



ANE



*Documento de consulta pública sobre las
bandas de frecuencias identificadas en
colombia para el futuro desarrollo de las
**Telecomunicaciones Móviles
Internacionales (IMT)***

SEPTIEMBRE DE 2024



Tabla de Contenido

1	PANORAMA DE SERVICIOS DE BANDA ANCHA IMT	11
2	ARMONIZACIÓN MUNDIAL DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO.....	15
3	ESTADO DE LAS BANDAS DE FRECUENCIAS IDENTIFICADAS EN COLOMBIA PARA LAS TELECOMUNICACIONES MÓVILES INTERNACIONALES - IMT18	
3.1.1	Bandas con asignación de permisos de uso del espectro IMT en Colombia	18
3.1.2	Bandas identificadas para las IMT que no han surtido procesos de asignación en Colombia.....	20
3.1.3	Bandas Identificadas para las IMT en la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones del 2023 (CMR-23)	21
3.1.4	Rangos de frecuencia de estudio durante la CMR-27 para posible identificación IMT.....	24
4	DISPOSICIONES TÉCNICAS DE LAS BANDAS DE FRECUENCIAS IDENTIFICADAS PARA LAS IMT Y QUE NO HAN SIDO ASIGNADAS EN COLOMBIA	25
4.1	BANDAS BAJAS (HASTA 1 GHz)	27
4.1.1	Banda de 600 MHz (614-698 MHz).....	28
4.1.1.1	Situación Internacional	28
4.1.1.2	Situación Nacional.....	32
4.1.2	Banda de 900 MHz (894-915/939-960 MHz)	43
4.1.2.1	Situación Internacional	43
4.1.2.2	Situación Nacional.....	47
4.2	BANDAS MEDIAS (ENTRE 1 Y 6 GHz)	50
4.2.1	Banda de 1500 MHz (1427-1518 MHz).....	50
4.2.1.1	Situación Internacional	50
4.2.1.2	Situación Nacional.....	66
4.2.2	Banda AWS Extendida (1755-1780/2155-2180 MHz).....	68
4.2.2.1	Situación Internacional	68
4.2.2.2	Situación Nacional.....	79

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co

Página 2 de 146

4.2.3	Banda de 2300 MHz.....	79
4.2.3.1	Situación Internacional	79
4.2.3.2	Situación Nacional.....	89
4.2.4	Banda de 3700 – 3800 MHz	93
4.2.4.1	Situación Internacional	93
4.2.4.2	Situación Nacional.....	97
4.2.5	Banda de 4900 MHz (4800 – 4990 MHz)	102
4.2.5.1	Situación Internacional	102
4.2.5.2	Situación Nacional.....	108
4.3	BANDAS ALTAS	110
4.3.1	Banda de 10 GHz (10 – 10,5 GHz)	114
4.3.1.1	Situación Internacional	114
4.3.1.2	Situación Nacional.....	118
4.3.2	Banda de 26 GHz (24,25 - 27,5 GHz)	119
4.3.2.1	Situación Internacional	119
4.3.2.2	Situación Nacional.....	128
4.3.3	Otras bandas milimétricas	133
5	PROYECCIÓN DE DISPONIBILIDAD DE ESPECTRO IMT EN COLOMBIA .	139
6	CONSULTA PÚBLICA	142
7	REFERENCIAS	145

