

# UIT-R

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

**Informe UIT-R SM.2405-1**  
(12/2020)

## **Principios, retos y problemas de la gestión del espectro relacionados con el acceso dinámico a las bandas de frecuencias mediante sistemas de radiocomunicaciones con capacidades cognitivas**

**Serie SM**  
**Gestión del espectro**



## 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 <http://www.itu.int/publ/R-REP/es>)

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

*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, 2021

© UIT 2021

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.2405-1

**Principios, retos y problemas de la gestión del espectro relacionados con el acceso dinámico a las bandas de frecuencias mediante sistemas de radiocomunicaciones con capacidades cognitivas**

(2017-2020)

## Índice

## Página

1	Introducción.....	7
2	Definición .....	8
3	Recomendaciones e Informes del UIT-R conexos .....	8
4	Consideración general para la utilización del acceso dinámico al espectro mediante CRS.....	8
4.1	Recursos de espectro disponibles para la utilización del acceso dinámico al espectro mediante CRS .....	8
4.2	Características técnicas y de explotación de los CRS .....	8
4.3	Capacidades cognitivas de los CRS.....	8
5	Consideraciones generales sobre los principales elementos de red que facilitan el..... DSA .....	10
5.1	Geolocalización con acceso a bases de datos .....	10
5.2	Detección de espectro .....	11
6	Problemas y retos de la gestión del espectro relacionados con el uso del DSA.....	11
6.1	Consideraciones generales sobre los problemas y retos de la gestión del espectro relacionados con la protección de los servicios establecidos .....	11
6.2	Problemas y retos de la gestión del espectro en relación con la coordinación transfronteriza .....	14
6.3	Problemas y retos relacionados con la tecnología de detección para medir el grado de ocupación del espectro.....	15
6.4	Problemas y retos en material de espectro de frecuencias relacionados con la implantación de una aplicación basada en el DSA .....	15
	Anexo 1 – Modelo de sistema cognitivo basado en bases de datos de geolocalización .....	20
	Anexo 2 – Tecnologías de detección .....	23
1	Tipos de tecnologías de detección .....	23
2	Tecnología de detección con selección dinámica de frecuencias.....	24

Anexo 3 – Características y/o criterios de protección de los servicios de radiocomunicaciones cuyas bandas atribuidas pueden ser utilizadas por CRS.....	25
1 Servicios móvil terrestre y fijo .....	26
2 Servicios móvil por satélite y de radiodeterminación por satélite (SMS y SRDS) .....	27
3 Otros servicios .....	28
Anexo 4 – Estudios sobre sistemas de radiocomunicaciones cognitivos (CRS) .....	34
Anexo 5 – Estudios realizados por la Federación de Rusia sobre espectro temporalmente no utilizado/no ocupado en las bandas atribuidas al servicio de radiodifusión.....	35
Anexo 6 – Investigaciones sobre el acceso dinámico al espectro de las radiocomunicaciones cognitivas en China .....	45
Anexo 7 – Experiencia de ATDI en el cálculo de TVWS .....	50
1 Introducción.....	50
2 Método para crear una base de datos WSD nacional .....	50
3 Descripción general del método de cálculo de los TVWS .....	52
4 Implementación del cálculo de los TVWS .....	52
4.1 Herramienta de cálculo de los TVWS .....	52
4.2 Herramienta de gestión de la WSDB .....	53
4.3 Acceso en línea .....	53
5 Organismo regulador .....	54
6 Plataforma de cálculo TVSW de ATDI.....	54
6.1 Descripción general .....	54
6.2 Resumen .....	56
Anexo 8 – Estudios de caso en Botswana.....	57
1 Introducción.....	57
2 Objetivos y principales beneficiarios .....	57
3 Emplazamientos geográficos .....	58
4 Arquitectura técnica.....	58
5 Financiación.....	62
6 Componentes reglamentarios .....	62

**Página**

7	Conclusión .....	63
	Anexo 9 – Estudios de caso en Filipinas.....	63
1	Introducción.....	63
2	Estrategias.....	63
3	Dificultades.....	67
4	Resultados.....	67
5	Conclusión.....	67
	Adjunto al Anexo 9.....	68
	Anexo 10 – Estudios de caso en Corea (República de) .....	71
1	Introducción.....	71
2	Acciones reglamentarias recientes.....	71
3	Proyectos piloto TVWS.....	73
4	Conclusiones.....	76
	Anexo 11 – Estudios de caso en Colombia (República de) .....	76
1	Introducción.....	76
2	Medición de la interferencia TVWS.....	76
3	Pruebas de campo .....	77
4	Reglamentación de los TVWS .....	79
5	Despliegue de TVWS .....	79
	REFERENCIAS.....	79

**Cometido**

En el presente informe se abordan posibles técnicas de ingeniería del espectro, y principios y retos de la gestión del espectro, y asuntos conexos, que pueden facilitar el acceso dinámico al espectro mediante sistemas de radiocomunicaciones con capacidades cognitivas (CRS). El objetivo de este Informe es estudiar el marco general de las técnicas de acceso dinámico al espectro mediante CRS y describir algunos de los retos y problemas relacionados con esas técnicas que se han observado hasta la fecha. A excepción de los ejemplos utilizados para demostrar cuestiones específicas, los estudios destinados a asegurar un acceso dinámico al espectro para un determinado servicio operativo en una determinada banda de frecuencias trascienden el alcance del presente Informe.

Tras comprobar que los CRS se presentan cada vez más como una solución adecuada para asegurar la protección de los servicios establecidos en una determinada banda en caso de acceso dinámico al espectro, el presente Informe se refiere a los retos y problemas conexos inherentes al proceso ascendente que es responsabilidad de las administraciones.

En el presente Informe, elaborado en respuesta a la Resolución UIT-R 58, el acceso dinámico al espectro se refiere a la parte del espectro que no se utiliza en un momento dado y que se encuentra en una zona geográfica determinada, y que puede estar disponible para que la utilice una aplicación de radiocomunicaciones, con arreglo a lo dispuesto en el Reglamento de Radiocomunicaciones. Con arreglo a la Resolución UIT-R 58, los sistemas de radiocomunicaciones que siguen los principios y las técnicas que se describen en el presente Informe también deben asegurar la protección de los servicios establecidos que comparten la misma banda o que funcionan en las bandas adyacentes.

**Acrónimos y abreviaturas**

ACS	Selectividad del canal adyacente ( <i>adjacent channel selectivity</i> )
ADC	Convertidor analógico a digital
BIH	Botswana Innovation Hub
BOCRA	Autoridad Reguladora de las Comunicaciones de Botswana ( <i>Botswana Communications Regulatory Authority</i> )
C/I	Relación portadora/interferencia ( <i>carrier to interference</i> )
CCTV	televisión en circuito cerrado ( <i>Closed Circuit TV</i> )
CEPT	Conferencia Europea de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones
CMR	Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones ( <i>UIT</i> )
CPE	Equipos en las instalaciones del cliente ( <i>customer premises equipment</i> )
CRS	Sistemas de radiocomunicaciones cognitivos ( <i>cognitive radio systems</i> )
dB	Decibelio
dBd	dB con respecto a un dipolo
dB <sub>i</sub>	dB con respecto a una antena isótropa
dBm	dB con respecto a 1 milivatio
dBW	dB con respecto a 1 Vatio
DFS	Selección dinámica de frecuencia ( <i>dynamic frequency selection</i> )
DSA	Acceso dinámico al espectro ( <i>dynamic spectrum access</i> )
DSAD	Dispositivo de acceso dinámico al espectro ( <i>dynamic spectrum access device</i> )
DVB-T	Radiodifusión de vídeo digital – terrenal ( <i>digital video broadcasting – terrestrial</i> )
EB	Estación de base
ECC	Comité de Comunicaciones Electrónicas ( <i>Electronic Communications Committee/CEPT</i> )
ETSI	Instituto Europeo de Normas de Telecomunicación
GBS	Global Broadband Solution
GPS	Sistema mundial de determinación de posición ( <i>global positioning system</i> )
I/N	Interferencia/ruido ( <i>interference to noise</i> )
ID	Identificación
IEEE	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos ( <i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i> )
IMT	Telecomunicaciones Móviles Internacionales ( <i>International Mobile Telecommunications</i> )
IP	Protocolo Internet ( <i>internet protocol</i> )
LoS	Visibilidad directa ( <i>line of sight</i> )
LTE	Evolución a largo plazo ( <i>long term evolution</i> )
MIMO	Entradas múltiples y salidas múltiples ( <i>multiple input and multiple output</i> )

NLoS	Sin visibilidad directa ( <i>non line of sight</i> )
NRA	Autoridad nacional de reglamentación ( <i>National Regulatory Authority</i> )
p.i.r.e.	Potencia isotrópica radiada equivalente
p.r.a.	Potencia radiada aparente
P-MP	Punto a multipunto
PMSE	Creación de programas y eventos especiales ( <i>Program Making And Special Event</i> )
P-P	Punto a punto
RR	Reglamento de Radiocomunicaciones ( <i>UIT</i> )
SETS	Servicio de exploración de la Tierra por satélite
SFS	Servicio fijo por satélite
SMS	Servicio móvil por satélite
SNR	Relación señal/ruido ( <i>signal-to-noise ratio</i> )
SRD	Dispositivos de corto alcance ( <i>short range device</i> )
SRDS	Servicio de radiodeterminación por satélite
SRNA	Servicio de radionavegación aeronáutica
SRNS	Servicio de radionavegación por satélite
SRS	Servicio de radiodifusión por satélite
TDT	Televisión digital terrenal
TIC	Telecomunicaciones de la Información y la Comunicación
TVBD	Dispositivos de las bandas de los espacios en blanco de la televisión
TVWS	Espacios en blanco de televisión ( <i>TV White Space</i> )*
UHF	Ondas decimétricas ( <i>ultra high frequency</i> ) (300–3.000 MHz)
USAID	Agencia de Desarrollo Internacional de los Estados Unidos ( <i>U.S. Agency for International Development</i> )
VHF	Ondas métricas ( <i>very high frequency</i> ) (30–300 MHz)
VoIP	Voz sobre el Protocolo Internet ( <i>Voice over Internet Protocol</i> )
W	Vatio
WAS	Sistema de acceso inalámbrico ( <i>wireless access system</i> )
WSD	Dispositivo de espacios en blanco ( <i>white space device</i> )
WSDB	Base de datos de espacios en blanco ( <i>white space device database</i> )

---

\* En los anexos a este Informe sobre experiencias nacionales se hace referencia a los «espacios en blanco». Sin embargo, siempre que en el Informe se quiere utilizar ese término, se ha sustituido por «espectro temporalmente no utilizado/no ocupado». A fin de respetar las contribuciones originales, no se ha sustituido en los anexos el término «espacios en blanco» por «espectro temporalmente no utilizado/no ocupado», pues refleja la postura de los países contribuyentes.

## 1 Introducción

El aumento de la demanda de muy distintos servicios de radiocomunicaciones de mayor capacidad y espectro supone todo un reto para el entorno de la gestión del espectro. Estos retos suelen requerir innovación en las técnicas de gestión del espectro a fin de garantizar que los servicios atribuidos en una banda de frecuencias utilicen y compartan los limitados recursos de espectro de manera eficiente. En determinadas condiciones, la aplicación de acceso dinámico al espectro puede facilitar el uso eficiente del espectro. Sin embargo, el uso del acceso dinámico al espectro también plantea nuevos retos a la gestión del espectro. Los sistemas de radiocomunicaciones con capacidades cognitivas tienen características innovadoras que pueden utilizarse para afrontar estos retos.

En el presente Informe se abordan los principios generales de la gestión del espectro y técnicas de ingeniería del espectro que podrían emplearse para facilitar el acceso dinámico al espectro de los sistemas de radiocomunicaciones con capacidades cognitivas. En el Informe también se tratan varios temas y consideraciones que deben examinarse para asegurarse de que el uso del acceso dinámico al espectro contribuya a que el espectro se utilice de manera más eficiente, al tiempo que se protejan los servicios de radiocomunicaciones en la banda y en bandas adyacentes.

En el presente Informe, por espectro temporalmente no utilizado/no ocupado se entiende parte del espectro en una banda designada para uso por una o varias aplicaciones explotadas conforme a las disposiciones del Reglamento de Radiocomunicaciones, y que no está siendo utilizado en un momento determinado y en una zona geográfica determinada. En la literatura, el espectro no utilizado/no ocupado también se denomina «hueco de espectro»<sup>1</sup>.

En el presente Informe, el acceso dinámico al espectro (DSA) representa la posibilidad que tiene un sistema de radiocomunicaciones con capacidades cognitivas de funcionar en un espectro temporalmente no utilizado/no ocupado y de adaptarse o interrumpir la utilización de ese espectro en función de otros usuarios de la banda.

La identificación de los segmentos de espectro disponibles para el acceso dinámico al espectro incumbe a las administraciones y las condiciones varían en cada caso. Se da por sentado que estos sistemas que aplican el acceso dinámico al espectro funcionan de conformidad con lo dispuesto en el Reglamento de Radiocomunicaciones (RR) y en la Resolución UIT-R 58. El Informe UIT-R M.2330 contiene ejemplos de aplicaciones de acceso dinámico al espectro, como la utilización de espacios en blanco de televisión y la compartición vertical y horizontal del espectro gracias a las tecnologías CRS. La capacidad de acceso dinámico al espectro puede estar soportada, entre otras cosas, a través de capacidades del dispositivo, elementos de red y/o entidades externas a la red (por ejemplo, bases de datos).

Dados los elementos técnicos contenidos en el presente Informe en relación con los espacios en blanco de televisión, se han de considerar las decisiones adoptadas por la CMR-12 y la CMR-15 (véase el número **5.317A** del RR).

En la Resolución **235 (CMR-15)**<sup>2</sup> se *resuelve invitar al UIT-R, tras la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de 2019 y a tiempo para la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de 2023*, a examinar la utilización del espectro y estudiar las necesidades de espectro de los servicios existentes en la banda de frecuencias 470-960 MHz en la Región 1, en particular las necesidades de espectro de los servicios de radiodifusión y móvil, salvo móvil aeronáutico, así como a realizar los estudios de compartición y compatibilidad oportunos en la banda de frecuencias 470-694 MHz en la

---

<sup>1</sup> R. Tandra *et al.* «What is a Spectrum Hole and What Does it Take to Recognize One?» *Proceedings of the IEEE*, vol. 97, n° 5, págs. 824–848.

<sup>2</sup> Revisión de la utilización del espectro de la banda de frecuencias 470-960 MHz en la Región 1 a tiempo para la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de 2023.

Región 1 entre los servicios de radiodifusión y móvil, salvo móvil aeronáutico, teniendo en cuenta los estudios, las Recomendaciones y los Informes del UIT-R pertinentes.

## **2 Definición**

**Sistema de radiocomunicaciones con capacidades cognitivas (CRS)** (según el Informe UIT-R SM.2152)

Un sistema de radiocomunicaciones con tecnología que permite al sistema extraer información de su entorno operativo y geográfico, las políticas establecidas y su situación interna, adaptar de manera dinámica y autónoma sus parámetros y protocolos operacionales en función de la información obtenida a fin de cumplir unos objetivos predeterminados, y extraer enseñanzas de los resultados obtenidos.

## **3 Recomendaciones e Informes del UIT-R conexos**

La definición de requisitos técnicos y operativos para el acceso dinámico a las bandas de frecuencias mediante sistemas de radiocomunicaciones con capacidades cognitivas depende en gran medida de los servicios de radiocomunicaciones que deben protegerse y requiere un análisis caso por caso.

Las Recomendaciones y los Informes del UIT-R pertinentes relativos a las características y/o los criterios de protección para distintos servicios de radiocomunicaciones se pueden determinar con precisión con el apoyo de los grupos de servicios pertinentes del UIT-R. Algunos Informes y Recomendaciones del UIT-R se enumeran en el Anexo 3 al presente Informe como ejemplo.

También cabe señalar la Recomendación **76 (CMR-12)** sobre Instalación y utilización de sistemas de radiocomunicaciones inteligentes.

## **4 Consideración general para la utilización del acceso dinámico al espectro mediante CRS**

### **4.1 Recursos de espectro disponibles para la utilización del acceso dinámico al espectro mediante CRS**

La cantidad de espectro disponible para los CRS depende de factores como el nivel de protección otorgada a los servicios establecidos y a las aplicaciones conexas, así como de las características técnicas y de explotación de los CRS. Esa cantidad también puede depender de la ubicación y variar en el tiempo. La disponibilidad se reduce considerablemente cuanto mayor es la potencia de los CRS que se utiliza, en particular en las zonas pobladas. En los Anexos figuran información sobre la metodología que se pueden emplear para cuantificar el espectro temporalmente no utilizado/no ocupado, así como algunos ejemplos al respecto<sup>1</sup>.

### **4.2 Características técnicas y de explotación de los CRS**

En la sección 7 «Características de alto nivel y requisitos técnicos y operativos» del Informe UIT-R M.2330 se describen las características técnicas y de explotación de los CRS. En el Informe UIT-R M.2242 se describen otros aspectos y desafíos técnicos de la tecnología CRS en las redes IMT. Sistemas de radiocomunicaciones con capacidades cognitivas específicos para los sistemas de las Telecomunicaciones Móviles Internacionales.

### **4.3 Capacidades cognitivas de los CRS**

Las capacidades cognitivas se presentan y describen en el Informe UIT-R M.2225. En particular, se definen las tres capacidades siguientes:

- a) la capacidad para extraer información de su entorno operativo y geográfico, su situación interna y las políticas establecidas, así como para analizar las pautas de uso y las preferencias de los usuarios. Esto se puede lograr, por ejemplo, mediante la detección de espectro, utilizando una base de datos, y/o recibiendo información de control y gestión;
- b) la capacidad para adaptar de manera dinámica y autónoma sus parámetros y protocolos operacionales en función de la información obtenida a fin de cumplir unos objetivos predeterminados, por ejemplo, una utilización del espectro más eficiente; y
- c) la capacidad para extraer enseñanzas de los resultados de las medidas adoptadas con el fin de mejorar su rendimiento.

Además, en el Informe UIT-R M.2330 se describen ejemplos de tecnologías propicias que forman parte de las capacidades CRS para obtener información, decisiones y ajustes, y aprender. En el Informe UIT-R M.2330 también se señalan y describen características y desafíos técnicos relacionados con esas tecnologías.

Según los Informes UIT-R M.2225 y UIT-R M.2330, en principio, la introducción e implantación de CRS puede realizarse sin tener que cambiar nada en el Reglamento de Radiocomunicaciones. Además, cabe señalar que cualquier sistema de radiocomunicaciones que utilice tecnología CRS en una determinada banda de frecuencias operará de conformidad con las disposiciones del Reglamento de Radiocomunicaciones que rijan la utilización de dicha banda.

Como se indica en el Informe UIT-R M.2225, los nodos CRS tienen tres características técnicas que se resumen en el Cuadro 1.

CUADRO 1

**Resumen de las capacidades y características técnicas de los CRS  
según el Informe UIT-R M.2225**

<b>Característica</b>	<b>Enfoque/Método</b>	<b>Descripción</b>
1. Obtención de información	Enlace radioeléctrico y evaluación de la calidad de la red	Los nodos CRS pueden controlar las características de calidad del enlace radioeléctrico y los parámetros de calidad de la red, según el tipo de aplicación.
	Escuchar un canal de control inalámbrico	Los nodos CRS reciben información transmitida (por ejemplo, información sobre radiocomunicaciones, operadores y tecnologías disponibles) por un canal predefinido.
	Detección de espectro	Los nodos CRS obtienen directamente información del entorno radioeléctrico, por ejemplo sobre el espectro no utilizado. Los métodos empleados son, entre otros, el filtrado adaptado, la detección de energía y la cicloestacionaria.
	Geolocalización	Los nodos CRS pueden obtener su localización utilizando técnicas de geolocalización. Véase el apartado 5.1.
	Utilización de bases de datos	Los CRS permiten acceder a bases de datos con información sobre, por ejemplo, las frecuencias disponibles, los niveles de potencia de transmisión permitidos y el entorno operativo. Véase el apartado 5.1.
	Colaboración	Los nodos CRS pueden compartir entre sí la información obtenida.

CUADRO1 (*fin*)

Característica	Enfoque/Método	Descripción
2a. Toma de decisiones	Centralizado	Para la coordinación de recursos entre los nodos CRS en situaciones en que se requiere una configuración y una optimización globales. La entidad central (gestor de recursos de red, estación de base) recopila la información del CRS y toma una decisión de optimización global.
	Distribuido	Los CRS pueden necesitar múltiples entidades de gestión para tomar decisiones sobre su reconfiguración (por ejemplo, múltiples estaciones de base, topología en malla).
2b. Ajuste de parámetros/protocolos operativos	Radiocomunicaciones definidas por software	Los CRS modifican de manera dinámica y autónoma sus parámetros y/o protocolos operativos por medio de la reconfiguración con el fin de alcanzar determinados objetivos predefinidos. Dichos parámetros son, entre otros: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Potencia de salida</li> <li>– Frecuencia de funcionamiento</li> <li>– Tipo de modulación</li> <li>– Tecnología de acceso radioeléctrico</li> <li>– Otros parámetros/protocolos</li> </ul>
	Múltiples módulos de hardware	
3. Aprendizaje	–	Permite mejorar el funcionamiento de los CRS gracias a la información almacenada procedente de sus medidas y resultados previos.

## 5 Consideraciones generales sobre los principales elementos de red que facilitan el DSA

### 5.1 Geolocalización con acceso a bases de datos

La geolocalización con acceso a bases de datos proporciona información sobre el espectro temporalmente no utilizado/no ocupado, de modo que ofrece protección a los servicios establecidos contra la interferencia perjudicial. Además de información sobre el espectro temporalmente no utilizado/no ocupado, las bases de datos también pueden proporcionar los requisitos de protección en relación con el uso del espectro en determinadas ubicaciones como, por ejemplo, la potencia de transmisión máxima permitida y las zonas de exclusión y/o protección.

En el Informe UIT-R M.2330 se presentan distintas opciones para recurrir a la base de datos, como las bases de datos abiertas únicas, las bases de datos abiertas múltiples y las bases de datos cerradas registradas. Además de ello, también se describen los desafíos que plantean la geolocalización y las bases de datos en términos de actualización de la información, gestión de la base de datos, aspectos de la seguridad y la privacidad, y la compatibilidad del acceso a las bases de datos entre los distintos países (por ejemplo, la coordinación transfronteriza).

## 5.2 Detección de espectro

La detección de espectro es la capacidad de detectar otras señales entorno a un nodo CRS que permitan determinar cuál es el espectro temporalmente no utilizado/no ocupado. Se puede recurrir a la detección de espectro en particular en los casos en que el nivel de la señal detectada es suficientemente fuerte, y/o cuando el tipo/la forma de la señal se conoce de antemano. En el Informe UIT-R M.2330 se describen distintos métodos de detección, los indicadores de rendimiento en relación con los efectos de las distintas técnicas de detección de espectro para los demás usuarios del espectro, la aplicación de los métodos de detección y, por último, pero no por ello menos importante, los retos que plantea la detección de espectro en general.

## 6 Problemas y retos de la gestión del espectro relacionados con el uso del DSA

En esta sección se presentan varios problemas y retos no exhaustivos relacionados con el uso del DSA en el espectro temporalmente no utilizado/no ocupado, que deberían abordarse detenidamente cuando se planifique aplicar dicho enfoque para compartir el espectro.

### 6.1 Consideraciones generales sobre los problemas y retos de la gestión del espectro relacionados con la protección de los servicios establecidos

Como con todas las aplicaciones radioeléctricas, se debe definir un marco regulador para las aplicaciones basadas en el DSA conforme a lo dispuesto en el Reglamento de Radiocomunicaciones. Teniendo en cuenta que el DSA es un mecanismo de acceso al espectro destinado a facilitar el uso compartido del mismo, se supone que las aplicaciones basadas en el DSA deben funcionar en el marco de los servicios de radiocomunicaciones atribuidos y, por lo tanto, se aplican los procedimientos establecidos en el Artículo 15 (Interferencias).

Para ello es necesario que grupos de expertos realicen estudios de compartición y compatibilidad detallados en el marco de los servicios que pretenden protegerse.

En los estudios de compartición y compatibilidad debería abordarse no solo la interferencia cocanal sino también la interferencia de canales adyacentes. La identificación del «espectro temporalmente no utilizado/no ocupado» se debería tratar en ambos casos.

Según la naturaleza del servicio o de la aplicación radioeléctrica que se desee proteger, puede ser más o menos difícil de realizar estudios de compatibilidad. A continuación se muestran algunos ejemplos de situaciones en que la coexistencia puede resultar más difícil de gestionar y/o puede requerir mayor atención.

- 1) Bandas atribuidas a los servicios de radiocomunicaciones para la seguridad de la vida humana, de radionavegación, móvil aeronáutico y móvil aeronáutico por satélite: el hecho de implantar dispositivos de acceso dinámico al espectro en las atribuciones de frecuencia utilizadas para las aplicaciones destinadas a la seguridad de la vida humana constituiría un grave riesgo para la utilización segura y eficiente de los servicios de aviación y marítimos que no se podría subsanar fácilmente una vez que estuvieran en funcionamiento dichos dispositivos.

La protección de los servicios aeronáuticos es esencial para el funcionamiento seguro de las aeronaves. Incluso niveles de interferencia mínimos pueden poner en peligro la seguridad de las aeronaves en sus operaciones. Varias ayudas a la navegación aeronáutica solamente transmiten información para que sea recibida por receptores pasivos, la mayoría de los cuales está instalada en aeronaves, por lo que son extremadamente móviles a distintas altitudes y a muy grandes distancias de visibilidad directa radioeléctrica. Además, se está desarrollando

una nueva tecnología de radar biestático (véase la Recomendación UIT-R M.1638-1) que permite separar geográficamente el transmisor del receptor.

- 2) Bandas atribuidas a los servicios móvil por satélite y de radiodeterminación por satélite en sentido ascendente: las estaciones terrenas transmisoras del SMS son móviles por naturaleza, por lo que el uso de una base de datos para localizarlas parece poco práctico. Además, en las bandas atribuidas en la dirección Tierra-espacio, las interferencias admisibles para garantizar la protección de los enlaces del SMS o del SRDS son la interferencia procedente de una sola fuente y la interferencia global producidas por todos los dispositivos captados por el receptor del satélite. Por consiguiente, la utilización de la tecnología de detección también parece poco práctica.
- 3) Bandas atribuidas a los servicios móvil por satélite y de radiodeterminación por satélite en sentido descendente: la naturaleza móvil de los receptores del SMS y del SRDS también dificulta la aplicación práctica de bases de datos. Es poco probable que la detección sea una solución debido a que la transmisión que ha de detectarse procede de los satélites transmisores. No deberían subestimarse las dificultades prácticas que plantea la implantación de un sistema capaz de detectar esas transmisiones por satélite. Además, los sistemas por satélite cubren amplias zonas geográficas, donde pueden o no instalarse receptores. Por consiguiente, un sistema de ese tipo conduciría a una indisponibilidad permanente de cualquier aplicación con acceso dinámico al espectro en las bandas del servicio por satélite en sentido descendente. Este fenómeno se puede explicar mejor con el siguiente ejemplo: los sistemas del servicio de radionavegación por satélite (SRNS) ofrecen una cobertura global y si un dispositivo con acceso dinámico al espectro estuviera equipado con un sensor capaz de detectar adecuadamente señales del SRNS, se podría llegar a la conclusión de que dichas señales son realmente capaces de ser recibidas globalmente. Por lo tanto, no se daría ninguna indicación de si un receptor del SRNS está realmente cerca del dispositivo ni si sus emisiones pueden ser interferidas.
- 4) Bandas atribuidas a los servicios de exploración de la Tierra por satélite (pasivo), de investigación espacial (pasivo) y de radioastronomía en las que se aplica el número **5.340** del RR: permitir las emisiones dentro de una banda de frecuencias en la que se aplica el número **5.340** del RR constituiría un incumplimiento de esta disposición. Además, debido a que «se prohíben todas las emisiones» en esas bandas con arreglo al número **5.340** del RR, se aplican consideraciones especiales a las emisiones no deseadas procedentes de operaciones realizadas en otras bandas, cuando pueden incidir en el uso de las bandas sujetas al número **5.340** del RR.
- 5) Uso del servicio pasivo que no puede detectarse por detección de espectro porque no existe ninguna señal característica del uso: en esos casos, solo la geolocalización parece una manera viable de evitar el acceso dinámico al espectro improcedente. El uso de la geolocalización también debe extenderse para reconocer las zonas radioeléctricamente tranquilas y de coordinación que protegen las actividades del servicio pasivo a nivel regional o nacional, entre otras, en las bandas de espectro no atribuidas a servicios pasivos pero que están protegidos a nivel local (véase el Informe UIT-R RA. 2259).
- 6) Bandas atribuidas al servicio de exploración de la Tierra por satélite (SETS) (activo): las detecciones del sensor del SETS (activo) realizadas por sistemas que utilizan el concepto de acceso dinámico al espectro pueden ocurrir demasiado tarde para que el sistema DSA interrumpa las emisiones y evite la interferencia con el sensor del SETS (activo). Puede resultar difícil que los sistemas de radiocomunicaciones con capacidades cognitivas utilicen una base de datos para evitar posibles interferencias con un sensor del SETS (activo) en movimiento.

- 7) Algunas aplicaciones de radiocomunicaciones espaciales con enlaces críticos de tiempo, seguridad o misión solo son detectables por equipos altamente sensibles o no tienen una transmisión continua. Por ejemplo, los sensores de una red de aplicación basada en el DSA no podrían detectar el espectro utilizado para las comunicaciones entre un vehículo espacial del servicio de investigación espacial (espacio lejano) y los receptores ultrasensibles de una estación terrena con una antena de gran tamaño, superior a 34 metros de diámetro. Por lo tanto, ese espectro puede identificarse por error como espectro temporalmente no utilizado/no ocupado, aunque en realidad se esté utilizando para apoyar una misión crítica y recibir datos científicos que podrían perderse si los enlaces se degradaran.

En las fases de lanzamiento y ascenso de cualquier misión, los enlaces de comunicación deben estar disponibles y no interrumpirse para garantizar la seguridad y protección de la tripulación, el vehículo espacial y la misión.

- Estrategias de detección.
- Combinación con la base de datos de geolocalización.
- Mecanismos de compartición del espectro entre otros sistemas DSA.

