequeña probabilidad de intercepción. El diseño de un buen código de dispersión en la UWB-DS es crucial para lograr una buena calidad en un entorno multitrayecto. En la CDMA-DS, varios usuarios pueden compartir simultáneamente el mismo espectro utilizando códigos adecuados.

## **6.4 Modulación multibanda y técnicas multiusuario**

### **6.4.1 Multiplexión por división de frecuencia ortogonal multibanda (MB-MDFO)**

La MB-MDFO estructura el espectro en varias subbandas. Los datos se transmiten entre las bandas utilizando un código tiempo-frecuencia (TFC). En cada subbanda se utiliza un esquema de modulación MDFO para cursar la información.

### **6.4.2 Saltos de frecuencia para multibanda (FH-UWB)**

En la UWB-FH, la señal se distribuye en una banda de frecuencia de entre otras varias durante un corto periodo de tiempo. Este salto entre bandas se efectúa conforme a un esquema preasignado (uniforme o disforme).

Un sistema multibanda puede basarse en el principio de transmisión de diferentes símbolos en distintas bandas, en una secuencia periódica, de forma muy similar a los saltos de frecuencia. Pueden implementarse varios modos de funcionamiento modificando la velocidad de los saltos, los símbolos y el número de bandas.

### **6.4.3 Modulación de frecuencia múltiple por división del tiempo para multibanda**

La modulación de frecuencia múltiple por división del tiempo es un esquema de modulación similar al de los saltos de frecuencia, pues utiliza bandas múltiples, aunque es diferente porque difiere la relación entre las bandas. Su ventaja principal es que permite aumentar el número de bits por símbolos y, en consecuencia, reducir la velocidad de símbolos. Con ello se reduce el efecto de la interferencia entre símbolos causada por la dispersión del retardo.

### **6.4.4 Acceso múltiple flexible entre bandas para multibandas**

En un esquema de acceso múltiple UWB flexible entre bandas para un sistema PAN inalámbrico múltiple se utilizan matrices diseñadas específicamente de codificación y de decodificación para obtener una resistencia ante la interferencia multiusuario (MUI), dar cabida a diversas alternativas de dispersión, permitir una plena diversidad multitrayecto y aplicar una eficacia espectral modulable (que vaya desde velocidades de datos reducidas a medias y elevadas).

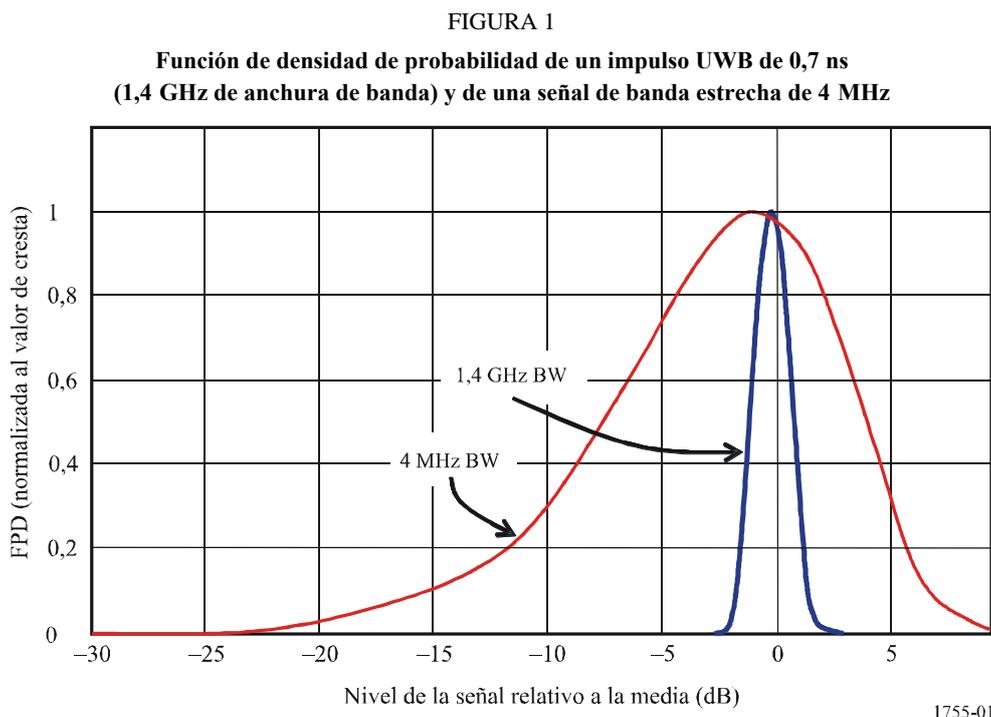
## **7 Modo de señalización común (CSM)**

El CSM es un posible método mediante el cual los dispositivos que utilizan distintas tecnologías UWB pueden coordinar su actividad y reducir sus efectos en los sistemas que funcionan en los servicios de radiocomunicación.