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co

Página 3 de 146

Índice de Figuras

Figura 1. Accesos a Internet Móvil (millones).....	11
Figura 2. Accesos a Internet móvil por cada 100 habitantes	11
Figura 3. Accesos a Internet móvil, según tecnología.....	12
Figura 4. Porcentaje de conexiones (sin incluir IoT celular con licencia).....	13
Figura 5. Tráfico de datos móviles por smartphone (GB por mes).....	13
Figura 6. Suscripciones Móviles por región y Tecnología (porcentaje).....	13
Figura 7. Regiones y Zonas para la Atribución de Frecuencias.....	16
Figura 8. Bandas IMT con asignación de permisos de uso del espectro IMT en Colombia.	18
Figura 9. Arreglo de Frecuencias dispuesto por la UIT en la Recomendación UIT-R M. 1036 para la Banda de 614 - 698 MHz.....	30
Figura 10. Cantidad de anuncios de modelos de dispositivos 5G para la banda de 600 MHz (n71).	32
Figura 11. Atribución banda 600 MHz en Colombia	33
Figura 12. Ocupación Geográfica (TDT) en los canales 38 a 51.	35
Figura 13. Ocupación (TDT) de los canales 38 a 51 por Región.	36
Figura 14. Municipios ocupados al menos por un canal digital en la Región Andina	37
Figura 15. Municipios ocupados al menos por un canal digital en la Región Caribe	37
Figura 16. Municipios ocupados al menos por un canal digital en la Región Pacífica.....	38
Figura 17. Porcentaje de canales de frecuencia ocupados por Departamento.	39
Figura 18. Canales TDT ocupados en las capitales del país.	40
Figura 19. Cantidad de estaciones de operadores de Televisión radiodifundida por canal	40
Figura 20. Relación por canal de la cantidad de Estaciones, Departamentos y Municipios ocupando la banda de 600MHz	41
Figura 21. Fechas máximas de finalización de permisos de las estaciones de TV Digital discriminadas por Canal.....	42
Figura 22. Canalización banda 900MHz	44
Figura 23. Número de Dispositivos compatibles con bandas LTE-TDD en la banda 8.	46
Figura 24. Cantidad de anuncios de modelos de dispositivos 5G por banda de frecuencia.....	47
Figura 25. Distribución de la banda 900 MHz en Colombia.....	48

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co

Página 4 de 146

Figura 26. Plan de Banda para Servicios de Comunicaciones Móviles Banda de 900 MHz.....	49
Figura 27. Técnicas de duplexación usadas en las redes móviles	51
Figura 28. Atribución Banda L (1427 – 1518 MHz).	52
Figura 29. Distribución de frecuencias armonizada por la CEPT para la banda de frecuencias de 1500 MHz.....	55
Figura 30. Escenario de Convivencia entre IMT y SMS	57
Figura 31. Banda Convencional y Extendida del SMS.....	59
Figura 32. Arreglos de frecuencia para la banda 1427 - 1518 MHz.....	62
Figura 33. Cantidad de anuncios de modelos de dispositivos 5G para la banda de 1500 MHz (n75).	66
Figura 34. Atribución Banda L en Colombia.....	67
Figura 35. Atribución del segmento de 1710 a 2200 MHz.....	70
Figura 36. Arreglos de Frecuencia en la Banda de 2 GHz.....	72
Figura 37. Banda AWS-3 y Banda 2 GHz	72
Figura 38. Número de Dispositivos compatibles con bandas LTE FDD.....	74
Figura 39. Cantidad de anuncios de modelos de dispositivos 5G para la banda AWS-3 (n66).....	75
Figura 40. Atribución de la Banda AWS-3 en Colombia	79
Figura 41. Atribución banda de 2300-2400 MHz	81
Figura 42. Arreglo de Frecuencia recomendado por la UIT para la banda 2300 MHz.....	83
Figura 43. Disposición de frecuencias adoptada por la CEPT para la banda de 2300 MHz.	86
Figura 44. Número de Dispositivos compatibles con bandas LTE-TDD	88
Figura 45. Cantidad de anuncios de modelos de dispositivos 5G para la banda de 2300 MHz (n40).	89
Figura 46. Atribución Banda 2300 MHz en Colombia.....	90
Figura 47. Escenario de convivencia entre 2300 IMT y 2400 RCA	92
Figura 48. Atribución banda de 3700-3800 MHz	95
Figura 49. Arreglos de Frecuencia del 3GPPP en la banda de 3.5 GHz.....	96
Figura 50. Cantidad de anuncios de modelos de dispositivos 5G para la banda de 3700 MHz (n77 y n78).....	97
Figura 51. Atribución del segmento de 3700-3800 MHz	97
Figura 52. Fechas máximas de vigencia de permisos registrados en la Base de Datos para la banda 3700 – 3800 MHz.	99
Figura 53. Definición Áreas de Mitigación.	100
Figura 54. Medidas de Mitigación en la banda de 3700-3800 MHz.....	101
Figura 55. Atribución de la banda de 4800 a 4990 MHz.	103
Figura 56. Planeación de la banda de 4.9 GHz por Anatel.....	106
Figura 57. Arreglo de Frecuencia recomendado por la UIT para la banda 4,8 GHz	107

