



Agencia Nacional del Espectro

**SUBDIRECCIÓN DE GESTIÓN Y PLANEACIÓN TÉCNICA DEL
ESPECTRO**

**ESTUDIO DEL ESPECTRO EN LA BANDA DE FRECUENCIAS DE
1400 MHZ**

ENERO DE 2021

TABLA CONTENIDO

LISTA DE TABLAS	IV
LISTA DE FIGURAS	V
ACRÓNIMOS.....	VI
INTRODUCCIÓN.....	7
1 BANDA DE FRECUENCIAS DE 1400 MHZ	8
1.1 ATRIBUCIÓN ACTUAL	8
1.2 CONTEXTO NACIONAL	10
1.3 CONTEXTO INTERNACIONAL.....	10
1.3.1 Organismos y asociaciones internacionales de telecomunicaciones	11
1.3.1.1 Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT).....	11
1.3.1.2 Comisión Interamericana de Telecomunicaciones (CITEL).....	12
1.3.1.3 Telecomunidad Asia Pacífico (APT)	12
1.3.1.4 Conferencia Europea de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones (CEPT).....	12
1.3.1.5 Proyecto Asociación de Tercera Generación (3GPP)	14
1.3.2 Administraciones de espectro	15
1.3.2.1 Alemania	16
1.3.2.2 Austria	16
1.3.2.3 China.....	16
1.3.2.4 Holanda.....	17
1.3.2.5 Italia.....	18
1.3.2.6 Japón	18
1.3.2.7 Reino Unido.....	19
1.3.2.8 Suiza	19
1.4 OCUPACIÓN DE LA BANDA EN COLOMBIA	19
1.5 CONVIVENCIA	21
1.6 TECNOLOGÍAS DE BANDA ANCHA	22
1.7 ECOSISTEMA DE EQUIPOS	23
1.8 SOLICITUDES DE ESPECTRO	26
2 PROPUESTA DE USO DE LA BANDA DE FRECUENCIAS DE 1400 MHZ.....	29
2.1 TIPO DE SISTEMAS DE RADIOCOMUNICACIONES.....	29
2.2 PLAN DE DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS.....	29
2.3 CONDICIONES TÉCNICAS	31

2.4	MODIFICACIONES A LA NORMATIVIDAD DE ESPECTRO	31
2.5	GESTIÓN DEL ESPECTRO	32
3	CONSULTA PÚBLICA	33
4	CONCLUSIONES	34
	REFERENCIAS	36

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Notas internacionales de atribución del espectro relacionadas con la banda de frecuencias de 1400 MHz en la Región 2 de la UIT.	9
Tabla 2. Disposiciones de frecuencias recomendadas por la UIT para IMT en la banda de frecuencias de 1400 MHz.	11
Tabla 3. Bandas de operación definidas por el 3GPP para la tecnología LTE en la banda de frecuencias de 1400 MHz.	14
Tabla 4. Bandas de operación definidas por el 3GPP para la tecnología NR en la banda de frecuencias de 1400 MHz.	15
Tabla 5. Límites de emisiones no deseadas para la implementación de sistemas locales de comunicaciones móviles de banda ancha en la banda de 1427 – 1452 MHz.....	22
Tabla 6. Ecosistema de dispositivos de comunicaciones móviles de banda ancha en la banda de frecuencias de 1400 MHz.....	23
Tabla 7. Resumen de características de dispositivos de banda ancha móvil en la banda de frecuencias de 1400 MHz.	26
Tabla 8. Solicitudes de permisos de uso del espectro para sistemas locales de comunicaciones móviles de banda ancha en 380 – 400 MHz.	27

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Atribución de la banda de frecuencias de 1400 MHz en Colombia.....	8
Figura 2. Plan de distribución de canales de la Tabla 17 y la Tabla 18 del CNABF.	10
Figura 3. Disposiciones de frecuencias recomendadas por la UIT para IMT en la banda de frecuencias de 1400 MHz.	12
Figura 4. Distribución de frecuencias armonizada por la CEPT para la banda de frecuencias de 1400 MHz.	13
Figura 5. Espectro asignado en la banda de 1400 MHz en Alemania.	16
Figura 6. Espectro asignado en la banda de 1400 MHz en Austria.	16
Figura 7. Espectro asignado en la banda de 1400 MHz en Holanda.....	18
Figura 8. Espectro asignado en la banda de 1400 MHz en Italia.	18
Figura 9. Espectro asignado en la banda de 1400 MHz en Japón.	18
Figura 10. Espectro asignado en la banda de 1400 MHz en el Reino Unido.....	19
Figura 11. Espectro asignado en la banda de 1400 MHz en Suiza.	19
Figura 12. Ocupación de la banda de frecuencias de 1400 MHz.	20
Figura 13. Ubicación de los radioenlaces con permisos de uso del espectro en la banda de frecuencias de 1400 MHz.	20
Figura 14. Propuesta de plan de banda para redes de comunicaciones móviles de banda ancha en la banda de frecuencias de 1400 MHz.	31

ACRÓNIMOS

3GPP	Proyecto Asociación de Tercera Generación (por sus siglas en inglés)
ANE	Agencia Nacional del Espectro
APT	Telecomunidad Asia Pacífico (por sus siglas en inglés)
BNetz	Agencia Federal de Redes (por sus siglas en alemán)
CCSA	Asociación China de Estándares de Comunicaciones (por sus siglas en inglés)
CEPT	Conferencia Europea de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones (por sus siglas en francés)
CITEL	Comisión Interamericana de Telecomunicaciones
CNABF	Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias
E-UTRA	Red de Acceso de Radio Terrestre UMTS Evolucionada (por sus siglas en inglés)
FDD	Duplexación por División de Frecuencia (por sus siglas en inglés)
IMT	Telecomunicaciones Móviles Internacionales (por sus siglas en inglés)
LTE	Evolución a Largo Plazo (por sus siglas en inglés),
M2M	Maquina a Máquina (por sus siglas en inglés)
MinTIC	Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
NR	New Radio
Ofcom	Oficina de Comunicaciones, del Reino Unido
PPDR	Protección Pública y Operaciones de Socorro (por sus siglas en inglés)
PRST	Proveedor de Redes y Servicios de Telecomunicaciones
PSO	Proceso de Selección Objetiva
RR	Reglamento de Radiocomunicaciones, de la UIT
RTR	Regulador de Radiodifusión y Telecomunicaciones (por sus siglas en alemán), de Austria
S-DAB	Radiodifusión Digital de Audio por Satélite (por sus siglas en inglés)
SDL	Enlace Descendente Suplementario (por sus siglas en inglés)
SETS	Servicio de Exploración de la Tierra por Satélite
SGE	Sistema de Gestión de Espectro
T-DAB	Radiodifusión Digital de Audio Terrestre (por sus siglas en inglés)
TDD	Duplexación por División de Tiempo (por sus siglas en inglés)
UIT	Unión Internacional de Telecomunicaciones

INTRODUCCIÓN

Dentro de las actividades de planeación del espectro radioeléctrico realizadas en el año 2019 por la Agencia Nacional del Espectro (ANE) se identificó la necesidad de evaluar la posibilidad de implementar sistemas locales de comunicaciones móviles de banda ancha en la banda de frecuencias de 1400 MHz.

En la sección 1 del presente documento se describe el estudio de gestión y planeación del espectro realizado en la banda de frecuencias de 1400 MHz, destacando aspectos como la atribución del espectro, el contexto nacional e internacional de la banda, la ocupación y la disponibilidad de la banda, la convivencia con otros servicios de radiocomunicación, las tecnologías de banda ancha identificadas que funcionan en la banda, el ecosistema de equipos disponible en la banda y las solicitudes de espectro relacionadas con sistemas locales de comunicaciones móviles de banda ancha realizadas por los usuarios del espectro en Colombia..

En la sección 2 se describe la propuesta de uso futuro del espectro radioeléctrico de la banda de frecuencias de 1400 MHz, haciendo énfasis en el tipo de sistemas de radiocomunicaciones a implementar en la banda, el plan de distribución de frecuencias, las condiciones técnicas de operación que deben cumplir los dispositivos de radiocomunicaciones, las modificaciones normativas necesarias para implementar la propuesta y unas recomendaciones finales sobre la gestión del espectro en la banda.

Ya en la sección 3 se presenta una consulta pública sobre la propuesta de uso del espectro en la banda de frecuencias de 1400 MHz, la cual contiene preguntas orientadoras para conocer la percepción de los usuarios del espectro acerca del posible uso de esta banda.

Finalmente, en la sección 4 se presentan las conclusiones del estudio de gestión y planeación del espectro radioeléctrico realizado.

1 BANDA DE FRECUENCIAS DE 1400 MHZ

El espectro radioeléctrico comprendido entre 1427 y 1518 MHz, en adelante banda de frecuencia de 1400 MHz, ha sido establecido e identificado por organismos internacionales del sector de telecomunicaciones como una de las bandas de frecuencias en donde se implementan sistemas de Telecomunicaciones Móviles Internacionales (IMT, por sus siglas en inglés). En el mundo esta porción de espectro se ha establecido para la implementación tanto de sistemas IMT como de sistemas locales de comunicaciones móviles de banda ancha para satisfacer las necesidades de comunicaciones en importantes sectores de la industria como agua potable y saneamiento básico, energía eléctrica, gas, minería, petróleo, seguridad pública y transporte, entre otros.

En esta sección se describen la atribución del espectro en la banda de frecuencias de 1400 MHz, el contexto nacional e internacional de la banda, la ocupación de la banda, la convivencia entre los servicios de radiocomunicación que convergen en la banda, las tecnologías de banda ancha identificadas que funcionan en la banda, el ecosistema de equipos de radiocomunicaciones disponible y las solicitudes de espectro relacionadas con sistemas locales de comunicaciones móviles de banda ancha.

1.1 ATRIBUCIÓN ACTUAL

Figura 1. Atribución de la banda de frecuencias de 1400 MHz en Colombia.

1400-1427 MHz	EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (Pasivo)	RADIOASTRONOMÍA	INVESTIGACIÓN ESPACIAL (Pasivo)
1427-1429 MHz	FIJO		MÓVIL salvo móvil aeronáutico
1429-1452 MHz	FIJO		MÓVIL
1452-1492 MHz	FIJO		MÓVIL
1492-1518 MHz	FIJO		MÓVIL
1518-1525 MHz	FIJO	MÓVIL	MÓVIL POR SATÉLITE (espacio-Tierra)

Fuente: Extraído del aplicativo web del CNABF de la ANE.

El Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias (CNABF) muestra la banda de frecuencias de 1400 MHz atribuida a título primario para los servicios de radiocomunicaciones fijo y móvil, sin embargo, en el rango de frecuencias de 1427 – 1429 MHz el servicio móvil está restringido para el servicio móvil aeronáutico [1]. La atribución completa de la banda de frecuencias puede observarse en la Figura 1, mientras que el resumen de cada una de las notas internacionales relacionadas con la atribución de esa porción de espectro en la Región 2 de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT)Tabla 1[1].