## 8 Efectos multirrayecto

Se necesita una anchura de banda de transmisión amplia para superar los desvanecimientos multirrayecto en un entorno de interiores. En dicho entorno, la dispersión del retardo entre las distintas reflexiones multirrayecto será pequeña y la anchura de banda de coherencia del canal será por tanto grande. Los dispositivos de comunicación UWB son pues resistentes al desvanecimiento multirrayecto en un entorno de interiores, porque tienen una amplia anchura de banda de transmisión y los componentes multirrayecto poco separados pueden por ello resolverse en el receptor.

En la Fig. 1 se comparan las estadísticas de la señal del desvanecimiento multirrayecto, para señales con anchura de banda de 4 MHz y 1,4 GHz. En la señal con anchura de banda mayor se observa una probabilidad inferior de desvanecimiento profundo respecto al nivel medio de la señal.



Durante la propagación se dispersa un impulso de subnanosegundos, lo que puede traducirse en un desvanecimiento de Rayleigh en el dominio de la frecuencia. No obstante, cada una de estas reflexiones es una señal independiente, de forma que puede utilizarse un receptor RAKE para sumar de forma coherente la energía en cada uno de los impulsos que se reciben de cada uno de los componentes multirrayecto para lograr una ganancia en un trayecto único de recepción.

## 9 Capacidades en cuanto a imagen y posición

Las transmisiones UWB pueden penetrar muros y obstáculos y ofrecer una gran precisión de determinación de la posición. Estas propiedades también pueden ser útiles en aplicaciones de detección del movimiento de personas y objetos. Por ejemplo, las aplicaciones de radar de imagen pueden utilizarse en organizaciones de instrucción judicial, rescate e incendios para detectar personas ocultas detrás de muros o bajo escombros en situaciones tales como las de rescate de rehenes, incendios, derrumbes de edificios o avalanchas. La técnica UWB puede utilizarse en

hospitales y clínicas para diversas aplicaciones médicas, a fin de obtener imágenes de órganos del cuerpo de una persona o de un animal. La UWB puede también utilizarse en aplicaciones:

- de localización de objetos tales como depósitos minerales, tubos metálicos o no metálicos, cables eléctricos en muros y minas terrestres plásticas;
- de medición de espesor del hielo en lagos helados y de condiciones de la pista en aeropuertos;
- de estudios forenses y arqueológicos; y
- de búsqueda de roturas en puentes y autopistas.

### Anexo 3

#### Características técnicas y operacionales de los dispositivos que utilizan la tecnología de UWB

##### 1 Características operacionales

La tecnología UWB puede integrarse en múltiples aplicaciones. Algunos dispositivos UWB pueden servir para más de una aplicación. En el Cuadro 1 se ofrecen ejemplos de categorías amplias y aplicaciones UWB y sus características operacionales.

CUADRO 1

##### Características operacionales de las aplicaciones

Aplicación UWB	Características operacionales
<b>1 Imágenes radar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Utilización principalmente ocasional por profesionales en números limitados</li> <li>– La utilización se limita a emplazamientos específicos o zonas geográficas</li> </ul>
Radar de penetración en el suelo	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Utilización ocasional por profesionales a intervalos poco frecuentes y emplazamientos específicos</li> <li>– Una aplicación específica puede tener un número limitado de dispositivos que funcionan de forma continua móvil en carreteras</li> <li>– La transmisión se dirige hacia el suelo</li> </ul>
Imágenes radar en muros	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Utilización ocasional a intervalos infrecuentes</li> <li>– Usuarios profesionales: generalmente ingenieros, diseñadores y profesionales de la industria de la construcción</li> <li>– La transmisión se dirige hacia un muro</li> <li>– Los dispositivos suelen funcionar en contacto directo con el muro para maximizar la resolución y la sensibilidad de la medición</li> </ul>

CUADRO 1 (Fin)

Aplicación UWB	Características operacionales
Imágenes a través de muros	<ul style="list-style-type: none"> <li>– El dispositivo es transportable</li> <li>– Lo utiliza personal adiestrado: normalmente la policía, equipos de emergencia, personal de seguridad y militar</li> <li>– Utilización ocasional a intervalos infrecuentes</li> <li>– Se instala en números limitados</li> <li>– La transmisión se dirige hacia un muro</li> <li>– Los dispositivos pueden funcionar a cierta distancia del muro para maximizar la seguridad del funcionamiento en caso de acción hostil</li> </ul>
Imágenes médicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Puede utilizarse para diversas aplicaciones sanitarias de imágenes del interior del cuerpo de una persona o un animal</li> <li>– Utilización ocasional estática en interiores a cargo de personal adiestrado</li> <li>– La transmisión se dirige hacia un cuerpo</li> </ul>
<b>2 Vigilancia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Se explota como «valla de seguridad» estableciendo un perímetro estacionario de RF y detectando la intrusión de personas u objetos en él</li> <li>– Utilización continua en exteriores e interiores de manera estática</li> </ul>
<b>3 Radar de vehículos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Utilización móvil</li> <li>– Puede haber una utilización de gran densidad en autopistas o carreteras importantes</li> <li>– Utilización únicamente en transporte terrestre</li> <li>– La transmisión se efectúa generalmente en dirección horizontal</li> </ul>
<b>4 Mediciones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Utilización estática en interiores y exteriores</li> </ul>
<b>5 Detección de posición y seguimiento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Generalmente infraestructura fija; utilización principalmente estática</li> <li>– Los transmisores funcionan siempre con control positivo</li> </ul>
<b>6 Comunicación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Puede haber una utilización de gran densidad en ciertos entornos de interiores tales como los de edificios de oficinas</li> <li>– Algunas aplicaciones tienen utilización ocasional, tales como las de ratón inalámbrico UWB; otras funcionarán durante grandes porcentajes de tiempo, tales como las de enlace de vídeo</li> <li>– También puede haber una utilización en exteriores</li> </ul>