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co

Página 5 de 146

Figura 58. Cantidad de anuncios de modelos de dispositivos 5G para la banda de 4900 MHz (n79).	108
Figura 59. Atribución del segmento de 4800-4990 MHz	109
Figura 60. Fechas máximas de vigencia de permisos registrados en la Base de Datos para la banda 4800 – 4990 MHz.	109
Figura 61. Atribución Banda 10 GHz (10-10,5 GHz).	115
Figura 62 . Atribución del segmento de 10-10,5 GHz.....	118
Figura 63. Fechas máximas de vigencia de permisos registrados en la Base de Datos para la banda de 10 GHz	119
Figura 64. Atribución de la Banda 26 GHz (24,25 -27,5 GHz)	121
Figura 65. Arreglo de Frecuencia recomendado por la UIT para la banda 26 GHz.	122
Figura 66. Cantidad de anuncios de modelos de dispositivos 5G para bandas milimétricas (n258 y n261).....	124
Figura 67. Atribución del segmento de 24,25 - 27,5 GHz	129
Figura 68. Fechas máximas de vigencia de permisos registrados en la Base de Datos para la banda de 26 GHz.	130
Figura 69. Panorama de Ocupación de enlaces microondas de la Banda 26 GHz	130
Figura 70. Cantidad de anuncios de modelos de dispositivos 5G para bandas milimétricas.	138
Figura 71. Proyección de Disponibilidad Futura de Espectro IMT en Colombia	141

Índice de Tablas

Tabla 1. Bandas IMT con asignación de permisos de uso del espectro IMT en Colombia.	19
Tabla 2. Bandas de frecuencias identificadas para las IMT (antes de la CMR-23) sin asignar en Colombia.	20
Tabla 3. Nuevos rangos de frecuencia identificados para las IMT en la CMR-23.	22
Tabla 4. Disponibilidad de Espectro IMT en Colombia (segregado por bandas bajas, medias y altas).....	23
Tabla 5. Rangos de frecuencia en estudio durante la CMR-27 para posible implementación de IMT.....	24
Tabla 6. Resumen del estado actual de las principales bandas utilizadas para las IMT en América y Europa.	25
Tabla 7. Perspectiva de Uso de la Banda de 600 MHz en América.	31
Tabla 8. Resumen de decisiones tomadas por algunas administraciones de América para el rango de frecuencias 894 - 960 MHz.....	45
Tabla 9. Espectro identificado por la UIT para servicios IMT.....	53
Tabla 10. Asignaciones Banda L en Europa.....	55
Tabla 11. Estado de la banda de 1427 – 1518 MHz en algunos países de América Latina.....	56
Tabla 12. Extracto del Cuadro 1.1 de la Resolución 750 (Rev. CMR-19) aplicables a la banda de 1427-1452 MHz.....	60
Tabla 13. Bandas de operación definidas por el 3GPP para la tecnología LTE en la banda de frecuencias de 1500 MHz.....	62
Tabla 14. Bandas de operación definidas por el 3GPP para la tecnología NR en la banda de frecuencias de 1500 MHz.	64
Tabla 15. Adopción Banda AWS-3 en América.....	73
Tabla 16. Panorama de uso de la Banda de 2300 MHz en América Latina.....	84
Tabla 17. Asignaciones de la banda de 2300 MHz en Europa.....	87
Tabla 18. Condiciones Técnicas Aplicaciones Uso Libre en la banda de 2400-2483,5 MHz.....	90
Tabla 19. Rango de Frecuencia 2 (FR2).....	112
Tabla 20. Panorama de Uso de Bandas Milimétricas en América Latina.....	112
Tabla 21. Límites de Potencia de las emisiones no deseadas de estaciones IMT.....	128
Tabla 22. Resumen de los resultados del estudio de convivencia en la banda de 26 GHz con respecto al SFS en la banda de 28 GHz.....	133
Tabla 23. Rangos de frecuencia identificados para las IMT en la CMR-19. ...	134
Tabla 24. Límites de emisiones no deseadas para las estaciones IMT que funcionan en la banda de 37-40.5 GHz.....	135
Tabla 25. Disponibilidad de Espectro IMT (con bandas milimétricas).	141