En los Anexos figura información de distintas administraciones y regiones.

- 8) En la dirección Tierra-espacio, las estaciones terrenas transmisoras del SFS cuentan con una licencia genérica y están implantadas de manera ubicua en algunas bandas de frecuencias, de modo que no existe ninguna base de datos central en la que quede registrada la posición de esas estaciones. Así pues, no se puede recurrir a una base de datos para localizar esas estaciones. Además, la detección en general no permitirá a un dispositivo DSA determinar si puede efectuar una transmisión porque, en las bandas atribuidas en la dirección Tierra-espacio, la interferencia admisible para garantizar la protección de los enlaces del SFS y de los enlaces de conexión del SRS de esos dispositivos se especificaría como interferencia procedente de una sola fuente e interferencia global. Habida cuenta de que no habría manera de controlar el número total de dispositivos DSA captados por el receptor del satélite, tampoco habría manera alguna de controlar el nivel de interferencia a nivel mundial. Por consiguiente, también parece imposible utilizar la tecnología de detección en las bandas del SFS en sentido ascendente (incluidas las bandas del SFS utilizadas para los enlaces ascendentes de conexión del SRS).
- 9) En la dirección espacio-Tierra, de nuevo la naturaleza ubicua del SFS y el SRS en algunas bandas de frecuencias impide la implantación práctica de soluciones basadas en bases de datos. Es poco probable que la detección sea una solución en general debido a que la transmisión que ha de detectarse procede de los satélites transmisores, por lo que serán de muy baja potencia. No deberían subestimarse las dificultades prácticas que plantea la implantación de un sistema capaz de detectar esas transmisiones por satélite. Además, aun si se pudiera lograr, dicho sistema sería prácticamente inútil porque muchos sistemas por satélite cubren amplias zonas geográficas, donde pueden o no instalarse receptores. Por consiguiente, aun cuando un dispositivo DSA pudiera detectar una transmisión por satélite no facilitaría información real acerca de la posibilidad que tiene de interferir con un receptor del satélite.
- 10) Bandas atribuidas al servicio de radiodifusión: La detección del espectro de las señales de estaciones de radiodifusión puede ser problemática a causa del denominado problema del nodo oculto y al funcionamiento discontinuo de algunas estaciones de radiodifusión locales. El problema del nodo oculto surge cuando el receptor del servicio que se ha de proteger recibe con más facilidad las transmisiones sujetas a licencia que un DSAD ubicado en una posición distinta o a baja altitud (a causa de sus diferentes ubicaciones espaciales, por ejemplo, apantallamiento de edificios). Con las tecnologías actuales parece extremadamente difícil utilizar umbrales de detección que tengan en cuenta las distintas configuraciones posibles de

un receptor TDT. Además, en algunos casos, ni siquiera estos bajos valores de umbral de detección garantizan una detección fiable de la presencia/ausencia de señales de radiodifusión a una distancia correspondiente al potencial interferente de un DSAD. Esto nos lleva a concluir que, las técnicas de detección estudiadas, de emplearse por un DSAD independiente (funcionamiento autónomo), no parecen ser suficientemente fiables para garantizar la protección de los receptores TDT.

La utilización de una base de datos de geolocalización para evitar la posible interferencia a los receptores TDT parece ser la opción más fiable. Sin embargo se ha de seguir prestando atención a cómo se implementaría esa geolocalización y las consecuencias que tendría para la planificación de la TDT. Para aplicar esta técnica se necesitará una base de datos de zonas de servicios TDT cuya recepción la administración nacional desea proteger en un determinado lugar. Para ello podrían utilizarse las zonas de concesión de los organismos de radiodifusión comerciales o las zonas de servicio previstas en otros casos. La determinación debería garantizar que el despliegue masivo de DSAD no limitaría el acceso a los servicios TDT. Además, una entidad tendría que encargarse de la creación y el mantenimiento de la base de datos de geolocalización, lo que plantea las siguientes cuestiones:

- cómo se explotarán esas bases de datos;
- quién se responsabiliza de la exactitud de los datos y de la verificación de la información presentada para su inclusión en la base, y
- qué disposiciones se necesitan para rectificar y compensar los errores.

Esos problemas, que se plantean con un modelo de base de datos tradicional, pueden resolverse gracias a los principios tecnológicos de la computación de cadena de bloques con la que varias partes pueden crear y mantener una base de datos de manera simultánea, fiable y transparente. Una base de datos basada en la cadena de bloques distribuida puede servir de base para la confianza mutua y la cooperación satisfactoria entre usuarios de espectro, aun cuando sus intereses primeros están en conflicto unos con otros.

## **6.2 Problemas y retos de la gestión del espectro en relación con la coordinación transfronteriza**

Antes de que las administraciones tomaran una decisión sobre la introducción del DSA en su territorio, se debería llevar a cabo una coordinación transfronteriza del espectro temporalmente no utilizado/no ocupado a fin de evitar posibles interferencias perjudiciales en los servicios establecidos de los países vecinos. En la Recomendación UIT-R SM.1049-1 se aboga por un método de gestión del espectro destinado a facilitar el proceso de asignación de frecuencias a estaciones de servicios terrenales en zonas fronterizas, pero en el caso del DSA este método no se puede aplicar por varias razones.

La cantidad de espectro temporalmente no utilizado/no ocupado cambia en un lugar determinado de un momento a otro y, como consecuencia, las administraciones tendrán dificultades para determinar qué frecuencias deberían figurar en los Acuerdos y qué frecuencias deberían designarse a cada Administración de manera exclusiva o preferencial. El problema se complica aún más cuando solamente se aplican CRS de detección (es decir, sistemas que no pertenecen a una red de control en la que se utilice una base de datos de geolocalización para obtener datos sobre los requisitos de utilización de frecuencias) en las zonas de coordinación, ya que las administraciones no tendrían información sobre las frecuencias exactas utilizadas por esos dispositivos.

Al mismo tiempo, algunos de los principios básicos de la coordinación transfronteriza descritos en la Recomendación UIT-R SM.1049-1 también se aplican al DSA – todas las administraciones tendrán los mismos derechos de acceso al espectro. A fin de hacer efectivo este principio, las administraciones

pueden acordar, a nivel bilateral o multilateral, crear una zona de coordinación y establecer condiciones para el uso del espectro en el caso del DSA.

### **6.3 Problemas y retos relacionados con la tecnología de detección para medir el grado de ocupación del espectro**

El 15 de enero de 2014 el ECC celebró en Mainz un taller sobre cómo las mediciones de ocupación del espectro pueden contribuir a la gestión del espectro. Los resultados del taller pueden consultarse en la declaración del ECC sobre las mediciones de ocupación del espectro<sup>3</sup>. A continuación figura un extracto de las declaraciones de la CEPT y el ECC:

Los resultados de las mediciones de ocupación realizadas con esta metodología en un número limitado de ubicaciones fijas tan solo permitieron identificar bandas que podían utilizarse para aplicaciones de espectro temporalmente no utilizado/no ocupado. La decisión de si una frecuencia en particular puede utilizarse en una determinada ubicación, por ejemplo, como parte del acceso dinámico al espectro o en relación con bases de datos de geolocalización, no puede tomarse a partir de estos resultados de medición.

Los equipos de PMSE, SRD e identificación por radiofrecuencia (RFID), así como las aplicaciones por satélite demuestran por qué los sensores de bajo coste no basta para mostrar la realidad de una gama de frecuencias entre 30 MHz y 6 000 MHz. Para hacer un inventario detallado de la utilización del espectro en una gran ciudad, se necesitaría contar con un gran número de estaciones receptoras fijas u otros métodos como colecciones de datos móviles.

### **6.4 Problemas y retos en material de espectro de frecuencias relacionados con la implantación de una aplicación basada en el DSA**

#### **Problemas de recursos de espectro**

La utilización del acceso dinámico al espectro (DSA) en determinadas bandas de frecuencias atribuidas a más de un servicio a título primario o secundario no debería entorpecer el desarrollo futuro de otros servicios en esas bandas. La aplicación basada en el DSA no debería incidir en la disponibilidad de espectro ni en la flexibilidad respecto de la mejora de las condiciones de espectro en el que funciona el servicio primario. Globalmente, esto significa que la aplicación práctica y la autorización pueden seguir la evolución de las políticas nacionales en materia de atribución de espectro a usuarios primarios. También deberían abordarse los riesgos, en particular para las partes interesadas de la industria, además de las incertidumbres respecto de la disponibilidad de espectro, ya sea a nivel local o como consecuencia de la atribución de espectro a usuarios primarios.

#### **Responsabilidades de la Autoridad Nacional de Reglamentación (NRA) y complejidad de las bases de datos**

Las administraciones deben llevar el control, a través de la gestión de bases de datos, de las decisiones relativas a: 1) la aplicación efectiva de un marco regulador nacional que permita la aplicación del DSA según la demanda del mercado y la evaluación de impacto adecuada sobre los costes y beneficios, y 2) la banda de frecuencias efectiva en que el dispositivo utilizado con la aplicación basada en el DSA puede funcionar.

El funcionamiento asistido por bases de datos es una nueva manera de gestionar el espectro; como consecuencia, no se tiene experiencia ni se cuenta con un marco claramente definido en lo que respecta a la regulación de las bases de datos. Al examinar la manera de adoptar este sistema de gestión, las NRA pueden buscar respuesta a las siguientes preguntas:

---

<sup>3</sup> <https://cept.org/ecc/groups/ecc/client/introduction/ecc-statement-on-spectrum-occupancy-workshop>.

- ¿Cómo garantizar que solamente las bases de datos aprobadas por la NRA presten servicios a los dispositivos?
- ¿Cuál es el instrumento jurídico que permite el funcionamiento de los dispositivos?
- ¿Cuáles son las obligaciones de los proveedores de bases de datos?

La decisión y las opciones relativas a la mitigación de la interferencia entre las distintas aplicaciones basadas en el DSA dependerían de la evaluación del riesgo realizada por la NRA. Por ejemplo, cuando la densidad de utilización es muy baja, la mejor solución puede ser no hacer nada, ya que la probabilidad de interferencia será baja. No es fácil elegir la solución más adecuada y existe el riesgo de tomar decisiones de reglamentación equivocadas cuando no se sabe con certeza cómo podría darse la interferencia.

La NRA debe realizar varias tareas relacionadas con la gestión de la base de datos:

- recopilar y tramitar datos;
- calcular la disponibilidad de espectro;
- seleccionar, aprobar y regular bases de datos – o también ejecutar una base de datos.

Por lo que se desprende de varios intercambios de información realizados en relación con la gestión de bases de datos, la NRA y los operadores establecidos harán frente a los costes que supone que la aplicación basada en el DSA recopile, agregue y actualice datos sobre el espectro disponible para ser utilizado. La NRA también deberá incurrir en los gastos de establecimiento y actualización del algoritmo, así como de control de la exactitud de las bases de datos de terceros. Si bien el hecho de que haya espectro disponible para dicha aplicación no debería suponer un incremento significativo del riesgo de interferencia para el titular de la licencia si el marco de coexistencia se fija correctamente, pueden aumentar los costes de aplicación para la NRA en concepto de detección y solución de interferencias. Por otra parte, también los proveedores de bases de datos incurrirán en gastos al instalar sus sistemas y responder a las solicitudes de la aplicación basada en el DSA.

Sin embargo, estos costes pueden reducirse drásticamente si la NRA dispone de suficiente información y control sobre las licencias de frecuencias a servicios primarios y secundarios. Por ejemplo, los servicios radioeléctricos, como el fijo y el de radiodifusión, suelen tener que dar a la NRA las características técnicas pertinentes antes de obtener una licencia de utilización de frecuencias. Esa información basta para obtener el espectro disponible que utilizarán las aplicaciones DSA. Además, para la detección y resolución de la interferencia causada por las aplicaciones DSA puede contarse con la ayuda de bases de datos de geolocalización capaces de ordenar el cese de las transmisiones de los presuntos interferentes.

Por último, las administraciones deberían tener debidamente en cuenta los desafíos asociados a la evaluación de la conformidad y a la aplicación de sistemas de bases de datos que proporcionarían las bases para autorizar la implantación de posiblemente numerosos dispositivos de bajo coste basados en el DSA.

### **Problemas relacionados con la herramienta de predicción que ayuda a la base de datos a otorgar recursos de espectro**

El motor de cálculo convierte la información relativa a los servicios establecidos y a las características técnicas y la ubicación del dispositivo de aplicación basada en el DSA en una lista de frecuencias disponibles y de potencias de transmisión asociadas para los dispositivos. Cabe mencionar que, en función de la organización nacional que gestiona las frecuencias, el propio regulador puede realizar algunos de los procesos de conversión ofreciendo una serie de resultados a las bases de datos: potencias y canales disponibles para el uso del dispositivo de aplicación basada en el DSA en todos los puntos de una red que abarca el país. El marco de coexistencia para calcular las potencias del número de dispositivos de la aplicación basada en el DSA, que se basan en límites de interferencia

previamente acordados, puede requerir un número considerable de cálculos complejos, a menudo utilizando datos sensibles para el servicio establecido.

Como requisito esencial, la NRA querrá estar segura de que las bases de datos realizan el proceso de cálculo correctamente, ya que cualquier error podría dar lugar a interferencias con los operadores establecidos.

Además, la NRA debe escoger cuidadosamente el modelo de propagación radioeléctrica que utilice el motor de cálculo de la base de datos. En este sentido, la NRA deberá procurar un equilibrio entre la velocidad de cálculo y la precisión de la predicción de los contornos de interferencia del transmisor DSA. Asimismo, si se dispone de datos cartográficos precisos, se preferirán los modelos de propagación deterministas a los estadísticos, dado que los modelos estadísticos suelen subestimar o sobreestimar la cobertura y los contornos de interferencia pueden funcionar en terrenos abruptos, lo que influye en la disponibilidad de espectro para aplicaciones DSA y/o la protección contra la interferencia de los servicios implantados.

### **Coherencia con la estructura general del sistema DSA**

Se deben articular claramente las interacciones entre los sistemas de radiocomunicaciones y las bases de datos, y explicar en detalle las dependencias entre la sensibilidad de las redes y las bases de datos, por ejemplo un plan en los casos en que se produce un fallo de comunicación y/o sensibilidad entre los dispositivos que funcionan en el marco de una aplicación basada en el DSA y la base de datos, y un autodiagnóstico para acceder a las funciones adecuadas.

La NRA debería comprobar que todo el sistema es coherente y no existe ninguna posibilidad de apartarse de la reglamentación nacional del espectro en vigor (por ejemplo, ninguna posibilidad de modificar la potencia de un equipo manualmente, lo cual garantiza que un dispositivo basado en el DSA pueda transmitir únicamente en el territorio de un país si ha descubierto con éxito una base de datos de geolocalización aprobada por la NRA).

Asimismo, las NRA deben evitar marcos reglamentarios del DSA en que las características técnicas de los transmisores DSA vengan dados por usuarios humanos, en vez de que sean los dispositivos DSA los que los adquieran automáticamente. Por ejemplo, si se permite que un usuario humano introduzca manualmente las coordenadas de ubicación de un transmisor DSA en lugar de que éste las adquiera automáticamente, todo error involuntario en la introducción puede hacer que la base de datos de geolocalización ofrezca canales que no están disponibles en el emplazamiento real del transmisor DSA, causando interferencia a los usuarios tradicionales. Además, un usuario puede voluntariamente introducir unas coordenadas diferentes para obtener una mejor disponibilidad de espectro para un determinado dispositivo DSA sin que resulte fácil distinguir ese error de uno involuntario. Este problema no afecta sólo a las coordenadas geográficas, sino que también puede aplicarse a otros parámetros técnicos.

En este sentido, la NRA debe identificar y tener en cuenta las características técnicas de los dispositivos DSA que se necesitan conocer y que no se pueden obtener con precisión por medios automáticos. Por ejemplo, si la altura de la antena sobre el nivel del suelo, que se necesita conocer para calcular el espectro disponible, no se obtiene con precisión gracias al sistema GPS, la NRA podrá utilizar la altura máxima de antena permitida (según la reglamentación) para calcular el espectro disponible.

### **Prevención de interferencias**

Se debe estudiar la utilización de modelos mixtos (algunos sistemas funcionan con determinados parámetros operativos (potencia definida, técnicas de mitigación identificadas para asegurar la intra-coexistencia, etc.) y/o con base de datos de geolocalización aún por definir, mientras que otros utilizan una potencia baja y/o una máscara de ángulo de elevación de antena/p.i.r.e., para determinar

si dicho uso mixto puede funcionar sin provocar interferencias perjudiciales en los servicios establecidos.

La NRA fija las reglas que definen la disponibilidad de espectro y las potencias de transmisión, las cuales se aplican en bases de datos.

Además, la NRA debe ser consciente de que las aplicaciones DSA no sólo causan interferencia cocanal y en los primeros canales adyacentes, sino también en canales adyacentes superiores. Asimismo, es importante señalar que la capa física de algunas aplicaciones DSA aún no está normalizada, por lo que los transmisores de distintos fabricantes pueden afectar de diferente manera a los servicios tradicionales. Por este motivo la NRA debe medir el potencial interferente de las aplicaciones DSA (relaciones de protección, por ejemplo) para cuantificar el espectro disponible para esas aplicaciones y para definir el marco reglamentario correspondiente.

### **Problemas de la geolocalización**

¿Qué método (por ejemplo, el sistema mundial de determinación de posición (GPS), la dirección IP para el servicio de la posición y el sistema de autodeterminación de la posición) es el más adecuado para asegurar la posición precisa de cada dispositivo, en particular en un entorno de interiores, y cómo se actualiza la posición?

Para utilizar receptores GPS se necesita una clara recepción de la señal GPS; por lo tanto, es obvio que existen dificultades para cualquier aplicación ubicada en un entorno de interiores, ya que se necesita una buena señal GPS para asegurar una ubicación precisa. Sin embargo, los receptores GPS no pueden funcionar cuando están ubicados en interiores.

Además, algunas administraciones pueden tener disposiciones reglamentarias en vigor que impiden la divulgación de la ubicación exacta de equipos.

### **Cuestiones que han de abordarse en relación con el funcionamiento de las bases de datos y los sistemas**

¿Con cuánta frecuencia los terminales exploran las bases de datos? Todos los terminales no pueden ser receptivos al mismo tiempo. Por lo tanto, el equipo no puede cesar todas las transmisiones en el canal al mismo tiempo. ¿Es suficiente el tiempo de exploración otorgado para que todos los terminales cesen sus operaciones y no causen interferencias en los servicios establecidos?

Además, teniendo en cuenta que varios terminales de usuario dependen de una batería, una exploración frecuente de la base de datos incidiría en el consumo de energía. Es fundamental evaluar en qué medida esta operación degrada la autonomía de la batería de los terminales (esto puede ser un motivo de aliento para que algunos usuarios manipulen el dispositivo).

### **Capacidades de detección**

Parece pertinente asegurarse de que la técnica de detección que se utiliza puede cumplir los requisitos definidos para proteger al servicio establecido. De lo contrario, también debería evaluarse el efecto de la aplicación de estos requisitos en los sistemas.

La elección de la tecnología de detección es esencial para el buen funcionamiento del mecanismo.

¿Qué tecnología de detección es la más adecuada para cada propósito?

<b>Tecnología de detección de banda estrecha [1],[2]</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Inconvenientes</b>
Detección de energía	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Método de detección no coherente que no requiere información previa</li> <li>– Bajo coste computacional</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Escaso rendimiento en condiciones de SNR baja</li> <li>– Incapaz de distinguir usuarios</li> </ul>
Detección basada en la forma de onda	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Tiempo de medición corto</li> <li>– Gran fiabilidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Requiere información previa</li> </ul>
Característica cicloestacionaria	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Válida en regiones de baja SNR</li> <li>– Sólida frente a la interferencia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Requiere información parcial previa</li> <li>– Alto coste computacional</li> </ul>
Filtrado adaptado	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Rendimiento óptimo maximizando la SNR</li> <li>– Bajo coste computacional</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Requiere información previa del usuario primario</li> <li>– Aumenta la complejidad de implementación</li> </ul>

<b>Tecnología de detección de banda ancha [2]</b>		<b>Ventajas</b>	<b>Inconvenientes</b>
Detección de banda ancha de Nyquist	ADC estándar	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Estructura sencilla</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Alta velocidad de muestreo</li> <li>– Alto coste computacional</li> </ul>
	Muestreo del banco de filtros	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Baja velocidad de muestreo</li> <li>– Elevada gama dinámica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Gran complejidad de implementación</li> </ul>
Detección de banda ancha por debajo del límite de Nyquist	Sensor de compresión	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Baja velocidad de muestreo</li> <li>– Bajo coste de la adquisición de señal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Sensible a la discordancia de modelos</li> </ul>
	Muestreo multicanal por debajo del límite de Nyquist	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Baja velocidad de muestreo</li> <li>– Sólida ante la discordancia de modelos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Requiere múltiples canales de muestreo</li> </ul>

Nota – Todos los anexos al presente Informe son exclusivamente informativos.

## Anexo 1

### Modelo de sistema cognitivo basado en bases de datos de geolocalización

#### Disposiciones generales

La base de datos de geolocalización es el elemento del sistema automatizado de gestión del espectro radioeléctrico para las redes de comunicación que se basa en el principio de la radio cognitiva. La base de datos de geolocalización establece una comunicación directa con los dispositivos maestros de redes de radio cognitiva. La base de datos asigna canales de frecuencia, controla parámetros de transmisión de dispositivos cognitivos y asegura compatibilidad electromagnética entre la radio cognitiva y otros dispositivos radioeléctricos y electrónicos que funcionan en bandas superpuestas o adyacentes.

La base de datos de geolocalización debe tener información sobre las ubicaciones y los parámetros de funcionamiento de todos los dispositivos radioeléctricos y electrónicos dentro de la banda de frecuencias considerada, o sobre cualquier máscara especial limitante utilizada en caso de dificultad para determinar las ubicaciones o los parámetros técnicos de los dispositivos radioeléctricos y electrónicos protegidos.

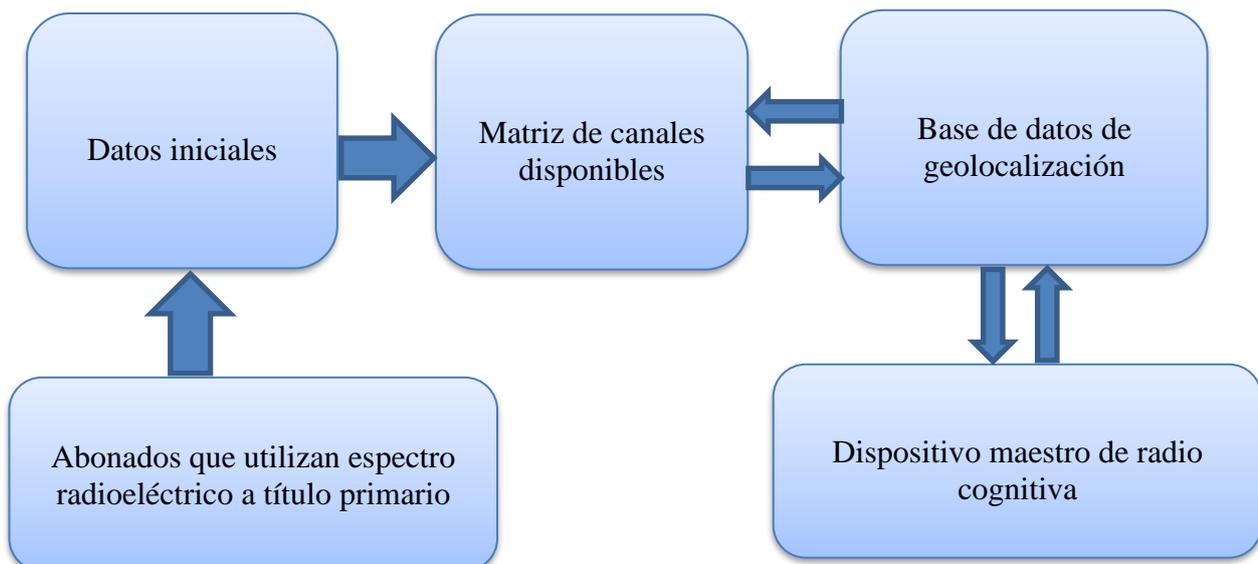
El funcionamiento de la base de datos de geolocalización podría basarse en la matriz que contenga información sobre la disponibilidad de determinados canales de frecuencias en los puntos de una determinada zona para una determinada banda de frecuencias, lo que indicaría el número máximo de parámetros técnicos admisibles.

#### Generación de la matriz de canales disponibles

La matriz de canales disponibles se genera utilizando la información extraída de la base de datos del organismo regulador, que contiene información sobre todos los dispositivos radioeléctricos y electrónicos que cuentan con autorizaciones válidas, y las especificaciones suficientes para calcular la compatibilidad electromagnética.

La matriz puede ser generada por un servidor independiente ubicado lejos de la base de datos de geolocalización. En ese caso, el operador de la base de datos de geolocalización tendrá una matriz de los canales de frecuencias disponibles, pero no dispondrá de información sobre dispositivos radioeléctricos y electrónicos específicos, ni sobre los parámetros técnicos utilizados para generar la matriz.

Principio del sistema cognitivo con base de datos de geolocalización



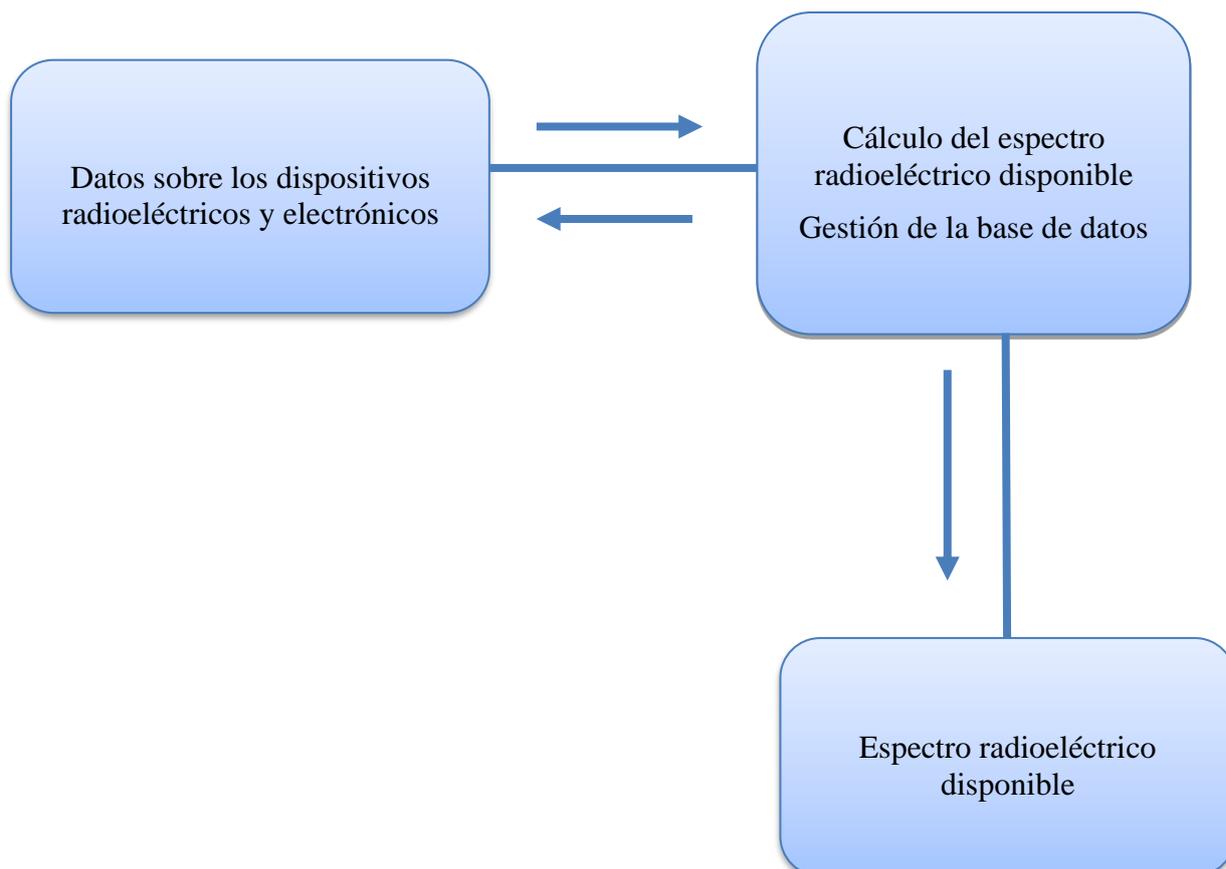
La zona de cobertura de la base de datos de geolocalización puede dividirse en pequeñas partes de un tamaño predeterminado denominadas «píxeles». Cada «píxel» contiene información sobre los canales protegidos. Sobre esta base, se puede determinar un conjunto de canales disponibles utilizando el nivel de p.r.a. y otros parámetros necesarios para el funcionamiento de dispositivos cognitivos. El número de canales disponibles en cada «píxel» se puede determinar superponiendo la información sobre el grado de ocupación del espectro recibida de distintos servicios, de modo que no es preciso almacenar información sobre distintos dispositivos radioeléctricos protegidos. Basta con saber el número de canales por píxel que están libres para los dispositivos cognitivos.

El tamaño de un «píxel» depende de las decisiones que se adopten en la fase de planificación en el momento de alimentar la base de datos de geolocalización, aunque en la mayoría de los casos se considera adecuado un tamaño del orden de  $200\text{ m} \times 200\text{ m}$ . Este tamaño de «píxel» es el mejor, ya que un tamaño superior puede dar lugar a un uso ineficiente de la base de datos de geolocalización, es decir a un espectro disponible reducido, y un tamaño inferior puede dar lugar a un volumen de cálculos mayor y a mayor cantidad de datos que deben enviarse al dispositivo. Así pues, el problema se reduce a considerar las limitaciones en el conjunto de los «píxeles» a fin de identificar los canales y los niveles de potencia disponibles para los dispositivos cognitivos.

Una vez recibida la información sobre dispositivos radioeléctricos y electrónicos en funcionamiento, se calcula el número de canales disponibles para cada «píxel» por adelantado, lo que da lugar a una matriz de canales disponibles. De este modo, los cálculos en tiempo real se reducen considerablemente.