Por otro lado, el rango de frecuencias de 1400 – 1427 MHz, el cual se encuentra en adyacencia inferior a la banda de frecuencias de 1400 MHz, está atribuido a título primario a los servicios de radiocomunicación de exploración de la Tierra por satélite (pasivo), de radioastronomía y de investigación espacial (pasivo) [1]; y el rango de frecuencias de 1518 – 1525 MHz, el cual se encuentra en adyacencia superior a la banda de frecuencias de 1400 MHz, está atribuido a título primario al servicio de radiocomunicación móvil por satélite (espacio – Tierra) [1].

Tabla 1. Notas internacionales de atribución del espectro relacionadas con la banda de frecuencias de 1400 MHz en la Región 2 de la UIT.

Nota Internacional	Frecuencias (MHz)	Descripción
5.338A	1427 – 1452	Establecimiento de límites de emisiones no deseadas a los sistemas IMT para la protección del servicio de exploración de la Tierra por satélite (pasivo)
5.341	1400 – 1727	Información sobre utilización del espectro para operaciones de investigación pasiva de búsqueda de emisiones extraterrestres
5.341B	1427 – 1518	Identificación del espectro para la implementación de IMT en toda la Región 2
5.343	1435 – 1535	Prioridad del servicio móvil aeronáutico usado para la telemedida aeronáutica sobre otros usos del servicio móvil
5.344	1452 – 1525	Atribución sustitutiva para la Administración de Estados Unidos de América para los servicios fijo y móvil
5.345	1452 – 1492	Limitación de los servicios de radiodifusión y de radiodifusión por satélite para uso sonoro solamente

Fuente: Elaborado ANE con información del CNABF.

Respecto a las notas internacionales de atribución del espectro en la banda de frecuencias de 1400 MHz relacionadas con el servicio móvil, es importante destacar que la nota 5.341B establece

que esta porción de espectro ha sido identificada por la UIT para aquellas administraciones de la Región 2 que deseen implementar sistemas IMT [1].

Los sistemas locales de comunicaciones móviles de banda ancha están relacionados con el servicio de radiocomunicación móvil, razón por la cual la atribución actual del espectro radioeléctrico en Colombia permite la implementación de dichos sistemas en el país.

1.2 CONTEXTO NACIONAL

En Colombia las bandas de frecuencias de 1427 – 1452 MHz y 1492 – 1518 MHz se han establecido para el funcionamiento de radioenlaces punto a punto del servicio de radiocomunicación fijo a través de las Tablas 17 y 18 del CNABF [1]. Sin embargo, los permisos otorgados por el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC) bajo las mencionadas tablas solamente se pueden otorgar con un plazo máximo de vigencia hasta el 31 de diciembre del año 2023 [2].

Figura 2. Plan de distribución de canales de la Tabla 17 y la Tabla 18 del CNABF.

T17 CH1 1428,5 2 MHz	T17 CH2 1430,5 2 MHz	T17 CH3 1432,5 2 MHz	T17 CH4 1434,5 2 MHz	T17 CH5 1436,5 2 MHz	T17 CH6 1438,5 2 MHz	T17 CH7 1440,5 2 MHz	T17 CH8 1442,5 2 MHz	T17 CH9 1444,5 2 MHz	T17 CH10 1446,5 2 MHz	T17 CH11 1448,5 2 MHz	T17 CH12 1450,5 2 MHz		
...													
T17 CH 1' 1493,5 2 MHz	T17 CH 2' 1495,5 2 MHz	T17 CH 3' 1497,5 2 MHz	T17 CH 4' 1499,5 2 MHz	T17 CH 5' 1501,5 2 MHz	T17 CH 6' 1503,5 2 MHz	T17 CH 7' 1505,5 2 MHz	T17 CH 8' 1507,5 2 MHz	T17 CH 9' 1509,5 2 MHz	T17 CH 10' 1511,5 2 MHz	T17 CH 11' 1513,5 2 MHz	T17 CH 12' 1515,5 2 MHz		
T18 CH1 1429 3,5 MHz	T18 CH2 1432,5 3,5 MHz	T18 CH3 1436 3,5 MHz	T18 CH4 1439,5 3,5 MHz	T18 CH5 1443 3,5 MHz	T18 CH6 1446,5 3,5 MHz	T18 CH7 1450 3,5 MHz	T18 CH 1' 1494 3,5 MHz	T18 CH 2' 1497,5 3,5 MHz	T18 CH 3' 1501 3,5 MHz	T18 CH 4' 1504,5 3,5 MHz	T18 CH 5' 1508 3,5 MHz	T18 CH 6' 1511,5 3,5 MHz	T18 CH 7' 1515 3,5 MHz

Fuente: Elaborado ANE.

Por otra parte, la banda de 1400 MHz ha sido reservada para la futura operación de los sistemas IMT como lo establece el artículo 1.7.2 de la Resolución 105 de 2020 de la ANE [2].

1.3 CONTEXTO INTERNACIONAL

Las administraciones de espectro a nivel mundial son autónomas respecto a la definición del uso del espectro dentro de sus territorios. Sin embargo, sus decisiones muchas veces están basadas en trabajos que realizan algunos organismos y asociaciones internacionales de telecomunicaciones. En esta sección se expondrán tanto las recomendaciones de los mencionados organismos y asociaciones, como los usos establecidos por diferentes administraciones de espectro a nivel mundial sobre la banda de frecuencias de 1400 MHz, información que resulta de gran utilidad para soportar las decisiones que se tomen respecto a esta banda de frecuencias en Colombia.

1.3.1 Organismos y asociaciones internacionales de telecomunicaciones

A continuación, se exponen las recomendaciones sobre el uso de la banda de frecuencias de 1400 MHz que han expedido los organismos y asociaciones internacionales de telecomunicaciones.

1.3.1.1 Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT)

El Reglamento de Radiocomunicaciones (RR) de la UIT establece en su nota de atribución 5.341B que el rango de frecuencias comprendido entre 1427 y 1518 MHz ha sido identificado para la Región 2, a la que pertenece Colombia, para ser utilizado por las administraciones de espectro que deseen implementar sistemas IMT [3]. Dicha identificación también fue realizada en la Región 3 de la UIT a través de las notas de atribución 5.341C y 5.346A [3]. Respecto a la Región 1 de la UIT, las bandas de frecuencias de 1427 – 1452 MHz y 1492 – 1518 MHz han sido identificadas regionalmente para la implementación de sistemas IMT, sin embargo, el rango de frecuencias de 1452 – 1492 MHz solo ha sido identificado por algunos países de África y del Medio Oriente a través de la nota de atribución 5.346 [3] debido a que los países europeos no lograron consenso para realizar la mencionada identificación.

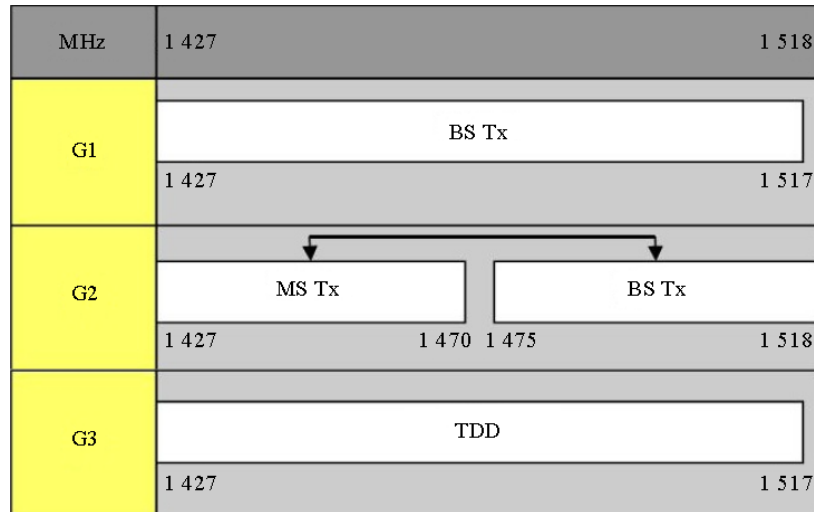
Adicionalmente, la UIT ha recomendado que para el despliegue de las IMT en la banda de frecuencias de 1400 MHz se utilicen 3 disposiciones de frecuencias, una en configuración de Duplexación por División de Frecuencia (FDD, por sus siglas en inglés), otra en configuración de Duplexación por División de Tiempo (TDD, por sus siglas en inglés) y otra en configuración de Enlace Descendente Suplementario (SDL, por sus siglas en inglés) [4], las cuales pueden observarse en la Tabla 2 y en la Figura 3.

Tabla 2. Disposiciones de frecuencias recomendadas por la UIT para IMT en la banda de frecuencias de 1400 MHz.

Disposiciones de frecuencias	Disposiciones apareadas (FDD)				Disposiciones no apareadas (TDD) (MHz)
	Estación móvil transmisora (MHz)	Separación central (MHz)	Estación base transmisora (MHz)	Separación dúplex (MHz)	
G1 (SDL)	Externa	–	1427 – 1517	–	Ninguna
G2 (FDD)	1427 – 1470	5	1475 – 1518	48	Ninguna
G3 (TDD)	–	–	–	–	1427 – 1517

Fuente: Adaptado de [4].

Figura 3. Disposiciones de frecuencias recomendadas por la UIT para IMT en la banda de frecuencias de 1400 MHz.



Fuente: Extraído de [4].

1.3.1.2 Comisión Interamericana de Telecomunicaciones (CITEL)

La Comisión Interamericana de Telecomunicaciones (CITEL) ha recomendado que como disposición de frecuencias para la implementación de sistemas IMT en la banda de 1400 MHz se utilice el rango de frecuencias de 1427 – 1517 MHz en configuración SDL, es decir, la denominada por la UIT como G1 [5]. Adicionalmente, recomienda que se utilice toda la banda de frecuencias y no porciones dentro de esta, para maximizar el beneficio de las economías de escala [5]. Por otro lado, la CITEL menciona que la disposición de frecuencias G1 maximiza la armonización global para los sistemas IMT [5].

1.3.1.3 Telecomunidad Asia Pacífico (APT)

La Telecomunidad Asia Pacífico (APT, por sus siglas en inglés) realizó un reporte para guiar a las administraciones de espectro de la Región 3 de la UIT en el establecimiento de arreglos de frecuencias para radiocomunicaciones de Protección Pública y Operaciones de Socorro (PPDR, por sus siglas en inglés). Dentro de dicho reporte la APT identificó que en la administración de China se estableció la banda de frecuencias de 1447 – 1467 MHz para la implementación de sistemas PPDR de banda ancha con un arreglo de frecuencia en configuración TDD [6].

1.3.1.4 Conferencia Europea de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones (CEPT)

La Conferencia Europea de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones (CEPT, por sus siglas en francés) decidió armonizar en el año 2002 la banda de frecuencias de 1452 – 1479.5 MHz para implementar sistemas de Radiodifusión Digital de Audio Terrestre (T-DAB, por sus

siglas en inglés) y en el año 2003 la banda de frecuencias de 1479.5 – 1492 MHz para implementar sistemas de Radiodifusión Digital de Audio por Satélite (S-DAB, por sus siglas en inglés), sin embargo, esta última se deshizo en el año 2013 tras la falta de desarrollo de dichos sistemas [7].