### 1.1 Características operacionales de los radares de penetración en el suelo

El Cuadro 2 muestra ejemplos de características operacionales de algunos radares UWB de penetración en el suelo (GPR) disponibles actualmente en el mercado.

CUADRO 2

**Características operacionales de algunos dispositivos GPR UWB**

	<b>Dispositivo A, D, E y F</b>	<b>Dispositivo B y C</b>
Funcionamiento y control	Distante o actuación por computador	Distante o actuación por computador
Altura operacional	Acoplado al suelo $R \approx 0$ m	Acoplado al suelo $R \approx 0$ m y ocasionalmente sobre la superficie a menos 1 m
Modo de instalación	Normalmente sujeto	Normalmente sujeto con alguna utilización de pared
Tipo de usuario	Normalmente asesor, profesional o investigador	Normalmente asesor, profesional o investigador
Modo de utilización	Utilización ocasional en emplazamientos específicos	Utilización ocasional en emplazamientos específicos

**2 Características técnicas de los dispositivos de UWB****2.1 Dispositivos de comunicaciones y sistemas de medición**

En el Cuadro 3 se ofrecen ejemplos de características de tres dispositivos de comunicación actuales.

CUADRO 3

**Características de algunos dispositivos de comunicación UWB**

	<b>Dispositivo G</b>	<b>Dispositivo H</b>	<b>Dispositivo I</b>
p.i.r.e. media máxima (dBm/1 MHz)	-41,3	-41,3	-41,3
Frecuencia inferior a -20 dB y -10 dB (GHz)	3,1, 3,6	$\geq 3,1$ (-10 dB menos)	3,1, 3,6
Frecuencia superior a -10 dB y -20 dB (GHz)	9,6, 10,1	$\leq 10,6$ (-10 dB menos)	9,6, 10,1
Diagrama de antena	Omni	Omni	Omni
Velocidad de impulso (Mpps)	> 500	$\geq 1$	> 1 000
Velocidad binaria (Mbit/s)	$\leq 100$	$\leq 40$	$\leq 500$
Alcance (m)	$\sim 10$	< 100	4-10
p.i.r.e. media máxima (dBm/1 kHz) en 960-1 610 MHz	$\leq -90$	$\leq -85,3$	$\leq -90$
p.i.r.e. media máxima (dBm/1 MHz) en 960-1 610 MHz	< -90	$\leq -75,3$	$\leq -90$
p.i.r.e. media máxima (dBm/1 MHz) en 1 610-3 100 MHz	< -63,3	$\leq -53,3$	$\leq -63,3$

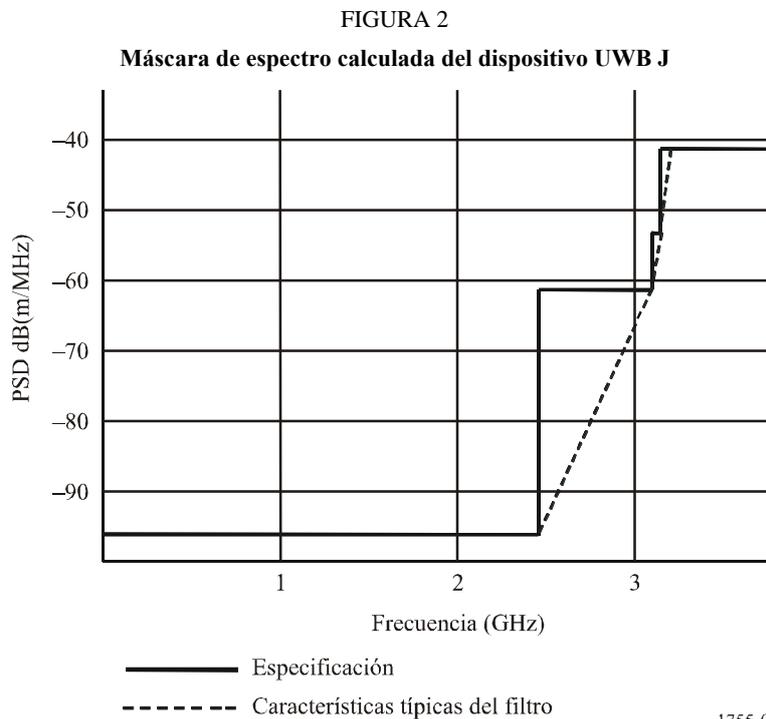
El dispositivo G se utiliza para aplicaciones en oficinas o domicilios con transmisiones de velocidad de datos de hasta 100 Mbit/s. También sirve para un funcionamiento entre dispositivos de mano que puedan ser de exteriores y que no empleen una infraestructura fija. Dichas aplicaciones incluyen enlaces entre asistentes digitales personales o computadores móviles. En una LAN inalámbrica, pueden cursar múltiples señales de vídeo digital entre componentes de un sistema de vídeo tales como entre una cámara de vídeo y un computador, entre una unidad de mesa de cable y una televisión, o entre una pantalla de plasma y un reproductor de DVD.