Después de cierto tiempo (fijado por el organismo regulador), se debe volver a calcular el número de canales disponibles en cada «píxel» y a cumplimentar una nueva matriz de canales disponibles. La matriz de canales disponibles se almacena en la base de datos de geolocalización.

#### Cálculo del espectro radioeléctrico disponible



Para realizar los cálculos se pueden utilizar distintos modelos de propagación (véanse, por ejemplo, Recomendación UIT-R P.1546, Free Space, Hata, etc.). Una vez calculada la potencia en un determinado «píxel», los canales disponibles se calculan teniendo en cuenta umbrales específicos. Si la potencia calculada es inferior al umbral, el canal se considera libre; si el valor correspondiente a la potencia es superior al umbral, el canal se considera ocupado.

### Datos iniciales

A continuación se indican los datos que deberían utilizarse como datos iniciales para calcular la matriz de canales disponibles:

- a) Datos sobre dispositivos radioeléctricos y electrónicos que funcionan con arreglo a licencias:
  - número de identificación (ID) de la estación radioeléctrica o el dispositivo
  - tipo de transmisor
  - ubicación (coordenadas geográficas)
  - canales existentes (canales notificados que utilizan usuarios primarios)
  - potencia de transmisión o p.r.a. del dispositivo titular de licencia (esta información se necesita para calcular el nivel de potencia admisible para los dispositivos secundarios)
  - altura de la antena transmisora (para calcular la pérdida de propagación)
  - diagrama de radiación de la antena transmisora
  - reglamentos para la protección de los dispositivos existentes, el territorio, etc.
- b) Datos sobre otros dispositivos radioeléctricos y electrónicos, como micrófonos inalámbricos (estos dispositivos deberán registrarse para garantizar el funcionamiento adecuado de todo el sistema de radiocomunicaciones con capacidades cognitivas):
  - tipo de dispositivo (micrófonos inalámbricos, cámaras u otros tipos de dispositivos secundarios)
  - número de identificación del dispositivo
  - ubicación del dispositivo
  - canales utilizados
  - potencia de transmisión.
- c) Datos sobre dispositivos cognitivos y dispositivos que funcionan a título secundario:
  - tipo de dispositivo (dispositivo cognitivo fijo o portátil/móvil)
  - ID del dispositivo
  - número de serie de producción
  - ubicación del dispositivo
  - canales utilizados (canales que utilizan en ese momento los dispositivos cognitivos).
- d) Información sobre reglamentación:
  - ID del organismo regulador
  - modelos de propagación y algoritmos utilizados para el funcionamiento del sistema
  - umbrales de potencia correspondientes a los canales libres
  - restricciones en virtud de las cuales debería desactivarse el funcionamiento de dispositivos cognitivos.

### **Datos sobre el espectro radioeléctrico disponible**

Una vez calculados los canales disponibles para todos los «píxeles», la matriz de canales disponibles se almacena en la base de datos de geolocalización. Cuando un usuario desea saber cuál es el espectro disponible, el operador de la base de datos de geolocalización, que tiene acceso directo a esa información, proporciona una lista de canales disponibles sin cálculos en tiempo real teniendo en cuenta la ubicación del usuario. Dicha lista debe contener la siguiente información:

- identificador del «píxel» o sus coordenadas geográficas;
- número de canales disponibles (disponibles para determinado «píxel»);
- características técnicas admisibles de los dispositivos cognitivos, como la potencia máxima de radiación admisible y la hora válida de la información facilitada.

Cuando una determinada banda de frecuencias se comparte entre servicios de radiocomunicaciones, las matrices de canales disponibles se calcula para cada uno de esos servicios y, a continuación, se suman.

Las bases de datos de geolocalización deberían permitir elegir bandas de frecuencias y especificaciones para los sistemas de radiocomunicaciones con capacidades cognitivas con objeto de garantizar tanto que puedan funcionar como que otros dispositivos radioeléctricos y electrónicos puedan funcionar también sin interferencias. Los demás dispositivos radioeléctricos y electrónicos (que son usuarios de espectro a título primario) tienen prioridad en la utilización de canales radioeléctricos sobre los sistemas de radiocomunicaciones con capacidades cognitivas.

Antes de que el dispositivo de radiocomunicaciones con capacidades cognitivas transmita señales, debería entrar en contacto con la base de datos de geolocalización e intercambiar información de servicio con el fin de recibir una lista de canales disponibles – bandas de frecuencias que puede utilizar el dispositivo cognitivo sin causar interferencias en los usuarios primarios.

Los dispositivos cognitivos deben entablar una relación de comunicación con la base de datos para ajustar sus características, como la banda de frecuencias en funcionamiento, que depende de la hora y la localización en cada momento, así como los parámetros del transmisor.

## **Anexo 2**

### **Tecnologías de detección**

#### **1 Tipos de tecnologías de detección**

Las tecnologías de detección del espectro se pueden clasificar en las de banda estrecha y las de banda ancha. Las tecnologías de detección de espectro de banda estrecha se centran en aprovechar las oportunidades de espectro en la gama de frecuencias estrecha que es lo suficientemente estrecha como para que la respuesta en frecuencia del canal pueda considerarse plana. La detección de espectro de banda ancha tiene por objeto buscar más oportunidades espectrales en una gama de frecuencias más amplia y lograr una mayor capacidad total oportunista.

En el Cuadro A2-1 se indican las ventajas y los inconvenientes de las tecnologías de detección de espectro de banda estrecha tradicionales.

CUADRO A2-1

<b>Tecnología de detección de banda estrecha [1],[2]</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Inconvenientes</b>
Detección de energía	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Método de detección no coherente que no requiere información previa</li> <li>– Bajo coste computacional</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Escaso rendimiento en condiciones de SNR baja</li> <li>– Incapaz de distinguir usuarios</li> </ul>
Detección basada en la forma de onda	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Tiempo de medición corto</li> <li>– Gran fiabilidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Requiere información previa</li> </ul>
Característica cicloestacionaria	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Válida en regiones de baja SNR</li> <li>– Sólida frente a la interferencia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Requiere información parcial previa</li> <li>– Alto coste computacional</li> </ul>
Filtrado adaptado	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Rendimiento óptimo maximizando la SNR</li> <li>– Bajo coste computacional</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Requiere información previa del usuario primario</li> <li>– Aumenta la complejidad de implementación</li> </ul>

La detección de espectro de banda ancha puede clasificarse en dos tipos: la detección de banda ancha de Nyquist y la detección de banda ancha por debajo del límite de Nyquist. En el primer tipo las señales digitales se procesan a una velocidad igual o superior a la velocidad de Nyquist, mientras que en el segundo tipo las señales digitales se procesan a una velocidad interior a la velocidad de Nyquist.

En el Cuadro A2-2 se indican las ventajas y los inconvenientes de las tecnologías de detección de espectro de banda ancha actuales.

CUADRO A2-2

<b>Tecnología de detección de banda ancha [2]</b>		<b>Ventajas</b>	<b>Inconvenientes</b>
Detección de banda ancha de Nyquist	ADC estándar	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Estructura sencilla</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Alta velocidad de muestreo</li> <li>– Alto coste computacional</li> </ul>
	Muestreo del banco de filtros	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Baja velocidad de muestreo</li> <li>– Elevada gama dinámica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Gran complejidad de implementación</li> </ul>
Detección de banda ancha por debajo del límite de Nyquist	Sensor de compresión	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Baja velocidad de muestreo</li> <li>– Bajo coste de la adquisición de señal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Sensible a la discordancia de modelos</li> </ul>
	Muestreo multicanal por debajo del límite de Nyquist	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Baja velocidad de muestreo</li> <li>– Sólida ante la discordancia de modelos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Requiere múltiples canales de muestreo</li> </ul>

## 2 Tecnología de detección con selección dinámica de frecuencias

La selección dinámica de frecuencias (SDF) es una técnica de mitigación para la compartición del espectro. En los sistemas de acceso inalámbrico (WAS) se utiliza la función SDF para proporcionar la protección adecuada a los radares en la banda de 5 GHz.

A continuación figura una lista de las Recomendaciones y los Informes pertinentes relativos a la SDF en WAS:

- Recomendación UIT-R M.1652-1 – Selección dinámica de frecuencias en sistemas de acceso inalámbrico, incluidas las redes radioeléctricas de área local, para proteger el servicio de radiodeterminación en la banda de 5 GHz
- Recomendación UIT-R M.1461-2 – Procedimientos para determinar la posibilidad de interferencia entre radares que funcionan en el servicio de radiodeterminación y sistemas de otros servicios
- Recomendación UIT-R M.1638-1 – Características y criterios de protección para estudios de compartición de los radares de radiolocalización (excepto radares meteorológicos en tierra) y de radionavegación aeronáutica que funcionan en las bandas de frecuencia entre 5 250 y 5 850 MHz
- Informe UIT-R M.2034 – Influencia de los requisitos de detección del radar de selección dinámica de frecuencias sobre los receptores del sistema de acceso inalámbrico de 5 GHz

La SDF se logra detectando la interferencia causada por el sistema de radar y evitando la explotación cocanal. La detección del radar se necesita cuando funcionan canales cuya anchura de banda se encuentra parcial o completamente en la gama de frecuencias 5 250 MHz a 5 350 MHz o 5 470 MHz a 5 725 MHz. Este requisito se aplica a todos los tipos de dispositivos WAS independientemente del tipo de comunicación que exista entre esos dispositivos.

En el Cuadro A2-3 se indican los requisitos de detección, operacionales y de respuesta de la SDF.

CUADRO A2-3

Parámetro	Valor
Umbral de detección DFS	–62 dBm para dispositivos con una máxima p.i.r.e. inferior de 200 mW y –64 dBm para dispositivos con una máxima p.i.r.e. de 200 mW a 1W promediada a lo largo de 1 $\mu$ s
Tiempo de verificación de disponibilidad de canal	60 s
Periodo de no ocupación	30 min
Tiempo de desplazamiento del canal	$\leq$ 10 s

### Anexo 3

#### **Características y/o criterios de protección de los servicios de radiocomunicaciones cuyas bandas atribuidas pueden ser utilizadas por CRS**

A continuación figura, a modo de ejemplo, una Lista de Recomendaciones e Informes pertinentes relativos a características y/o criterios de protección de distintos servicios de radiocomunicaciones.

**1 Servicios móvil terrestre y fijo**

- Recomendación UIT-R M.478-5 – Características técnicas de los equipos y principios para la asignación de canales a las estaciones del servicio móvil terrestre con modulación de frecuencia entre 25 y 3 000 MHz
- Recomendación UIT-R M.1184-3 – Características técnicas de los sistemas móviles por satélite en las bandas de frecuencias inferiores a 3 GHz para su utilización en el desarrollo de criterios para la compartición para el servicio móvil por satélite y otros servicios  
(NOTA – Contiene las características técnicas de sistemas que funcionan en el servicio móvil terrestre por satélite.)
- Recomendación UIT-R F.1402 – Criterios de compartición de frecuencias entre un sistema de acceso inalámbrico móvil terrestre y un sistema de acceso inalámbrico fijo que utiliza el mismo tipo de equipo que el sistema de acceso inalámbrico móvil
- Recomendación UIT-R M.1450-5 – Características de las redes radioeléctricas de área local de banda ancha
- Recomendación UIT-R M.1453-2 – Sistemas de transporte inteligentes – Comunicaciones especializadas de corto alcance a 5,8 GHz
- Recomendación UIT-R M.1767 – Protección de los sistemas móviles terrestres contra la interferencia causada por los sistemas de radiodifusión de audio y de vídeo digital terrenal en las bandas compartidas de ondas métricas y decimétricas atribuidas a título primario
- Recomendación UIT-R M.1739 – Criterios de protección para los sistemas de acceso inalámbrico, incluidas las redes radioeléctricas de área local, que funcionan en el servicio móvil de conformidad con la Resolución **229 (CMR-03)** en las bandas 5 150-5 250 MHz, 5 250-5 350 MHz y 5 470-5 725 MHz
- Recomendación UIT-R M.1808-1 – Características técnicas y de explotación de los sistemas móviles terrestre convencionales y de recursos compartidos que funcionan en atribuciones del servicio móvil por debajo de 869 MHz que deben utilizarse en los estudios de compartición en bandas inferiores a 960 MHz (NOTA – La Sección 2.1 del Anexo 1 contiene los criterios de protección del servicio móvil que deben utilizarse en los estudios de compartición, a saber, que podría utilizarse una relación interferencia/ruido ( $I/N$ ) de  $-6$  dB a fin de determinar la influencia de la interferencia para los sistemas móviles terrestres, y que en aplicaciones con requisitos de protección más elevados, tales como los sistemas de protección pública y socorro en caso de catástrofe (PPDR), puede emplearse una relación  $I/N$  de  $-10$  dB.)
- Recomendación UIT-R M.1823 – Características técnicas y operacionales de los sistemas móviles terrestres celulares digitales para los estudios de compartición
- Recomendación UIT-R M.1824-1 – Características de los sistemas de radiodifusión de televisión en exteriores, periodismo electrónico y producción electrónica en el terreno en el servicio móvil que se utilizarán en los estudios de compartición
- Informe UIT-R F.2086-1 – Características técnicas y operativas y aplicaciones del acceso inalámbrico en banda ancha en el servicio fijo
- Informe UIT-R M.2116-2 – Características de los sistemas de acceso inalámbrico en banda ancha que funcionan en el servicio móvil terrestre para los estudios de compartición
- Informe UIT-R M.2228-1 – Radiocomunicaciones para sistemas de transporte inteligentes (ITS)
- Informe UIT-R M.2242 – Sistemas de radiocomunicaciones cognoscitivos específicos para sistemas de telecomunicaciones móviles internacionales

**2 Servicios móvil por satélite y de radiodeterminación por satélite (SMS y SRDS)**

- Recomendación UIT-R M.1039-3 – Compartición de frecuencias entre estaciones del servicio móvil por debajo de 1 GHz y estaciones terrenas móviles de sistemas de satélites no geoestacionarios (Tierra-espacio) que utilizan acceso múltiple por división de frecuencia
- Recomendación UIT-R M.1184-3 – Características técnicas de los sistemas móviles por satélite en las bandas de frecuencias inferiores a 3 GHz para su utilización en el desarrollo de criterios para la compartición para el servicio móvil por satélite y otros servicios
- Recomendación UIT-R M.1318-1 – Modelo de evaluación de interferencias continuas causadas por otras fuentes radioeléctricas distintas a las del servicio de radionavegación por satélite a los sistemas y redes del servicio de radionavegación por satélite en las bandas 1 164-1 215 MHz, 1 215-1 300 MHz, 1 559-1 610 MHz y 5 010-5 030 MHz
- Recomendación UIT-R M.1787-3 – Descripción de sistemas y redes del servicio de radionavegación por satélite (espacio Tierra y espacio espacio) y características técnicas de estaciones espaciales transmisoras que funcionan en las bandas 1 164-1 215 MHz, 1 215-1 300 MHz y 1 559-1 610 MHz
- Recomendación UIT-R M.1901-2 – Directrices sobre Recomendaciones del UIT-R relativas a sistemas y redes del servicio de radionavegación por satélite que funcionan en las bandas de frecuencias 1 164-1 215 MHz, 1 215 1-1 300 MHz, 1 559-1 610 MHz, 5 000-5 010 MHz y 5 010-5 030 MHz
- Recomendación UIT-R M.1902-1 – Características y criterios de protección de las estaciones terrenas receptoras del servicio de radionavegación por satélite (espacio-Tierra) que funcionan en la banda de 1 215-1 300 MHz
- Recomendación UIT-R M.1903-1 – Características y criterios de protección de las estaciones terrenas receptoras del servicio de radionavegación por satélite (espacio-Tierra) y de los receptores del servicio de radionavegación aeronáutica que funcionan en la banda 1 559-1 610 MHz
- Recomendación UIT-R M.1904-1 – Características, requisitos de calidad de funcionamiento y criterios de protección de las estaciones receptoras del servicio de radionavegación por satélite (espacio-espacio) que funcionan en las bandas de frecuencias 1 164-1 215 MHz, 1 215-1 300 MHz y 1 559-1 610 MHz
- Recomendación UIT-R M.1905-1 – Características y criterios de protección de las estaciones terrenas receptoras del servicio de radionavegación por satélite (espacio-Tierra) que funcionan en la banda 1 164 1 215 MHz
- Recomendación UIT-R M.1906-1 – Características y criterios de protección de las estaciones espaciales receptoras y características de las estaciones terrenas transmisoras del servicio de radionavegación por satélite (Tierra-espacio) que funcionan en la banda 5 000-5 010 MHz
- Recomendación UIT-R M.2030 – Modelo de evaluación de la interferencia impulsiva causada por fuentes radioeléctricas pertinentes distintas de las del servicio de radionavegación por satélite a sistemas y redes del servicio de radionavegación por satélite que funcionan en las bandas de frecuencias 1 164-1 215 MHz, 1 215-1 300 MHz y 1 559-1 610 MHz
- Recomendación UIT-R M.2031-1 – Características y criterios de protección de las estaciones terrenas receptoras y características de las estaciones espaciales transmisoras del servicio de radionavegación por satélite (espacio-Tierra) que funcionan en la banda 5 010 5 030 MHz
- Recomendación UIT-R M.1091 – Diagramas de radiación de referencia fuera del eje para antenas de estaciones terrenas que funcionan en el servicio móvil terrestre por satélite en la gama de frecuencias 1 a 3 GHz

- Recomendación UIT-R M.1229 – Objetivos de calidad de funcionamiento para los canales digitales del servicio móvil aeronáutico por satélite (SMAS) que funcionan en las bandas de 1 525 a 1 559 MHz y de 1 626,5 a 1 660,5 MHz y que no forman parte de la RDSI
- Recomendación UIT-R S.1427-1 – Metodología y criterio para evaluar la interferencia producida por transmisores de sistema de acceso inalámbrico/redes radioeléctricas de área local terrenales a los enlaces de conexión del servicio móvil por satélite en las redes de satélites no geoestacionarios en la banda 5150-5250 MHz
- Recomendación UIT-R M.1454 – Límite de la densidad de la p.i.r.e. y restricciones operacionales para las RLAN u otros transmisores de acceso inalámbrico a fin de asegurar la protección de los enlaces de conexión de los sistemas no geoestacionarios del servicio móvil por satélite que funcionan en la banda de frecuencias 5 150-5 250 MHz
- Recomendación UIT-R M.1475 – Metodología para derivar los objetivos de calidad para los sistemas del servicio móvil por satélite no geoestacionario que funcionan en la banda 1-3 GHz sin utilización de diversidad de satélites
- Recomendación UIT-R M.1799 – Compartición entre el servicio móvil y el servicio móvil por satélite en la banda 1 668,4-1 675 MHz
- Recomendación UIT-R M.2046 – Características y criterios de protección para los sistemas del servicio móvil por satélite con satélites no geoestacionarios que funciona en la banda 399,9-400,05 MHz

### 3 Otros servicios

En la Recomendación UIT-R F.758 se indican los criterios de protección y otras características de los sistemas inalámbricos fijos en varias bandas.

#### Servicio móvil aeronáutico (en rutas)

- Recomendación UIT-R M.1827-1\* – Directrices sobre los requisitos técnicos y operacionales de las estaciones del servicio móvil aeronáutico (R) limitado a las aplicaciones de superficie en aeropuertos en la banda de frecuencia 5 091-5 150 MHz
- Informe UIT-R M.2121 – Directrices para los estudios de compartición del SMA(R)S en la banda 960-1 164 MHz
- Informe UIT-R M.2205 – Resultados de los estudios de la atribución al SMA(R) en la banda 960-1 164 MHz y de la atribución al SMAS(R) en la banda 5 030-5 091 MHz para enlaces de control y de comunicaciones sin carga útil de sistemas de aeronaves no tripuladas
- Informe UIT-R M.2235 – Estudios de compartición del servicio móvil aeronáutico (en rutas) en la banda de frecuencias 960-1 164 MHz
- Informe UIT-R M.2171 – Características de sistemas de aeronaves no tripuladas (SANT) y requisitos de espectro para su funcionamiento seguro en el espacio aéreo general
- Informe UIT-R M.2237 – Estudio de compatibilidad para soportar los enlaces de control y comunicaciones sin carga útil con visibilidad directa de sistemas de aeronaves no tripuladas propuestos en la banda de frecuencias 5 030-5 091 MHz
- Informe UIT-R M.2238 – Estudio de compatibilidad para soportar los enlaces de control y comunicaciones sin carga útil con visibilidad directa de sistemas de aeronaves no tripuladas propuestos en la banda de frecuencias 5 091-5 150 MHz

#### Móvil aeronáutico

- Recomendación UIT-R M.1459 – Criterios de protección aplicables a los sistemas de telemetría del servicio móvil aeronáutico y técnicas de reducción de la interferencia para

facilitar la compartición con los servicios de radiodifusión por satélite geoestacionario y móvil por satélite geoestacionario en las bandas de frecuencias 1 452-1 525 MHz y 2 310-2 360 MHz

- Recomendación UIT-R M.1828 – Requisitos técnicos y operacionales de las estaciones de aeronave del servicio móvil aeronáutico limitadas a las transmisiones de teledifusión para pruebas en vuelo en bandas en torno a 5 GHz
- Recomendación UIT-R M.2089 – Características técnicas y criterios de protección de sistemas del servicio móvil aeronáutico en la gama de frecuencias 14,5-15,35 GHz
- Recomendación UIT-R M.2114\* – Características técnicas y criterios de protección de los sistemas del servicio móvil aeronáutico en la banda de frecuencias 22,5-23,6 GHz y 25,25-27,5 GHz
- Informe UIT-R M.2118 – Compatibilidad entre los sistemas propuestos de servicio móvil aeronáutico y el servicio fijo por satélite existente en la banda 5 091-5 250 MHz
- Informe UIT-R M.2119 – Compartición entre sistemas de teledifusión móvil aeronáutica para pruebas en vuelo y otros sistemas que funcionan en las bandas 4 400-4 940 y 5 925-6 700 MHz
- Informe UIT-R M.2221 – Viabilidad del funcionamiento del servicio móvil por satélite en determinadas bandas de frecuencias

#### **Servicio de radionavegación**

- Recomendación UIT-R M.1461-2\* – Procedimientos para determinar la posibilidad de interferencia entre radares que funcionan en el servicio de radiodeterminación y sistemas de otros servicios
- Recomendación UIT-R M.1796-2 – Características y criterios de protección de los radares terrenales que funcionan en el servicio de radiodeterminación en la banda de frecuencias 8 500-10 680 MHz
- Recomendación UIT-R M.1851-1 – Modelos matemáticos de diagramas de antena de sistemas de radar del servicio de radiodeterminación para uso en los análisis de interferencia

#### **Servicio de radionavegación aeronáutica**

- Recomendación UIT-R M.1461-2\* – Procedimientos para determinar la posibilidad de interferencia entre radares que funcionan en el servicio de radiodeterminación y sistemas de otros servicios
- Recomendación UIT-R M.1464-2\* – Características de los radares de radiolocalización y características y criterios de protección para estudios de compartición de los radares de radionavegación aeronáutica y meteorológicos en el servicio de radiodeterminación que funcionan en la banda de frecuencias 2 700-2 900 MHz
- Recomendación UIT-R M.1584 – Método para determinar las distancias de coordinación, en la banda de 5 GHz entre las estaciones del sistema internacional normalizado de aterrizaje por microondas que funciona en el servicio de radionavegación aeronáutica y las estaciones del servicio de radionavegación por satélite (Tierra-espacio)
- Recomendación UIT-R M.1638-1\* – Características y criterios de protección para los estudios de compartición de los radares de radiolocalización (salvo los radares meteorológicos en tierra) y de radionavegación aeronáutica que funcionan en las bandas de frecuencias entre 5 250 y 5 850 MHz
- Recomendación UIT-R M.1639-1 – Criterios de protección del servicio de radionavegación aeronáutica contra las emisiones combinadas procedentes de estaciones espaciales del servicio de radionavegación por satélite en la banda de 1 164-1 215 MHz

- Recomendación UIT-R M.1642-2 – Metodología para evaluar el valor máximo de la densidad de flujo de potencia equivalente combinada de una estación del servicio de radionavegación aeronáutica procedente de todos los sistemas del servicio de radionavegación por satélite que funcionan en la banda 1 164-1 215 MHz
- Recomendación UIT-R M.1830 – Características técnicas y criterios de protección de los sistemas del servicio de radionavegación aeronáutica en la banda de frecuencias 645-862 MHz
- Recomendación UIT-R M.2007 – Características y criterios de protección de los radares que funcionan en el servicio de radionavegación aeronáutica (SRNA) en la banda de frecuencias 5 150-5 250 MHz
- Recomendación UIT-R M.2008-1 – Características y criterios de protección de los radares que funcionan en el servicio de radionavegación aeronáutica en la banda de frecuencias 13,25-13,40 GHz
- Recomendación UIT-R M.2013 – Características técnicas de los sistemas de radionavegación aeronáutica no OACI que funcionan en torno a 1 GHz y criterios de protección de los mismos
- Informe UIT-R M.2112 – Compatibilidad/compartición de los radares de vigilancia de aeropuertos y radares meteorológicos con los sistemas IMT en la banda 2 700-2 900 MHz
- Recomendación UIT-R M.1851-1 – Modelos matemáticos de diagramas de antena de sistemas de radar del servicio de radiodeterminación para uso en los análisis de interferencia
- Recomendación UIT-R M.2059 – Características técnicas y de funcionamiento y criterios de protección de altímetros radioeléctricos que utilizan la banda de frecuencias 4 200-4 400 MHz

#### **Servicio de radionavegación marítima**

- Recomendación UIT-R M.824-4 – Parámetros técnicos de las balizas de radar
- Recomendación UIT-R M.1176-1 – Parámetros técnicos de los dispositivos de mejora de los blancos radar
- Recomendación UIT-R M.629-1 – Utilización para el servicio de radionavegación de las bandas de frecuencias 2 900-3 100 MHz, 5 470-5 650 MHz, 9 200-9 300 MHz, 9 300-9 500 MHz y 9 500-9 800 MHz
- Recomendación UIT-R M.1461-2\* – Procedimientos para determinar la posibilidad de interferencia entre radares que funcionan en el servicio de radiodeterminación y sistemas de otros servicios
- Recomendación UIT-R M.1851-1 – Modelos matemáticos de diagramas de antena de sistemas de radar del servicio de radiodeterminación para uso en los análisis de interferencia
- Informe UIT-R M.2050 – Resultados de las pruebas que ilustran la susceptibilidad de los radares de radionavegación marítima a las emisiones procedentes de comunicaciones digitales y de sistemas por impulsos en las bandas 2 900-3 100 MHz y 9 200-9 500 MHz
- Recomendación UIT-R M.1372-1 – Utilización eficaz del espectro radioeléctrico por las estaciones de radar del servicio de radiodeterminación
- Informe UIT-R M.2032 – Pruebas de compatibilidad entre los radares de radionavegación marítima y las emisiones de los radares de radiolocalización en la banda 2 900-3 100 MHz
- Recomendación UIT-R M.2058 – Características del sistema digital «Datos de navegación para difundir información de seguridad marítima e información de seguridad conexas de costa a barco en la banda marítima de ondas decamétricas»

**Servicio de radionavegación**

- Recomendación UIT-R M.1227-2 – Características técnicas y de explotación de los radares de perfil del viento en bandas próximas a 1 000 MHz
- Recomendación UIT-R M.1460-2\* – Características técnicas y operacionales y criterios de protección de los radares de radiodeterminación en la banda de frecuencias 2 900-3 100 MHz
- Recomendación UIT-R M.1461-2\* – Procedimientos para determinar la posibilidad de interferencia entre radares que funcionan en el servicio de radiodeterminación y sistemas de otros servicios
- Recomendación UIT-R M.1462-2 – Características y criterios de protección de los radares del servicio de radiolocalización que funcionan en la gama de frecuencias 420-450 MHz
- Recomendación UIT-R M.1463-3 – Características y criterios de protección para los radares que funcionan en el servicio de radiodeterminación en la banda de frecuencias 1 215-1 400 MHz
- Recomendación UIT-R M.1465-3\* – Características y criterios de protección para los radares que funcionan en el servicio de radiodeterminación en la banda de frecuencias 3 100-3 700 MHz
- Recomendación UIT-R M.1638-1\* – Características y criterios de protección para los estudios de compartición de los radares de radiolocalización (salvo los radares meteorológicos en tierra) y de radionavegación aeronáutica y meteorológicos que funcionan en las bandas de frecuencia entre 5 250 y 5 850 MHz
- Recomendación UIT-R M.1849-2\* – Aspectos técnicos y operacionales de los radares meteorológicos en tierra
- Recomendación UIT-R M.1851-1 – Modelos matemáticos de diagramas de antena de sistemas de radar del servicio de radiodeterminación para uso en los análisis de interferencia
- Informe UIT-R M.2013 – Radares de perfil del viento
- Informe UIT-R M.2112 – Compatibilidad/compartición de los radares de vigilancia de aeropuertos y radares meteorológicos con los sistemas IMT en la banda 2 700-2 900 MHz
- Informe UIT-R M.2136 – Análisis teórico y resultados de pruebas relativos a la determinación de los criterios de protección de la interferencia pertinentes para los radares meteorológicos en tierra
- Recomendación UIT-R M.1372-1 – Utilización eficaz del espectro radioeléctrico por las estaciones de radar del servicio de radiodeterminación
- Recomendación UIT-R M.1464-2\* – Características de los radares de radiolocalización y características y criterios de protección para estudios de compartición de los radares de radionavegación aeronáutica y meteorológicos en el servicio de radiodeterminación que funcionan en la banda de frecuencias 2 700-2 900 MHz
- Informe UIT-R M.2032 – Pruebas de compatibilidad entre los radares de radionavegación marítima y las emisiones de los radares de radiolocalización en la banda 2 900-3 100 MHz

**SFS y SRS**

- Recomendación UIT-R S.465-6 – Diagrama de radiación de referencia de estación terrena para utilizar en la coordinación y evaluación de las interferencias, en la gama de frecuencias comprendidas entre 2 y 31 GHz
- Recomendación UIT-R S.466-6 – Nivel máximo admisible de la interferencia, en un canal telefónico de una red de satélites geoestacionarios del servicio fijo por satélite que utilice la modulación de frecuencia con multiplaje por distribución de frecuencia, producida por otras redes de este servicio