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co

Página 7 de 146

SIGLAS Y ACRÓNIMOS

3GPP	Proyecto Asociación de Tercera Generación
4G	Cuarta Generación
5G	Quinta Generación
5G NR	Nueva Radio 5G
AAS	Active Antenna System
ACMA	Australian Communications and Media Authority
AFI	Acceso Fijo a Internet Inalámbrico
APT	Asia Pacific Telecommunity
ASMG	Arab Spectrum Management Group
AWS	Advanced Wireless Services
CA	Carrier Aggregation
CCTR	Cuadros de Características Técnicas de Red
CEPT	Conferencia Europea de Correos y Telecomunicaciones
CITEL	Comisión Interamericana de Telecomunicaciones.
CMR	Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones
CNABF	Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias
dB	Decibelio
dBm	Decibelio relativo a un milivatio
dBW	Decibelio relativo a un vatio
DC	Dual Connectivity
eMBB	Enhanced Mobile Broadband
ECC	Comité Electrónico de Comunicaciones.
ER	Espectro Radioeléctrico
E-UTRA	Red de Acceso de Radio Terrestre UMTS Evolucionada
FDD	Frequency Division Duplex
FWA	Fixed Wireless Access
GSA	Asociación Mundial de Proveedores del Sector Móvil.
GSMA	Asociación GSM
HIBS	High Altitude Platform Stations as IMT Base Stations
IAB	Integrated Access and Backhaul
ICM	Industrial, Científica y Médica
IMT	International Mobile Telecommunications
IMT-A	Telecomunicaciones Móviles Internacionales Avanzadas
IoT	Internet de las Cosas
LSA	License Shared Access.
LTE	Long Term Evolution
Mbps	Megabit por segundo
MES	Estaciones Móviles Terrenas
MHz	Mega Hertz

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co

Página 8 de 146

MIMO	Multiple-input Multiple-output
Mintic	Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
MP	Margen de Protección
NSA	Non-Stand Alone
ONU	Organización de las Naciones Unidas
PGCEA	Plan General de Cese de Emisiones Analógicas
PIRE	Potencia Isotrópica Radiada Efectiva
PRST	Proveedores de Redes y Servicios de Telecomunicaciones
PSO	Procesos de Selección Objetiva
PTTV	Plan Técnico de Televisión
RCA	Radiocomunicaciones de Corto Alcance y Baja Potencia
SA	Stand Alone
SCT	Servicio Complementario Terrestre
SDL	Supplemental Down Link
SETS	Servicio de Exploración de la Tierra por Satélite
SIE	Servicio de Investigación Espacial
SFS	Servicio Fijo por Satélite
SLP	Servicio Limitado Privado
SMS	Servicio Móvil por Satélite
SNR	Relación Señal a Ruido
SRA	Servicio de Radioastronomía
SRS	Servicio de Radiodifusión por Satélite
TDD	Time Division Duplex
TDT	Televisión Digital Terrestre
RR	Reglamento de Radiocomunicaciones
UIT	Unión Internacional de Telecomunicaciones
URLLC	Ultra-Reliable Low-Latency Communication
WAS	Wireless Access Systems
WCS	Wireless Communications Systems
WLAN	Wireless Local Area Network
WP5D	Working Party 5D de la UIT

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co

Página 9 de 146



INTRODUCCIÓN

En los últimos años, los servicios móviles de banda ancha han crecido de manera vertiginosa y en la actualidad el país viene avanzando en el despliegue de servicios con tecnología de quinta generación (5G). Este crecimiento ha llevado a una necesidad cada vez mayor en los reguladores del espectro para establecer nuevas bandas de frecuencia, tanto para aumentar la capacidad de las redes, como para aumentar la cobertura principalmente en áreas rurales.