Ya para el año 2010, la CEPT decidió evaluar el mejor uso para la banda de frecuencias de 1452 – 1492 MHz y concluyó que lo más apropiado era que dicha porción de espectro se utilizara para la implementación del enlace de bajada suplementario de sistemas IMT [7]. Decisión que además incluyó la identificación de las bandas de 1427 – 1452 MHz y 1492 – 1518 MHz para la implementación de sistemas IMT por parte de la UIT en la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones del año 2015. De esta manera, la CEPT estableció que toda la banda de 1400 MHz se utilizara para la implementación del enlace suplementario de bajada de sistemas IMT con la distribución de frecuencias mostrada en la Figura 4 [8].

Figura 4. Distribución de frecuencias armonizada por la CEPT para la banda de frecuencias de 1400 MHz.

1427 MHz																1518 MHz		
1427	1432	1437	1442	1447	1452	1457	1462	1467	1472	1477	1482	1487	1492	1497	1502	1507	1512	1517
1432*	1437	1442	1447	1452	1457	1462	1467	1472	1477	1482	1487	1492	1497	1502	1507	1512	1517*	1518
Downlink (base station transmit)																		Guard band
90 MHz (18 blocks of 5 MHz)																		1 MHz

Fuente: Extraído de [8].

Adicionalmente, para la implementación del enlace suplementario de bajada de sistemas IMT en la banda de 1400, la CEPT ha recomendado las siguientes prácticas de gestión a las administraciones de espectro de Europa, para asegurar la correcta coexistencia de los sistemas IMT con otros servicios que operan en bandas adyacentes [8]:

- I. Solo restringir la PIRE de las estaciones base hasta un valor máximo de 68 dBm cuando sea estrictamente necesario, ya que la banda puede agregarse en configuración FDD con otras bandas más bajas, y una mayor PIRE sobre el espectro usado como SDL puede beneficiar la capacidad de la celda de la estación base.
- II. Coordinar la distancia de separación de las estaciones de cada servicio cuando sea necesario.
- III. Restringir la PIRE de las estaciones base que operan en la banda de frecuencias de 1512 – 1517 MHz hasta un valor máximo de 58 dBm.
- IV. Para las bandas de frecuencias de 1427 – 1452 MHz y 1492 – 1517 MHz: Las emisiones fuera de banda deben ser de máximo 16.3 dBm para valores entre -5 y 5 MHz contados a partir del borde del canal, 11 dBm para valores desde -10 hasta -5 MHz y desde 5 hasta 10 MHz, contados a partir del borde del canal, y 9 dBm para valores menores a -10 MHz y mayores a 10 MHz, todos tomados en un ancho de banda de medición de 5 MHz.

- V. Las emisiones no deseadas en la banda de frecuencias de 1400 – 1427 MHz de una estación base operando en la banda de frecuencias de 1427 – 1452 MHz no debe superar un valor de -72 dBW medido en el puerto de antena.
- VI. Las emisiones fuera de banda para estaciones base operando en la banda de frecuencias de 1492 – 1517 MHz deben ser de máximo -0.8 dBm para frecuencias desde 1518 hasta 1520 Mhz y -30 dBm para frecuencias desde 1520 hasta 1559 MHz, ambos valores medidos en un ancho de banda de 1 MHz.

1.3.1.5 Proyecto Asociación de Tercera Generación (3GPP)

El Proyecto Asociación de Tercera Generación (3GPP, por sus siglas en inglés) es una unión de organizaciones de desarrollo de estándares de telecomunicaciones que proporciona informes y especificaciones que definen las tecnologías de los sistemas IMT. Entre los estándares desarrollados por esta asociación se encuentra la tecnología Red de Acceso de Radio Terrestre UMTS Evolucionada (E-UTRA, por sus siglas en inglés), conocida también como Evolución a Largo Plazo (LTE, por sus siglas en inglés), para la cual se han definido 9 bandas de operación en la banda de frecuencias de 1400 MHz [9], 6 en configuración FDD y 3 en configuración TDD, como se puede observar a continuación en la Tabla 3.

Tabla 3. Bandas de operación definidas por el 3GPP para la tecnología LTE en la banda de frecuencias de 1400 MHz.

Banda de operación LTE	Banda de operación para el enlace de subida (UL)	Banda de operación para el enlace de bajada (DL)	Modo dúplex
	F _{UL_baja} – F _{UL_alta}	F _{DL_baja} – F _{DL_alta}	
11	1427.9 MHz – 1447.9 MHz	1475.9 MHz – 1495.9 MHz	FDD
21	1447.9 MHz – 1462.9 MHz	1495.9 MHz – 1510.9 MHz	FDD
32	N/A	1452 MHz – 1496 MHz	FDD
45	1447 MHz – 1467 MHz	1447 MHz – 1467 MHz	TDD
50	1432 MHz – 1517 MHz	1432 MHz – 1517 MHz	TDD
51	1427 MHz – 1432 MHz	1427 MHz – 1432 MHz	TDD
74	1427 MHz – 1470 MHz	1475 MHz – 1518 MHz	FDD
75	N/A	1432 MHz – 1517 MHz	FDD
76	N/A	1427 MHz – 1432 MHz	FDD

Fuente: adaptado de [9].

Las bandas 32, 75 y 76 solo se pueden utilizar cuando la tecnología LTE es configurada con agregación de portadoras, es decir, la banda de operación para el enlace de bajada funciona en la banda de frecuencias de 1400 MHz, mientras que la banda de operación para el enlace de subida funciona en otra banda diferente, en este caso la banda de 1400 MHz funciona en configuración SDL.

Otro de los estándares desarrollados por la 3GPP es la tecnología de radio acceso de quinta generación conocida como New Radio (NR), para la cual se han definido 9 bandas de operación en la banda de frecuencias de 1400 MHz [10], 1 en configuración FDD, 4 en configuración parcialmente FDD (el uplink está en otra banda diferente y el downlink en la banda de 1400 MHz), 2 en configuración SDL y 2 en configuración TDD, como se puede observar a continuación en la Tabla 4.

Tabla 4. Bandas de operación definidas por el 3GPP para la tecnología NR en la banda de frecuencias de 1400 MHz.

Banda de operación NR	Banda de operación para el enlace de subida (UL)	Banda de operación para el enlace de bajada (DL)	Modo dúplex
	$F_{UL_baja} - F_{UL_alta}$	$F_{DL_baja} - F_{DL_alta}$	
n50	1432 MHz – 1517 MHz	1432 MHz – 1517 MHz	TDD
n51	1427 MHz – 1432 MHz	1427 MHz – 1432 MHz	TDD
n74	1427 MHz – 1470 MHz	1475 MHz – 1518 MHz	FDD
n75	N/A	1432 MHz – 1517 MHz	SDL
n76	N/A	1427 MHz – 1432 MHz	SDL
n91	832 MHz – 862 MHz	1427 MHz – 1432 MHz	FDD
n92	832 MHz – 862 MHz	1432 MHz – 1517 MHz	FDD
n93	880 MHz – 915 MHz	1427 MHz – 1432 MHz	FDD
n94	880 MHz – 915 MHz	1432 MHz – 1517 MHz	FDD

Fuente: Adaptado de [10].

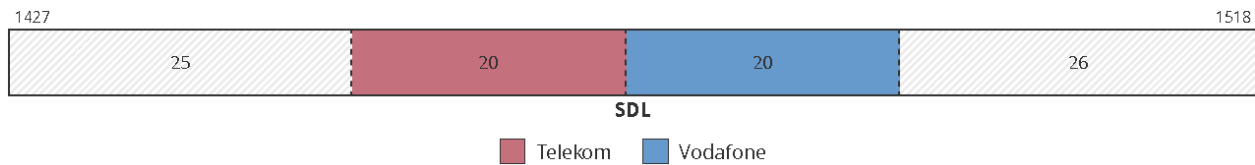
1.3.2 Administraciones de espectro

A continuación, se exponen los usos del espectro en la banda de frecuencias de 1400 MHz implementados por administraciones de espectro del mundo.

1.3.2.1 Alemania

La Agencia Federal de Redes (BNetz, por sus siglas en alemán), oficina encargada de regular el sector de telecomunicaciones en Alemania, realizó una subasta en el año 2015 en donde otorgó espectro de la banda de 1400 MHz a dos operadores de telecomunicaciones: Telekom y Vodafone [11]. Las dos asignaciones obedecen a distribuciones de frecuencias en configuración SDL, repartidas como se observa en la Figura 5.

Figura 5. Espectro asignado en la banda de 1400 MHz en Alemania.

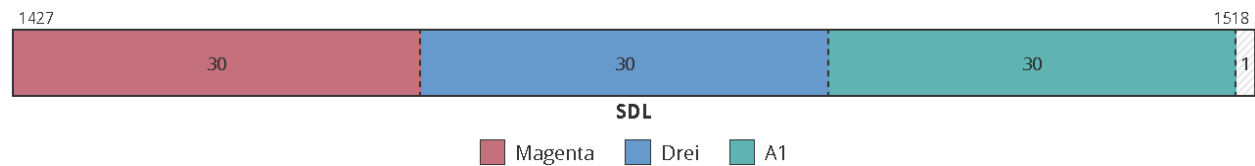


Fuente: Extraído de [12].

1.3.2.2 Austria

El Regulador de Radiodifusión y Telecomunicaciones (RTR, por sus siglas en alemán) de Austria realizó una subasta en septiembre del año 2020, en la cual se otorgó espectro de la banda de 1400 MHz a tres operadores de telecomunicaciones: Magenta Telekom (conocido anteriormente como T-Mobile Austria), Hutchison Drei Austria (H3A) y A1 Telekom Austria [13]. Las tres asignaciones obedecen a distribuciones de frecuencias en configuración SDL, repartidas como se observa en la Figura 6.

Figura 6. Espectro asignado en la banda de 1400 MHz en Austria.



Fuente: Extraído de [12].

1.3.2.3 China

En la República Popular de China se estableció la banda de frecuencias de 1447 – 1467 MHz para la implementación de sistemas locales de comunicaciones móviles de banda ancha para satisfacer las necesidades de comunicaciones para seguridad pública, gestión social y atención de emergencias, entre otros [14]. Para ello se establecieron las siguientes restricciones técnicas para asegurar la convivencia entre sistemas [14]:

- I. Los sistemas de comunicaciones deben funcionar en modo dúplex en configuración TDD.

- II. Los anchos de banda permitidos: 10 y 20 MHz.
- III. La potencia de transmisión debe ser de máximo 46 dBm para las estaciones base y 23 dBm para los terminales de usuario.
- IV. La tolerancia de frecuencia de la estación base debe ser de 0.05×10^{-6} .
- V. Los sistemas locales de comunicaciones móviles de banda ancha deben implementarse principalmente en ciudades grandes y medianas con cobertura delimitada para hacer un re-uso del espectro, la asignación de frecuencias depende de los organismos locales encargados de gestionar el espectro radioeléctrico.
- VI. Las emisiones fuera de banda de los sistemas locales de comunicaciones móviles de banda ancha deben ser menores o iguales a -20 dBm/MHz/canal en 1467.5 MHz, -23 dBm/MHz/canal en 1468.5 MHz, -26 dBm/MHz/canal en 1469.5 MHz, -33 dBm/MHz/canal en 1470.5 MHz, -40 dBm/MHz/canal en 1471.5 MHz y -47 dBm/MHz/canal en 1472 – 1492 MHz.
- VII. Las emisiones no esenciales de los sistemas locales de comunicaciones móviles de banda ancha deben ser menores o iguales a -36 dBm medidos en un ancho de banda de 1 kHz en la banda de 9 – 150 kHz, -36 dBm medidos en un ancho de banda de 10 kHz en la banda de 150 kHz – 30 MHz, -36 dBm medidos en un ancho de banda de 100 kHz en la banda de 30 MHz – 1 GHz y de -30 dBm medidos en un ancho de banda de 1 MHz para frecuencias mayores a 1 GHz.