- Recomendación UIT-R S.483-3 – Nivel máximo admisible de la interferencia causada en un canal de televisión de una red de satélites geoestacionarios del servicio fijo por satélite con modulación de frecuencia, por otras redes de este servicio
- Recomendación UIT-R S.523-4 – Niveles máximos admisibles de la interferencia producida en una red de satélites geoestacionarios del servicio fijo por satélite, utilizada para telefonía con codificación MIC de 8 bits, por otras redes de este servicio
- Recomendación UIT-R S.524-9 – Máximos niveles admisibles de la densidad de la p.i.r.e. fuera del eje, de las estaciones terrenas en redes de satélites geoestacionarios que funcionan en el servicio fijo por satélite transmitiendo en las bandas de frecuencias de 6 GHz, 13 GHz, 14 GHz y 30 GHz
- Recomendación UIT-R S.728-1 – Máximo nivel admisible de densidad de p.i.r.e. fuera del eje procedente de terminales de muy pequeña apertura (VSAT)
- Recomendación UIT-R S.735-1 – Niveles máximos admisibles de la interferencia causada en una red de satélite geoestacionario, para un trayecto digital ficticio de referencia (TDFR) del servicio fijo por satélite que forme parte de la RDSI, por otras redes de este servicio a frecuencias inferiores a 15 GHz
- Recomendación UIT-R S.1323-2 – Máximos niveles de interferencia admisible en una red de satélites (servicio fijo por satélite (SFS)/satélites geoestacionarios (OSG), SFS/no OSG y enlaces de conexión del servicio móvil por satélite (SMS)/no OSG) del SFS provocada por otras redes codireccionales del SFS por debajo de 30 GHz
- Recomendación UIT-R S.1426 – Límites de densidad de flujo de potencia combinada en la órbita de los satélites del SFS para los transmisores de redes radioeléctricas de área local (RLAN) que funcionan en la banda 5 150-5 250 MHz y comparten frecuencias con el SFS (Número **S5.447A** del RR)
- Recomendación UIT-R S.1427-1 – Metodología y criterio para evaluar la interferencia producida por transmisores de sistema de acceso inalámbrico/redes radioeléctricas de área local terrenales a los enlaces de conexión del servicio móvil por satélite en las redes de satélites no geoestacionarios en la banda 5 150-5 250 MHz
- Recomendación UIT-R S.1432-1 – Distribución de las degradaciones admisibles de la calidad en términos de errores debidas a la interferencia invariante en el tiempo entre los trayectos digitales ficticios de referencia del servicio fijo por satélite (SFS) para el caso de los sistemas que funcionan por debajo de 30 GHz
- Recomendación UIT-R S.1528 – Diagramas de radiación de antena de satélite para antenas de satélite no geoestacionario con funcionamiento en el servicio fijo por satélite por debajo de 30 GHz
- Recomendación UIT-R S.1587-3 – Características técnicas de las estaciones terrenas a bordo de barcos que se comunican con satélites del SFS en las bandas de frecuencias 5 925-6 425 MHz y 14-14,5 GHz atribuidas al servicio fijo por satélite
- Recomendación UIT-R S.1711-1 – Mejoras en el comportamiento del protocolo de control de transmisión por redes de satélites
- Recomendación UIT-R S.1716 – Objetivos en cuanto a calidad de funcionamiento y disponibilidad para los sistemas de teledidada, seguimiento y telemando del servicio fijo por satélite
- Recomendación UIT-R S.1855 – Diagrama de radiación de referencia alternativo para antenas de estación terrena utilizadas con satélites en la órbita de los satélites estacionarios para su utilización en la coordinación y/o la evaluación de la interferencia en la banda de frecuencias de 2 a 31 GHz

- Recomendación UIT-R S.1856 – Metodología para determinar si una estación IMT en un emplazamiento determinado que funciona en la banda 3 400-3 600 MHz podría transmitir sin rebasar los límites de densidad de flujo de potencia estipulados en los números **5.430A**, **5.432A**, **5.432B** y **5.433A** del Reglamento de Radiocomunicaciones
- Recomendación UIT-R BO.652-1 – Diagramas de radiación de referencia de las antenas de estación terrena y de satélite para el servicio de radiodifusión por satélite en la banda de 12 GHz y para los enlaces de conexión asociados en las bandas de 14 GHz y 17 GHz
- Recomendación UIT-R BO.792 – Relaciones de protección contra la interferencia en el servicio de radiodifusión (televisión) por satélite en la banda de 12 GHz
- Recomendación UIT-R BO.1213-1 – Diagramas de antena de estación terrena receptora de referencia que deben utilizarse para el servicio de radiodifusión por satélite en la banda de 11,7-12,75 GHz
- Recomendación UIT-R BO.1293-2 – Límites de protección y métodos de cálculo correspondientes para la interferencia causada a los sistemas de radiodifusión por satélite en los que intervienen emisiones digitales
- Recomendación UIT-R BO.1773 – Criterios para evaluar los efectos de la interferencia al servicio de radiodifusión por satélite causada por las emisiones de dispositivos que carecen de la correspondiente adjudicación de frecuencia en el Reglamento de Radiocomunicaciones y producen emisiones fundamentales en las bandas de frecuencias adjudicadas al servicio de radiodifusión por satélite
- Recomendación UIT-R BO.1776-1 – Máxima densidad de flujo de potencia para el servicio de radiodifusión por satélite en la banda 21,4-22,0 GHz en las Regiones 1 y 3
- Recomendación UIT-R BO.1898-1 – Valor de la densidad de flujo de potencia necesaria para proteger las estaciones terrenas receptoras del servicio de radiodifusión por satélite en las Regiones 1 y 3 contra las emisiones de una estación de los servicios fijo y/o móvil en la banda 21,4-22 GHz
- Recomendación UIT-R BO.1900 – Diagrama de antena de referencia de la estación terrena receptora que debe utilizarse para el servicio de radiodifusión por satélite en la banda 21,4-22 GHz en las Regiones 1 y 3
- Informe UIT-R M.2109 – Estudios de compartición entre los sistemas de las IMT-Avanzadas y las redes de satélites geoestacionarios del servicio fijo por satélite en las bandas de frecuencias 3 400-4 200 y 4 500-4 800 MHz
- Informe UIT-R S.2199 – Estudios de compatibilidad entre los sistemas de acceso inalámbrico en banda ancha y las redes de servicio fijo por satélite en la banda 3 400-4 200 MHz
- Informe UIT-R BO.631-4 – Compartición de frecuencias entre el servicio de radiodifusión por satélite (sonora y de televisión) y los servicios terrenales
- Informe UIT-R BO.634-4 – Medición de las relaciones de protección contra las interferencias para la planificación de sistemas de radiodifusión de televisión

## Anexo 4

### Estudios sobre sistemas de radiocomunicaciones cognitivos (CRS)

#### Documentos publicados

El Informe 159 del Comité de Comunicaciones Electrónicas (ECC) [1], el Informe 185 del ECC [2] y el Informe 186 del ECC [3] describen los estudios de la CEPT relativos a los requisitos técnicos y operacionales para el funcionamiento de los dispositivos de espacios en blanco (WSD) en la banda de frecuencias 470-790 MHz.

El ETSI ha publicado la norma EN 301 598 V1.1.1 (2014-04) sobre sistemas de acceso inalámbrico que funcionan en las bandas de 470 MHz a 790 MHz.

El ECC de la CEPT ha publicado en 2015 el Informe 236 del ECC sobre las directrices para la implementación a nivel nacional de un marco de reglamentación para los dispositivos de televisión de espacios en blanco que utilizan bases de datos de geolocalización.

El ECC no ha adoptado, ni tampoco ha planificado adoptar, medidas de armonización relativas a la posible utilización de la banda 470-790 MHz por los dispositivos de espacios en blanco.

A continuación se presentan los servicios y sistemas de radiocomunicaciones existentes considerados en los estudios técnicos, junto con un resumen de estos estudios.

#### Servicios y sistemas de radiocomunicaciones existentes

En los Informes indicados anteriormente se analizan las medidas de protección de los siguientes servicios y sistemas de radiocomunicaciones existentes:

- El servicio de radiodifusión terrenal (SR) que incluye, en particular, el DVB-T.
- Los sistemas de producción de programas y eventos especiales (PMSE) incluidos los micrófonos radioeléctricos.
- El servicio de radioastronomía (SRA) en la banda 608-614 MHz.
- El servicio de radionavegación aeronáutica (SRNS) en la banda 645-790 MHz.
- El servicio móvil por debajo de 470 MHz y por encima de 790 MHz.

#### Resumen de los Informes del ECC indicados anteriormente

El Informe 159 del ECC [1], como punto de partida de las investigaciones sobre CRS, llevó a cabo estudios de compatibilidad de los WSD con algunos de los servicios y sistemas de radiocomunicaciones existentes indicados anteriormente. Los estudios se centraron en dispositivos WSD con capacidad de detección independientes. Las conclusiones de este Informe incluyen una lista de áreas donde es necesario realizar más trabajo, como se resume a continuación:

- Áreas relativas a las características de los dispositivos WSD.
- Consideraciones técnicas sobre la protección del servicio de radiodifusión.
- Consideraciones técnicas sobre la protección de los sistemas de producción de programas y eventos especiales (PMSE)
- Especificación e implementación de los requisitos para el enfoque con base de datos de geolocalización.

Posteriormente, el Informe 185 del ECC [2], que complementa el análisis del Informe 159 del ECC [1], tiene el siguiente contenido:

- a) Clasificación de los dispositivos de espacios en blanco (WSD) y posibles enfoques para la definición de los valores de potencia máximos autorizados para los WSD.

- b) Consideraciones sobre la detección espectral colaborativa para superar unas malas condiciones de canal en ubicaciones específicas.
- c) Protección de la radiodifusión: Análisis complementario de la sensibilidad de los parámetros básicos (probabilidad de emplazamiento, evaluación de la cobertura) y de la calidad de funcionamiento de los receptores de TDT en presencia de WSD.
- d) Protección de los sistemas de producción de programas y eventos especiales (PMSE).
- e) Protección del servicio de radionavegación aeronáutica (SRNS).
- f) Repercusiones de la interferencia de los WSD sobre el servicio móvil en las bandas adyacentes a 470-790 MHz.
- g) Algunos ejemplos de estudios nacionales sobre espectro potencialmente disponible para los WSD.

Para completar el Informe 185 del ECC [2], se elaboró el Informe 186 del ECC [3] para analizar los requisitos técnicos y operacionales del funcionamiento de los dispositivos de espacios en blanco (WSD) con base de datos de geolocalización, es decir:

- a) Consideraciones sobre la precisión de la ubicación de los WSD.
- b) Principios generales y requisitos operacionales de los WSD que funcionan con un esquema maestro/esclavo.
- c) Gestión de la base de datos.
- d) Ejemplos del proceso de traducción en la base de datos de geolocalización para la protección de los servicios y sistemas de radiocomunicaciones.
- e) Consideraciones sobre la combinación de detección y geolocalización.

Debe tenerse en cuenta que estos Informes son principalmente unas directrices para las administraciones de la CEPT que puedan estar planificando a nivel nacional la introducción de sistemas de radiocomunicaciones cognitivos en el rango de frecuencias 470-790 MHz.

También debe considerarse que se está realizando una armonización de los requisitos de las bases de datos de geolocalización y sus interfaces en el marco del ETSI.

## Anexo 5

### **Estudios realizados por la Federación de Rusia sobre espectro temporalmente no utilizado/no ocupado en las bandas atribuidas al servicio de radiodifusión**

En este Anexo se describe una metodología para el cálculo del espectro temporalmente no utilizado/no ocupado así como el análisis de uno de los casos de implementación de los sistemas cognitivos de radiocomunicaciones. Se basa en los estudios realizados por la Federación de Rusia.

El servicio de radiodifusión utiliza ampliamente la banda de frecuencias 470-790 MHz y es el principal recurso para la implementación y el desarrollo de la radiodifusión digital terrenal en la Federación de Rusia.

Se ha realizado una evaluación del espectro de frecuencias disponibles como espacio en blanco en las bandas de la radiodifusión de televisión digital terrenal, para la región de Arkhangelsk en la Federación de Rusia. Esta evaluación no ha tenido en cuenta la utilización de este espectro por los sistemas del servicio de radionavegación aeronáutica (SRNS) (645-790 MHz), los servicios auxiliares

al servicio de radiodifusión (SAB/SAP) y, en algunos casos, por las estaciones de radiodifusión de televisión analógica.

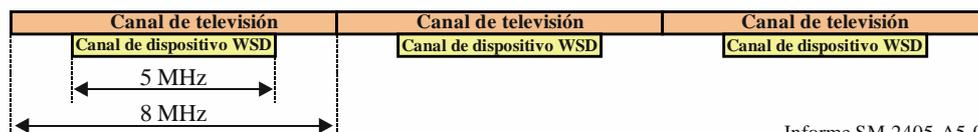
### Metodología para el cálculo del espectro temporalmente no utilizado/no ocupado

Se han utilizado las siguientes hipótesis en la metodología utilizada para el cálculo del espectro disponible para los dispositivos de espacios en blanco (WDS).

- Se ha considerado una utilización simultánea de la banda 470-694 MHz por el servicio de radiodifusión y los dispositivos de espacios en blanco;
- Se ha elegido una degradación de 1% de la probabilidad de emplazamiento de la televisión digital como criterio de disponibilidad;
- Se ha asumido que los WSD se montan a 30 m por encima del nivel del suelo;
- Se han utilizado las relaciones de protección del caso más desfavorable de la Recomendación UIT -R BR.1368 para la interferencia del LTE (protección de 90% de los sintonizadores de silicio y opción de cabida útil de 0% para los WSD);
- Modelo de propagación: espacio libre y desviación típica de 3,5 dB para distancias de hasta 80 m, la Recomendación UIT-R P.1546 y una desviación típica de 5,5 dB para distancias mayores;
- No se ha tenido en cuenta la suma de las señales interferentes;
- Se ha considerado en cada punto la discriminación por directividad de la antena de recepción;
- Se ha considerado un ancho de banda de 5 MHz para los canales de los dispositivos WSD atribuidos de manera que las frecuencias centrales de los canales de WSD coincidan con las frecuencias centrales de los canales de televisión (véase la Fig. A5-1).

FIGURA A5-1

#### Disposición de canales de televisión y de dispositivos de espacios en blanco



Informe SM.2405-A5-01

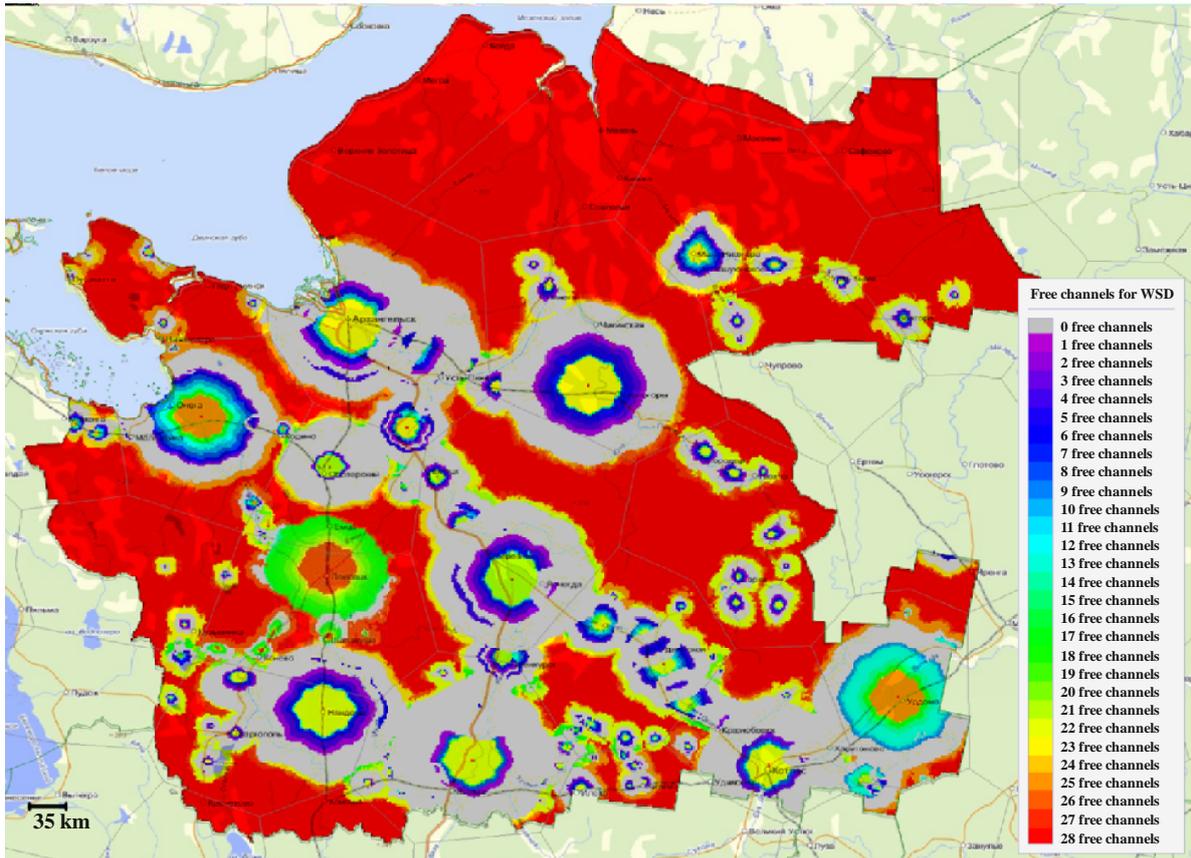
### Estimación del espectro disponible

En la Fig. A5-2 se muestra el mapa con la cantidad de espectro disponible en la región para una p.i.r.e. de 20 dBm. La región se caracteriza por un relieve uniforme y una baja densidad de estaciones de televisión y de núcleos de población, especialmente en la parte norte.

En la Fig. A5-3 se muestra, en función del número de canales libres para dispositivos cognitivos, el porcentaje de superficie de la región donde están disponibles. En la Fig. A5-4 se muestra, en función del número de canales libres para dispositivos cognitivos, el porcentaje de población de la región para el cual están disponibles.

FIGURA A5-2

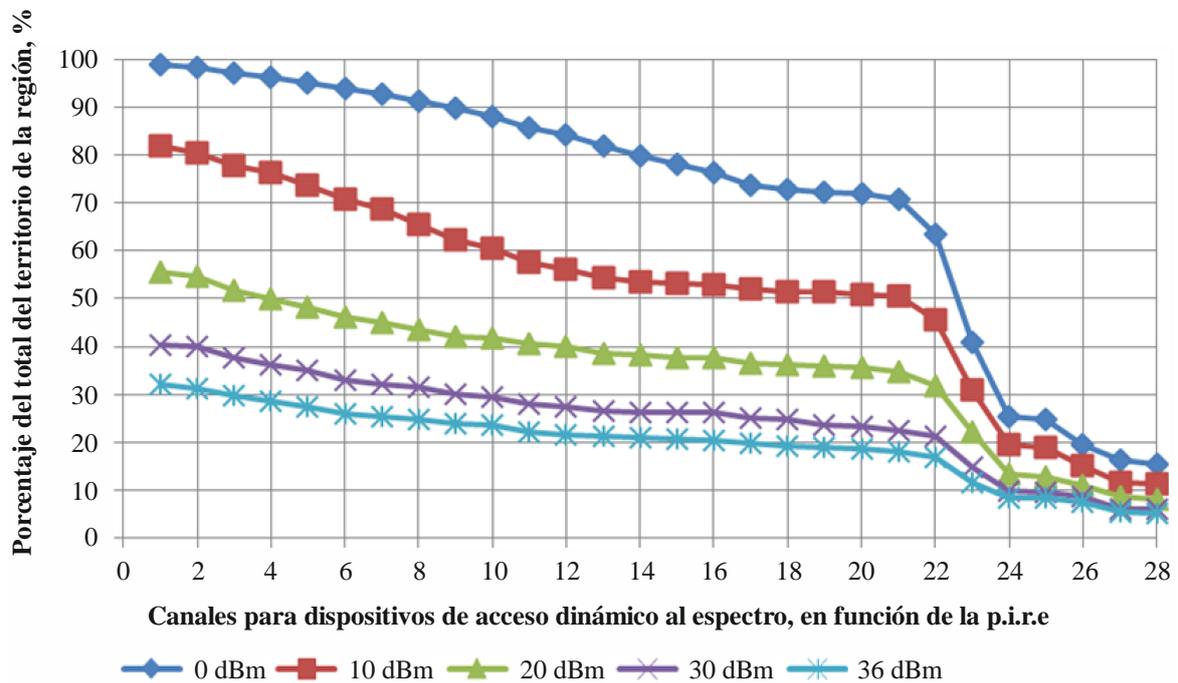
Ejemplo de mapa de disponibilidad de espectro de frecuencias para WSD con una potencia de 20 dBm (100 mW), en la región de Arkhangelsk



Informe SM.2405-A5-02

FIGURA A5-3

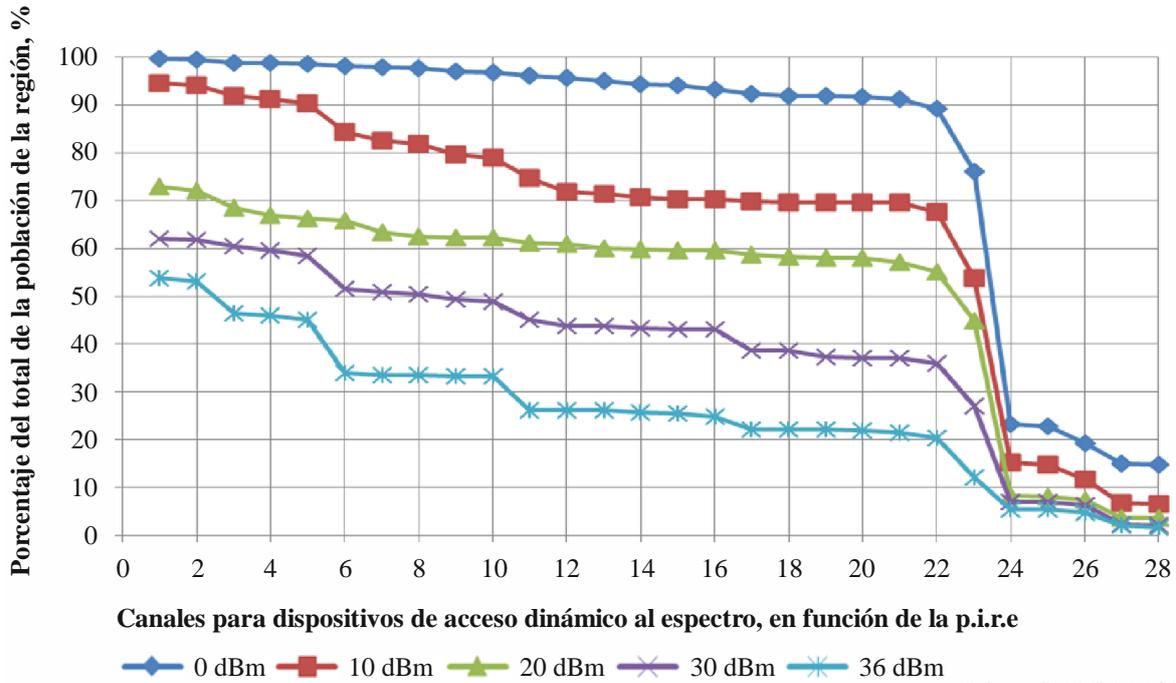
Resultado del análisis de los canales de atribución dinámica de espectro disponibles para dispositivos WSD, en relación con el % de puntos en que están disponibles



Informe SM.2405-A5-03

FIGURA A5-4

Resultado del análisis de los canales de atribución dinámica de espectro disponibles para dispositivos WSD, en relación con el % de la población de la región para el cual están disponibles



La estimación del espectro disponible para la implementación de los dispositivos WSD se realizó en una región de la Federación de Rusia. Los resultados de los cálculos muestran que con dispositivos WSD de baja potencia (p.i.r.e. de 0 dBm) se dispone de 20 canales para un 90% de la población de la región, pero con dispositivos WSD de alta potencia (p.i.r.e. de 36 dBm) se dispone de 20 canales solo para un 20% de la población de la región. Y estos núcleos (que representan el 20% de la población) están situados cerca de las estaciones de televisión.

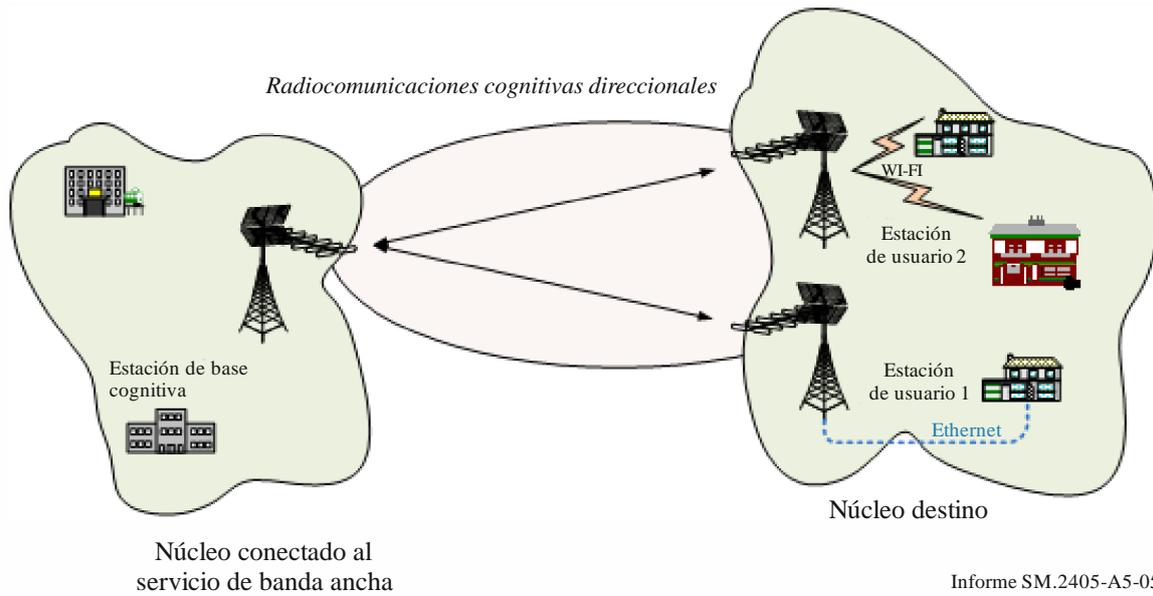
Es necesario indicar que los cálculos presentados no han considerado la interferencia combinada de múltiples dispositivos WSD que puede reducir el número de canales disponibles para los WSD.

### Escenarios de aplicación para radioenlaces de comunicaciones punto a punto

Existen muchos núcleos pequeños en la Federación de Rusia donde no se dispone de acceso de banda ancha. En este caso, un escenario típico de implementación para los sistemas de radiocomunicaciones cognitivas es el despliegue de la cabecera en un núcleo con acceso fijo de Internet de banda ancha y el despliegue de estaciones de usuario en los núcleos lejanos. En este caso, tanto la cabecera como las estaciones lejanas pueden utilizar antenas direccionales (véase la Fig. A5-5).

FIGURA A5-5

Enlaces punto a multipunto entre núcleos con antenas direccionales en la banda de frecuencias 470-686 MHz

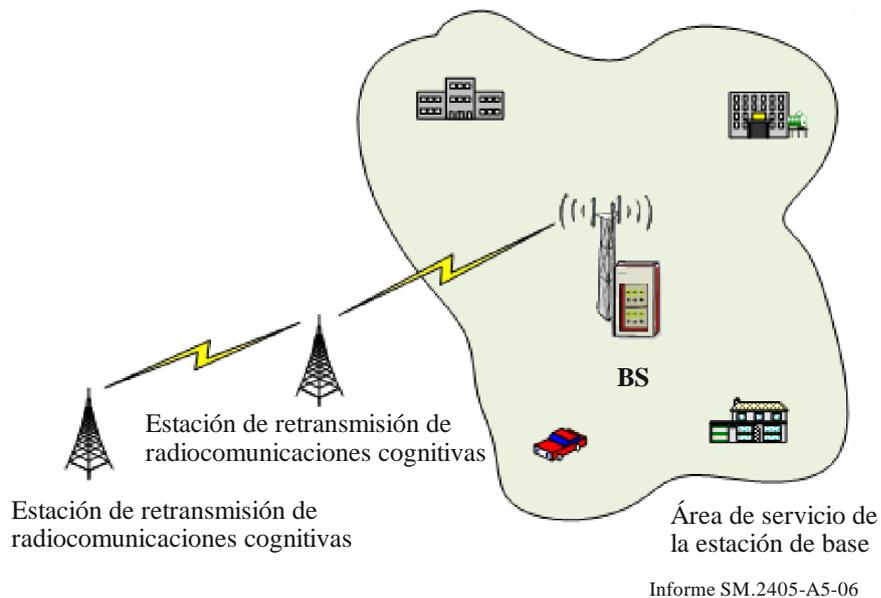


Dentro del núcleo, pueden desplegarse pequeñas estaciones de base LTE (microcélulas) o puntos de acceso Wi-Fi en las estaciones de usuario del sistema de radiocomunicaciones cognitivo. Una topología de este tipo permite que la población se conecte a las redes públicas a través de interfaces radioeléctricas normalizadas de dispositivos de abonado comerciales, utilizando el espectro no ocupado en la banda 470-790 MHz para las comunicaciones.

La Fig. A5-6 muestra un radioenlace con varios tramos basado en un sistema de radiocomunicaciones cognitivo.

FIGURA A5-6

Radioenlace entre núcleos de población basado en tecnología cognitiva



Una ventaja de esta opción es que no es necesario un operador de telecomunicaciones específico. De manera similar a los sistemas de radiocomunicaciones sin licencia, tanto los usuarios mismos como una compañía autorizada responsable de la instalación y operación de sistemas CRS de acuerdo con las reglas de instalación y operación de sistemas CRS en la Federación de Rusia.

Para asegurar una operación sin interferencia de los sistemas primarios protegidos en la banda de radiodifusión, deben utilizarse antenas muy directivas y valores permitidos de potencia radiada. El Cuadro A5-1 ofrece ejemplos de las distancias calculadas para radioenlaces punto a punto y punto a multipunto que utilizan transmisores de baja potencia y de alta potencia y antenas direccionales Yagi, similares a las que se utilizan para la recepción de la radiodifusión de televisión en la banda de frecuencias 470-790 MHz.