El dispositivo H es un dispositivo multifunción pensado para utilización en interiores en aplicaciones industriales, comerciales y de consumo en las que se requieren comunicaciones de posicionamiento de precisión o de detección radar. El dispositivo puede configurarse para funcionar en una amplia gama de velocidades binarias. La gama de funcionamiento depende de la velocidad de datos.

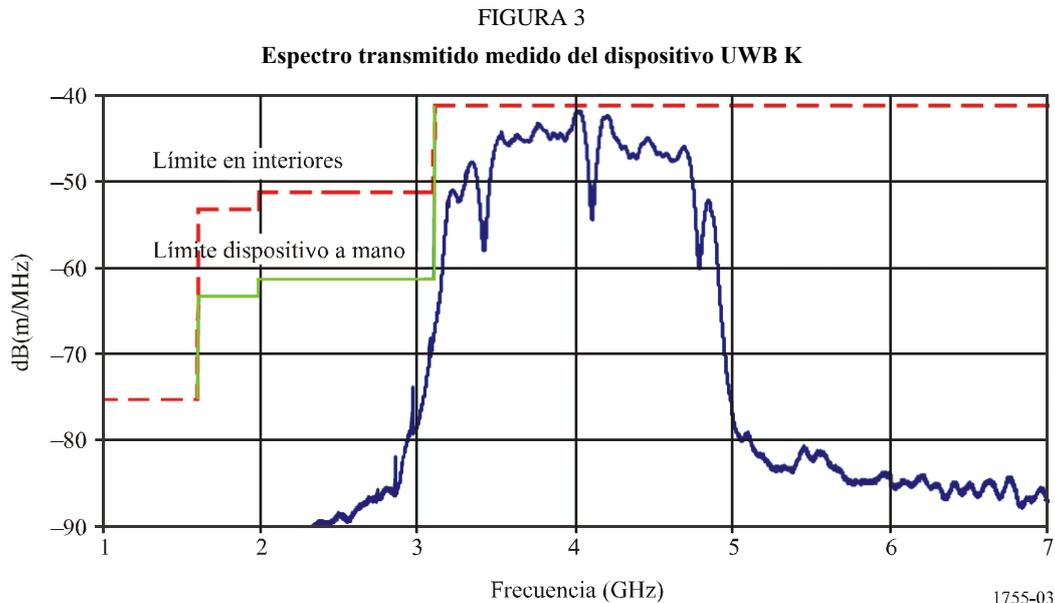
El dispositivo I está pensado para un funcionamiento en oficinas o en aplicaciones de hogar con transmisiones de datos a velocidades de hasta 500 Mbit/s. Estos dispositivos de velocidades de datos superiores están pensados para conectividad inalámbrica en múltiples aplicaciones similares a las del dispositivo G, pero también sirven para sustitución inalámbrica de conexiones alámbricas de gran velocidad, tales como las USB o IEEE 1394.

Las Figs. 2 y 3 ofrecen ejemplos de las máscaras de espectro de otros dos dispositivos.

El dispositivo J sirve para aplicaciones de oficina y de hogar con transmisiones de datos a velocidades de 480 Mbit/s. En las especificaciones de este dispositivo se incluyen requisitos de máscara de espectro transmitida cerrada y de filtro preselector en el receptor. La conformación del espectro de transmisión se efectúa en el dominio digital y el filtro preselector del receptor es un componente de RF. Como este dispositivo es de tipo dúplex por división en el tiempo, este filtro preselector puede también utilizarse para filtrar la señal transmitida. La Fig. 2 muestra la combinación de las características de estos dos filtros aplicada a un sistema PSD en banda de  $-41,3 \text{ dBm/MHz}$ .



El dispositivo K está también pensado para aplicaciones de oficina y de hogar con una transmisión de velocidades de hasta 480 Mbit/s. La Fig. 3 muestra el espectro transmitido medido de este dispositivo.



## 2.2 Sistemas de radar de vehículos

Las características de Cuadro 4 constituyen un ejemplo de productos actuales. Los dispositivos de radar de vehículos que utilizan la tecnología UWB funcionan en bandas de frecuencia superiores a las utilizadas por los dispositivos de comunicación UWB. Estos dispositivos se diseñan para detectar la posición y el movimiento de objetos próximos a un vehículo, permitiendo funciones tales como la de evitar las colisiones, mejorar la activación de un *airbag* y readaptar la respuesta de los dispositivos de suspensión a las condiciones de la carretera. Los radares de vehículos emiten una señal UWB en una gama de frecuencias bien definida.