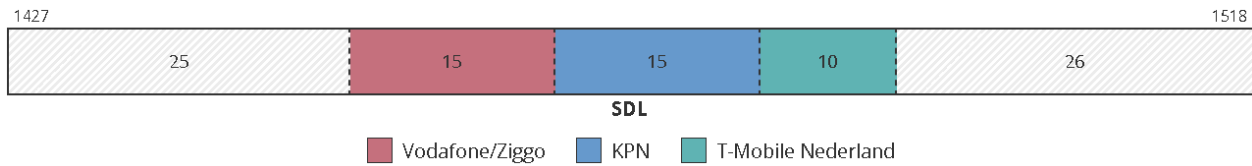
En la ciudad de Nankín se implementó una red de banda ancha móvil en configuración TDD en la banda de frecuencias de 1400 MHz. La red, que para el año 2015 contaba con 236 estaciones base, brinda servicios de trunking de banda ancha, video vigilancia, sistemas de información geográfica y acceso móvil de banda ancha [15].

La ciudad de Tianjin, una de las más pobladas de China, cuenta con una red de banda ancha móvil en configuración TDD en la banda de frecuencias de 1400 MHz. La red cuenta con 110 estaciones base que brindan cobertura en toda la ciudad prestando servicios de trunking de banda ancha y comunicaciones Máquina a Máquina (M2M, por sus siglas en inglés) para monitoreo de terremotos, agua, gas y electricidad [15].

1.3.2.4 Holanda

La Agencia de Telecomunicaciones, oficina encargada de regular el espectro radioeléctrico en Holanda, realizó una subasta en julio del año 2020 en la cual otorgó espectro de la banda de 1400 MHz a tres operadores de telecomunicaciones: KPN, T-Mobile y la unión entre Vodafone y Ziggo [16]. Las tres asignaciones obedecen a distribuciones de frecuencias en configuración SDL [17], repartidas como se observa en la Figura 7.

Figura 7. Espectro asignado en la banda de 1400 MHz en Holanda.

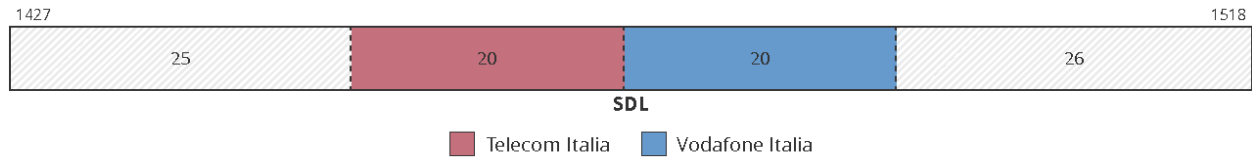


Fuente: adaptado de [12].

1.3.2.5 Italia

En Italia se realizó una subasta en septiembre del año 2015, en la cual se otorgó espectro de la banda de 1400 MHz a dos operadores de telecomunicaciones: Telecom Italia y Vodafone Italia [18]. Las dos asignaciones obedecen a distribuciones de frecuencias en configuración SDL, repartidas como se observa en la Figura 8.

Figura 8. Espectro asignado en la banda de 1400 MHz en Italia.

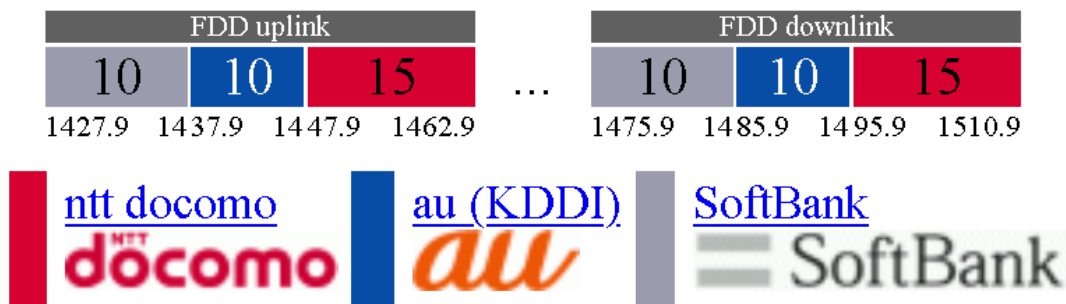


Fuente: Extraído de [12].

1.3.2.6 Japón

En Japón la banda de frecuencias de 1400 MHz se usa para la implementación de sistemas IMT en configuración FDD. Existen tres asignaciones a los operadores de telecomunicaciones au (KDDI), NTT DoCoMo y SoftBank [19] distribuidas como se observa en la Figura 9.

Figura 9. Espectro asignado en la banda de 1400 MHz en Japón.

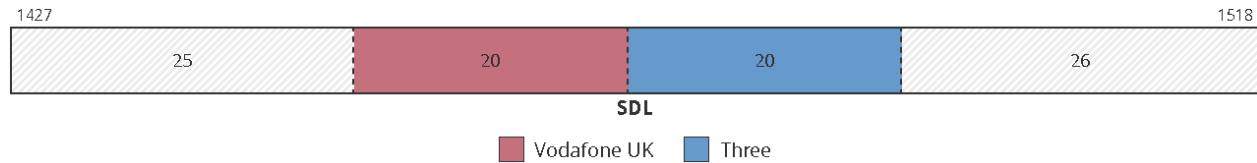


Fuente: Extraído de [19].

1.3.2.7 Reino Unido

La banda de frecuencias de 1452 – 1492 MHz fue asignada en el Reino Unido a Qualcomm en una subasta realizada por la Oficina de Comunicaciones (Ofcom) en mayo de 2008. Sin embargo, dicha licencia no permitía la implementación de sistemas IMT en configuración SDL, uso que había sido recomendado para la Unión Europea para la armonización del espectro, y por tal razón Qualcomm solicitó en el año 2013 una modificación de la licencia otorgada, la cual fue aprobada en el año 2015. Aun así, Qualcomm no pudo usar por si solo el espectro asignado, ya que la banda de frecuencias solo le proporcionaba el enlace de bajada y no contaba con otra banda de frecuencias para poder implementar el enlace de subida. En el año 2015 Qualcomm vendió la licencia de la banda de frecuencias de 1452 – 1492 MHz a las empresas Vodafone UK y Three UK [20], espectro que fue repartido como se observa en la Figura 10.

Figura 10. Espectro asignado en la banda de 1400 MHz en el Reino Unido.

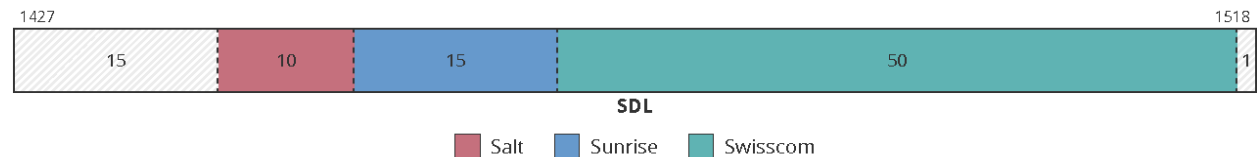


Fuente: Extraído de [12].

1.3.2.8 Suiza

Ofcom realizó una subasta, en nombre de la Comisión Federal de Comunicaciones de Suiza, en febrero del año 2019, en la cual otorgó espectro de la banda de 1400 MHz a tres operadores de telecomunicaciones: Salt, Sunrise y Swisscom [21]. Las tres asignaciones obedecen a distribuciones de frecuencias en configuración SDL, repartidas como se observa en la Figura 11.

Figura 11. Espectro asignado en la banda de 1400 MHz en Suiza.



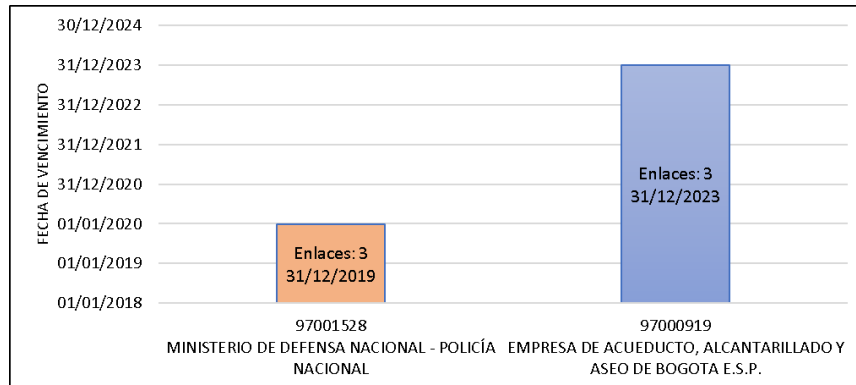
Fuente: Extraído de [12].

1.4 OCUPACIÓN DE LA BANDA EN COLOMBIA

La base de datos del Sistema de Gestión de Espectro (SGE) del MinTIC muestra que en el rango de frecuencias de 1427 – 1518 MHz existe una ocupación representada por un Proveedor de Redes y Servicios de Telecomunicaciones (PRST) que posee 3 permisos de uso del espectro para radioenlaces punto a punto. Anteriormente también existían otros tres permisos de uso del espectro para radioenlaces punto a punto otorgados a otro PRST, sin embargo, la Resolución

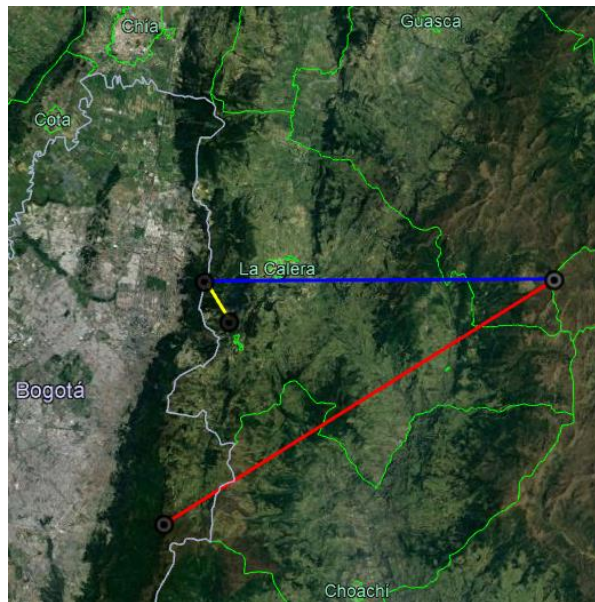
718 de abril 1 de 2019 del MinTIC estableció el 31 de diciembre del año 2019 como fecha máxima de vencimiento de los tres radioenlaces. La lista de PRST, los expedientes, el número de radioenlaces y las fechas de vencimiento de los permisos pueden observarse en la Figura 12. Los radioenlaces con permisos de uso del espectro en la banda de frecuencias de 1400 MHz se encuentran ubicados en cercanías de Bogotá y los municipios de Choachí, Guasca y La Calera en el departamento de Cundinamarca, como se puede observar en la Figura 13.