CUADRO A5-1

**Ejemplo de cálculo de la distancia entre núcleos de población, para acceso a la banda ancha/radioenlaces en el rango de frecuencias 600 MHz, utilizando antenas fijas como las utilizadas en la radiodifusión de televisión**

El cálculo se realizó para parámetros de modulación similares a los utilizados en DVB-T2

Parámetro	Baja potencia largo alcance	Baja potencia medio alcance	Baja potencia corto alcance	Alta potencia largo alcance	Alta potencia medio alcance	Alta potencia corto alcance
Potencia del transmisor (W)	1	1	1	25	25	25
Ganancia de la antena (dBd)	12	12	10	12	12	10
Altura de la antena (m)	10	10	10	10	10	10
Pérdidas en el alimentador (dB)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Potencia radiada aparente (p.r.a.) (dBW)	9,5	9,5	7,5	23,5	23,5	21,5
Modulación	MDP-4	MAC-64	MAC-256	MDP-4	MAC-64	MAC-256
Velocidad de codificación	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$
Capacidad (Mbit/s)	11	22	44,3	11	22	44,3
Intensidad de campo mínima para el 70% de los emplazamientos (dB( $\mu$ V/m))	35,6	42,0	51,8	35,6	42,0	51,8
Distancia máxima para terrenos moderadamente accidentados, Rec.UIT-R P.1546-4	6,8	5,0	2,8	13,6	9,9	5,7
Máxima distancia para un trayecto con visibilidad directa, Rec. UIT-R P.1812-2	9,1	6,6	5,2	33	20,1	14,7

Es necesario asegurar una reducción de la interferencia a la radiodifusión de televisión en la banda de frecuencias 470-790 MHz durante la instalación y sintonización del CRS, que puede realizarse de la siguiente manera:

- Optimización de la ubicación y puntería de las antenas del CRS;
- Reducción de la potencia radiada del CRS;
- Prohibición forzada de la utilización de ciertos canales radioeléctricos para los CRS instalados independientemente de la autorización de la CR ACS (selectividad de canales adyacentes de las radiocomunicaciones cognitivas, base de datos de geolocalización);
- Inserción de filtros selectivos de frecuencias adicionales en las salidas del transmisor de radiocomunicaciones cognitivas.

Con la utilización de estas medidas de mitigación en los emplazamientos, puede conseguirse el mayor efecto en los casos más difíciles, como en las zonas más alejadas de un área de servicio de televisión o en zonas de penumbra donde los niveles de recepción de la señal de radiodifusión de televisión es relativamente baja. Solo estos métodos de instalación pueden proporcionar las mejores condiciones para asegurar la compatibilidad electromagnética con la radiodifusión de televisión.

Para confirmar la viabilidad en el territorio del Distrito de Moscú, se realizaron pruebas en el terreno. Para la protección de la radiodifusión de televisión, se tomó como base la inmunidad al ruido del sistema de modulación digital correspondiente a una modulación CAM-64 COFDM en los 8 MHz de ancho de banda del canal. El Cuadro A5-2 muestra la intensidad de campo mínima para TVCH 40.

TABLE A5-2

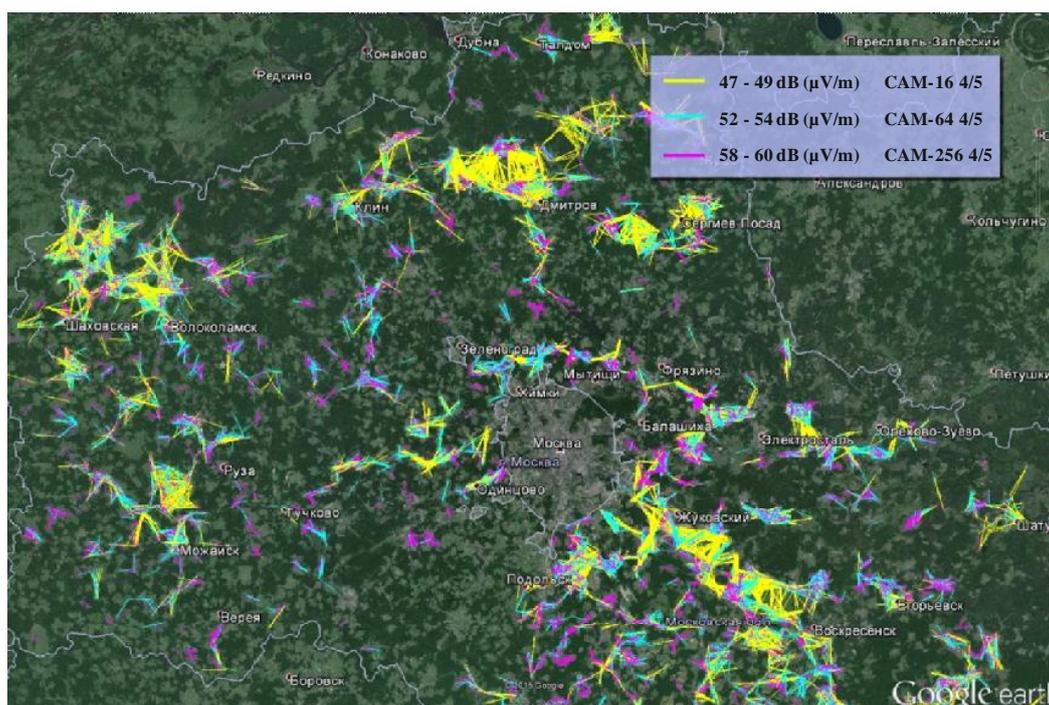
**Intensidad de campo mediana mínima de DVB-T2 para el TVCH 40**

	E <sub>min</sub> , dB(μV/m)		
	50%	70%	95%
Porcentaje de emplazamientos	50%	70%	95%
MPD-4 (con relación de código 4/5)	32,3	35,2	41,4
MAC-16 (con relación de código 4/5)	38,4	41,3	47,5
MAC-64 (con relación de código 4/5)	44,0	46,9	53,0
MAC-256 (con relación de código 4/5)	49,4	52,3	58,4

Las Figs. A5-7 y A5-8 muestran posibles trayectos (con diferentes colores) para las mediciones. La modelización se realiza de acuerdo con el método de predicción para trayectos punto a punto de la Recomendación UIT-R P.1812. También se realizaron cálculos utilizando la metodología descrita en la Recomendación UIT-R P.1546. La simulación se realizó teniendo en cuenta los obstáculos naturales en el trayecto y la presencia de los bosques.

FIGURA A5-7

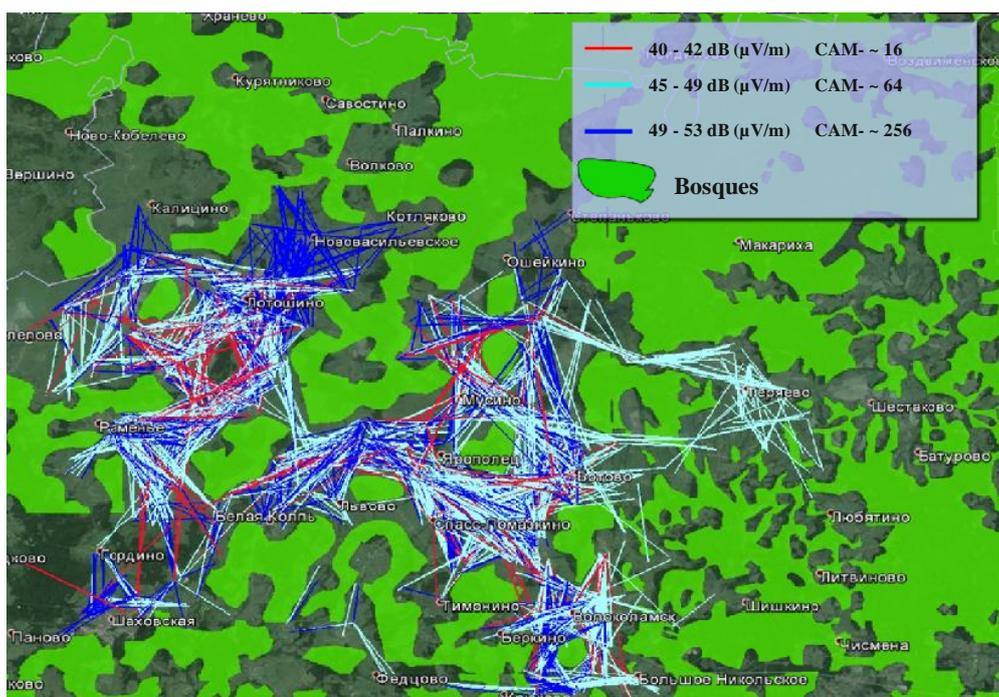
Posibles trayectos para comunicaciones entre núcleos en el Distrito de Moscú



Informe SM.2405-A5-07

FIGURA A5-8

Posibles trayectos para pruebas en el terreno en el Distrito de Moscú



Informe SM.2405-A5-08

Las pruebas en el terreno se realizaron y mostraron suficiente nivel de señal en la mayoría de los emplazamientos calculados con una altura baja (10 m) de las antenas de transmisión/recepción. De acuerdo con las mediciones, la velocidad de transmisión de datos máxima alcanzable es 48,27 Mbit/s (correspondiente a CAM-256 4/5) para un ancho de banda del canal de 8 MHz. La distancia entre

estos núcleos es de 8,6 km a lo largo del trayecto semicerrado. La velocidad de transmisión de datos mínima es de 18,07 Mbit/s (correspondiente a CAM-16 3/5), en radioenlaces de comunicación entre núcleos para una distancia entre núcleos de 11,1 km, a lo largo del trayecto semicerrado.

Las mediciones muestran que una de las condiciones principales para asegurar la recepción es el porcentaje sin visibilidad directa debido a obstáculos en el trayecto de propagación. Todos los trayectos con un porcentaje de zona con visibilidad (LoS) superior al 50%, esencial para la propagación, proporcionaron una recepción segura de la señal. Otros trayectos con más porcentaje sin visibilidad (NLoS) entre los emplazamientos de transmisión y recepción, no permitieron recepción en su mayoría. Por lo tanto, estas características de los sistemas de radiocomunicaciones cognitivos, como son el alcance y la velocidad de transmisión de datos que se pueden conseguir, pueden variar en función del tipo de ocupación del suelo.

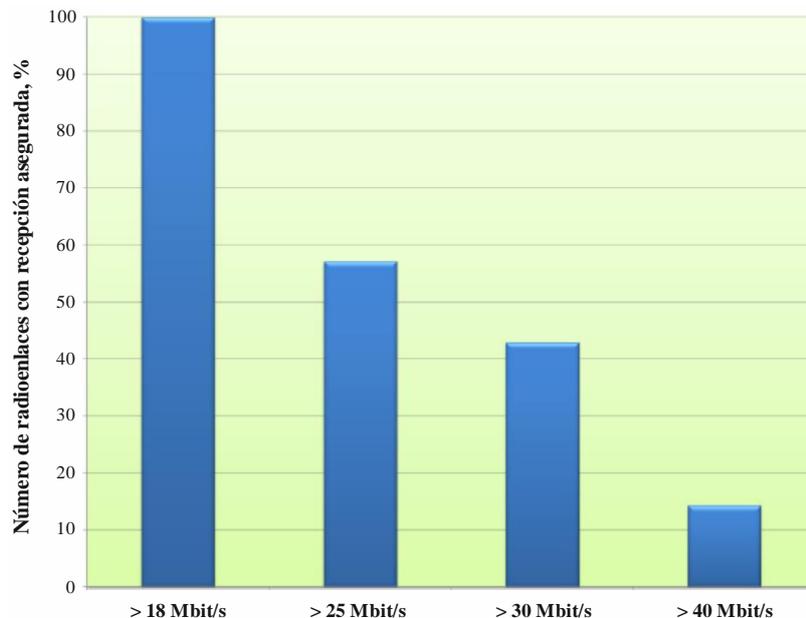
La Fig. A5-9 muestra el diagrama que refleja la distribución de las velocidades de transmisión de datos máximas alcanzables dentro de un ancho de banda de canal de 8 MHz. Las columnas del diagrama representan cuatro rangos de velocidades de transferencia de datos:

- 1) más de 18 Mbit/s
- 2) más de 25 Mbit/s
- 3) más de 30 Mbit/s
- 4) más de 40 Mbit/s.

En el diagrama se muestra el análisis de todos los posibles trayectos entre los núcleos del ejemplo del Distrito de Moscú teniendo en cuenta el perfil del trayecto (tipo de ocupación del suelo).

FIGURA A5-9

Número de radioenlaces en función de las velocidades de transmisión de datos máximas alcanzables



Informe SM.2405-A5-09

El porcentaje de radioenlaces con velocidad de datos asegurada de más de 40 Mbit/s es cercano al 14%, mientras que las velocidades de datos de 25-30 Mbit/s de media están disponibles para el 50% de los radioenlaces. La velocidad de datos media se consigue para distancias entre 8 y 12 km.

En el Cuadro A5-3 se muestran posibles parámetros técnicos de las estaciones terminales WSD.

## CUADRO A5-3

**Parámetros técnicos de los dispositivos de espacios en blanco (WSD)**

Parámetro	Valor mínimo	Valor máximo
Potencia del transmisor (W)	0.1	25
Ganancia de la antena (dBd)	5	14
Altura de la antena (m)	10	30
Pérdidas del alimentador (dB)	1	5
potencia radiada aparente (p.r.a.) (dBW)	8-	27

Por lo tanto, sobre la base de los estudios realizados por la Federación de Rusia, puede concluirse lo siguiente:

- 1) La banda de frecuencias de la radiodifusión de televisión tiene recursos de frecuencias no ocupados cuya cantidad depende principalmente de la zona y de las características de los sistemas de radiocomunicaciones cognitivos.
- 2) Los sistemas punto a punto con acceso dinámico a los recursos mediante la base de datos de geolocalización pueden utilizar el espectro no ocupado en la banda de radiodifusión, con unas velocidades de datos alcanzables de hasta 40 Mbit/s sobre unas distancias de hasta 10-12 km para trayectos con visibilidad directa entre núcleos en condiciones medias, y hasta 18 km para trayectos con visibilidad directa, sin causar interferencia a la recepción de radiodifusión de televisión. Sin embargo, deben adoptarse medidas especiales para excluir los casos de interferencia no deseada a la recepción de radiodifusión de televisión realizando, en particular, una planificación de red previa.

**Anexo 6****Investigaciones sobre el acceso dinámico al espectro de las radiocomunicaciones cognitivas en China**

Debido a que la técnica del acceso dinámico al espectro de las radiocomunicaciones cognitivas es una solución viable ante la falta de recursos de espectro y la utilización ineficaz del espectro, las labores de investigación sobre la gestión del espectro para la técnica DSA están avanzando en China, y se están desplegando redes de prueba de sistemas DSA en la banda 223-235 MHz con el fin de seguir desarrollando las tecnologías del sistema DSA y la gestión del espectro.

**Atribución de espectro en la banda 223-235 MHz**

En China, los recursos de espectro en la banda 223-235 MHz fueron atribuidos a industrias como la energética y la minera para la transmisión de datos. Distintos recursos de espectro fueron atribuidos de manera estática a industrias en todo el país. En las aplicaciones de la industria se utilizan transmisores-receptores de datos principalmente para la transmisión de datos, y el despliegue de dichos transmisores-receptores de datos para las aplicaciones de la industria debe ser aprobado y registrado por el organismo regulador del espectro.

**Utilización ineficaz del espectro en la banda 223-235 MHz debido a la atribución estática de espectro**

La atribución estática de espectro provoca la utilización ineficaz del espectro en la banda 223-235 MHz.

- (1) Debido a las características de las aplicaciones de la industria, solamente es necesario transmitir los datos de la aplicación periódicamente. Muy a menudo, los recursos de espectro atribuidos a algunas industrias se encuentran en estado temporalmente no utilizado. Como consecuencia de la atribución estática de espectro, otras industrias no pueden aprovechar esos recursos de espectro no utilizados.
- (2) Como consecuencia de la actual atribución estática de espectro, en cualquier zona geográfica, los recursos de espectro atribuidos a una industria no pueden ser utilizados por otras industrias. Sin embargo, algunas industrias pueden no existir en ciertas regiones, de modo que no se transmiten datos en absoluto en el espectro atribuido a dichas aplicaciones de la industria. Pero otras industrias no pueden utilizar ese espectro no ocupado, debido a la atribución estática de espectro.

En el Cuadro A6-1 se muestra la utilización del espectro en la banda 223-235 MHz atribuido a distintas industrias en diferentes provincias. Las celdas coloreadas significan que el espectro atribuido a la industria se utiliza en la provincia o en la ciudad de que se trate, mientras que las celdas en blanco corresponden al espectro no utilizado. En el Cuadro A6-1, se puede observar que los recursos de espectro atribuidos a algunas industrias no se utilizan en algunas regiones.

CUADRO A6-1

**Utilización del espectro en la banda 223-235 MHz atribuido a algunas industrias en distintas provincias**

Provincias \ Industrias	Industria1	Industria2	Industria3	Industria4	Industria5	Industria6	Industria7
Jiangsu							
Shanghai							
Fujian							
Tianjin							
Xinjiang							
Zhejiang							
Anhui							
Henan							
Guangdong							
Jiangxi							
Shaanxi							
Ningxia							
Hebei							
Weimenggu							
Beijing							
Yunnan							
Sichuan							
Hainan							
Gansu							
Guizhou							
Hunan							
Chongqing							
Guangxi							
Hubei							
Shanxi							

	
Industria1 Industria2 Industria3	Industria6 Industria7 No utilizado

**Aumento de las necesidades de espectro para el desarrollo de la industria**

Con el desarrollo de la industria, por ejemplo Smart Grid (redes inteligentes) e Intelligent Oil Fields (campos petrolíferos inteligentes), las características de las aplicaciones de la industria han cambiado,

y se necesitan más recursos de espectro para la transmisión de datos. Pero en la banda 223-235 MHz, los recursos de espectro son insuficientes para atender al aumento de las necesidades de espectro de las aplicaciones de la industria.

### **Aplicación del DSA por las CR en la banda 223-235 MHz**

En la banda 223-235 MHz, está cobrando cada vez más importancia encontrar la manera de mejorar la utilización eficaz del espectro. Se está estudiando la aplicación del sistema DSA en la banda 223-235 MHz, y gracias a la técnica de radiocomunicaciones cognitivas, el espectro temporalmente no utilizado/no ocupado puede ser detectado y utilizado por las industrias. Así pues, se mejora la utilización eficaz del espectro en la banda 223-235 MHz y también se puede atender a las necesidades de espectro de las industrias.

### **Retos de la gestión del espectro**

Con la aplicación del acceso dinámico al espectro de las radiocomunicaciones cognitivas en la banda 223-235 MHz, surgen nuevos desafíos respecto de la gestión del espectro, a saber:

(1) **Garantizar la transmisión fiable y en tiempo real de información cognitiva**

El sistema DSA debería ser capaz de determinar cuál es el espectro temporalmente no utilizado/no ocupado correctamente con la transmisión fiable y en tiempo real de información cognitiva. En lo que respecta a los sistemas de radiocomunicaciones, la información de control, como por ejemplo sobre el establecimiento del canal de comunicación, debe transmitirse correctamente.

En el sistema DSA, cuando los datos se transmiten a través de espectro compartido, debe considerarse la manera de garantizar la transmisión fiable y en tiempo real de la información cognitiva o la información de control.

(2) **Garantizar la calidad de servicio**

Los datos de los distintos servicios tienen diferentes requisitos de calidad de servicio (QoS), por ejemplo, algunos datos de servicio importantes requieren una latencia estricta. Con la aplicación del sistema DSA, debe considerarse la manera de garantizar la QoS de los datos de servicio importantes.

En el sistema no DSA establecido, la información de control y los datos de servicio se transmiten a través de los recursos de espectro atribuidos de manera estática. Sin embargo, con la introducción del sistema DSA, los recursos atribuidos a los sistemas establecidos pueden ser detectados y utilizados de manera dinámica por un sistema DSA, y el sistema establecido puede sufrir interferencia. Por consiguiente, la transmisión de la información de control y los datos de servicio del sistema establecido deberá ser interrumpida, y no se puede garantizar su QoS.

Debido a que existe más de un sistema en la banda de frecuencias en funcionamiento, un sistema DSA puede funcionar en la frecuencia adyacente a otros sistemas DSA o no DSA. Por lo tanto, la compatibilidad entre sistemas que funcionan en la misma banda de frecuencias debería hacerse efectiva y, así, evitar toda interferencia y garantizar la QoS de los distintos sistemas.

(3) **Garantizar la compartición equitativa del espectro entre sistemas**

Habida cuenta de que múltiples sistemas DSA pueden funcionar simultáneamente, el plan debería estar diseñado para garantizar la compartición equitativa de los recursos de espectro entre los sistemas en términos de tiempo de utilización de los recursos y de cantidad de recursos.

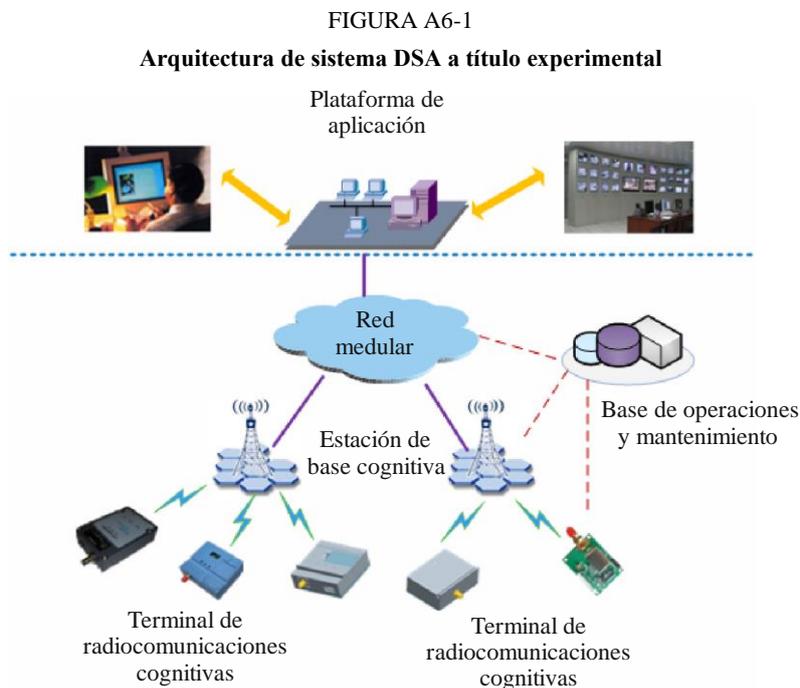
### Trabajos de investigación en curso en materia de gestión del espectro

En la actualidad, los trabajos de investigación sobre la gestión del espectro y las técnicas de ingeniería del espectro se han llevado a cabo para solucionar los problemas antes mencionados, y se centraron principalmente en los siguientes ámbitos:

- Planificación del espectro para la aplicación de sistemas DSA  
A fin de garantizar la transmisión fiable y en tiempo real de la información cognitiva o la información de control de sistemas, se les debería atribuir los recursos de espectro adecuados y deberían diseñarse los criterios de protección adecuados para esos recursos.
- Establecer reglas para los recursos utilizados por los sistemas DSA  
A fin de garantizar los requisitos de calidad de servicio (QoS) de los datos de servicio y los recursos que deben compartirse de manera equitativa entre los sistemas DSA, deberían elaborarse reglas para la compartición de recursos, por ejemplo, estableciendo el tiempo de utilización máximo permitido y la cantidad de recursos de espectro compartidos para cada sistema DSA en un momento dado.
- Normalización de las características operacionales y técnicas de los DSAD  
Algunas características operacionales y técnicas de los DSAD deberían estar normalizadas para hacer efectiva la compatibilidad entre sistemas en la banda en funcionamiento, como los requisitos RF, la probabilidad de detección y el tiempo de guarda.

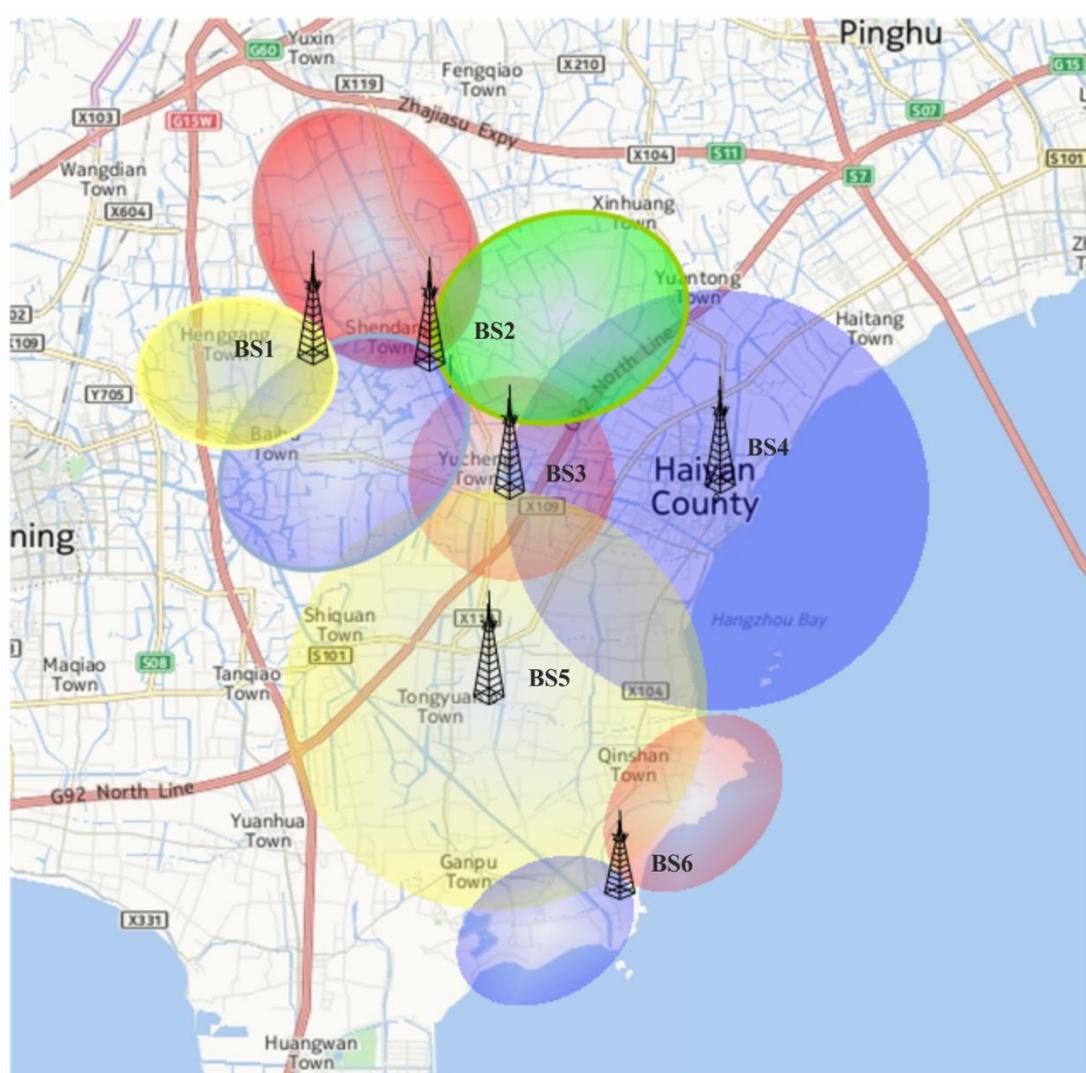
### Ensayos sobre el DSA en la industria eléctrica

El sistema DSA por radiocomunicaciones cognitivas a título experimental se ha desarrollado en la banda 223-235 MHz, y su arquitectura se indica en la Fig. A6-1. El sistema está compuesto de una red de acceso inalámbrica, una red medular, una base de operaciones y mantenimiento, y una plataforma de aplicación. La red de acceso inalámbrica incluye estaciones de base cognitivas y terminales de radiocomunicaciones cognitivas, que se utilizan para la detección de recursos de espectro temporalmente no utilizados. La plataforma de aplicación se encarga de realizar estadísticas y análisis de datos de aplicación.



Como consecuencia de la construcción y el desarrollo de Smart Grid en China, las aplicaciones necesitan más recursos de espectro, por ejemplo para la automatización de la distribución de la energía eléctrica y la recopilación de información sobre consumo eléctrico. Pero los recursos de espectro atribuidos a la industria eléctrica en la banda 223-235 MHz no son suficientes. Así pues, en la provincia china de Zhejiang, se desplegó el sistema DSA por radiocomunicaciones cognitivas a título experimental para la industria eléctrica, de modo que la técnica de radiocomunicaciones cognitivas permita detectar el espectro no utilizado y pueda atenderse a la necesidad de espectro de la aplicación de Smart Grid. En la Fig. A6-2 se muestra el despliegue de la red de prueba en Haiyan, un condado de la provincia de Zhejiang.

FIGURA A6-2  
Despliegue de la red de prueba en Haiyan



Report SM.2405-A6-02

La calidad de funcionamiento del sistema DSA puede verificarse en la red de prueba. Según los resultados de la prueba, los recursos de espectro temporalmente no utilizados pueden detectarse y utilizarse para la aplicación eléctrica basándose en la técnica de radiocomunicaciones cognitivas. Si se combina con la técnica de multiplexación por división ortogonal de frecuencia y de modulación y codificación adaptativas, la utilización eficaz del espectro en la banda 223-235 MHz mejora considerablemente al pasar de 0,768 bps/Hz a 2,44 bps/Hz. En el futuro, las pruebas se ampliarán aún más para lograr la compartición del espectro entre múltiples sistemas de acceso dinámico al espectro para distintas industrias.