CUADRO 4

### Ejemplos de características de un dispositivo de radar de vehículo UWB actual

Parámetro	Valor
Frecuencia central (GHz)	~24,125
Densidad de p.i.r.e. máxima (dBm/1 MHz)	-41,3
Anchura de banda ocupada a -20 dB (GHz)	22,125 a 26,125
Frecuencia de repetición de impulsos (MHz)	0,1-5
Potencia de cresta máxima (p.i.r.e.) (dBm/50 MHz)	0
Diagrama de antena	Direccional
Altura de montaje (m)	~0,50
Alcance (m)	~20
Separación del blanco (cm)	15-25

Los cálculos de impacto para los radares de vehículos deben tener en cuenta la densidad máxima de vehículos, el porcentaje de la superficie de la Tierra en el que se obtienen esas densidades y la penetración en el mercado de los radares de vehículos UWB en el tiempo.

### 2.3 Sistemas de radar de penetración en el suelo (GPR)

Los dispositivos de GPR se utilizan para representar las estructuras del subsuelo. Aunque originalmente se utilizaban para examinar el «subsuelo», el término «suelo» puede ampliarse para indicar todo material dieléctrico suelto. Los GPR también se conocen como radares de banda de base o de impulsos. A continuación se indica un resumen de las características de las señales y dispositivos GPR:

- El GPR mide in situ las propiedades físicas (es decir, permisividad, conductividad o permeabilidad) del material del subsuelo. Estas propiedades in situ que se producen en frecuencias que van de 1 a 2 000 MHz son difíciles de determinar de otra manera.
- El objetivo de las mediciones GPR es detectar características del subsuelo. Las señales lanzadas desde el aire no convienen, pues se hace todo lo posible para minimizar las señales que viajan por el aire y que contaminan las mediciones deseadas.
- Los dispositivos GPR forman parte del grupo de instrumentos geofísicos y se han utilizado durante muchos años. El pequeño número de unidades y la filosofía general de minimizar las transmisiones por el aire se han traducido en un problema mínimo de interferencia.
- Cuando funcionan los dispositivos GPR tienen un ciclo de trabajo reducido. Es habitual efectuar mediciones con un ciclo de trabajo del 10% al 1% al que sigue un largo periodo de no utilización, durante el traslado hasta la siguiente posición de exploración o hasta la planificación de la siguiente secuencia de medición.
- Los GPR se utilizan infrecuentemente y el emplazamiento de utilización cambia constantemente. Estos factores reducen aún más la probabilidad de causar interferencia a los servicios de radiocomunicación.
- Los GPR son diferentes de los dispositivos de radares de imágenes a través de muros. Típicamente, las aplicaciones de GPR en muros implican el examen del interior de estructuras tales como pilares de puentes, revestimientos de túneles y muros de hormigón. Las señales GPR se dispersan por el material. Los dispositivos de imágenes de radar a través de muros se conciben para lanzar señales al aire por el otro lado del muro.
- La densidad espectral de potencia máxima aumenta a medida que disminuye la frecuencia central del GPR, pero no así la densidad espectral de potencia media. A medida que disminuye la frecuencia, la frecuencia de repetición de impulsos normalmente disminuye y la potencia media permanece aproximadamente constante.
- Los GPR de frecuencia inferior (geológicos) se utilizan en zonas geográficas distantes en las que hay poca probabilidad de interferencia con los servicios de radiocomunicación.
- El GPR debe utilizar una señal de banda ancha amplia para lograr una resolución adecuada.

En el Cuadro 5 se muestran ejemplos de características técnicas de algunos dispositivos GPR UWB disponibles actualmente en el mercado (para las características operacionales de estos dispositivos véase el § 1.1).

CUADRO 5

## Características de algunos dispositivos GPR que utilizan la tecnología UWB

	Dispositivo A	Dispositivo B	Dispositivo C	Dispositivo D	Dispositivo E	Dispositivo F
p.i.r.e. casi de cresta (dBm/120 kHz)	-65	-59	-59	-57	-57	-55
p.i.r.e. media (dBm/1 MHz)	N/A	N/A	-68	N/A	N/A	N/A
Frecuencia inferior a -10 dB (MHz)	120	185	317	19	18	17
Frecuencia superior a -10 dB (MHz)	580	840	1 437	79	125	202
Diagrama de antena	Dipolo acoplado al suelo. Direccionar hacia abajo					
Frecuencia de repetición de impulsos, kHz	Variable hasta un máximo de 100					
Alcance (m)	0 a 5	0 a 2,5	0 a 2	0 a 20	1 a 10	0 a 5

### 3 Factor de actividad de los dispositivos que utilizan la tecnología de UWB

Al aplicar el factor de actividad a los escenarios de despliegue de dispositivos múltiples que utilizan la tecnología UWB, deben considerarse la penetración de la tecnología, la velocidad de utilización máxima, la frecuencia de utilización y otros factores relacionados con el despliegue (incluyendo la penetración de las tecnologías competentes (alámbrica, infrarrojo, etc.).

#### 3.1 Factores de actividad y penetración de la tecnología de los dispositivos de radar de corto alcance (SRR) de vehículos en 24 GHz

Los factores de actividad del SRR que se obtienen en este punto han de servir como base para determinar la interferencia acumulada procedente de un gran número de vehículos equipados con dispositivos SRR que utilizan tecnología UWB.