Figura 12. Ocupación de la banda de frecuencias de 1400 MHz.



Fuente: Elaborado ANE con información del SGE.

Figura 13. Ubicación de los radioenlaces con permisos de uso del espectro en la banda de frecuencias de 1400 MHz.



Fuente: Elaborado ANE con información del SGE.

Mediante comunicación oficial¹, el MinTIC informó a la ANE que la ocupación de la banda de 1400 MHz está representada únicamente por los permisos de uso del espectro a radioenlaces fijos punto a punto y que no existen asignaciones a otros sistemas de ningún otro servicio de radiocomunicación.

La información presentada anteriormente evidencia que la banda de frecuencias de 1400 MHz tiene una alta disponibilidad para la implementación de sistemas locales de comunicaciones móviles de banda ancha en el territorio nacional. Cabe resaltar que a partir del 1 de enero del año 2024 la banda de frecuencias estará completamente disponible.

Por otro lado, mediante comunicación oficial² el MinTIC informó a la ANE que en la banda de frecuencias de 1518 – 1525 MHz no existen permisos de uso del espectro otorgados a proveedores de capacidad satelital u otros relacionados con servicios satelitales, es decir, la mencionada banda de frecuencias no posee ocupación relacionada con el servicio de radiocomunicación móvil por satélite (espacio – Tierra) al que se encuentra atribuida la banda a título primario en Colombia. Sin embargo, en consulta pública sobre bandas IMT realizada por la ANE entre el 19 de agosto y el 25 de septiembre del año 2020, representantes de la industria satelital manifestaron que el espectro comprendido entre 1518 y 1559 MHz es utilizado para la prestación de servicios esenciales tales como aplicaciones terrestres, marítimas y aeronáuticas, además de usos fundamentales del gobierno y la industria, así como también comunicaciones críticas para la seguridad de la vida humana, entre otros; en ese sentido, debido al interés de la industria satelital en el espectro por encima de 1518 MHz, es importante mantener libre la banda de frecuencias de 1492 – 1518 MHz mientras se obtienen resultados de los estudios de convivencia planteados por la UIT entre el servicio móvil y el servicio móvil por satélite (espacio – Tierra) para poder determinar las condiciones técnicas que aseguren la correcta coexistencia sin interferencias perjudiciales entre ambos sistemas.

1.5 CONVIVENCIA

El rango de frecuencias de 1400 a 1427 MHz se encuentra atribuido a un servicio de radiocomunicación sensible a interferencias como lo es el Servicio de Exploración de la Tierra por Satélite (SETS) (pasivo), el cual se encuentra en adyacencia al servicio móvil en la banda de frecuencias de 1400 MHz. Al respecto, la UIT recomendó, a través de la Resolución 750, que para la correcta convivencia entre los mencionados servicios se establezcan los límites a las emisiones no deseadas presentados en la Tabla 5, adicionalmente, mencionó que pueden ser necesarias otras medidas de mitigación como disposiciones de canales, mejores filtros y/o bandas de guarda, con el fin de cumplir con dichos límites de emisiones no deseadas de las estaciones IMT [22]; estas recomendaciones también aplican para la implementación de sistemas locales de comunicaciones móviles de banda ancha. Por otro lado, la UIT menciona que los sensores utilizados en el SETS (pasivo) realizan mediciones en todo el mundo de utilidad para

¹ Radicado MinTIC 201042265.

² Radicado MinTIC 201017602.

todos los países, razón por la cual recomienda que las medidas expuestas anteriormente se adopten en todas las administraciones de espectro, incluso en aquellas donde no se utiliza el SETS (pasivo) [22].

Respecto a la convivencia en la parte superior de la banda de frecuencias de 1400 MHz, existe una atribución al servicio móvil por satélite en la banda de frecuencias de 1518 – 1525 MHz, por lo cual la UIT, a través de la Resolución 223, ha invitado al sector de telecomunicaciones a realizar estudios de convivencia que aseguren la coexistencia entre el servicio móvil por satélite y los sistemas IMT en la banda de frecuencias de 1492 – 1518 MHz [23]. Por esta razón, para poder implementar en Colombia sistemas locales de comunicaciones móviles de banda ancha en la banda de 1492 – 1518 MHz se debe primero realizar el mencionado estudio de convivencia para determinar las condiciones técnicas que aseguren la coexistencia en adyacencia de los nuevos sistemas y los sistemas incumbentes.

Tabla 5. Límites de emisiones no deseadas para la implementación de sistemas locales de comunicaciones móviles de banda ancha en la banda de 1427 – 1452 MHz.

Banda atribuida al SETS (pasivo)	Banda atribuida a los servicios activos	Servicio activo	Límites de la potencia de las emisiones no deseadas de las estaciones de servicios activos en un ancho de banda determinado en la banda atribuida al SETS (pasivo) ³ .
1400 – 1427 MHz	1427 – 1452 MHz	Móvil	–72 dBW en los 27 MHz de la banda del SETS (pasivo) para estaciones base IMT. –62 dBW en los 27 MHz de la banda del SETS (pasivo) para estaciones móviles IMT. ⁴

Fuente: adaptado de [22].

1.6 TECNOLOGÍAS DE BANDA ANCHA

Los sistemas de comunicaciones móviles de banda ancha que pueden funcionar en la banda de frecuencias de 1400 MHz operan en tecnologías LTE, NR y B-TrunC.

LTE es un estándar desarrollado por el 3GPP y reconocido por la UIT como interfaz radioeléctrica para los sistemas IMT [24]. El despliegue de esta tecnología a nivel internacional ha sido elevado y bien conocido, en Colombia, por ejemplo, se ha implementado en las bandas de frecuencias de

³ El nivel de potencia de las emisiones no deseadas ha de considerarse aquí como el nivel medido en el puerto de la antena.

⁴ El nivel de potencia de las emisiones no deseadas corresponde aquí al nivel medido con la estación móvil transmitiendo con una potencia media de salida de 15 dBm.

1900 MHz, 2600 MHz y AWS, las cuales han sido reconocidas por el 3GPP como bandas oficiales para esta tecnología.

B-TrunC es un estándar desarrollado por la Asociación China de Estándares de Comunicaciones (CCSA, por sus siglas en inglés) y reconocido por la UIT como una interfaz radioeléctrica de banda ancha para las actividades de PPDR [25]. El estándar soporta anchos de banda desde 1.4 MHz hasta 20 MHz, es basado en la tecnología LTE y emerge como respuesta a las necesidades de transmisión de videos, imágenes y datos de alta velocidad que el acceso troncalizado tradicional de banda angosta no puede proporcionar por la limitación de ancho de banda. La tecnología es conocida como el estándar internacional de acceso troncalizado de banda ancha para PPDR y debido a su reconocimiento por parte de la UIT se espera que impulse el desarrollo de esta industria.

NR es una nueva tecnología de acceso de radio desarrollada por 3GPP para la quinta generación (5G) de redes móviles. Esta tecnología ofrece capacidades de banda ancha mejorada, comunicaciones masivas de tipo maquina y comunicaciones de gran fiabilidad y baja latencia. Su primera especificación para funcionamiento autónomo, no integrado con LTE, se finalizó a mediados del año 2018, lo que la hace una tecnología muy reciente, sin embargo, para septiembre del año 2020 ya existían 222 dispositivos disponibles en el mercado y 444 dispositivos anunciados de esta tecnología [26], por lo que se espera que sea una tecnología de rápida adopción para la implementación de sistemas de comunicaciones móviles de banda ancha.

1.7 ECOSISTEMA DE EQUIPOS

La ANE realizó una revisión del mercado de equipos de comunicaciones móviles de banda ancha en la banda de frecuencias de 1400 MHz. En ella se encontró que existe diversidad de fabricantes, así como de tipo de dispositivos dentro de una red de comunicaciones móviles como lo son estaciones base, puntos de acceso inalámbrico o enrutadores y terminales de usuario, así como módulos transceptores como base para el desarrollo de diferentes equipos de comunicaciones. El ecosistema de dispositivos de comunicaciones móviles de banda ancha en la banda de frecuencias de 1400 MHz se puede observar en la Tabla 6, sin ser esta una lista taxativa de fabricantes y equipos.

Tabla 6. Ecosistema de dispositivos de comunicaciones móviles de banda ancha en la banda de frecuencias de 1400 MHz.

Marca	Referencia	Tipo de equipo	Banda de frecuencias (MHz)	Ancho de banda (MHz)	Tipo de canalización
Huawei	eA360-114	Enrutador	1437 – 1467	5, 10, 20	TDD
Huawei	EC310	Cámara de usuario	1447 – 1467	-	TDD
Huawei	EG860	Estación base	1447 – 1467	5, 10, 20	TDD

Marca	Referencia	Tipo de equipo	Banda de frecuencias (MHz)	Ancho de banda (MHz)	Tipo de canalización
Huawei	EM350	Módulo transceptor	1447 – 1467	-	TDD
Huawei	EM720	Enrutador portátil	1447 – 1467	5, 10, 20	TDD
Huawei	EP631S	Terminal de usuario	1447 – 1467	5, 10, 15, 20	TDD
Huawei	EP682	Terminal de usuario	1447 – 1467	5, 10, 15, 20	TDD
Huawei	EP720	Terminal de usuario	1447 – 1467	1.4, 3, 5, 10, 15, 20	TDD
Huawei	EP821	Terminal de usuario	1447 – 1467	1.4, 3, 5, 10, 15, 20	TDD
Huawei	EV751	Terminal de usuario vehicular	1447 – 1467	-	TDD
Huawei	DBS3900	Estación Base	1447 – 1467	1.4, 3, 5, 10, 15, 20	TDD
Huawei	DS-MH6171-C71	Cámara de vigilancia	1447 – 1467	-	TDD
Hytera	IBS3800	Estación base	1447 – 1467	3, 5, 10, 15, 20	TDD
Hytera	iFDS3800	Estación base portátil	1447 – 1467	5, 10, 15, 20	TDD
Hytera	Outdoor CPE	Enrutador	1447 – 1467	3, 5, 10, 15, 20	TDD
Hytera	RRU3800	Estación base	1447 – 1467	1.4, 3, 5, 10, 15, 20	TDD
TD-Tech	EC310	Cámara de usuario	1447 – 1467	-	TDD
TD-Tech	EG860	Enrutador	1447 – 1467	3, 5, 10, 20	TDD
TD-Tech	eNB530	Estación base	1447 – 1467	-	TDD
TD-Tech	EP631S	Terminal de usuario	1447 – 1467	5, 10, 20	TDD
TD-Tech	EP681	Terminal de usuario	1447 – 1467	5, 10, 20	TDD
TD-Tech	EP682	Terminal de usuario	1447 – 1467	5, 10, 20	TDD
TD-Tech	EP720	Terminal de usuario	1447 – 1467	5, 10, 20	TDD