## Anexo 7

### Experiencia de ATDI en el cálculo de TVWS

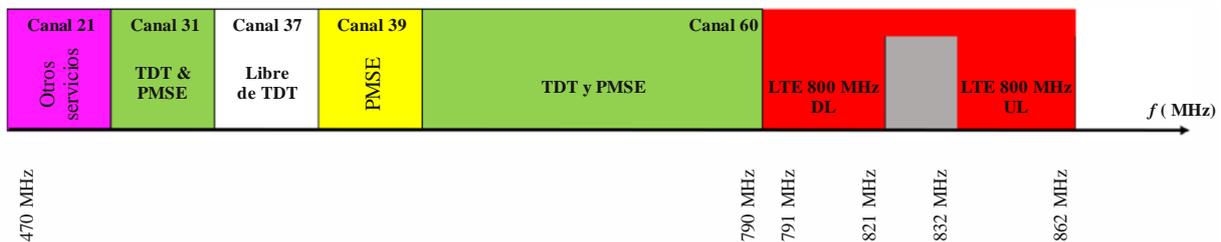
#### 1 Introducción

Los espacios en blanco de televisión (TVWS) son frecuencias vacantes por debajo de 1 GHz que están disponibles para que se utilicen sin necesidad de licencia en algunos países, en lugar donde el espectro no está siendo utilizado por servicios titulares de una licencia, principalmente el servicio de radiodifusión de vídeo. La banda 470–790 MHz se utiliza actualmente en Europa para la televisión digital terrenal (TDT) y la producción de programas y eventos especiales (PMSE).

A continuación se explican métodos para simular la coexistencia del dispositivo de espacios en blanco (WSD) y la TDT. También se presenta la manera de crear, utilizar y compartir una base de datos WSD a partir de cálculos y análisis realizados con la plataforma ATDI.

FIGURA A7-1

Banda de televisión en ondas decimétricas (470-790 MHz) y sus usuarios europeos



Informe SM.2405-A7-01

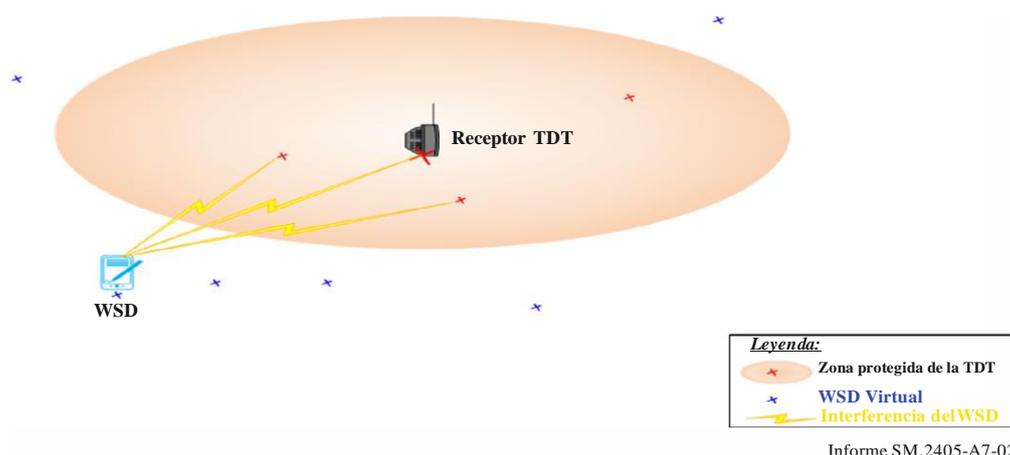
El método que se describe a continuación puede utilizarse para encontrar canales disponibles en cualquier banda de frecuencias empleada por servicios de radiocomunicaciones, a saber: modificando los ajustes de los cálculos, definidos por el usuario o recuperados de cuadros normalizados, se pueden utilizar las mismas características.

#### 2 Método para crear una base de datos WSD nacional

ATDI propone que se lleven a cabo las siguientes tareas para crear la base de datos WSD nacional:

FIGURA A7-2

## Método para crear una base de datos WSD nacional



- Calcular la cobertura de todas las redes de la TDT. Se prefiere un modelo de propagación determinístico para elaborar mapas de TVWS y calcular la interferencia. Este modelo también se utiliza para comprobar la compatibilidad entre la TDT y el WSD.  
La compatibilidad se comprueba en todos los puntos de recepción dentro de la cobertura de la TDT. Si un receptor de TDT resulta interferido por un WSD utilizando su potencia mínima, se rechaza la ubicación del WSD.
- También debe tenerse en cuenta los transmisores de TDT extranjeros. Se debe definir un método para proteger los receptores extranjeros (asignaciones y adjudicaciones) basado en el cálculo de cobertura y/o umbral.
- Definir las propiedades, las zonas, los canales designados, etc. de la PMSE y otros sistemas...
- Definir posibles canales de la TDT reservados (para posibles multiplexaciones futuras).
- Comprobar la cobertura y aplicar filtros en zonas pobladas utilizando una base de datos de población.
- Calcular la disponibilidad de TVWS usando la interferencia causada por el WSD a los receptores de la TDT para definir zonas de exclusión. Los cálculos se realizan para un intervalo de frecuencias de hasta  $n \pm 3$  canales (según ETSI EN 301 598 V1.0.0, Cuadro 3) y dominio fuera de banda para cada clase de WSD, canal de la TDT y distintas alturas de antena de WSD. Se puede aplicar un margen de ruido con el fin de considerar múltiples WSD transmitiendo desde el mismo punto.
- Poner a disposición mapas de espectro gratuitos para consultarlos en línea (en los que se indique el número de canales disponibles en cada punto) con la siguiente información: coordenadas de cada punto, canales disponibles y potencia máxima asociada permitida.
- Tras sumar el número de nuevos WSD, los niveles de interferencia se vuelven a comprobar con la suma de potencia de la interferencia del nuevo WSD agregando la interferencia de la TDT.
- La decisión de autorización del WSD también debe estar claramente definida: restricciones por servicios, prestaciones, prioridades...
- Definir protocolos WSD autorizados (espacios en blanco abiertos) para la puesta en marcha y el control del encaminador distantes (QoS, tráfico).

### 3 Descripción general del método de cálculo de los TVWS

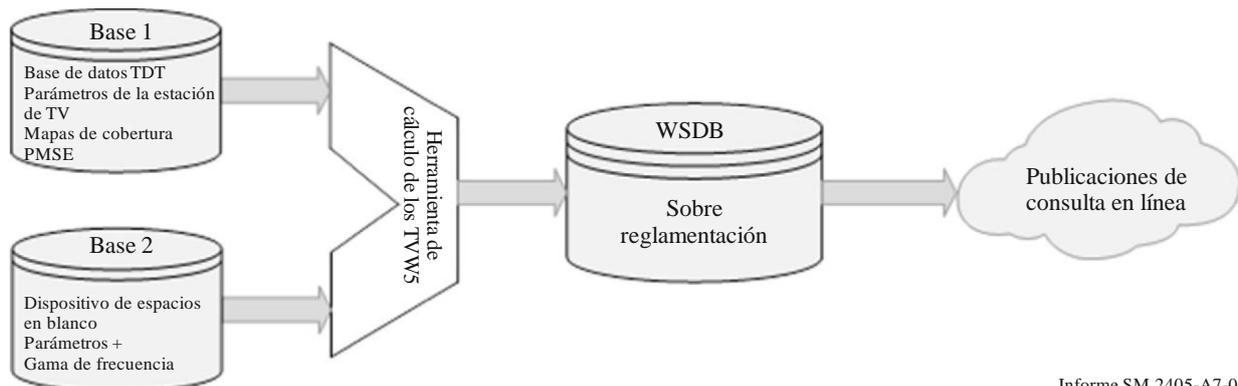
El principal objetivo es designar frecuencias WSD en brechas de cobertura de canales de TV. El método consiste en identificar zonas de disponibilidad en cada canal de TV.

En la Figura *infra* se detalla el método para validar o invalidar la autorización. La plataforma contiene tres unidades fundamentales:

- Una herramienta de cálculo de los TVWS.
- Una base de datos de herramienta de gestión.
- Una herramienta de publicación o sitio web específico.

FIGURA A7-3

Descripción de la plataforma para la gestión del WSD



Informe SM.2405-A7-03

## 4 Implementación del cálculo de los TVWS

### 4.1 Herramienta de cálculo de los TVWS

Una herramienta de planificación de las radiocomunicaciones sirve para calcular, a partir de la base de datos de estaciones existentes de la TDT, el número de canales disponibles en cada punto de una determinada zona. Por lo tanto, se protege esas zonas (asignaciones y adjudicaciones) de toda interferencia sobre la base del cálculo de cobertura y/o umbral.

Una vez realizado este cálculo, los datos necesarios se conservan como copia de seguridad y sirven para actualizar la base de datos del WSD (WSDB) que no requiere licencia, para la siguiente solicitud del WSD.

Los datos de entrada tomados en consideración en este cálculo son los parámetros, la gama de frecuencias y el identificador del WSD.

#### 4.1.1 Datos de entrada

Los datos de entrada son, entre otros, todos los parámetros necesarios para realizar los cálculos y la determinación de los espacios en blanco de televisión, a saber:

- Parámetros de transmisión de la TDT y la PMSE, localización de sitios, cobertura ya computada...
- Una petición de canal(es) WSD con los parámetros de transmisión conocidos (potencia, gama dinámica, banda de frecuencias...).

#### 4.1.1.1 Base de datos de estaciones de la TDT y la PMSE

Esta base de datos contiene información sobre todas las estaciones de la TDT y la PMSE ya atribuidas en una determinada zona y a nivel nacional. Por lo tanto, se conocen las características (potencia radiada, mapas de cobertura, ubicación, frecuencias, relaciones de protección...) de cada uno de los transmisores conocidos.

#### 4.1.1.2 Base de datos del WSD

La base de datos del WSD (WSDB) contiene la siguiente información:

- Coordenadas (longitud, latitud o X, Y) y altura o altitud de la antena del principal WSD.
- Potencia.
- Características de la antena: ganancia y polarización.
- Clase de equipo.
- Banda de frecuencias en la que puede funcionar el WSD.

Esta información se utiliza para configurar la herramienta de cálculo con el fin de realizar la cobertura de los espacios en blanco según el entorno cartográfico y los ecos parásitos, el modelo de propagación y la altura de la antena.

#### 4.1.2 Método de cálculo propuesto

El cálculo, que aprueba el organismo regulador, permite establecer lo siguiente:

- Mapas de disponibilidad de TVWS.
- Zonas que deben protegerse para cada canal de la TDT.
- Asignar canales al WSD.

Estos cálculos se realizan para cada canal de la TDT. También proporciona la máxima potencia permitida para cada canal, dependiendo de la clase de equipo.

### 4.2 Herramienta de gestión de la WSDB

Los resultados obtenidos con la herramienta de cálculo se almacenan en la WSDB, junto con mapas de canales protegidos, canales TVWS disponibles y la potencia máxima atribuida a cada canal. También se registra el WSD ya autorizado.

El organismo regulador debe definir la manera de acceder a esa base de datos y al proceso de atribución de canales disponibles. La gestión de base de datos en línea a través de una herramienta específica o un sitio web creado para tal fin permite compartir los canales disponibles según los criterios definidos por el organismo regulador.

### 4.3 Acceso en línea

Una vez que la WSDB está alimentada, se puede compartir en línea para permitir a los usuarios/operadores de WSD intercambiar información sobre los canales TVWS disponibles en torno a una zona determinada y formular una solicitud formal de uso de un determinado canal WSD una vez que se conocen las siguientes informaciones:

- Admisibilidad, condiciones y prioridad de los canales WSD según el tipo y la clase
- Lista de los canales disponibles y potencia máxima atribuida
- Lista de los canales ya en uso (permanente o temporalmente como, por ejemplo, en el caso de algunos servicios de la PMSE).

También existe la posibilidad de ponerse en contacto con el administrador de la base de datos para validar los canales seleccionados antes de utilizarlos. Esta plataforma web permite a los operadores recoger todas las solicitudes de canales presentadas a través de los formularios de registro en línea del WSD y remitirlas periódicamente al organismo regulador.

## 5 Organismo regulador

En el marco de la gestión del WSD, el organismo regulador define los parámetros que deben tomarse en consideración en la herramienta de cálculo. Se pueden recomendar varias reglas con el fin de mejorar los resultados y la exactitud de los cálculos. Dichos parámetros permiten la compatibilidad entre la TDT y el WSD.

Los parámetros que han de tomarse en consideración son los siguientes:

- Un modelo de propagación de referencia.
- Umbral de cobertura y cálculo de distancia máxima.
- Relaciones de protección para el canal de la TDT.

El organismo regulador gestiona la base de datos (mapas de disponibilidad de TVWS en una zona determinada, véase la Fig. A7-5) directa o indirectamente a través de un «supra-operador». Este administrador WSDB también define las condiciones de atribución de canales TVWS. Para ello, el organismo regulador puede definir un cuadro de atribución de frecuencias también accesible en línea para los usuarios. La gestión de este cuadro puede confiarse al operador.

FIGURA A7-4

Ejemplo de cuadro de atribución de canales

		Relación de protección C/I			
		PR1	PR2	PR3	PR4
Prioridad	N1	<b>C11</b>	C12	C13	C14
	N2	C21	<b>C22</b>	C23	C24
	N3	C31	C32	<b>C33</b>	C34
	N4	C41	C42	C43	<b>C44</b>

Informe SM.2405-A7-04

Un canal TVWS disponible corresponde tanto a un nivel de prioridad (N) como a una relación de protección C/I dada. Por ejemplo, se puede atribuir una frecuencia a un servicio con menor prioridad únicamente si existen más de dos canales disponibles en ese punto. En la Fig. A7-5 se muestra un ejemplo de cálculo de TVWS disponibles en una zona determinada.

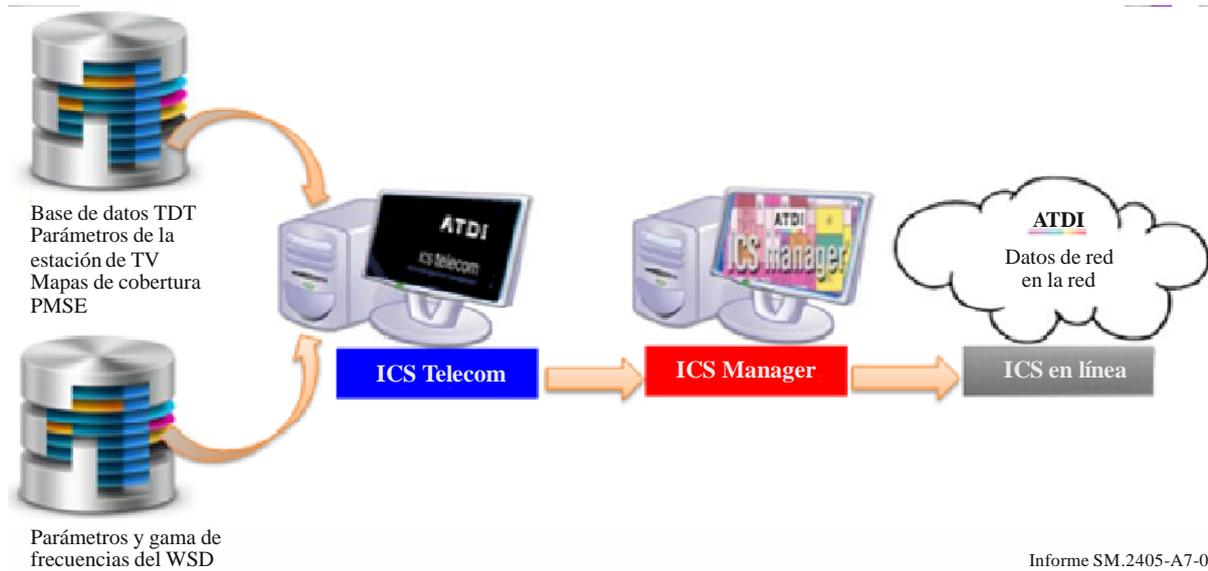
## 6 Plataforma de cálculo TVSW de ATDI

### 6.1 Descripción general

Basándose en el método antes descrito, a continuación se describe la arquitectura de la plataforma de ATDI para gestionar los TVWS.

FIGURA A7-5

## Cálculos de TVWS y gestión gracias a las herramientas ATDI

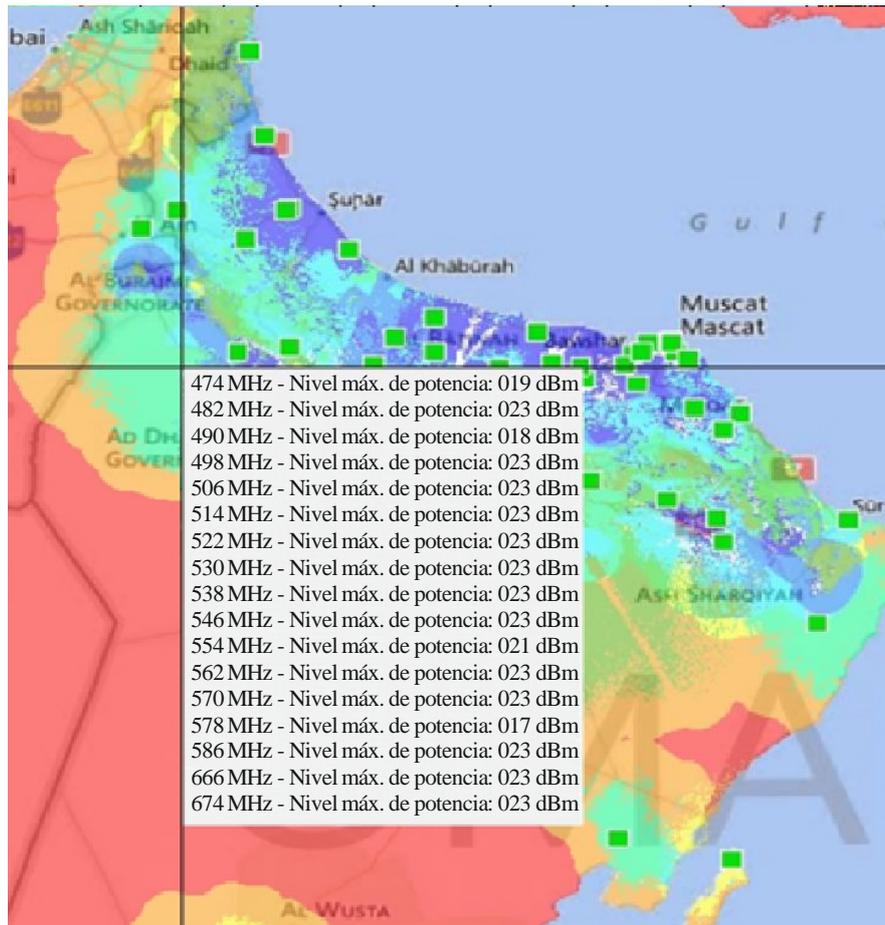


ICS teleco es la herramienta de planificación de las radiocomunicaciones desarrollada por ATDI y que utilizan muchos organismos reguladores y operadores de todo el mundo. Esta plataforma de computación incluye en adelante módulos especiales para calcular los TVWS.

Por ejemplo, en el caso de un mapa de 100 000 km<sup>2</sup> con una resolución de 100 m, el tiempo de computación es de 15 minutos por canal con un PC normal de 2017.

FIGURA A7-6

## Canales disponibles con la potencia máxima correspondiente



Informe SM.2405-A7-06

La base de datos del sistema de gestión ATDI, ICS manager, está destinada a organismos reguladores y gestores del espectro radioeléctrico. Esta herramienta permite atribuir y administrar canales una vez establecidas las normas. ICS manager cuenta con un servicio en línea que permite intercambiar información con los usuarios de los TVWS. Todas estas funciones pueden utilizarse en cualquier tipo de tecnología.

## 6.2 Resumen

El método propuesto por ATDI permite lo siguiente:

- Determinar con precisión los canales de TVWS disponibles, pero no solo eso. El mismo método puede aplicarse a cualquier servicio en cualquier banda para identificar cuáles son los canales disponibles.
- Atribuir canales teniendo en cuenta las normas que rigen las zonas protegidas.
- Analizar la repercusión del despliegue de un nuevo WSD en otros servicios en una zona determinada.

Para obtener más información sobre las herramientas desarrolladas por ATDI para el cálculo y la gestión de los TVWS, visite nuestro sitio web: <http://www.atdi.com/white-space-device-calculation-and-database/>.

## Anexo 8

### Estudios de caso en Botswana

#### 1 Introducción

En muchos países en desarrollo, las clínicas de salud carecen de un acceso adecuado a la banda ancha. Para abordar este reto de la atención sanitaria en Botswana, el Ministerio de la Salud de Botswana y la Autoridad Reguladora de las Comunicaciones de Botswana (BOCRA) se han asociado con el Botswana Innovation Hub (BIH), la Universidad de Botswana, la Agencia Estadounidense para el Desarrollo Internacional (USAID), la Universidad de Pensilvania, Microsoft y Global Broadband Solutions (GBS) y han lanzado un proyecto piloto para prestar un servicio de atención sanitaria en línea a regiones de Botswana sin acceso a la banda ancha y los servicios sanitarios especializados adecuados. La banda ancha se proporciona utilizando un acceso dinámico al espectro (DSA) en las partes de espectro no utilizadas entre los canales de televisión, que se identifican normalmente como espacios en blanco de la televisión (TVWS).

Como este proyecto piloto muestra un ejemplo de acceso al espectro compartido de una manera que contribuye al sector sanitario, esta contribución se presenta para ayudar a informar los trabajos de la Resolución 9 en su tarea de «recopilar estudios de casos y prácticas óptimas sobre la utilización del acceso compartido del espectro en diferentes países, en particular el DSA y el estudio de las ventajas económicas y sociales que aporta la compartición efectiva de los recursos de espectro».

En lo que respecta a la disponibilidad de espacios en blanco en Botswana, existe un amplio espectro de ondas decimétricas no utilizado y/o no asignado, que puede utilizarse para proporcionar un acceso de banda ancha en espectro compartido y, por lo tanto, una posibilidad importante de utilizar más eficientemente estos recursos de espectro para mejorar muchos aspectos de la vida en Botswana, incluida la atención sanitaria.

#### 2 Objetivos y principales beneficiarios

El Proyecto TVWS de Botswana se centra en la prestación de un programa sanitario de telemedicina a través de banda ancha de bajo coste y largo alcance en TVWS. El programa permitirá al personal médico pasar consulta a los pacientes a distancia, con el objetivo principal de aumentar el alcance y la escala potencial de los servicios sanitarios en Botswana. El segundo objetivo reside en la posibilidad de sentar las bases para un futuro acceso a Internet de bajo coste que puede ayudar a aumentar las energías renovables, la educación, la atención sanitaria, el acceso a los mercados y potenciar la pequeña empresa en todo Botswana.

Los beneficiarios principales son los hospitales, las clínicas y los pacientes que necesitan los siguientes servicios:

- Detección de cáncer cervical
- Revisiones dermatológicas
- Consultas y revisiones de VIH
- Consultas y revisiones de tuberculosis
- Atención pediátrica y para los adultos
- Consultas de medicina interna

Estos beneficiarios pasarán consulta y realizarán revisiones, o disfrutarán de estos servicios, utilizando aplicaciones de videoconferencia de alta definición que funcionan con cámaras de alta resolución de 8 megapíxel, en las clínicas y hospitales remotos. Las revisiones requieren estas imágenes de alta resolución para diagnosticar correctamente y tratar las enfermedades más comunes como la tuberculosis. Estas imágenes y vídeos se transmiten, en los tres emplazamientos remotos y sus alrededores (dentro del alcance de la transmisión de la señal TVWS), por conexiones de banda ancha en TVWS para pasar luego a una conexión intermedia de Internet que envía la señal de vídeo directamente al personal médico en el Centro de Gaborone o a los colaboradores de la Universidad de Pensilvania para que realicen sus diagnósticos y recomendaciones de tratamiento.

### **3 Emplazamientos geográficos**

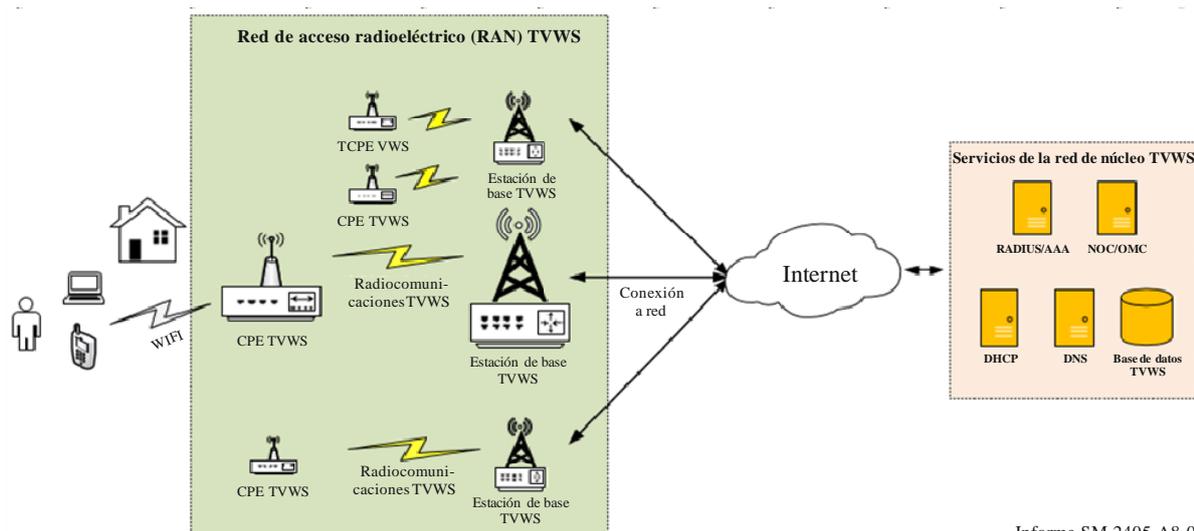
La red está construida alrededor de un centro, tres hospitales regionales y las clínicas de salud de los alrededores de los hospitales, todos los cuales están insuficientemente atendidos en cuanto a recursos sanitarios y acceso de banda ancha. Los tres hospitales regionales sirven de estación de base TVWS y abarcan una red de siete clínicas adicionales entre los tres emplazamientos, totalizando 10 ubicaciones en la fase 1 del proyecto.

- Centro – Gaborone: un centro de sistemas cerca de la Universidad de Botswana y del Hospital Princess Marina en Gaborone sirve como el centro de la red. La céntrica ubicación permite la conexión de la red a una conexión cableada de alta calidad a Internet que proporciona una buena visualización de los pacientes de las ubicaciones remotas y servicios de consulta con facilidades mediante aplicaciones y dispositivos de telemedicina.
- Emplazamiento 1 – Lobaste: situado en el sureste de Gaborone, el emplazamiento en Lobaste acoge una red TVWS que proporciona servicios de banda ancha en los alrededores a clínicas y, en el futuro, posiblemente a otros emplazamientos. En este emplazamiento se ubicarán las revisiones de cáncer cervical y de dermatología.
- Emplazamiento 2 – Francistown: cerca de la frontera nororiental con Zimbabwe, el emplazamiento de Francistown también se conecta con TVWS y ofrece revisiones de cáncer cervical durante la primera fase del proyecto. En la fase 2, pasará a ofrecer revisiones de tuberculosis y VIH, junto con atención pediátrica y a adultos.
- Emplazamiento 3 – Maun: situado en la zona rural noroeste de Botswana, este emplazamiento en el campo empezará a funcionar en la fase 2 del proyecto para revisiones de cáncer cervical, tuberculosis y VIH, consultas pediátricas y a adultos junto con atención de medicina interna.

### **4 Arquitectura técnica**

La conexión intermedia de internet la proporciona Botswana Fibre Networks (BoFiNet – un proveedor mayorista de infraestructuras de comunicaciones nacionales e internacionales), que proporciona la conectividad desde el centro de Gaborone a los tres emplazamientos primarios donde están ubicadas las estaciones de base TVWS para conectar los dispositivos de radiocomunicaciones TVWS situados en cada emplazamiento y alrededor de él. El despliegue inicial se centrará en asegurar que las clínicas tienen los equipos de radiocomunicaciones TVWS para conectarse, pero con el tiempo, incluirá seguramente otras entidades como las oficinas del gobierno y pequeñas empresas.

FIGURA A8-1  
Arquitectura técnica



Informe SM.2405-A8-01

CUADRO A8-1

**Especificaciones de las Radiocomunicaciones en los espacios en blanco de la televisión**

Especificaciones radioeléctricas	Radiocomunicaciones en los espacios en blanco
Medio inalámbrico:	TDD OFDMA
Normas de red:	802.22 modificada y mejorada
Velocidades PHY soportadas:	12 modos de 1,5 Mbit/s a 20 Mbit/s
Velocidad de datos (UL+DL capa 2 agregada para 6 MHz)	1 Mbit/s – 16 Mbit/s
Anchura del canal:	5,5 MHz (Américas); 7,6 MHz (Europa y África)
Canales operativos:	Canales de ondas decimétricas 14 – 51 (470-698 MHz) EE.UU., Canales de ondas decimétricas 21 – 68 (470-854 MHz) Reino Unido
Parámetros de potencia de transmisión disponible:	20 dBm (100 mW) conducida
Control de potencia:	Programable
Bandas de funcionamiento:	Bandas de ondas decimétricas (UHF) 400-1 000 MHz de la FCC
Sensibilidad del receptor:	-98 dBm 3,5 dB 2,7 Mbit/s (MPD-4 1/2) -90 dBm 11,5 dB 7,1 Mbit/s (MAC-16 2/3) -81 dBm 20,5 dB 12 Mbit/s (MAC-64 3/4)
Modulaciones	OFDM: MDP-4, MAC-16, MAC-64
Antenas	Antena PCB «pajarita» (Bow tie), solo en el cliente, integrada, Polarizada verticalmente, ~0 dBi Antena de tipo panel DB2E UHF en el cliente o la base Polarizada verticalmente, 2 elementos, 6 – 9 dBi Antena log-periódica, solo en la base Polarizada verticalmente, 10 dBi

**Espectro de espacios en blanco de la televisión (TVWS) utilizado en el proyecto**

- Hasta seis canales de ondas decimétricas de 8 MHz utilizados en 470-790 MHz.
- 3 canales de ondas decimétricas en el rango 470-598 MHz.
- 3 canales de ondas decimétricas disponibles en el rango 638-790 MHz.