El cálculo del nivel de esta interferencia acumulada debe basarse en un modelo de despliegue que tenga en cuenta el hecho de los distintos modos de funcionamiento y de que no todos los dispositivos SRR funcionan a la vez.

##### 3.1.1 Dispositivos con funcionamiento por impulsos, conmutación de los impulsos y factor de actividad

Los dispositivos SRR por impulsos no pueden funcionar de forma continua, debido a su principio inherente de funcionamiento que se traduce en un factor de Crest<sup>3</sup> típico de más de 20 dB.

Los modos de funcionamiento SRR que influyen en el factor de actividad del dispositivo se describen en los § 3.1.2 a 3.1.4.

<sup>3</sup> El factor de Crest (CF) se define como:  $CF = 10 \log (P_{pk}/P_{rms})$  siendo  $P_{pk}$ : potencia de cresta,  $P_{rms}$ : potencia media.

### 3.1.2 Modos de funcionamiento del radar de corto alcance

Para un SRR, el factor de actividad incluye periodos largos de apagado (por ejemplo, debido a que no se utilizan todos los sectores en ciertas situaciones de activación) así como cortos periodos de apagado.

En la obtención del factor de actividad deben considerarse diversos modos de funcionamiento de los dispositivos SRR que llevan a una reducción de la potencia media:

- *SRR apagado*: Dependiendo del dispositivo de control de un vehículo, los dispositivos SRR pueden apagarse automáticamente cuando el vehículo se para durante un periodo superior a cierto intervalo predeterminado, por ejemplo en un semáforo o en un cruce de vía férrea. En algunos vehículos, el motor y los dispositivos SRR pueden apagarse, mientras que en otros vehículos el motor puede quedar encendido, pero algunos o todos los dispositivos SRR pueden apagarse.<sup>4</sup>
- *Reducción de la frecuencia de repetición de impulsos*: La aplicación de ayuda de estacionamiento y parada y marcha puede actuar con una frecuencia de repetición de impulsos reducida, aprovechando la velocidad lenta del vehículo y la longitud del cambio del escenario del tráfico. Esta reducción de la frecuencia de repetición de impulsos reduce proporcionalmente la potencia media del conjunto de los dispositivos SRR. La frecuencia de repetición de impulsos nominal en este contexto es entonces la frecuencia en la que el dispositivo SRR alcanza la potencia media permitida máxima. Dependiendo de la dinámica del escenario de tráfico, algunas aplicaciones funcionarán con una frecuencia de repetición de impulsos inferior o con periodos de reposo más largos. Ambos efectos reducen la potencia media transmitida. Esta reducción de la potencia media puede expresarse como factor de actividad.
- *Modo no UWB*: La mayoría de los sensores se diseñan de forma que también permitan en ciertas situaciones de conducción el funcionamiento en un modo no UWB, en la banda de 24,00 a 24,25 GHz. El modo no UWB puede ser de banda estrecha en esta banda de frecuencias o un modo Doppler (modo de onda continua).  
El motivo de un modo no UWB en los SRR es que algunas aplicaciones de vehículos o de situaciones de conducción necesitan menos capacidad de separación de objetos (lo que se traduce en una anchura de banda ocupada muy inferior) o una gama más amplia de detección (lo que requiere una potencia de emisión mayor de la que podría permitirse únicamente en esta banda). Los dispositivos SRR pueden conmutarse entre un modo de banda ancha o un modo de banda estrecha. Cuando un dispositivo SRR funciona en un modo no UWB, sus emisiones no se consideran transmisiones UWB.
- *Gama de frecuencias parcial y funcionamiento UWB multibanda*: Es posible efectuar una reducción suplementaria en la potencia media acumulada del conjunto SRR cuando estos dispositivos comparten la gama disponible de frecuencias, utilizando cada uno un tramo diferente de la banda de frecuencias disponible. En este caso, la interferencia causada a los servicios de radiocomunicación puede reducirse cambiando la frecuencia a un tramo distinto de la banda.

### 3.1.3 Estimación del valor típico del factor de actividad para los distintos modos de funcionamiento de radar de corto alcance (SRR)

En el Cuadro 6 se estima el factor de actividad de los SRR para los distintos modos de funcionamiento utilizados en diversas situaciones de conducción.

---

<sup>4</sup> Algunos modelos de automóvil de bajo consumo ya utilizan esta técnica.