Marca	Referencia	Tipo de equipo	Banda de frecuencias (MHz)	Ancho de banda (MHz)	Tipo de canalización
TD-Tech	EP820	Terminal de usuario	1447 – 1467	3, 5, 10, 20	TDD
TD-Tech	EP821	Terminal de usuario	1447 – 1467	5, 10, 15, 20	TDD
TD-Tech	EV750	Terminal de usuario vehicular	1447 – 1467	5, 10, 15, 20	TDD
TD-Tech	EV751	Terminal de usuario vehicular	1447 – 1467	5, 10, 20	TDD
ZTE (Caltta)	GD500	Enrutador	1447 – 1467	1.4, 3, 5, 10, 15, 20	TDD
ZTE (Caltta)	GD600	Enrutador	1447 – 1467	1.4, 3, 5, 10, 15, 20	TDD
ZTE (Caltta)	GH650 / GH651	Terminal de usuario	1447 – 1467	-	TDD
ZTE (Caltta)	GH820	Terminal de usuario	1447 – 1467	-	TDD
ZTE (Caltta)	GH880	Terminal de usuario	1447 – 1467	-	TDD
ZTE (Caltta)	GH900	Terminal de usuario	1447 – 1467	-	TDD
ZTE (Caltta)	GM655	Terminal de usuario vehicular	1447 – 1467	-	TDD
ZTE (Caltta)	ZXIMCU P200	Estación base portátil	1447 – 1467	20	TDD
ZTE (Caltta)	ZXIMCU P300	Estación base portátil	1447 – 1467	5, 10, 15, 20	TDD
ZTE (Caltta)	ZXSDR R8119	Estación base	1447 – 1467	1.4, 3, 5, 10, 15, 20	TDD
ZTE (Caltta)	ZXSDR R8882D	Estación base	1447 – 1467	1.4, 3, 5, 10, 15, 20	TDD
ZTE (Caltta)	ZXSDR R8968	Estación base	1447 – 1467	1.4, 3, 5, 10, 15, 20	TDD
ZTE (Caltta)	ZXSDR R8972E	Estación base	1447 – 1467	1.4, 3, 5, 10, 15, 20	TDD

Fuente: Elaborado con información de [27], [28], [29], [30], [31], [32] y hojas de datos del fabricante Huawei, TD-Tech y Caltta.

En la Tabla 6 se puede observar que los dispositivos funcionan con anchos de banda similares, adicionalmente, todos funcionan en configuración TDD bajo la distribución de frecuencias de la banda 45 del 3GPP para sistemas IMT de cuarta generación, sin embargo, los rangos de

frecuencias de 1427 – 1447 MHz y 1467 – 1518 MHz también están incluidos dentro de las bandas de frecuencias oficiales del 3GPP para sistemas IMT tanto de cuarta como de quinta generación, y debido a ello es de esperarse que haya un desarrollo de equipos en estas porciones de espectro para respaldar la implementación de sistemas locales de comunicaciones móviles de banda ancha en la banda de 1400 MHz. Por otro lado, cabe resaltar que los equipos identificados en la actualidad en su mayoría se enfocan en redes de banda ancha para seguridad pública, atención de desastres, vigilancia móvil y comunicaciones de misión crítica, los cuales poseen funciones como video vigilancia, llamadas grupales, llamadas de emergencia, llamadas punto a punto, servicio de datos, georreferenciación y sistemas de comando de emergencia portátiles, entre otros; aunque el desarrollo de equipos en la banda de frecuencias de 1400 MHz puede extenderse hacia otros sectores en razón al respaldo de este espectro por parte del 3GPP para sistemas IMT. Lo anterior facilita la implementación de un plan de banda para sistemas locales de comunicaciones móviles de banda ancha, específicamente en configuración TDD.

Tabla 7. Resumen de características de dispositivos de banda ancha móvil en la banda de frecuencias de 1400 MHz.

Nombre del fabricante	Tipo de equipos	Anchos de banda (MHz)	Tipo de canalización
Huawei	Cámara de vigilancia, estación base, módulo y terminal de usuario	1.4, 3, 5, 10, 15 y 20	TDD
Hytera	Enrutador y estación base	1.4, 3, 5, 10, 15 y 20	TDD
TD-Tech	Cámara de usuario, enrutador, estación base y terminal de usuario	1.4, 3, 5, 10, 15 y 20	TDD
ZTE (Caltta)	Enrutador, estación base y terminal de usuario	1.4, 3, 5, 10, 15 y 20	TDD

Fuente: ANE con información de hojas de datos de fabricantes Huawei, TD-Tech, Hytera y ZTE

Por todo lo mencionado anteriormente, puede comprobarse que el ecosistema de equipos de comunicaciones en la banda de frecuencias de 1400 MHz es amplio y garantiza economías de escala para la implementación de redes locales de comunicaciones móviles de banda ancha, adicionalmente, es de esperarse que este ecosistema sea más amplio debido a la oficialización del 3GPP de disposiciones de frecuencias dentro de esta banda para la implementación de sistemas IMT.

1.8 SOLICITUDES DE ESPECTRO

El MinTIC recibió durante el año 2018 seis solicitudes de permisos de uso del espectro para sistemas locales de comunicaciones móviles de banda ancha en la banda de frecuencias de 380 – 400 MHz, ver Tabla 8. Solo dos de las mencionadas solicitudes culminaron en permisos de uso

del espectro y se encuentran vigentes en la actualidad, sin embargo, a pesar de que dichas solicitudes contemplaban un ancho de banda de 20 MHz, tan solo se asignaron 5 MHz debido a la atribución y disponibilidad del espectro en dicha banda de frecuencias.

Tabla 8. Solicitudes de permisos de uso del espectro para sistemas locales de comunicaciones móviles de banda ancha en 380 – 400 MHz.

Radicado MinTIC	PRST	Uso del espectro	Ancho de banda solicitado (MHz)	Observaciones
890227	Alcaldía de Chía	PPDR	20	Se asignaron solo 5 MHz
910573	Alcaldía de Ibagué	PPDR	20	No se asignó espectro
923448	Alcaldía de Cali	PPDR	20	No se asignó espectro
934309	Alcaldía de Medellín	PPDR	20	No se asignó espectro
938142	Alcaldía de Pereira	PPDR	20	Se asignaron solo 5 MHz
938475	Alcaldía de Tocancipá	PPDR	10	No se asignó espectro

Fuente: ANE con información del MinTIC.

Por otro lado, usuarios del espectro han manifestado ante la ANE la necesidad de acceder a permisos de uso del espectro para la implementación de redes de banda ancha móvil de cobertura local, ya que actualmente el CNABF y la normatividad de espectro solo contemplan la banda de frecuencias de 380 – 400 MHz para la implementación de estas redes en Colombia; un ejemplo de esto es el sector eléctrico colombiano, el cual ha manifestado la necesidad de implementar redes propias de banda ancha no solo para la prestación del servicio público de energía eléctrica sino para las comunicaciones de emergencias relacionadas con el mantenimiento y seguridad de su infraestructura [33].

El mismo sector eléctrico colombiano, así como los sectores de minería, agua potable y saneamiento básico, gas y petróleo, entre otros, expresaron la necesidad de implementar sus propias redes locales de comunicaciones móviles de banda ancha para la transformación digital de su infraestructura y de sus servicios. Esto se evidenció en mesas de trabajo realizadas durante el año 2020 en el marco de actividades llevadas a cabo por la ANE para la identificación de los grupos de interés de esta Entidad y de las necesidades de espectro de los diferentes sectores de la economía nacional.

Finalmente, en consulta pública sobre bandas IMT realizada por la ANE entre el 19 de agosto y el 25 de septiembre del año 2020, representantes de la industria de telecomunicaciones sugirieron destinar la banda de frecuencias de 1400 MHz para la implementación de sistemas locales de comunicaciones móviles de banda ancha principalmente bajo configuración TDD, esto en razón a que existen otras bandas prioritarias para la implementación de sistemas IMT como lo son la de AWS Extendido, 600 MHz, 3500 MHz y las bandas milimétricas de 26 y 28 GHz.

Por todo lo mencionado anteriormente, la banda de frecuencias de 1400 MHz es una opción importante para suplir las necesidades identificadas de los usuarios del espectro en Colombia para la implementación de sistemas locales de comunicaciones móviles de banda ancha.

2 PROPUESTA DE USO DE LA BANDA DE FRECUENCIAS DE 1400 MHZ

El espectro de la banda de frecuencias de 1400 MHz ha sido identificado por la UIT para la implementación de sistemas IMT, esto ha llevado a algunas administraciones de espectro del mundo a establecer su uso para la implementación de estos sistemas en configuración SDL, sin embargo, esta banda también representa una opción para la implementación de sistemas locales de comunicaciones móviles de banda ancha.

Aunque de momento en Colombia no se puede disponer de la totalidad de la banda de frecuencias de 1400 MHz para la implementación de sistemas del servicio de radiocomunicación móvil por requerirse de estudios de convivencia que determinen la coexistencia con otros sistemas de comunicaciones en bandas adyacentes, sí es posible destinar una porción de esta banda para la implementación de sistemas locales de comunicaciones móviles de banda ancha aprovechando el ecosistema de equipos actual y el que se espera se desarrolle con base en el reconocimiento de la banda por parte de organismos internacionales de regulación y estandarización para la implementación de sistemas IMT.

En esta sección se presenta la propuesta de uso futuro del espectro en la banda de frecuencias de 1400 MHz, la cual incluye una descripción del tipo de sistemas de radiocomunicaciones a implementar, el plan de distribución de frecuencias bajo el cual se utilizaría la banda, las condiciones técnicas y operativas bajo las cuales funcionarían los dispositivos de radiocomunicaciones en la banda, las modificaciones normativas para implementar la propuesta y unas recomendaciones finales para la gestión del espectro radioeléctrico.

2.1 TIPO DE SISTEMAS DE RADIOCOMUNICACIONES

Con base en lo descrito en la sección 1, se ha identificado que una porción de la banda de frecuencias de 1400 MHz puede ser utilizada en Colombia para la implementación de sistemas locales de comunicaciones móviles de banda ancha. Estos sistemas corresponden a redes móviles de cobertura local que pueden ser implementadas por usuarios del espectro radioeléctrico con requerimientos de comunicaciones de gran capacidad de datos y alta calidad del servicio. Importantes sectores de la industria nacional como agua potable y saneamiento básico, energía eléctrica, gas, minería, petróleo, seguridad pública y transporte, entre otros, pueden aprovechar esta opción de acceso al espectro para lograr la transformación digital de sus actividades.

2.2 PLAN DE DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS

La propuesta de uso futuro de la banda de frecuencias de 1400 MHz contempla un modo de uso dúplex en configuración TDD para la implementación de redes de comunicaciones móviles de banda ancha, primero, porque tanto la UIT como el 3GPP han definido planes de distribución de frecuencias en modo TDD para tecnologías de comunicaciones móviles de cuarta y quinta

generación, y segundo, porque el ecosistema de equipos de radiocomunicaciones identificado en la sección 1.7 funciona en modo TDD y está conformado por una pluralidad de oferentes.