En esencia, de acuerdo con el Plan Maestro de Gestión de Espectro 2022-2026, los pronósticos del sector móvil indican un crecimiento en la demanda de espectro IMT para respaldar nuevas aplicaciones de alto consumo de datos móviles (p.ej. reproducción de videos de alta definición, realidad virtual, realidad aumentada, cámaras de alta definición, juegos en línea, monitoreo y control remoto, etc.). Así mismo este crecimiento también involucra la demanda para respaldar nuevos casos de uso tales como IoT masivo y crítico, Acceso Fijo Inalámbrico (FWA, por sus siglas en inglés), redes para verticales, etc.

Así las cosas, el espectro radioeléctrico constituye un recurso de máxima importancia para la industria de las telecomunicaciones y, en especial, para el desarrollo y aplicación de las comunicaciones móviles de banda ancha inalámbrica. Menciona 5G Américas que contar con el suficiente espectro es una necesidad imperante, tanto para el desarrollo económico de los países como para suplir las necesidades de una sociedad en proceso de digitalización [1]. Ahora, también se reconoce que la disponibilidad oportuna de espectro es de gran importancia para el soporte de futuras aplicaciones.

En consecuencia, el presente documento tiene como finalidad presentar un panorama actualizado y una proyección de disponibilidad de las futuras bandas de frecuencias que podrían llegar a suplir las necesidades de espectro de banda ancha IMT en los próximos años en Colombia.

Agencia Nacional del Espectro

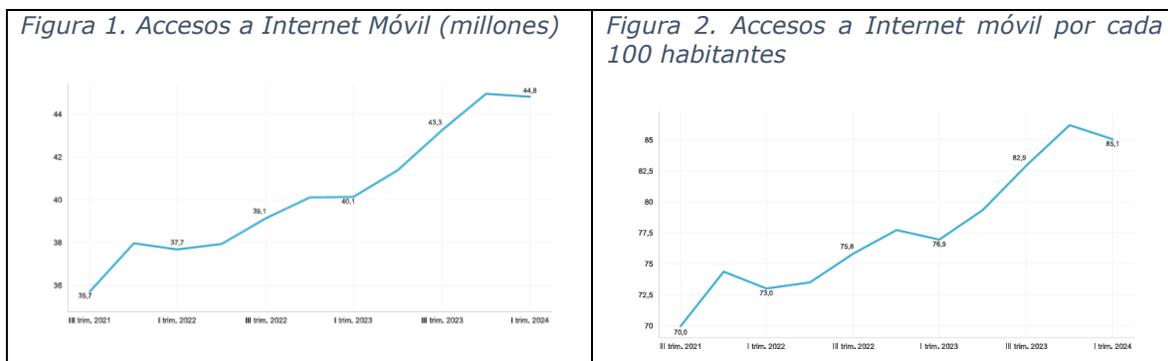
Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co

Página 10 de 146

1 PANORAMA DE SERVICIOS DE BANDA ANCHA IMT

La Asociación GSM (GSMA) afirma en su informe “Brechas de Conectividad: un estudio cuantitativo” [2] que en la última década se ha transformado la conectividad en América Latina ya que la cantidad de personas con acceso a Internet móvil se duplicó, pasando de 220 millones en 2014 a poco más de 400 millones en 2023.

Esta tendencia de crecimiento no es nada disímil en Colombia, ya que de acuerdo con los reportes del portal de Colombia TIC [3], al término del primer trimestre del 2024, el total de accesos a Internet móvil¹ alcanzó los 44,8 millones, cerca de 4,7 millones más que los registrados en el mismo trimestre del año anterior; y el número de accesos a Internet móvil por cada 100 habitantes se situó en 85,1 tal y como se observa en las Figuras 1 y 2.



Fuente: Boletín Trimestral Colombia TIC [3]

Por otra parte, de acuerdo con el informe de GSMA “La Economía Móvil en América Latina” [4] y el “Mobility Report” de Ericsson [5], en América Latina la tecnología móvil dominante sigue siendo 4G y se espera que ésta alcance su

¹ El acceso móvil a Internet se realiza mediante dos (2) modalidades, por suscripción y por demanda, según el Título Reportes de Información de la resolución 6333 de 2021 de la Comisión de Regulación de Comunicaciones.