## CUADRO A8-2

**Plan de canales**

<b>Rango de canales de ondas decimétricas (UHF)</b>	<b>Rango de frecuencias</b>	<b>Canales totales</b>	<b>Canales utilizados</b>	<b>Nombre de los canales disponibles</b>
Canales 21-36	470-598 MHz	16	3	X1,X2,X3
Canales 42-60	638-790 MHz	19	3	Y1,Y2,Y3

CUADRO A8-3  
Plan de canales y capacidad

Nombre de la estación de base y el emplazamiento	Ubicación de los emplazamientos adicionales	Numero de sectores (antenas/círculo)	Usuarios simultáneos (utilizando 1,2 Mbit/s por usuario)	Mínimo caudal por usuario (Mbit/s)*	Caudal medio TCP por canal (Mbit/s)	Capacidad total (Mbit/s)	Número mínimo de radios de estación base	Número de radios de estación base por sector			Atribución de canales a los radios de cada estación base					
								A	B	C	A1	A2	B1	B2	C1	C2
Hospital Athlone, LOBASTE	Clínica Tsopeng	3	50	1,2 a 10	10	60	6	2	2	2	X1	Y1	X2	Y2	Y3	Y3
Memorial Hospital Letsholathebe II, MAUN	Clínica Moeti Clínica Boseja Clínica Maun Clínica Sedie Clínica general Maun	3	50	1,2 a 10	10	60	6	2	2	2	X1	Y1	X2	Y2	Y3	Y3
Hospital Nyangabwe / FRANCISTOWN	Clínica Donga	3	50	1,2 a 10	10	60	6	2	2	2	X1	Y1	X2	Y2	Y3	Y3

\* El caudal mínimo varía en base a las condiciones de radiofrecuencia (distancia al emplazamiento, usuarios simultáneos). Estimación de 3 Mbps para NLOS hasta 10 km.

## 5 Financiación

El proyecto piloto está financiado mediante un modelo de asociación entre BIH, Microsoft, USAID, la Universidad de Pensilvania y GBS. Cada una de las partes está realizando contribuciones en especies de diferentes cantidades:

- BIH se ha comprometido a financiar 435 949 USD de costes de soporte de red.
- Microsoft se ha comprometido a financiar 473 765 USD de costes de Proyecto, incluido el desarrollo de aplicaciones de software, el programa de telemedicina, un conjunto de teléfonos Nokia para el personal sanitario local y de los centros y computadoras personales con Windows 8.1
- USAID se ha comprometido a financiar equipos de red de banda ancha para los espacios en blanco de la televisión con un valor estimado de 205 240 USD.
- La Universidad de Pensilvania se ha comprometido a coordinarse con su personal médico en Botswana para pasar consultas médicas mediante el programa de telemedicina cofinanciado por la asociación piloto.
- GBS se ha comprometido a diseñar, construir y operar la red que utiliza los espacios en blanco de la televisión (TVWS) para proporcionar acceso de banda ancha a los hospitales del Ministerio de la Salud y las Clínicas de Botswana.
- El objetivo global de la red TVWS y el programa asociado de prestación de atención sanitaria es alcanzar la sostenibilidad financiera pasando a un modelo de prestación de servicio comercial, en un momento futuro en que no sea necesario aportar subvenciones externas o aportaciones financieras en especie.

## 6 Componentes reglamentarios

La Autoridad Reguladora de las Comunicaciones de Botswana (BOCRA) ha concedido la autorización al BIH en asociación con Microsoft, la Universidad de Pensilvania y Global Broadband Solutions para realizar una prueba de banda ancha inalámbrica utilizando TVWS con las siguientes condiciones:

- Se autoriza la tecnología a título secundario, por lo tanto, en caso de que se produzca interferencia al servicio primario (radiodifusión) el sistema TVWS deberá interrumpirse inmediatamente.
- Periodo de prueba de 36 meses (3 años).
- Las frecuencias de explotación para las entidades autorizadas son la banda 470-694 MHz.
- La BOCRA deberá homologar todos los equipos utilizados.
- La prueba está autorizada para funcionar en todo el país para dar servicio a los hospitales y clínicas, así como los puestos de salud.
- Deberá informarse a la BOCRA con una periodicidad de 6 meses sobre los avances del Proyecto.
- Las tarifas que se facturaran a los clientes interesados deberán someterse a la BOCRA para su aprobación.
- En el caso de que la BOCRA elabore y apruebe un marco general de operación de TVWS durante la prueba, el BIH deberá operar de conformidad con ese marco.
- La Autoridad podrá modificar las condiciones (incluidas condiciones adicionales) en caso de necesidad y consultando a los asociados.

## 7 Conclusión

Las aplicaciones de banda ancha se han transformado en un medio importante para mejorar la calidad de vida de comunidades insuficientemente atendidas en el mundo en desarrollo. En Botswana, la banda ancha en espectro compartido en los espacios en blanco de la televisión (TVWS) está ayudando a responder a las necesidades de salud de los ciudadanos de Botswana. Se prevé que el programa de telemedicina genere beneficios sociales y económicos y el proyecto incluye una función de observación y evaluación para documentar las repercusiones socioeconómicas sobre las comunidades interesadas.

Con el fin de evolucionar más allá del proyecto piloto y hacia unos despliegues comerciales sostenibles, la BOCRA se ha comprometido a identificar e implementar maneras de promover estas soluciones innovadoras mediante cambios reglamentarios que consoliden un marco de política del espectro para la utilización del espectro compartido. Un marco reglamentario ayudará a incentivar a las partes comerciales interesadas a considerar un despliegue de redes adicionales para facilitar no solo la prestación de asistencia sanitaria a distancia, sino muchas otras utilidades de las aplicaciones de banda ancha en todo Botswana.

## Anexo 9

### Estudios de caso en Filipinas

#### 1 Introducción

Este proyecto está destinado a al menos veinte (20) escuelas primarias y secundarias públicas en Talibon, Ubay y Tubigon (en un radio de 10 km) así como a las pequeñas unidades administrativas («*barangays*») adyacentes situadas en el litoral de la isla de Bohol. Su objetivo es atender a las necesidades de conectividad de banda ancha del proyecto ECOFISH (Mejora de los Ecosistemas en favor de una Pesca Sostenible), y garantizar la sostenibilidad del sector pesquero gracias a una gestión eficaz del mismo.

La Oficina de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (ICTO) prevé desplegar estaciones de base en sus torres de transmisión de las radiocomunicaciones actuales y en las de la Oficina de Telecomunicaciones (TELOF), así como en CPE en las escuelas primarias y secundarias públicas, en el marco de proyectos piloto no comerciales basadas en tecnologías TVWS. En las municipalidades de Talibon, Tubigon y Ubay, en la provincia de Bohol, la conectividad de banda ancha está garantizada ya sea por la ICTO o la TELOF, o por el sector privado. Sin embargo, la mayoría de las «*barangays*» y escuelas, y en particular las que están situadas en las zonas distantes o en islas cercanas, todavía no está conectada a Internet como consecuencia de la escasez de infraestructura de última milla. El despliegue de acceso inalámbrico de banda ancha a través de la tecnología TVWS debería permitir colmar esas brechas de conectividad de última milla en esas zonas.

#### 2 Estrategias

El proyecto tiene por objeto extender la cobertura de la conectividad de banda ancha a «*barangays*» y escuelas desatendidas o insuficientemente atendidas en los conmutadores locales de la ICTO o la TELOF en Talibon, Tubigon y Ubay, en la zona de Bohol. La meta es conectar las escuelas primarias y secundarias en esas localidades (en un radio de 10 km) así como las «*barangays*» adyacentes, y

atender a las necesidades de conectividad del proyecto ECOFISH instalando una red Wi-Fi pública y gratuita con el fin de que el sector pesquero sea sostenible gracias a una gestión eficaz del mismo. Además de la conectividad de banda ancha destinada a varios servicios públicos como escuelas, hospitales y cibercentros comunitarios (CeC), este proyecto, que se inscribe en el plan general de desarrollo de la ICTO, tienen también los siguientes objetivos: 1) proporcionar los datos necesarios para elaborar y completar las políticas y los reglamentos destinados a oficializar la adopción de las tecnologías TVWS con arreglo a las prioridades nacionales; 2) ayudar a los asociados especializados en las tecnologías TVWS a adaptar sus productos y servicios a las necesidades particulares del entorno filipino; y 3) ayudar a los proveedores de servicios de bases de datos y de conectividad basados en los TVWS a obtener los datos y la experiencia necesarios para desarrollar sus servicios antes de plantearse desplegarlos a escala nacional.

La ejecución del proyecto de explotación de los espacios en blanco de TV debería concluir en uno o dos años. La ICTO ha decidido desplegar estas tecnologías en Bohol debido a que esta provincia había quedado afectada por un terremoto y que sus comunicaciones habían quedado completamente cortadas, por lo que sus habitantes habían quedado totalmente aislados del resto del mundo. Las operaciones de rescate y rehabilitación llevadas a cabo por organismos privados y públicos quedaron obstaculizadas como consecuencia de la falta de comunicación. Las tecnologías TVWS se desplegaron entorno a centros comerciales, edificios municipales y centros públicos a propósito con el fin de ofrecer acceso Wi-Fi gratuito para que la población pudiera ponerse en contacto con su familia a través de aplicaciones de comunicación como Viber, Line, Skype, etc. Estas tecnologías también se instalaron en Tacloban, que quedó sumamente afectada por el paso del tifón Haiyan (Yolanda). La ICTO desplegó estas tecnologías en esa región con el fin de ampliar el alcance de las microestaciones de la oficina regional del Ministerio de Ciencias y Tecnología, y alcanzar el Instituto Científico de Pisay, la isla de Leyte y los centros de evaluación del organismo humanitario español «Los Bomberos». Además, los TVWS permitieron extender el alcance de la señal de Internet de las «torres inteligentes» de Tanauan, en la isla de Leyte, hasta alcanzar los edificios municipales y el cibercentro local con el fin de permitir a la población comunicar por correo-e y chatear con sus familiares en el país o en el extranjero. La ICTO también instaló un servicio de cibernidad en el centro público basándose en dispositivos de seguimiento de la salud de los pacientes («RX Box») cuyos datos se transmiten por TVWS.

El proyecto piloto de TVWS iniciado en Bohol abarca las siguientes zonas: la estación de base TVWS instalada en Talibon garantiza la conectividad en un radio de 10 km y da conexión a cinco escuelas primarias y secundarias públicas; también garantiza una conexión Wi-Fi gratuita a los miembros del proyecto ECOFISH, llevado a cabo por la Oficina de Pesca y Recursos Acuáticos del Ministerio de Agricultura de Filipinas (DA-BFAR) y la ONG USAID, así como a los centros de salud rurales vecinos, a los edificios públicos de las «barangays» y a la población. La estación de base TVWS situada en Tubigon da conexión a Internet a una escuela primaria, ofrece un acceso Wi-Fi gratuito en un centro comercial, en un mercado y en una iglesia, y garantiza la conectividad de un hospital local y de distintos organismos públicos vecinos. Por último, la estación de base TVWS situada en Ubay debería permitir dar conexión a 12 escuelas primarias públicas y a un cibercentro local, y también ofrecer una conectividad a los participantes en el proyecto ECOFISH, a los centros de salud rurales y a los edificios públicos de las «barangays» adyacentes, así como un acceso Wi-Fi gratuito a la población.

<b>DESPLIEGUE DEL PROYECTO SOBRE LOS ESPACIOS BLANCOS DE TV EN BOHOL</b>	
Estación de base de Tubigon:	<p>1) Instalación de dos (2) estaciones de base principales/canal con una capacidad total de 24 Mbit/s (~12 Mbit/s por canal).</p> <p>2) Instalación de tres CPE en los siguientes edificios:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hospital local de Tubigon, para garantizar la conectividad de distintos organismos públicos del Centro gubernamental de Tubigon (a saber, la policía nacional (PNP), el Ministerio de Seguridad Social y Desarrollo (DSWD), el Ministerio de Ciencias y Tecnología (DOST), el Tribunal Supremo (MCTC), la Autoridad de Enseñanza Técnica y del Desarrollo de las Competencias (TESDA) y las unidades rurales de salud de Tubigon (RHU));</li> <li>• Gimnasio polivalente de Tubigon, con un acceso Wi-Fi público que abarca el mercado público de Tubigon, el centro comercial y la iglesia de Tubigon;</li> <li>• Escuela primaria Central de Tubigon, con un punto de acceso Wi-Fi</li> </ul>
Estación de base de Ubay:	<p>1) Instalación de cuatro (4) estaciones de base principales/canal con una capacidad total de 48 Mbit/s (~12 Mbit/s por canal).</p> <p>2) Instalación de trece (13) CPE en las escuelas primarias públicas y los cibercentros locales siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Población</li> <li>• Casate</li> <li>• Tapon</li> <li>• Achila</li> <li>• Camambugan</li> <li>• Bood</li> <li>• Katarungan</li> <li>• Carlos P. Garcia CeC (C.P. Garcia)</li> <li>• Tipolo</li> <li>• Kalanggaman</li> <li>• San Isidro</li> <li>• Tapal</li> <li>• Sentinela</li> <li>• Emelda</li> </ul>
Estación de base de Talibon:	<p>1) Instalación de tres (3) estaciones de base principales/canal con una capacidad total de 48 Mbit/s (~12 Mbit/s por canal).</p> <p>2) Instalación de cinco (5) CPE en los siguientes sitios:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Instituto Nacional San José</li> <li>• Escuela primaria San Pedro, Talibon</li> <li>• Escuela primaria Sto. Nino, Talibon</li> <li>• Escuela primaria Ginubatan, Trinidad</li> <li>• Edificio Pinamgo Barangay, Buen Unido</li> </ul>

En lo que respecta a las asociaciones y la financiación, la ICTO estableció, en el marco de un protocolo de acuerdo, una asociación con los organismos públicos, los proveedores de tecnologías y las partes interesadas siguientes: la Comisión Nacional de Telecomunicaciones (NTC), el Ministerio de Educación (DepEd), Microsoft, Nityo InfoTech, la Federación de Televisiones Internacionales por Cable y la Asociación de Filipinas en favor de las Telecomunicaciones (FICTAP), ABS-CBN, ECOFISH, la Oficina de Pesca y Recursos Acuáticos, y USAID.

En lo que respecta a las aplicaciones y los servicios propuestos, el Gobierno creó una red basada en los espacios en blanco de TV para ofrecer un servicio de comunicación inmediata *in situ* destinado a las personas que realizan intervenciones de emergencia y a las víctimas del tifón Haiyan. Esta red se creó en cuestión de horas después de la catástrofe y garantizó de inmediato un servicio de comunicaciones inalámbricas bidireccionales de voz y datos a través de dispositivos como teléfonos móviles, ordenadores portátiles, tabletas, etc., que costó menos de una décima parte de las demás soluciones posibles. Este proyecto TVWS ofrece a las comunidades de pescadores una conexión de banda ancha que permite a los poderes públicos locales acceder directamente a un sistema de registro nacional para transmitir instantáneamente documentos de identificación, certificados y autorizaciones fundamentales a los pescadores que los necesitan. También permite a la policía nacional y a otros organismos públicos acceder inmediatamente a una base de datos central para efectuar controles de conformidad.

El proyecto TVWS tenía por objeto ofrecer a las poblaciones rurales una conectividad de banda ancha con los siguientes objetivos: 1) poner las TIC a disposición de la enseñanza pública para explotar recursos multimedia, tener acceso a los mejores profesores y poder consultar y divulgar información; 2) implantar un servicio de ciberseguridad en los centros de salud rurales para facilitar la atención sanitaria primaria, dar acceso a especialistas y asegurar las funciones de gestión en el marco de un proyecto de acceso universal a la atención sanitaria; 3) favorecer la coordinación de la gobernanza entre los centros administrativos locales (LGU) y la administración nacional (NGA), y dar acceso a los servicios de administración pública en línea para que los servicios públicos comprometan en mayor medida con su misión; 4) obtener datos de interés para los servicios de intervención de emergencia y de mitigación de los efectos de las catástrofes a través de una red de captosres y transmisión de información (alertas tempranas); 5) favorecer las actividades de comercio electrónico (comercialización, venta, distribución, servicio al cliente, etc.) y mejorar la productividad facilitando el acceso a los conocimientos. A continuación figuran las especificaciones técnicas del sistema TVWS.

<b>Especificaciones técnicas del sistema TVWS</b>	
<b>Especificaciones del sistema</b>	
Bandas de frecuencias	630-750 MHz
Max PldB @ 1.5 Mbit/s	+31 dBm
Anchura de banda del canal	20 / 10 / 5 MHz
Sensibilidad del receptor	-99 dBm
Velocidades de datos	1,5 a 13,5 Mbit/s
Modulación	QPSK & 16 QAM
Alcance	Hasta 10,7 km
Interfaz de radiofrecuencia	MMCX
Interfaz auxiliar	32 bit miniPCI
Potencia nominal	1,6A @ 3,3V DC
Factor de forma	3,3"× 2,3" × 0,5"
Temperatura de funcionamiento	-33 a +55 C
Humedad tolerada	Hasta el 95% sin condensación

En lo que respecta a las instalaciones y el despliegue, se instalaron CPE en coordinación con los responsables de las escuelas para conectarlas a estaciones de base y garantizar el acceso a Internet. A falta de reglamentación al respecto, este acceso está más bien destinado a una utilización pública o

gubernamental; es especialmente importante para las escuelas públicas, ya que los estudiantes necesitan realmente Internet para mantenerse informados. El problema del acceso de las escuelas a Internet es la falta de infraestructuras en la última milla. Las tecnologías TVWS han permitido ofrecer acceso a Internet en las escuelas y, en ocasiones, incluso en algunas «barangays». Efectivamente, el recurso a la fibra óptica no era rentable debido a la topología del país. Sin embargo, la comunicación radioeléctricas era viable en distancias de entre 7 y 10 km gracias a los TVWS y a otras tecnologías de transmisión con visibilidad directa, incluso a través de enlaces punto a multipunto bajo el mar/océano (véanse las Figs. A9-1 a A9-4 adjuntas al presente Anexo 9).

### **3 Dificultades**

La puesta en marcha del proyecto se topó con algunas dificultades y, en particular, en un primer momento, con la resistencia de los profesores que no eran conscientes de las ventajas de Internet. Al mismo tiempo, los habitantes de la región y los propios miembros de la comunidad, en particular las personas mayores, tampoco estaban convencidas de las ventajas de Internet. Sin embargo, el centro comercial se ha beneficiado en gran medida, y se ha convertido en un punto de encuentro para usuarios de Internet y un lugar de socialización de la comunidad.

### **4 Resultados**

Las ventajas de este proyecto son las siguientes: por una parte, las escuelas disponen ahora de un acceso gratuito a Internet y, por otra parte, los pescadores han podido registrarse en un sistema que les permite coordinar sus actividades a través de Viber, Skype u otras aplicaciones de este tipo. Además, los habitantes de las zonas colindantes con las escuelas también pueden utilizar Internet cuando las escuelas no utilizan la conexión o después de las clases. Las zonas adyacentes a las escuelas se han convertido así en lugares de socialización, donde acuden las personas que desean utilizar Internet.

Este proyecto también ha permitido sacar a la luz buenas óptimas, como el hecho de compartir la conexión a Internet de las escuelas con la comunidad, especialmente después de las clases, en lugar de despilfarrar anchura de banda cuando nadie la utiliza. En este caso la población puede aprovechar el acceso Wi-Fi gratuito. Además, en caso de catástrofe, otra práctica óptima consiste en dar acceso gratuito a Wi-Fi a las víctimas que se encuentran en los centros de evacuación y que carecen de medios para pagar una llamada de larga distancia, o cuando ese servicio no está disponible. Los trabajadores voluntarios también pueden utilizar gratuitamente esta conexión para comunicar con sus familiares y para prestar o pedir ayuda, ya sea en Filipinas o en el extranjero, a través de Viber, Skype, etc. Asimismo, es fundamental que puedan dar noticias a sus familiares para tranquilizarles.

### **5 Conclusión**

El proyecto piloto de explotación de los espacios en blanco de TV (TVWS) puesto en marcha en Talibon, Tubigon y Ubay, en la isla de Bohol, ha sido un éxito especialmente para el Ministerio de Educación, que ha sido el principal beneficiario. Ha permitido proporcionar acceso Wi-Fi gratuito a estudiantes y profesores de escuelas primarias y secundarias. Las personas que viven cerca de las escuelas también sacan provecho del proyecto, ya que pueden utilizar gratuitamente el acceso a Internet después de las clases. También se ha instalado un acceso Wi-Fi gratuito en los edificios municipales, los hospitales locales, los centros de salud rurales y en un gimnasio polivalente que acoge también un mercado, un centro comercial y una iglesia.

También se han desplegado y utilizado las tecnologías TVWS en Bohol como consecuencia del terremoto que afectó a esta provincia, donde las comunicaciones quedaron totalmente interrumpidas, dejando aislados del resto del mundo a sus habitantes y obstaculizando las tareas de rescate de los

organismos públicos. Estas tecnologías también se utilizaron en la ciudad de Tacloban, que quedó gravemente afectada por el tifón Haiyan, para proporcionar inmediatamente una red de comunicaciones *in situ* para los socorristas y las víctimas. De este modo, la población pudo ponerse en contacto con sus familiares en Filipinas y en el extranjero, y los socorristas pudieron comunicar con los voluntarios presentes en los centros de evacuación.

En Bohol, las ciudades de Talibon, Tubigon y Ubay ya están provistas de tecnologías TVWS, gracias a las cuales sus comunidades rurales, sus escuelas y «barangays» tienen acceso a servicios de banda ancha que contribuyen al desarrollo económico de la región.

## Adjunto al Anexo 9

FIGURA A9-1

Zona cubierta por las tecnologías TVWS en Talibon, Tubigon y Ubay

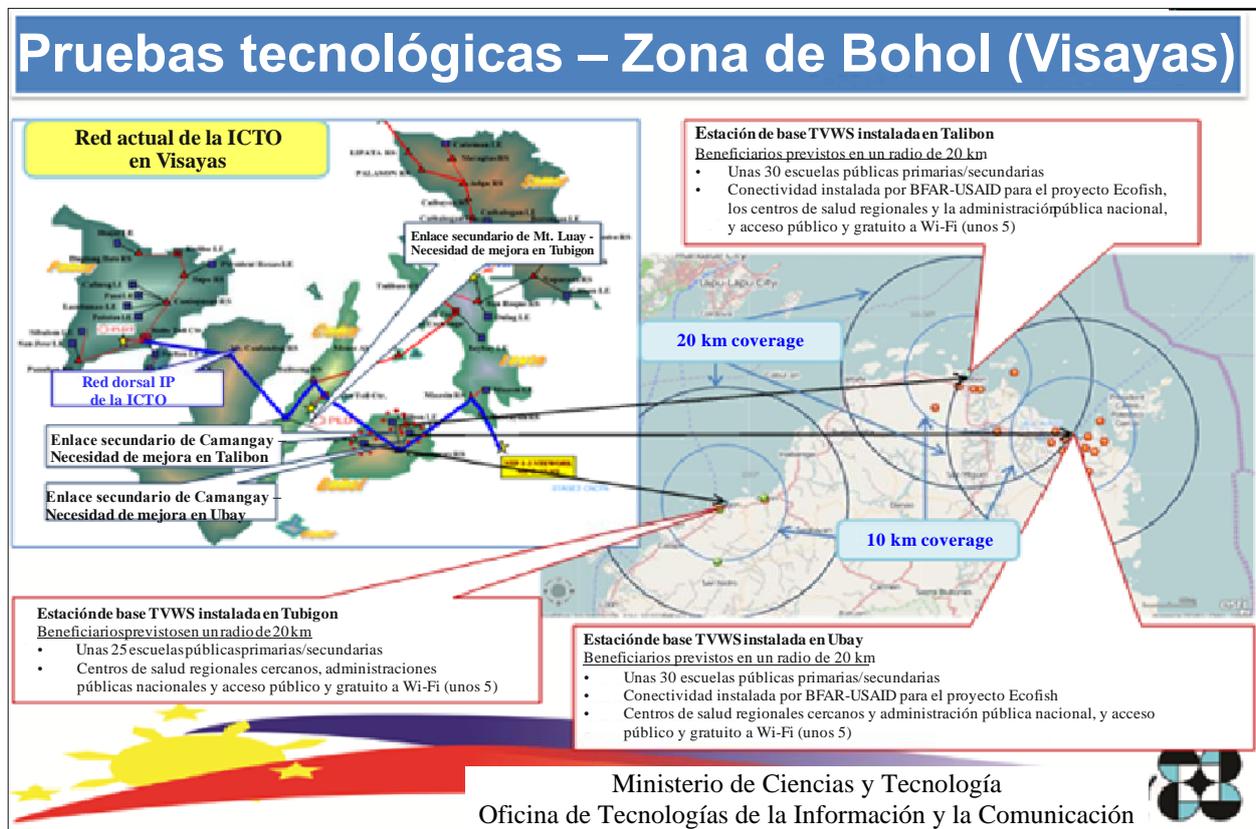


FIGURA A9-2

Alcance del proyecto TVWS en la municipalidad de Talibon

## Topología TVWS en Talibon – Zona de Bohol (Visayas)



Ministerio de Ciencias y Tecnología  
Oficina de Tecnologías de la Información y la Comunicación



FIGURA A9-3

Alcance del proyecto TVWS en la municipalidad de Tubigon

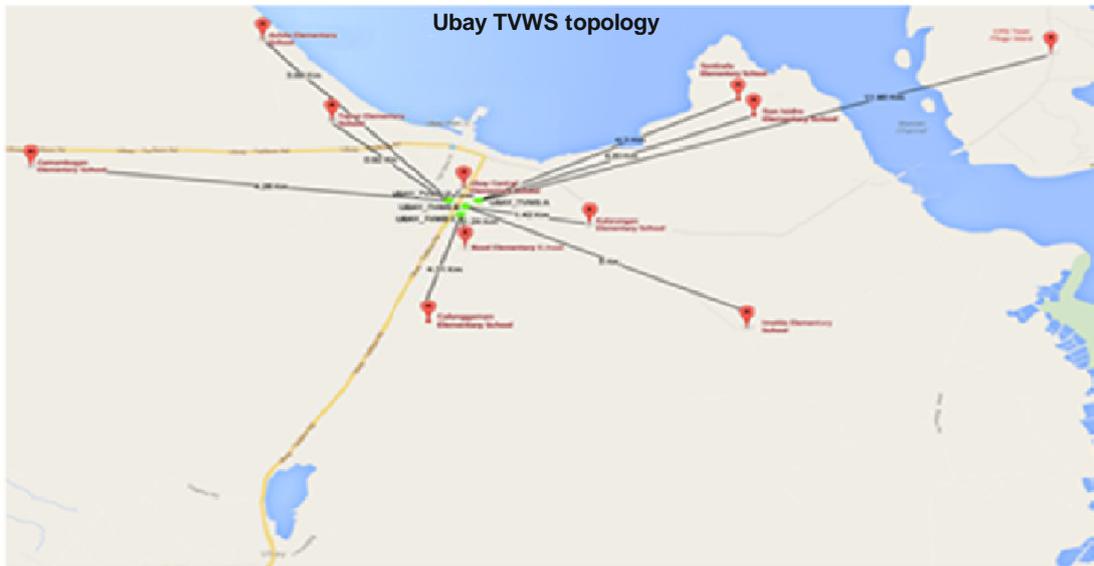
### Topología TVWS en Tubigon – Zona de Bohol (Visayas)



FIGURA A9-4

Alcance del proyecto TVWS en la municipalidad de Ubay

### Topología TVWS en Ubay – Zona de Bohol (Visayas)



## Anexo 10

### Estudios de caso en Corea (República de)

#### 1 Introducción

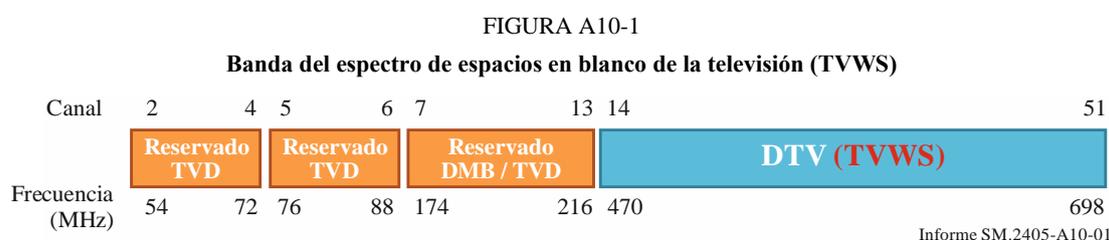
En los últimos años, se ha producido un cambio de paradigma en la gestión del espectro a través de la convergencia de los medios de radiodifusión y comunicación con la proliferación de aplicaciones convergentes. Como los recursos del espectro son unos activos valiosos e intangibles de los países y el valor de estos recursos de frecuencias se ha incrementado con el desarrollo de varias tecnologías de comunicación inalámbricas, muchos países están promocionando activamente, en este momento, el desarrollo de nuevas tecnologías inalámbricas y la introducción de políticas que pueden ayudar a aumentar la eficiencia de la utilización del espectro. Sin embargo, supone un problema seguir proporcionando bandas de frecuencias mediante nuevas atribuciones de las bandas de espectro existentes para responder a la aparición de las nuevas tecnologías y, en consecuencia, los países de todo el mundo deben concentrarse en la compartición del espectro.

La República de Corea decidió introducir TVWS (Espacios en blanco de la televisión) en la banda 470-698 MHz, en las bandas de radiodifusión de televisión. Con el fin de conseguir la máxima eficiencia en la utilización de los recursos de frecuencias, Corea introdujo servicios comerciales TVWS en la banda 470-698 MHz.

#### 2 Acciones reglamentarias recientes

En 2010, Corea anunció un plan TVWS para la introducción de servicios Wi-Fi en zonas rurales y de entrega de información en museos y estadios.

En 2011, se anunció un plan para utilizar los espacios en blanco de la televisión en la banda de frecuencias 470-698 MHz. Las aplicaciones TVWS incluyen 1) Internet inalámbrico para las zonas rurales; 2) entrega de información en museos, estadios u otras áreas reducidas; 3) prevención y gestión de catástrofes, como la transmisión de vídeo utilizada en el metro para las actividades de rescate y de seguridad y 4) entrega de información medioambiental sobre la utilización del agua y la energía. En la Fig. A10-1, se muestra la banda del espectro de espacios en blanco de la televisión (TVWS) en Corea:



Corea también ha elaborado la planificación de la estrategia de información (ISP) y establecido unos requisitos técnicos de TVWS sin licencia para construir una base de datos TVWS, protegiendo la banda de frecuencias 470-698 MHz que incluye la TVD inalámbrica y los micrófonos inalámbricos con licencia.