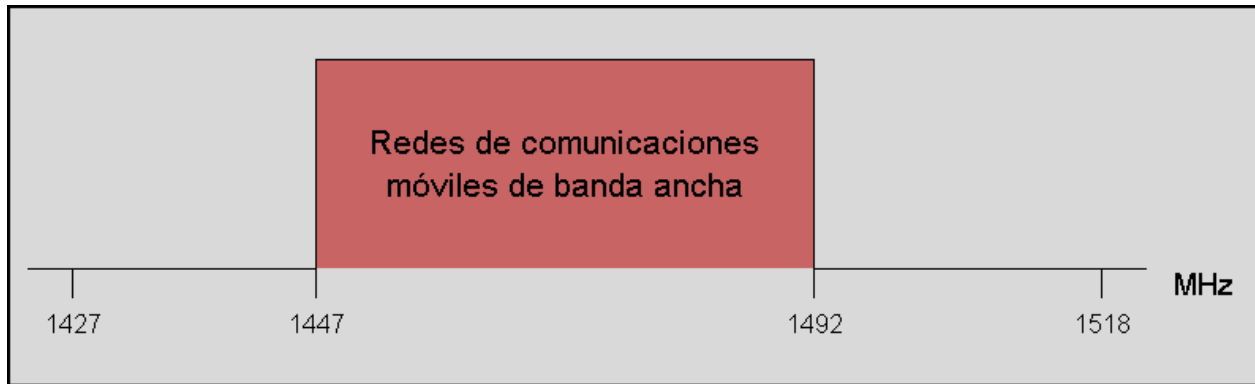
Ahora bien, la porción de espectro de 1492 – 1518 MHz aún se encuentra en estudio por parte del sector de telecomunicaciones para definir las condiciones de operación de los sistemas móviles IMT que podrían funcionar allí en un futuro, de esta manera se busca que al introducir sistemas IMT en la banda no se generen interferencias perjudiciales hacia los sistemas móviles por satélite que funcionan a partir de los 1518 MHz. En Europa ya se han definido condiciones técnicas sobre los sistemas IMT en configuración SDL, sin embargo, mientras se obtienen resultados más detallados en los estudios de convivencia sobre el funcionamiento de sistemas IMT en configuración TDD, es conveniente no utilizar la mencionada porción de espectro de la banda de frecuencias de 1400 MHz para redes de comunicaciones móviles de banda ancha.

Por otro lado, en la banda de frecuencias de 1427 – 1518 MHz la UIT ha definido condiciones restrictivas respecto a las emisiones no deseadas y recomienda que para asegurar dichos niveles es conveniente combinar estas restricciones con otras medidas de mitigación como disposiciones de canales, mejores filtros y/o bandas de guarda. Sin embargo, a pesar de que la utilización de esta porción de espectro para implementar sistemas móviles de banda ancha es necesaria, se requiere realizar estudios de convivencia más específicos con el fin de proteger los sistemas de comunicaciones que funcionan por debajo de los 1427 MHz, también es cierto que el ecosistema de equipos identificado funciona en el rango de frecuencias de 1447 – 1467 MHz. Por esto, se propone que para la implementación de redes de comunicaciones móviles de banda ancha se establezca como límite inferior de la banda 1447 MHz, con lo que la protección de los servicios en adyacencia inferior a la banda de frecuencias de 1400 MHz se realizaría con una banda de guarda de 20 MHz más los límites de emisiones no deseadas recomendadas por la UIT.

Respecto a la banda de frecuencias de 1452 – 1492 MHz, aunque los casos de uso internacionales identificados establecen restricciones a los sistemas de comunicaciones móviles que allí funcionan, el caso de la administración de China es un ejemplo de ello, la UIT y la CEPT han recomendado que esta porción de espectro puede usarse libremente para el servicio móvil, por esta razón la propuesta de uso del espectro de la banda de frecuencias de 1400 MHz no contempla el establecimiento de limitaciones técnicas sobre esta subdivisión de la banda.

Por todo lo expuesto anteriormente, se propone que el uso de la banda de frecuencias de 1400 MHz para la implementación de redes de comunicaciones móviles de banda ancha se realice a través de un plan de distribución de frecuencias en configuración TDD desde 1447 MHz hasta 1492 MHz, tal como se observa en la Figura 14, el cual estaría parcialmente armonizado con las bandas 50 y n50 del 3GPP. Los anchos de banda permitidos en el plan de distribución de frecuencias serían de 1.4, 3, 5, 10, 15 y 20 MHz, de acuerdo con los estándares del 3GPP para tecnologías de comunicaciones móviles de banda ancha y con los valores identificados en el ecosistema de equipos descrito en la sección 1.7.

Figura 14. Propuesta de plan de banda para redes de comunicaciones móviles de banda ancha en la banda de frecuencias de 1400 MHz.



Fuente: Elaborado ANE.

2.3 CONDICIONES TÉCNICAS

De acuerdo con el estudio realizado y el plan de distribución de frecuencias propuesto en la sección 2.2, se ha subdividido la banda de frecuencias de 1400 MHz para el establecimiento de condiciones técnicas a las redes de comunicaciones móviles de banda ancha de la siguiente manera:

- I. Banda de frecuencias de 1447 – 1452 MHz: se propone que las estaciones base de las redes de comunicaciones móviles de banda ancha implementadas en esta banda de frecuencias tengan emisiones no deseadas de máximo -72 dBW en los 27 MHz de la banda de frecuencias de 1400 – 1427 MHz. Adicionalmente, se propone que los terminales de usuario de las redes de comunicaciones móviles de banda ancha implementadas en esta banda de frecuencias tengan emisiones no deseadas de máximo -62 dBW en los 27 MHz de la banda de frecuencias de 1400 – 1427 MHz.
- II. Banda de frecuencias de 1452 – 1492 MHz: se propone que no se establezcan restricciones técnicas a los dispositivos de las redes de comunicaciones móviles de banda ancha implementadas en esta banda de frecuencias.

2.4 MODIFICACIONES A LA NORMATIVIDAD DE ESPECTRO

Para formalizar la propuesta de uso del espectro en la banda de frecuencias de 1400 MHz es necesario modificar la Resolución 105 de 2020 de la ANE, agregando un artículo en el Capítulo 2 “Servicios de radiocomunicación móvil y fijo en los rangos de frecuencias HF, VHF y UHF” del Título 1 “Establecimiento y planificación de bandas de frecuencias” de la siguiente manera:

Artículo 1.2.10. Se adopta el plan de banda previsto en la Tabla 15 del Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias (CNABF) para

el servicio de radiocomunicación móvil en la banda de frecuencias de 1400 MHz.

TABLA 15

Plan de banda para redes de comunicaciones móviles de banda ancha en 1400 MHz

Rango de frecuencias	Anchos de banda permitidos	Modo de uso
1447 – 1492 MHz	1.4, 3, 5, 10, 15 y 20 MHz	Modo dúplex en configuración TDD

NOTA: las emisiones no deseadas de las estaciones base que funcionen en el rango de frecuencias de 1447 – 1452 MHz no deberán superar el valor de -72 dBW en los 27 MHz de la banda de frecuencias de 1400 – 1427 MHz. Adicionalmente, las emisiones no deseadas de las terminales de usuario que funcionen en el rango de frecuencias de 1447 – 1452 MHz no deberán superar el valor de -62 dBW en los 27 MHz de la banda de frecuencias de 1400 – 1427 MHz.

2.5 GESTIÓN DEL ESPECTRO

No se considera necesario realizar una migración de los actuales permisos de uso del espectro otorgados a radioenlaces fijos punto a punto en la banda de frecuencias de 1400 MHz, esto en razón a que se trata de 3 permisos que vencen el 31 de diciembre de 2023 y no representan una disminución importante de la disponibilidad del espectro de la banda para la implementación de redes de comunicaciones móviles de banda ancha. Los mencionados permisos serán respetados y protegidos ante posibles interferencias perjudiciales hasta el momento de su vencimiento, momento en el cual el PRST deberá modificar las frecuencias de funcionamiento de sus radioenlaces por otras frecuencias en bandas con planes de distribución de canales radioeléctricos del servicio de radiocomunicación adoptadas en el CNABF a través de la nota CLM 22.

Se recomienda que las nuevas asignaciones de espectro en la banda de 1400 MHz sean otorgadas a redes de comunicaciones móviles de banda ancha, previa solicitud de los usuarios del espectro en el marco de los Procesos de Selección Objetiva (PSO) que para ello abra el MinTIC. La viabilidad de estos nuevos permisos de uso del espectro estará condicionada a la disponibilidad del recurso de espectro en la zona geográfica de interés del usuario para lo cual se realizarán los respectivos análisis de interferencia.

3 CONSULTA PÚBLICA

La ANE pone a consideración del público en general la propuesta de uso futuro de la banda de frecuencias de 1400 MHz para la implementación de redes de comunicaciones móviles de banda ancha de cobertura local. Los comentarios presentados a este documento serán utilizados como insumo para definir la propuesta normativa final que reglamente el plan de banda y las condiciones técnicas y operativas de los sistemas de radiocomunicaciones que hagan uso de esta porción de espectro en el futuro. Agradecemos a todos los interesados sus valiosos aportes, pues estos contribuyen y fortalecen el ejercicio de planeación y regulación del espectro radioeléctrico que realiza esta entidad.

Con el objetivo de orientar los comentarios de los interesados, invitamos al público en general a dar respuesta a las siguientes preguntas:

- I. ¿Es usted (o la compañía que representa) un operador de telecomunicaciones, fabricante de equipos de telecomunicaciones, integrador de soluciones de telecomunicaciones, regulador de telecomunicaciones, miembro de la academia o un usuario del espectro radioeléctrico? Especifique cuál.
- II. ¿Conoce usted casos de implementación de redes de comunicaciones móviles de banda ancha de cobertura local en la banda de frecuencias de 1400 MHz? Indique cuáles.
- III. ¿Conoce usted oferta de equipos de telecomunicaciones para la implementación de redes de comunicaciones móviles de banda ancha en la banda de frecuencias de 1400 MHz diferentes a los presentados en este estudio? Indique cuáles.
- IV. ¿Conoce usted estudios de convivencia realizados en la banda de frecuencias de 1400 MHz que involucren redes de comunicaciones móviles de banda ancha y le es posible compartirlos con la ANE? En caso afirmativo, allegar la información respectiva.
- V. ¿Considera que el plan de banda propuesto para la implementación de redes de comunicaciones móviles de banda ancha de cobertura local en la banda de frecuencias de 1400 MHz representa una opción para suplir las necesidades de comunicación de sectores como agua potable y saneamiento básico, energía eléctrica, gas, minería, petróleo, seguridad pública y transporte, entre otros?
- VI. ¿Si usted (o la compañía que representa) requiere implementar redes de comunicaciones móviles de banda ancha de cobertura local en Colombia, estaría dispuesto a solicitar un permiso de uso del espectro en la banda de frecuencias de 1400 MHz bajo el plan de banda especificado en la sección 2.2?
- VII. ¿Está de acuerdo con destinar la banda de frecuencias de 1400 MHz para la implementación de redes de comunicaciones móviles de banda ancha de cobertura local o considera que existen otros usos para esta banda que podrían adoptarse en Colombia?
- VIII. ¿Tiene usted comentarios adicionales acerca del documento?

La ANE agradece sus valiosos aportes al diligenciar y remitir el cuestionario a esta entidad a través del correo electrónico comentariosredeslocales@ane.gov.co.