(...) Acceso por Suscripción. Corresponde al acceso a Internet móvil a través de la contratación de un plan con un cargo fijo que se paga de forma periódica. Se debe tener en cuenta la definición “ACCESO A INTERNET” establecida en el Título I de la presente resolución, es decir, no se deben considerar accesos que únicamente hagan uso de redes privadas. (...).

(...) Acceso por Demanda. Corresponde al acceso a Internet móvil sin que medie la contratación de un plan para tal fin. Se debe tener en cuenta la definición “ACCESO A INTERNET” establecida en el Título I de la presente resolución, es decir, no se deben considerar accesos que únicamente hagan uso de redes privadas. (...).

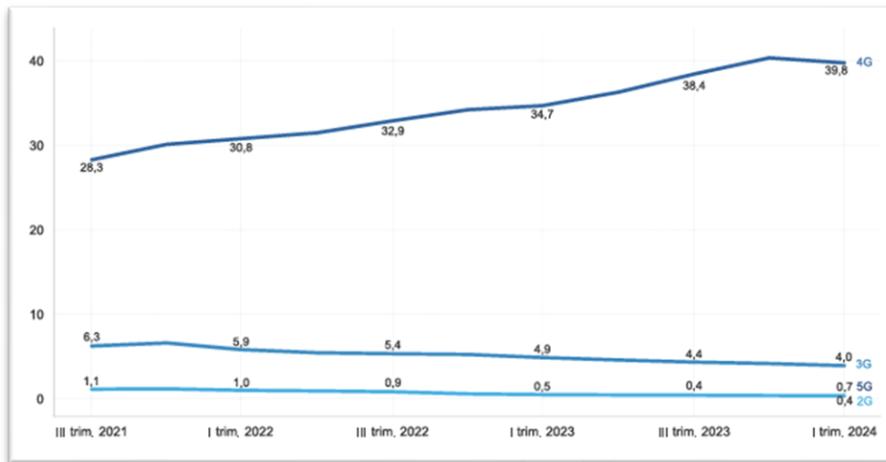
Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co

Página 11 de 146

pico en el 2024. Al respecto, los datos de Colombia TIC [3] señalan que, al término del primer trimestre de 2024, la principal tecnología de acceso a Internet móvil en Colombia fue 4G con 39,8 millones de accesos; seguida por la tecnología 3G con 4,0 millones, la tecnología 5G con 700 mil y la tecnología 2G con 400 mil, tal y como se ilustra en la Figura 3.

Figura 3. Accesos a Internet móvil, según tecnología (millones)



Fuente: Boletín Trimestral Colombia TIC [3]

Ahora, con respecto a estimaciones futuras, asociaciones y fabricantes han llevado a cabo análisis para predecir el comportamiento de las tecnologías móviles en la región, por ejemplo, GSMA señala que en América Latina la tasa de adopción de la tecnología 5G para el año 2022 era de aproximadamente un 1%, y se espera que esta cifra ascienda a un 11% para el año 2025. En cuanto al consumo de datos móviles en América Latina, para el 2027 se estima un crecimiento de hasta 4 veces con respecto a los datos del 2021, un crecimiento más rápido que el promedio global tal y como se muestra en Figura 5. [4]

Figura 4. Porcentaje de conexiones (sin incluir IoT celular con licencia)

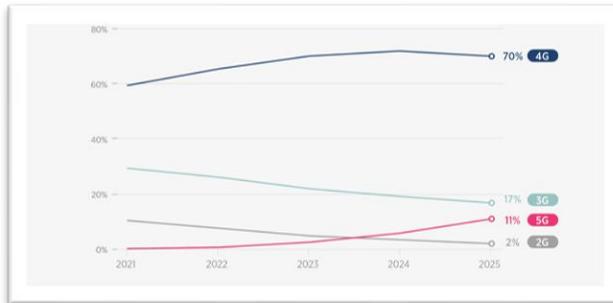
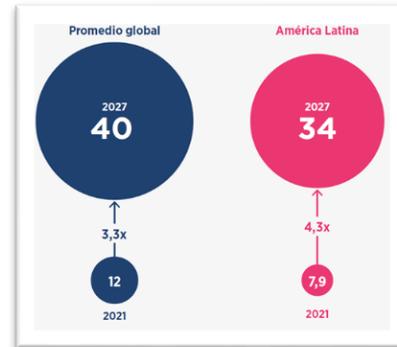