CUADRO 6

**Cálculo del factor de actividad estimado para todos los modos de funcionamiento**

Situaciones de conducción	Modos de funcionamiento				Factores de actividad de todos los modos de funcionamiento <sup>4</sup>	Aparición de situaciones de conducción en porcentaje del tiempo de conducción	Factores de actividad de todos los modos de funcionamiento ponderados por la aparición de las situaciones de conducción
	Modo «SRR apagado»	Modo «FRP reducida» (FRP reducida del 100% al 10%)		Modo «no UWB»			
	Tiempo del SRR encendido <sup>1</sup> en porcentaje del tiempo de conducción (= factor de actividad N.º 1)	Tiempo del FRP completa <sup>2</sup> en porcentaje del tiempo de conducción	Factor de actividad de este modo <sup>3</sup> (= factor de actividad N.º 2)	Tiempo del modo UWB en porcentaje del tiempo de conducción (= factor de actividad N.º 3)			
Autopista, tráfico en movimiento	100	80	82	60	49,2	55,00	27,06
Autopista, tráfico lento	100	100	100	80	80,0	10,00	8,00
Conducción en ciudad	70	80	82	70	40,2	35,00	14,06
Ciudad, estacionamiento hacia delante	100	0	10	100	10,0	0,05	0,01
Ciudad, estacionamiento hacia atrás	100	0	10	100	10,0	0,05	0,01
					<b>Factor de actividad resultante (%)</b>		<b>49,1</b>

<sup>1</sup> Tiempo del SRR encendido = 100% – SRR apagado.

<sup>2</sup> Tiempo de FRP completa = 100% – Tiempo FRP reducida.

<sup>3</sup> Factor de actividad = (Tiempo FRP completa \* 100%) + (100% – Tiempo FRP \* 10%).

<sup>4</sup> = Producto de los factores de actividad N.º 1 a 3.

NOTA 1 – Los números del Cuadro 6 son estimaciones efectuadas cuando se elaboró el cuadro. Tal vez las administraciones deseen efectuar su propio análisis de estos factores al realizar sus estudios.

Los cálculos muestran que la utilización de los distintos modos de funcionamiento se traducen en un factor de actividad acumulado de cerca del 50%, lo que conduce a una reducción de potencia de 3 dB.

### 3.1.4 Estimación de la penetración de la tecnología

Habrán tecnologías alternativas para algunas de las funcionalidades actuales mediante dispositivos SRR UWB en 24 GHz, incluyendo dispositivos SRR UWB en 79 GHz, si procede, sistemas de infrarrojos, ultrasónicos y dispositivos de vídeo en circuito cerrado. Una penetración al 100% de dispositivos SRR que utilicen tecnología UWB en la banda de 24 GHz no es realista. Es más probable que la penetración final se estabilice en un porcentaje inferior.

En el Cuadro 7 se evalúa la penetración de dispositivos SRR en 24 GHz y de otras tecnologías competentes.

CUADRO 7

**Estimación de la penetración de la tecnología para sensores de corto alcance**

Tecnología	Penetración de la tecnología (%)		
	Europa/2013	Europa/2030	Estados Unidos de América/2030
Sensores SRR UWB 24 GHz	7	0	40
Sensores SRR UWB 79 GHz	1	55	0
Sensores SRR de banda estrecha (por ejemplo, en la banda 24,00-24,25 GHz)	20	10	10
Sensores de infrarrojos y ultrasónicos	15	15	15
Sensores de cámara	2	10	10
Sensores de vehículos sin corto alcance	55	10	25

NOTA 1 – Las cifras del Cuadro 7 son estimaciones efectuadas en 2005. Tal vez las administraciones deseen efectuar su propio análisis de estos factores al realizar sus propios estudios.

A más largo plazo (2030), se supone que la tecnología SRR UWB presentará una penetración de alrededor del 55%. Se supone que la penetración en la banda de 24 GHz de la tecnología SRR UWB será del orden del 40%, si los reguladores nacionales no aplican limitaciones obligatorias. Ha de señalarse que la reglamentación en Europa autoriza la comercialización en el mercado de dispositivos SRR 24 GHz hasta 2013 y limita la penetración al 7% de la flota de vehículos.

Aún muchos años después de la introducción en el mercado de los SRR un número significativo de vehículos no tendrá ningún sensor de corto alcance. Esto puede deducirse de la experiencia de la introducción de otras múltiples tecnologías del automóvil. Aún cuando todos los nuevos coches estuviesen equipados con dichos sensores en algunos años, tardaría 15 años hasta que la densidad de vehículos se acercase al 100%. En esta penetración se supondría de forma no realista que no se desarrollará ninguna otra tecnología de seguridad del automóvil durante este periodo.

Una penetración del 7% o el 40% de los dispositivos SRR UWB en 24 GHz corresponde a factores de reducción de 11,5 dB y 4 dB, respectivamente.

### **3.2 Descripción del factor de actividad para sistemas de detección de posición y seguimiento**

En un despliegue normal en un lugar de trabajo, por ejemplo un hospital o una oficina, se prevé que la densidad de los transmisores activos sea aproximadamente de un dispositivo activo por 200 m<sup>2</sup>. El despliegue de zona ancha utiliza una arquitectura celular, situando los transmisores UWB en distintas células con utilización de diferentes canales UWB. Si dos transmisores UWB tienen la misma gestión en la misma célula, el sistema asegurará que no están activos simultáneamente mediante la utilización de la compartición del recurso tiempo.