4 CONCLUSIONES

A partir del estudio de gestión y planeación del espectro radioeléctrico realizado se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- I. La atribución del espectro radioeléctrico en Colombia en la banda de frecuencias de 1400 MHz permite la implementación de redes de comunicaciones móviles de banda ancha de cobertura local.
- II. La UIT ha recomendado que la banda de frecuencias de 1400 MHz se utilice para la implementación de sistemas IMT, los cuales también pueden ser implementados como solución local propia de los usuarios del espectro radioeléctrico de sectores como agua potable y saneamiento básico, energía eléctrica, gas, minería, petróleo, seguridad pública y transporte, entre otros.
- III. El 3GPP ha establecido gran variedad de planes de distribución de frecuencias para el funcionamiento de tecnologías de comunicaciones móviles tanto de cuarta como de quinta generación. Esto promueve el desarrollo de estudios de convivencia y ecosistema de equipos para la implementación de este tipo de tecnologías.
- IV. Aunque la UIT ha definido restricciones técnicas para la utilización de la banda de frecuencias de 1427 – 1452 MHz por parte de sistemas IMT, también ha mencionado que es conveniente combinar estas restricciones con otras medidas de mitigación como disposiciones de canales, mejores filtros y/o bandas de guarda. En esa línea, no se considera conveniente utilizar la totalidad de esta banda de frecuencias para la implementación de redes de comunicaciones móviles de banda ancha hasta que se realicen estudios de convivencia más específicos.
- V. La oferta de equipos de redes de comunicaciones móviles de banda ancha funciona en su mayoría en la banda de frecuencias de 1447 – 1467 MHz. Con el fin de aprovechar al máximo este ecosistema de equipos se considera conveniente utilizar la banda de frecuencias de 1400 MHz desde los 1447 MHz.
- VI. La banda de frecuencias de 1452 – 1492 MHz puede utilizarse sin restricciones técnicas para la implementación de redes de comunicaciones móviles de banda ancha de cobertura local.
- VII. No se considera conveniente utilizar la banda de frecuencias de 1492 – 1518 MHz pues no se conoce el impacto que la introducción de las redes de comunicaciones móviles en esta porción de espectro tendría sobre el servicio móvil por satélite en frecuencias por encima de los 1518 MHz.
- VIII. Existen casos internacionales de uso de la banda de frecuencias de 1400 MHz en donde se han implementado redes locales de comunicaciones móviles de banda ancha, lo cual respalda la adopción de dicho uso del espectro en Colombia.
- IX. Existe un ecosistema amplio de equipos de comunicaciones móviles de banda ancha que funcionan en la banda de frecuencias de 1400 MHz, lo cual asegura economías de escala en la implementación de este tipo de sistemas en Colombia. Adicionalmente, la estandarización por parte del 3GPP de esta banda de frecuencias para el funcionamiento

de tecnologías de comunicaciones móviles de banda ancha tanto de cuarta como de quinta generación promueve el desarrollo de nuevos equipos de radiocomunicaciones en esta porción de espectro.

- X. El modo de uso más conveniente para la implementación de redes de comunicaciones de banda ancha es el dúplex en configuración TDD, es decir, el mismo espectro tanto para el enlace de subida como para el enlace de bajada. Esto en razón a los casos de uso identificados, la estandarización de los organismos internacionales y la oferta actual de equipos de radiocomunicaciones.
- XI. Existe una alta disponibilidad del espectro en la banda de frecuencias de 1400 MHz para la implementación de redes de comunicaciones móviles de banda ancha de cobertura local.

REFERENCIAS

- [1] ANE, *Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias (CNABF)*, Bogotá D.C., 2020.
- [2] Agencia Nacional del Espectro (ANE), *Resolución 105 de 2020*, Bogotá D.C., 2020.
- [3] UIT, *Reglamento de Radiocomunicaciones: Vol I - Artículos*, 2020 ed., vol. I, Ginebra, Suiza: UIT, 2020.
- [4] UIT, *Recomendación UIT-R M.1036.6: Disposiciones de frecuencias para la implementación de la componente terrenal de las telecomunicaciones móviles internacionales en las bandas identificadas en el Reglamento de Radiocomunicaciones para las IMT*, Ginebra, Suiza, Octubre de 2019.
- [5] CITEEL, *CCP.II/REC. 55 (XXIX-17)*, Washington D. C., Estados Unidos de América, 2017.
- [6] APT, *Rep.-73 (Rev. 1): APT report on harmonization of frequency ranges for use by wireless PPDR applications in Asia-Pacific region*, Busan, Corea del Sur, Septiembre de 2017.
- [7] CEPT - Comité de Comunicaciones Electrónicas, *ECC Decision (13)03: The harmonised use of the frequency band 1452-1492 MHz for Mobile/Fixed Communications Networks Supplemental Downlink (MFCN SDL)*, Copenhague, Dinamarca, 2013.
- [8] CEPT - Comité de Comunicaciones Electrónicas, *ECC Decision (17)06: The harmonised use of the frequency bands 1427-1452 MHz and 1492-1518 MHz for Mobile/Fixed Communications Networks Supplemental Downlink (MFCN SDL)*, 2017.
- [9] 3GPP; Technical Specification Group Radio Access Network, *3GPP TS 36.101 V16.7.0: Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) - User Equipment (UE) radio transmission and reception (Release 16)*, Valbonne - Francia, Septiembre de 2020.
- [10] 3GPP; Technical Specification Group Radio Access Network, *3GPP TS 38.101-1 V16.5.0: NR - User Equipment (UE) radio transmission and reception - Part 1: Range 1 Standalone (Release 16)*, Valbonne - Francia, Septiembre de 2020.
- [11] BNetzA, «Mobile Broadband - Project 2016,» [En línea]. Available: <https://www.bundesnetzagentur.de/EN/Areas/Telecommunications/Companies/Frequency>

Management/ElectronicCommunicationsServices/MobileBroadbandProject2016/project2016_node.html. [Último acceso: 9 Diciembre 2020].

- [12] Cullen International, «Spectrum Database: Licences in the 1500 MHz band,» Diciembre 2020. [En línea]. Available: <https://www.cullen-international.com/spectrum/licences/band/1500MHz?regionCode=EU®ionCode=LN#graphic>. [Último acceso: 9 Diciembre 2020].
- [13] RTR, «Award 700/1500/2100 MHz (2020),» [En línea]. Available: https://www.rtr.at/TKP/was_wir_tun/telekommunikation/spectrum/procedures/Multibandauktion_700-1500-2100MHz_2020/FRQ5G_2020.en.html. [Último acceso: 9 Diciembre 2020].
- [14] Ministry of Industry and Information Technology, «Notice on the Frequency Use of the 1447-1467 Megahertz (MHz) Band Broadband Digital Trunking Private Network System,» 9 Marzo 2015. [En línea]. Available: https://www.miit.gov.cn/zwgk/zcwj/wjfb/txy/art/2020/art_0a8aad8f99d4ff4baeb0ea93611a4ae.html. [Último acceso: 10 Diciembre 2020].
- [15] Huawei, *Huawei eLTE Overview - eLTE Broadband Trunking Version: V4.0*, Shenzhen, República Popular de China, 2014.
- [16] Agencia de Telecomunicaciones, «Subasta multibanda - Noticias,» [En línea]. Available: <https://www.agentschaptelecom.nl/onderwerpen/multibandveiling/nieuws/2020/07/21/kpn-t-mobile-en-vodafoneziggo-verwerven-frequenties-via-multibandveiling>. [Último acceso: 9 Diciembre 2020].
- [17] Cullen International, «The Netherlands launch 5G auction to offer 220 MHz in three bands,» 18 Marzo 2020. [En línea]. Available: <https://www.cullen-international.com/client/site/documents/FLSPNL20200001?version=this>. [Último acceso: 9 Noviembre 2020].
- [18] Cullen International, «Spectrum Database: Italy 2015 – 1452-92 MHz SDL auction,» [En línea]. Available: <https://www.cullen-international.com/spectrum/awards/IT2015?regionCode=EU®ionCode=LN>. [Último acceso: 9 Diciembre 2020].
- [19] Spectrummonitoring.com, «Mobile Frequencies Allocations - Japan Phone Frequencies,» [En línea]. Available:

- <https://www.spectrummonitoring.com/frequencies/frequencies3.html#Japan>. [Último acceso: 10 Diciembre 2020].
- [20] Cullen International, «Telecoms Regulatory Spectrum Update August 2015,» [En línea]. Available: <https://www.cullen-international.com/client/site/documents/RRTEEU20150006?version=this>. [Último acceso: 9 Diciembre 2020].
- [21] Federal Communications Commission, «Mobile radio frequencies for 5G awarded in Switzerland,» [En línea]. Available: <https://www.bakom.admin.ch/bakom/en/homepage/ofcom/ofcom-s-information/press-releases-nsb.msg-id-73916.html>. [Último acceso: 9 Diciembre 2020].
- [22] UIT, *Resolución 750 (Rev. CMR-19): Compatibilidad entre el servicio de exploración de la Tierra por satélite (pasivo) y los servicios activos pertinentes*, Sharm el-Sheikh, Egipto, 2019.
- [23] UIT, *Resolución 223 (REV.CMR-19): Bandas de frecuencias adicionales identificadas para las Telecomunicaciones Móviles Internacionales*, Sharm el-Sheikh, Egipto, 2019.
- [24] UIT, *Recomendación UIT.R M.1457-14: Especificaciones detalladas de las interfaces de radio terrestre de IMT-2000*, Ginebra, 2019.
- [25] UIT, *Recomendación UIT-R M.2009-2: Normas de interfaz radioeléctrica para las actividades de protección pública y socorro en caso de catástrofe de conformidad con la Resolución 646 (Rev.CMR-15)*., Ginebra, 2019.
- [26] GSA, *5G devices executive summary*, Surrey, Reino Unido, Octubre de 2020.
- [27] Huawei, *eA360 Series CPE V100R001 User Guide*, Shenzhen, República Popular de China, Junio de 2017.
- [28] Huawei, «Solución eLTE Trunking: eLTE Broadband Trunking Product Portfolio,» [En línea]. Available: <https://e.huawei.com/es/material/wireless/mccs/810edca88a094ba29a7273af30b9d7f9>. [Último acceso: 19 Noviembre 2020].
- [29] Hytera, «Product: P-LTE,» [En línea]. Available: <https://www.hytera.com/2020/en/landingpage2/broadand-trunking>. [Último acceso: 19 Noviembre 2020].

- [30] Hytera, *P-LTE Convergence Solution*, Shenzhen, República Popular de China, 2018.
- [31] TD-Tech, «Product Documentation,» [En línea]. Available: <http://www.td-tech.com/down/index2.aspx?nodeid=177>. [Último acceso: 19 Noviembre 2020].
- [32] Caltta Technologies, «Products: LTE,» [En línea]. Available: <http://www.caltta.com/en/productlist.aspx?pnc=162003003>. [Último acceso: 20 Noviembre 2020].
- [33] Colombia Inteligente, *Documento de trabajo: Espectro radioeléctrico habilitador para la transformación del sector eléctrico colombiano*, Medellín, 2019.