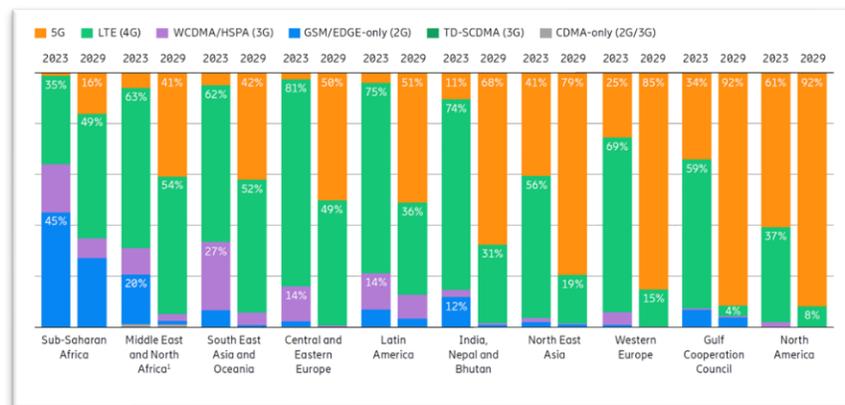
Figura 5. Tráfico de datos móviles por smartphone (GB por mes)



Fuente: GSMA Intelligence y Ericsson [4]

Por su parte, el citado reporte de Ericsson [5], afirma que las suscripciones 3G en América Latina han venido disminuyendo a medida que los usuarios migran a tecnologías 4G y 5G, no obstante, la adopción de 5G ha sido lenta debido a dificultades macroeconómicas en la región. Las estimaciones de Ericsson muestran que para el 2029 la tecnología 5G representará el 51% de todas las suscripciones móviles, tal y como se puede observar en la Figura 6:

Figura 6. Suscripciones Móviles por región y Tecnología (porcentaje)



Fuente: Imagen extraída del Ericsson Mobility Report [5]

Hay que mencionar además que, el sector móvil enfatiza que en los próximos años, la tecnología 5G brindará una oportunidad única de profundizar en la transformación económica de la región producto de la implementación de diversos casos de uso que permite la tecnología, y en donde la materialización de los beneficios económicos derivados de la transformación digital requerirá de una adecuada gestión que generalmente implica el hecho de que esté disponible el suficiente espectro para que se pueda contar con más opciones de diseñar una arquitectura de red eficiente en el futuro. [6]

Al respecto, se recalca el hecho de que existe un fuerte potencial de empresas que actualmente operan redes privadas basadas en tecnologías de banda angosta como TETRA, P25 y Radio Digital Móvil (DMR, por sus siglas en inglés) y que ahora estas mismas están demandando servicios de misión crítica de banda ancha que simplemente no están disponibles en tecnologías alternativas, y en consecuencia ven en las redes móviles privadas, basadas en LTE y 5G, un potencial para reemplazar gran parte de este mercado. [7]

Por último, se debe mencionar que una mayor disponibilidad de espectro ayuda a mejorar la calidad del servicio al reducirse la congestión de este (menor latencia, más velocidad), al mismo tiempo que se reduce el número de estaciones base, ya que en la medida que una red móvil celular cuenta con más espectro radioeléctrico y en consecuencia mayores anchos de banda, la necesidad de desplegar gran cantidad de estaciones bases se reduce. [6]

2 ARMONIZACIÓN MUNDIAL DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO

Es necesario resaltar que, en virtud de la Constitución, el Convenio y el Reglamento de Radiocomunicaciones (RR), la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) es el organismo internacionalmente reconocido como el responsable de definir y recomendar las normas y disposiciones de radiofrecuencias para los sistemas IMT, claramente con la colaboración de otras organizaciones competentes².