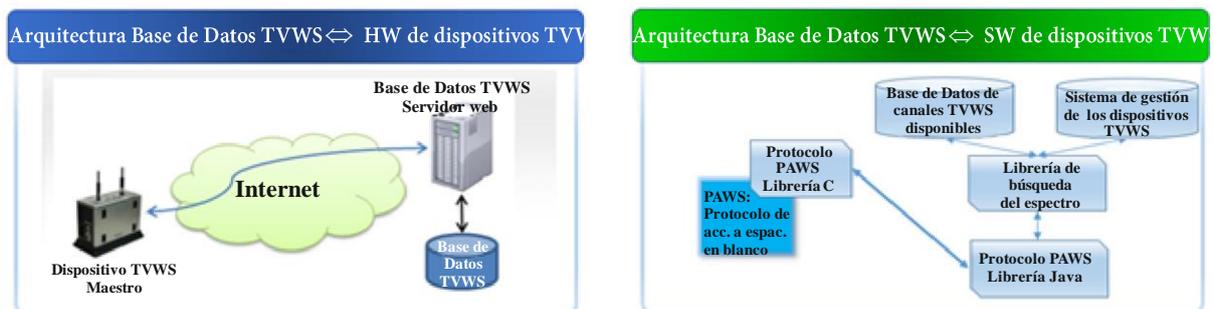
En 2013, se creó la base de datos de TVWS para proporcionar las listas de disponibilidad de los canales TVWS en función de la ubicación a los dispositivos con receptor GPS incorporado que funcionan en las bandas TVWS. El método de acceso a la base de datos de geolocalización TVWS permite a los dispositivos TVWS acceder a la base de datos, transmitir la información de la ubicación actual y recibir desde la base de datos la lista de canales disponibles en esa ubicación. Es posible acceder a la información de los canales de TVWS disponibles en Corea, en el «Sistema de búsqueda de los canales TVWS disponibles (<https://www.tvws.kr>)».

En 2016, el Gobierno de Corea publicó un nuevo aviso permitiendo la utilización sin licencia de TVWS.

En abril de 2017, se presentó el primer dispositivo TVWS que cumple la reglamentación y Corea empezó a prestar servicio comercial de TVWS.

FIGURA A10-2

## Sistemas de la base de datos TVWS



Informe SM.2405-A10-02

Se aplicaron distancias de separación, para la protección de la recepción de televisión digital y los micrófonos inalámbricos, al algoritmo de la base de datos TVWS que tiene en cuenta el tipo de dispositivo TVWS, la potencia de transmisión y la altura de antena. En la Fig. A10-2 se muestran los sistemas de la base de datos TVWS.↔

Se consideran dos tipos de dispositivos TVWS, fijo y portátil, para el funcionamiento en los canales disponibles en la banda de frecuencias de 470 a 698 MHz (Canales de televisión 14 a 51). Los requisitos técnicos para los dispositivos TVWS se muestran en el Cuadro A10-1.

CUADRO A10-1

## Requisitos técnicos de los dispositivos TVWS

Tipo de dispositivo TVWS	Fijo		Portátil	
Modo de operación	Mismo canal/canal adyacente con distancia de separación	Mismo canal/canal adyacente con distancia de separación	Mismo canal/canal adyacente con distancia de separación	Canal adyacente sin separación
Densidad espectral de potencia máxima proporcionada a la antena	1 W / 6 MHz 12,2 dBm / 100 kHz	100 mW / 6 MHz 2,2 dBm / 100 kHz	40 mW / 6 MHz -1,8 dBm / 100 kHz	
Ganancia de la antena	6 dBi	0 dBi	0 dBi	0 dBi

### 3 Proyectos piloto TVWS

En 2011, Corea realizó una encuesta para recoger demandas de TVWS y la opinión de 200 organizaciones, incluidos los gobiernos locales, las instituciones públicas, los operadores de radiodifusión y de telecomunicaciones, respecto de la factibilidad de las aplicaciones TVWS. El resultado de la opiniones recibidas muestra que las aplicaciones más adecuadas entre las aplicaciones TVWS son el Wi-Fi (46%), seguido por la distribución de información de emergencia y en caso de catástrofe (22%), información de tráfico y seguridad (13%) y redes de energía inteligentes (5%).

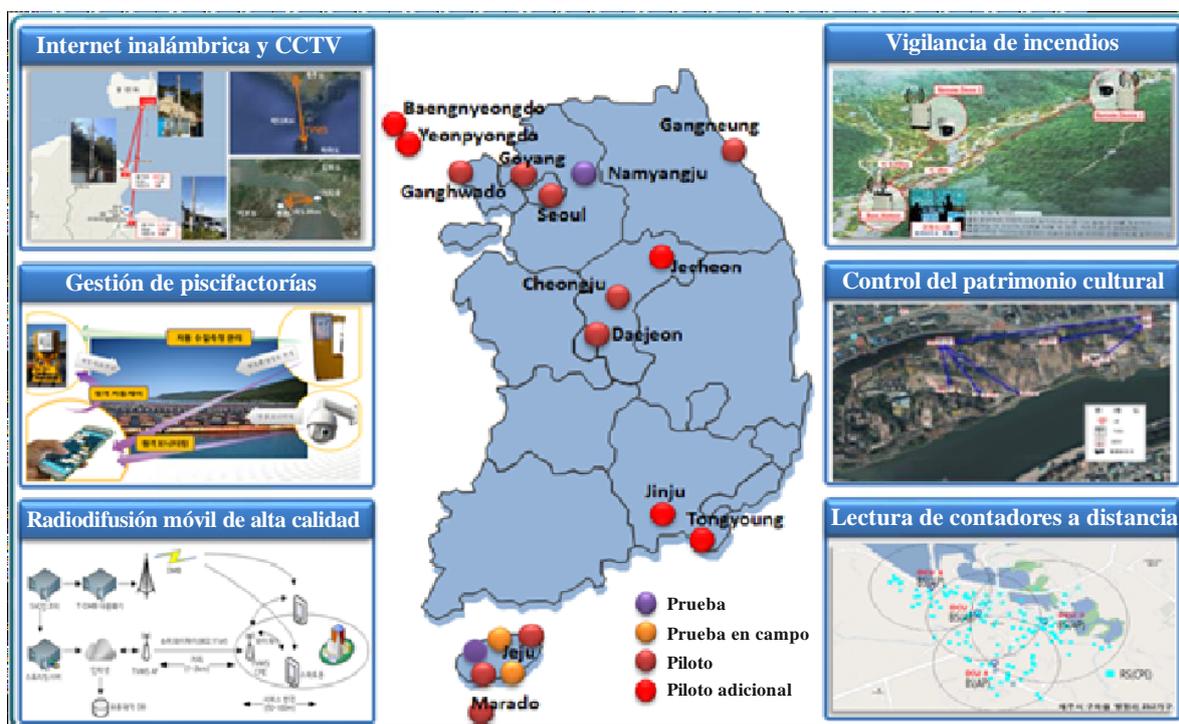
El mismo año, se prestaron servicios TVWS experimentales para investigar los modelos de servicio adecuados para Jeju y zonas del interior. Como resultado se introdujo una red Wi-Fi en Jeju y la transmisión de vídeo de emergencia y en caso de catástrofe en el metro en Namyangju, como aplicaciones TVWS.

En 2013, el Gobierno de Corea seleccionó cinco consorcios para expandir los proyectos piloto TVWS en el país. Estos proyectos piloto son los siguientes:

- 1) Servicio DMB híbrido de alta definición en Goyang;
- 2) Servicio Internet inalámbrico e información turística en la isla en Jeju;
- 3) Pantallas interactivas, vigilancia de incendios y otros desastres, y seguridad en Gangneung, Seúl, Cheongju, Daejeon y Ganghwado;
- 4) Control de seguridad de los hogares con un solo miembro utilizando los contadores de energía y el análisis de sus datos, en especial para las personas mayores y las personas con discapacidad en Jeju;
- 5) Red de entrega de contenido (CDN) para publicidad inteligente en Daejeon.

La Fig. A10-3 muestra los proyectos piloto TVWS.

FIGURA A10-3  
Proyectos piloto TVWS



Los fabricantes coreanos consiguieron desarrollar más dispositivos TVWS actualizados que dispositivos existentes en 2014.

En 2015 y 2016, los gobiernos locales probaron servicios TVWS adicionales, como servicios de Internet inalámbrico y CCTV en zonas remotas como Jechon y Backnyeongdo, recopilación de datos masivos de acuicultura para la gestión de piscifactorías en Tongyoung y un sistema de detección de incendios para la protección del patrimonio cultural en Jinju.

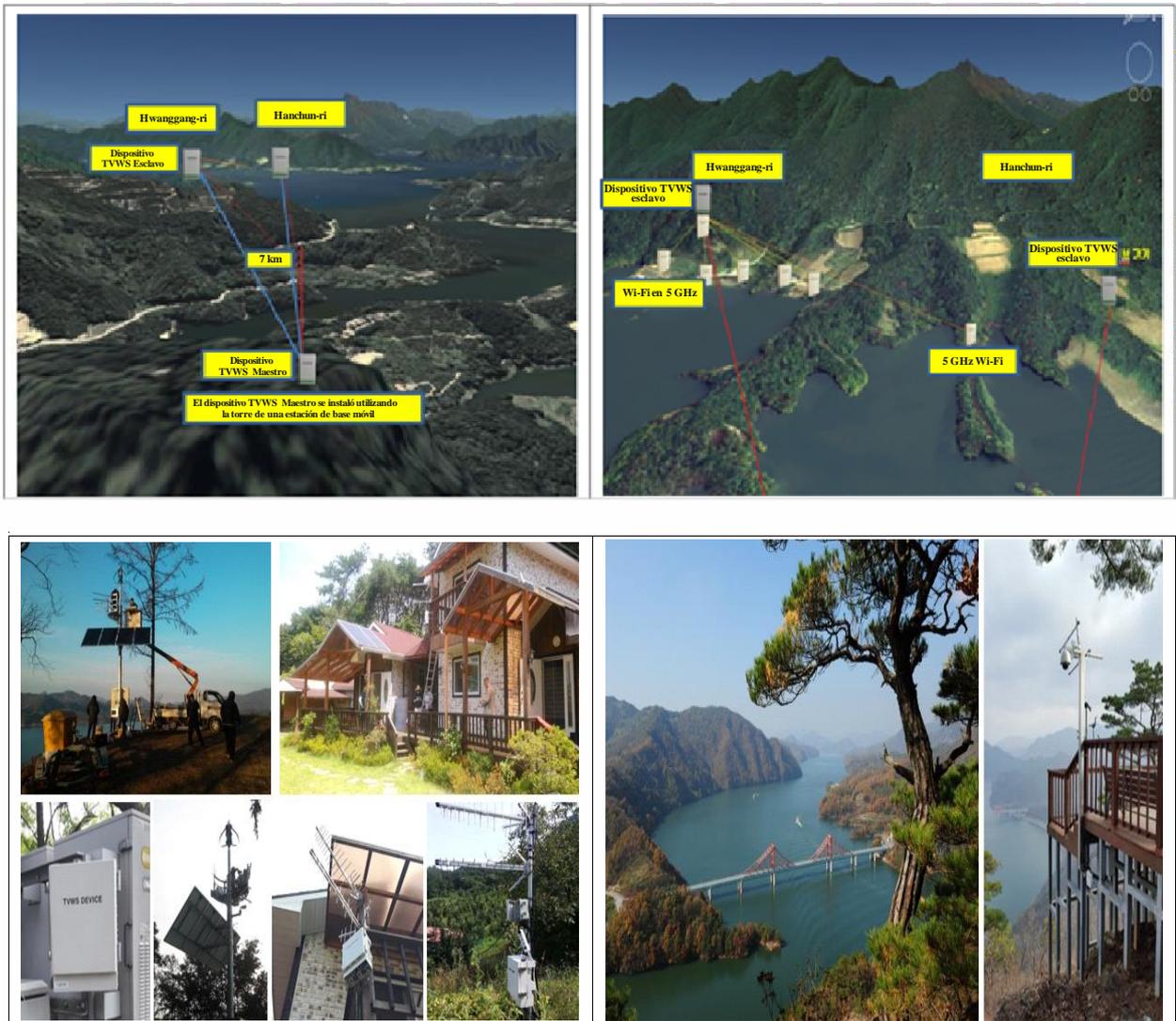
Entre ellos, en Jecheon, una zona aislada cuyo territorio fue sumergido por una presa y un lago artificial en 1985, no existían redes de comunicación y equipos eléctricos para alcanzar la zona debido a su aislamiento. Un generador solar y dispositivos TVWS hicieron posible la utilización de la Internet móvil.

Afortunadamente, no costó mucho construir una red de dispositivos TVWS. Comparado con los enlaces de microondas, el coste es un 76% inferior, y frente a un cable de comunicaciones submarino, un 95%.

En la Fig. A10-4 se muestra la red de transmisión TVWS para el servicio de Internet inalámbrico en zonas remotas de Jecheon. Las especificaciones de los dispositivos TVWS y los caudales utilizados están resumidos en los Cuadros A10-2 y A10-3, respectivamente.

FIGURA A10-4

Red de transmisión TVWS para el servicio de Internet inalámbrico en zonas remotas de Jecheon



CUADRO A10-2

Especificaciones de los dispositivos TVWS

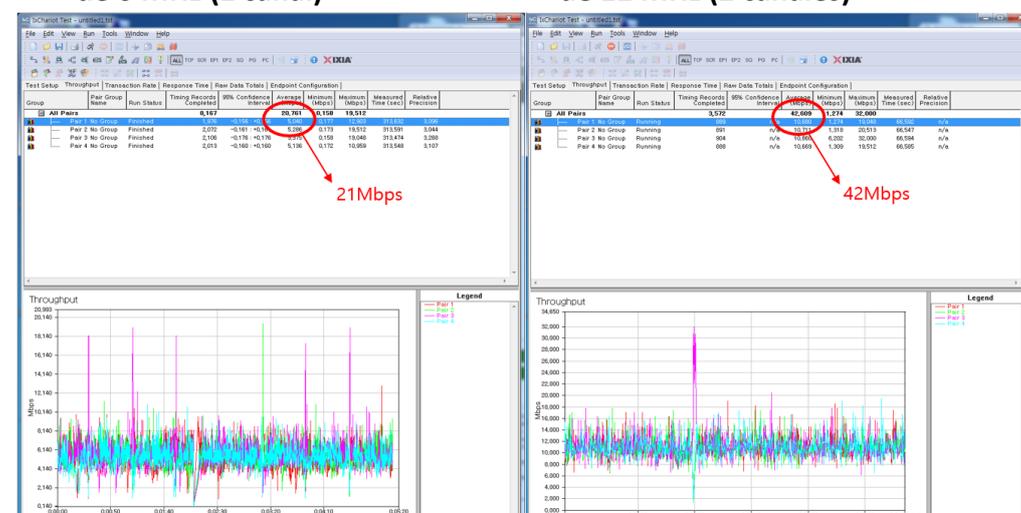
Categoría	Especificación
Rango de frecuencias	470-698 MHz
Potencia de Tx	27dBm/6MHz, 30dBm/12MHz
Paso de control de potencia de Tx	1dB
p.i.r.e. de Tx	36dBm/6MHz, 39dBm/12MHz
Máscara de espectro de Tx	55dBr
Nivel de Rx máximo	-40dBm/carrier
Mimo	2x2 (Vertical/Horizontal)
Ancho de banda de portadora	6MHz o 12MHz (adyacente)
Acceso múltiple	CSMA/CA
Modulación	QPSK, 16QAM, 64QAM
Alcance del servicio	7Km@ LoS
Máximo caudal	21Mbps(6Mhz), 42Mbps(12Mhz)
Interfaz WAN/LAN	RJ-45
Potencia CA	220V
Tamaño	310mm X 440mm X 140mm

CUADRO A10-3

Caudales de los dispositivos TVWS

Caudal con ancho de banda de 6 MHz (1 canal)

Caudal con ancho de banda de 12 MHz (2 canales)



Los canales TVWS disponibles pueden variar en función de las zonas. Por ejemplo, en el caso de dispositivos TVWS fijos, se encuentra una media de tres canales disponibles en las zonas metropolitanas y una media de siete canales TVWS en zonas de las provincias en Corea. El proyecto piloto TVWS de Jecheon ha probado un caudal de 21 Mbit/s con un solo canal TVWS (ancho de banda de 6 MHz) a una distancia de 7 km desde la estación de base conectada al acceso público, y un

caudal de 42 Mbit/s utilizando dos canales adyacentes agregados (ancho de banda de 12 MHz). Los habitantes pueden por lo tanto acceder a los servicios de Internet y al comercio por Internet.

#### **4 Conclusiones**

Corea considera que la tecnología TVWS ayudará a resolver el problema de la brecha digital y a hacer que el acceso de banda ancha sea más asequible en todo el país. También supone que la compartición de espectro puede aliviar la escasez de recursos de frecuencias y mejorar el entorno común en la sociedad hiperconectada que viene.

## **Anexo 11**

### **Estudios de caso en Colombia (República de)**

#### **1 Introducción**

En Colombia la banda de frecuencias 470–698 MHz está atribuida al servicio de radiodifusión de televisión. Sin embargo, esta banda de frecuencias no está totalmente utilizada por las transmisiones de televisión en las zonas rurales, ofreciendo así una oportunidad para integrar otras aplicaciones radioeléctricas y de utilizar más eficazmente el espectro radioeléctrico.

Por eso, la autorización de los TVWS en Colombia ha sido la solución para mejorar la utilización del espectro y ofrecer acceso a Internet del último kilómetro en las zonas rurales, que cuentan con la mayor proporción de población sin conexión. Dicho de otro modo, el objetivo de los TVWS en Colombia es cerrar la brecha entre las cabezas de línea de fibra óptica de todas las pequeñas ciudades y las zonas rurales sin conexión circundantes.

No obstante, para definir el marco reglamentario de TVWS en Colombia se han de superar primero los obstáculos que se exponen a continuación.

#### **2 Medición de la interferencia TVWS**

En la actualidad para la radiodifusión de televisión en Colombia se utilizan las normas NTSC-M 6 MHz para la televisión analógica y DVB-T2 6 MHz para la televisión digital. Habida cuenta de que se carece de mediciones de la interferencia causada por una señal TVWS a una señal DVB-T2 6 MHz, ha resultado necesario medir las correspondientes relaciones de protección para determinar las condiciones técnicas bajo las cuales no se causa interferencia alguna a la recepción de televisión digital.

También se midieron las relaciones de protección de la televisión analógica a fin de comparar y validar los resultados con las relaciones de protección empleadas por la Comisión Federal de Comunicaciones de Estados Unidos de América [12], dado que ese país utiliza la misma norma de televisión analógica que Colombia.

Las mediciones necesarias se realizaron de acuerdo con las directrices definidas en [13], [14] y [15]. Se sometieron a las mediciones ocho receptores de televisión digital y seis receptores de televisión analógica. Asimismo, para reducir el número de mediciones, sólo se emplearon cuatro modos

DVB T2, correspondientes a los tres modos actualmente utilizados en Colombia y al modo más sensible a la interferencia. A continuación, se muestran las relaciones de protección medidas:

CUADRO A11-1  
Relaciones de protección TVWS a TV medidas

Canal	Relación de protección de la televisión analógica (dB)	Relación de protección de la televisión digital MAC-16 1/2 (dB)	Relación de protección de la televisión digital MAC-64 2/3 (dB)	Relación de protección de la televisión digital MAC-64 3/4 (dB)	Relación de protección de la televisión digital MAC-256 5/6 (dB)
N	39,5	10,1	15,4	17,4	25
N±1	-18,4	-39,6	-39,6	-32	-23,5
N±2	-18,3	-51	-44,7	-43,3	-34,3
N±3	-22,1	-55,3	-47,7	-46,6	-37,7

Cabe señalar la similaridad entre las relaciones de protección de la televisión analógica N±1, N±2 y N±3. Del mismo modo, la diferencia entre las relaciones de protección de la televisión digital N±1 y N±2 es de unos 10 dB, mientras que la diferencia entre las relaciones de protección de la televisión digital N±2 y N±3 ronda los 3 dB. Por ello es importante considerar los canales adyacentes superiores en los cálculos de canales disponibles realizados por la base de datos de geolocalización.

### 3 Pruebas de campo

Se realizaron pruebas de campo de TVWS para estudiar la calidad de funcionamiento de la tecnología y su impacto social. Se seleccionaron como usuarios extremos tres escuelas primarias públicas rurales. El despliegue en esas escuelas se realizó a través de una asociación público-privada compuesta por los siguientes participantes:

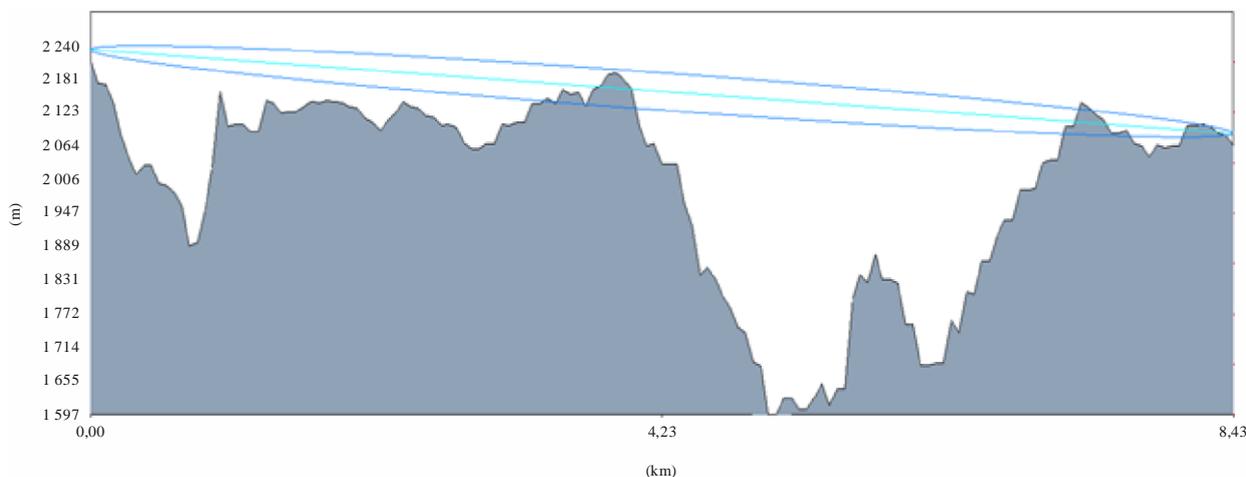
- 1) **Agencia Nacional del Espectro:** Organismo público encargado de la gestión del espectro radioeléctrico. Este organismo dirigió la asociación y se ocupó de los aspectos técnicos de las pruebas de campo.
- 2) **Autoridad Nacional de Televisión:** Organismo público responsable de todos los aspectos reglamentarios del servicio de televisión, incluida la asignación de frecuencias a la radiodifusión de televisión. Su participación consistió en la inspección de las pruebas y la emisión de autorizaciones para utilizar todas las frecuencias de radiodifusión de televisión disponibles.
- 3) **Ministerio de Educación Nacional:** Ente público encargado de formular la política nacional de educación competitiva y de calidad. Este ministerio facilitó una lista de las escuelas primarias rurales sin conexión que satisfacían una serie de criterios. También colaboró en la evaluación del beneficio social de las pruebas.
- 4) **Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones:** Ministerio responsable de definir la política nacional en materia de TIC. Su participación en la prueba consistió en la evaluación de la calidad de funcionamiento de la tecnología para futuros proyectos sociales y en obtener una lista de proveedores de servicios Internet y de emplazamientos con acceso a Internet disponibles para las pruebas de campo.

- 5) **Computadores para Educar:** Organización publico-privada cuya misión es suministrar computadoras a las escuelas públicas de todo el país para fomentar el acceso a las TIC con fines educativos. Esta organización facilitó una lista de las escuelas públicas que poseían al menos una computadora (muchas escuelas públicas carecen de computadoras). Además, impartió conferencias de información sobre las TIC a los docentes de las escuelas seleccionadas.
- 6) **Ejército de Colombia:** El Ejército participó en las pruebas de campo de diversas maneras, por ejemplo, yendo a todas y cada una de las escuelas candidatas para determinar sus coordenadas geográficas y asegurando la instalación de los dispositivos de espacio blanco de televisión.
- 7) **Microsoft:** Esta empresa privada donó los dispositivos probados, sufragó su instalación y facilitó el asesoramiento técnico global.
- 8) **Azteca Comunicaciones:** Esta empresa privada es el principal operador de red de fibra óptica en Colombia. El Ministerio de TIC recurrió a ella para obtener acceso a Internet para las pruebas de campo. También participó en la instalación y el mantenimiento de los dispositivos.

Los resultados de las pruebas de campo demostraron la rápida adopción de los servicios de TIC en las escuelas y comunidades. Aunque las pruebas de campo se llevaron a cabo durante un plazo de tres meses, dichas escuelas siguieron recibiendo servicio de Internet inalámbrico durante un año. A lo largo de ese tiempo, los profesores informaron a los alumnos y a la población acerca de la utilización de las computadoras, de Internet y de los servicios de TIC. Los alumnos utilizaron el servicio Internet en las clases durante la mañana, mientras que el resto de la población pudo hacerlo durante la tarde con fines recreativos. El contenido educativo fuera de línea integrado en las computadoras y tabletas de las escuelas se complementó con contenidos en línea creados por el Ministerio de Educación Nacional, ampliando notablemente los recursos disponibles para las sesiones de información.

Además, la calidad de funcionamiento NLoS resultó satisfactoria, confirmando así que es preferible utilizar bandas de frecuencias inferiores para la conexión del último kilómetro en el montañoso terreno colombiano. En la Fig. A11-1 se muestra uno de los perfiles orográficos con múltiples obstáculos a la LoS donde se estableció con éxito la comunicación.

FIGURA A11-1  
Perfil orográfico de un enlace satisfactorio con múltiples obstáculos a la LoS



#### 4 Reglamentación de los TVWS

En Colombia la reglamentación de los TVWS está incluida en el régimen sin licencia, lo que implica que un dispositivo TVWS debe cesar de funcionar si causa interferencia a la recepción de televisión. Asimismo, las estaciones de radiodifusión de televisión presentes y futuras, además de toda nueva atribución de frecuencias, tienen prioridad sobre cualquier dispositivo TVWS.

Además, en la reglamentación de TVWS de Colombia se fijan además límites máximos de potencia de transmisión y de emisiones no deseadas de manera que los dispositivos fabricados en el extranjero sean compatibles, logrando así economías de escala. La ganancia máxima de antena se ha seleccionado para permitir la mayoría de tipos de antenas de ondas decimétricas (UHF), como las antenas de panel, Yagi y log-periódicas.

Además, dado que el objetivo de Colombia con los TVWS es conectar las zonas rurales aisladas, sólo están autorizados los dispositivos fijos, que permiten grandes distancias de conexión.

Además, dado que el CPE puede estar a hasta 20 km de la EB, la disponibilidad de canales del CPE y de la EB puede ser distinta. Por consiguiente, se necesita una capacidad de geolocalización automática tanto en la EB como en el CPE. No obstante, se está revisando esta limitación, dado que los CPE actualmente disponibles no la soportan.

Por último, los dispositivos que soliciten a la base de datos una lista de canales disponibles deben comunicar el canal elegido, lo que ofrece información útil a la hora de detectar y solucionar cualquier caso de interferencia.

#### 5 Despliegue de TVWS

En abril de 2018 varias organizaciones públicas y empresas privadas de Colombia habían desplegado TVWS a fin de valorar la calidad de funcionamiento de los dispositivos en comparación con otras tecnologías alternativas. La mayoría de esos despliegues se han efectuado en los sectores educativo y agrícola.

Dado que la base de datos TVWS de Colombia no estaba en marcha cuando se llevaron a cabo esos despliegues, la administración comunicó directamente a los operadores interesados cuáles eran los canales disponibles y los dispositivos se configuraron manualmente para transmitir por esos canales. Estos despliegues deberán ajustarse para poder recibir la disponibilidad de canales de la base de datos cuando esta última esté operativa.

### REFERENCIAS

- [1] T. Yucek and H. Arslan, «A survey of spectrum sensing algorithms for cognitive radio applications,» IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 11, páginas 116-130, marzo de 2009.
- [2] H. Sun, A. Nallanathan, C. Wang and Y. Chen, «Wideband spectrum sensing for cognitive radio networks: A survey» IEEE Wireless Communications, vol. 20, páginas 74-81, abril de 2013.
- [3] Informe ECC 159: Technical and operational requirements for the possible operation of cognitive radio systems in the 'white spaces' of the frequency band 470-790 MHz.
- [4] Informe ECC 185: Further definition of requirements for the operation of white space devices in the technical and operational band 470-790 MHz.
- [5] Informe ECC 186: Technical and operational requirements for the operation of white space devices under geo-location approach.
- [6] Informe ECC 236: Guidance for national implementation of a regulatory framework for TV WSD using geolocation databases.

- [7] Plan básico de utilización de los espacios en blanco de la televisión, diciembre de 2011, Corea (Rep. de)
  - [8] Estudio de un plan de utilización y activación del servicio en los espacios en blanco de la televisión, diciembre de 2011, Korea Radio Promotion Association (RAPA)
  - [9] Estudio de la elaboración de una reglamentación para la utilización compartida del espectro mediante acceso a una base de datos, 2013, Korea Radio Promotion Association (RAPA)
  - [10] Taller sobre TVWS en Corea, noviembre de 2015, Korea Radio Promotion Association (RAPA)
  - [11] 'Protection of Incumbent Services and Its Impact on Coverage of TV Band Device Networks in TV White Space'. Febrero de 2016. ETRI Journal, Volumen 38, número 1.
  - [12] F. C. Commission, «Second Report and Order and Memorandum Opinion And Order» 2008.
  - [13] O. F. C. Commission, «OET Report FCC/OET 07-TR-1003: Interference Rejection Thresholds of Consumer Digital Television Receivers Available in 2005 and 2006», 2007.
  - [14] Sector de Radiocomunicaciones, «BT.1368: Criterios para la planificación, incluidas las relaciones de protección, de los servicios de televisión digital terrenal en las bandas de ondas métricas/decimétricas».
  - [15] Sector de Radiocomunicaciones, «BT.2033: Criterios para la planificación, incluidas las relaciones de protección, para la segunda generación de los sistemas de radiodifusión de televisión digital terrenal en las bandas de ondas métricas/decimétricas».
-