Una etiqueta típica operativa de posición UWB emitirá una señal durante un periodo, a la que seguirá un periodo de no transmisión. Este último depende de su índice de actividad, que puede modificarse conforme al tipo de aplicación. Por ejemplo una etiqueta que lleve una persona puede transmitir una vez por segundo (es decir un ciclo de trabajo de 24 ms cada segundo, o 2,4%) y una etiqueta situada en un elemento de un equipo puede transmitir únicamente una vez cada 10 s (es decir, un ciclo de trabajo de 0,24%). Habrá una velocidad máxima a la que se permite transmitir a una etiqueta, dando lugar a un ciclo de trabajo máximo. Para los equipos que no se mueven muy a

menudo (por ejemplo, una vez a la semana), el ciclo de trabajo suele ser mucho más pequeño que el de las cifras mencionadas.

### **3.3 Factor de actividad de los dispositivos de comunicación que utilizan la tecnología de UWB**

En este punto se obtienen los factores de actividad de los dispositivos de comunicación que utilizan la tecnología UWB. Se consideran diversos escenarios de simulación:

- La acumulación de potencia emitida procedente de un gran número de transmisores en receptores víctimas (basados en el suelo en satélites).
- La concentración de potencias procedentes de un «punto caliente» en un receptor víctima.
- La interferencia generada por transmisores individuales de una agrupación causada en receptores víctimas próximos.
- La penetración en el mercado de dispositivos que utilizan tecnología UWB respecto a tecnologías competentes (alámbrica, infrarrojo, etc.).

Es necesario determinar la actividad acumulada o el tiempo «en el aire» de los dispositivos que utilizan la tecnología UWB para estudiar el efecto de un gran número de dispositivos en los servicios de radiocomunicación afectados. Cuando la interferencia procedente del dispositivo más próximo que utilice la tecnología UWB es predominante (más que los efectos acumulados), la utilización de los factores de actividad promedio no es adecuada en los estudios de interferencia. Para estos estudios, es necesario incluir información suficiente a fin de establecer un modelo efectivo del comportamiento.

Los factores de actividad acumulada que se indican a continuación se obtuvieron utilizando las hipótesis siguientes:

- Se supone una densidad de la p.i.r.e. UWB de  $-41,3$  dBm/MHz.
- Los dispositivos que utilizaban la tecnología UWB no se valieron de una infraestructura de exteriores.
- No se habían tenido en cuenta dispositivos de vigilancia de exteriores, que formasen parte de la evaluación de exteriores.
- Los análisis se referían a WPAN y aplicaciones similares de gran velocidad de datos.
- En todos los escenarios considerados las aplicaciones de trenes de vídeo predominaban sobre las aplicaciones UWB en un nivel superior al 95%.

Se obtuvo un valor de cresta del factor de actividad acumulado para dispositivos múltiples que utilizaban la tecnología UWB, considerando el índice máximo estimado de penetración en el mercado UWB, el índice máximo de utilización, la frecuencia de utilización y otros factores relacionados con el despliegue, incluyendo el crecimiento de la población en el mercado y el reparto en éste de las tecnologías alternativas.

Prever el factor de actividad futuro es muy arriesgado pues ello exige la predicción de la adaptación futura de una tecnología que a su vez está sujeta a variables tales como las tecnologías en competencia. Por esta razón, el factor de actividad se considera dentro de una gama con las hipótesis principales enumeradas anteriormente.

#### **3.3.1 Factor de actividad para dispositivos de comunicaciones en interiores:**

- Factor de actividad de 1-5% promediado para la población completa.
- Factores que pueden hacer aumentar el factor de actividad:

- Aumento de la población de los sistemas de vídeo no codificado o mínimamente codificado. Esta gama de 1-5% supone un empleo mínimo de vídeo mínimamente codificado. Si predomina el vídeo no codificado, el factor de actividad aumentará.
- Aumento de la penetración en el mercado de dispositivos que utilizan tecnología UWB para la transmisión de vídeo.
- Factores que pueden hacer disminuir el factor de actividad:
  - Aumento de la eficacia de las tecnologías de compresión utilizadas – Tecnologías de compresión avanzadas que entren en el mercado, tales como la MPEG4 y la DVM que tienen el potencial de reducir el factor de actividad.
  - Menor penetración en el mercado de los dispositivos que utilizan tecnología UWB empleada para la transmisión vídeo.

### 3.3.2 Factor de actividad para dispositivos de comunicación en exteriores:

El factor de actividad acumulada en exteriores es significativamente inferior al de interiores, principalmente por la no disponibilidad de fuentes de trenes de vídeo de velocidad de datos elevada para aplicaciones de exteriores. La tecnología UWB se emplea principalmente en exteriores para la transferencia de ficheros y la transferencia de trenes de datos de baja velocidad.

- Factor de actividad de 0,01-0,02% promediado en toda la población.
- El factor de actividad en exteriores puede aumentar o disminuir basándose en la penetración de la tecnología UWB en los dispositivos de mano.

### 3.4 Factores de actividad de otros tipos de dispositivos que utilizan la tecnología de ultra banda ancha

El Cuadro 8 muestra los factores de actividad para dispositivos que utiliza la tecnología UWB en diversas aplicaciones.

CUADRO 8

Aplicación UWB	Factor de actividad típico (%)
Radar de penetración en el suelo	< 1
Sistemas de imágenes médicas	< 1
Otros sistemas de imágenes radar (en muros, a través de muros, etc.)	1
Sistemas de vigilancia	50