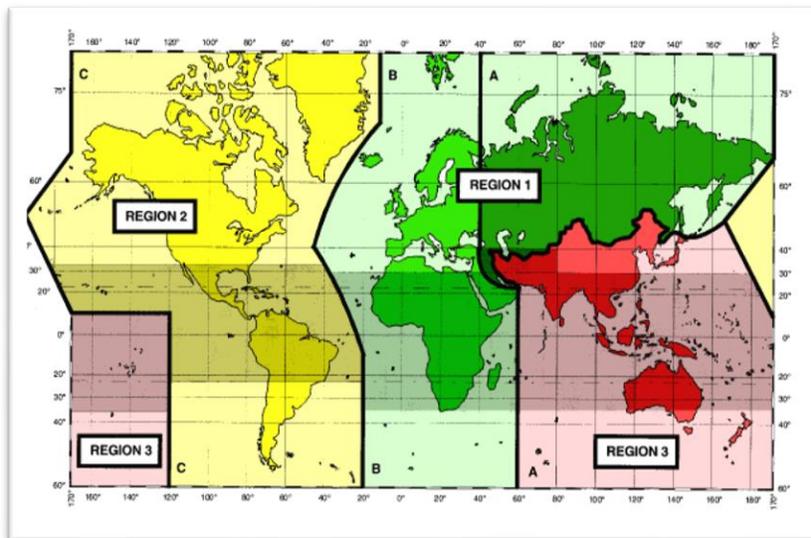
Así las cosas, la UIT es un organismo internacional especializado de las Naciones Unidas (ONU), responsable de atribuir las diferentes porciones del espectro radioeléctrico para que sean utilizadas por uno o varios servicios de radiocomunicaciones. La UIT también vela por la utilización eficaz del espectro radioeléctrico y por un funcionamiento sin interferencia de los sistemas de radiocomunicaciones. Así mismo, uno de los grandes objetivos de la UIT es lograr la armonización del espectro, que básicamente consiste en la definición de frecuencias que se utilizan para los mismos servicios en diferentes países. En esencia, la armonización del espectro permite generar economías de escala para dispositivos y servicios como el "roaming". [1]

Ahora bien, para lograr los objetivos de armonización basado en áreas homogéneas, la UIT divide al mundo en tres regiones, donde en en la Región 2 (Américas), la Comisión Interamericana de Telecomunicaciones (CITEL) es la encargada de aunar las propuestas del sector público y privado de la región sobre el uso del espectro radioeléctrico. A continuación, se relacionan las tres regiones de la UIT:

- Región 1: Estados Árabes, África, Europa, Comunidad de Estados Independientes.
- Región 2: Américas.
- Región 3: Asia-Pacífico

² Recomendación UIT R. M 1036-7 de la Unión Internacional de Telecomunicaciones.

Figura 7. Regiones y Zonas para la Atribución de Frecuencias



Fuente: Imagen extraída de la UIT³

En lo que se refiere a estándares y arreglos de frecuencia, la UIT, bajo la responsabilidad que tiene de servir de soporte a las administraciones adscritas en aspectos técnicos pertinentes para la implementación y utilización de la componente terrenal de las IMT, ha publicado la Recomendación UIT-R. M.1036-7⁴, con el propósito principal de proporcionar directrices sobre la selección de disposiciones de frecuencias de transmisión y recepción aplicables a la componente terrenal de los sistemas IMT.

Específicamente, esta recomendación contiene las bandas de frecuencias identificadas en el mundo para ser utilizadas para las IMT y las opciones de canalización para cada una de ellas. Esta recomendación se encuentra en la versión 7 (versión de diciembre de 2023) y es constantemente actualizada para incluir nuevas bandas de frecuencias con sus respectivos planes de canalización.

De acuerdo con lo mencionado hasta el momento, indiscutiblemente es conveniente disponer de espectro y arreglos de frecuencias armonizados a nivel

³ Presentación de la UIT utilizada para la 12ª Reunión del Grupo de Expertos de la UIT. Reunión en línea. Joaquín Restrepo. Disponible en: https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/events/eqti2021/EGTIEGH2021_JoaquinRestrepo_SpectrumForIMT.pdf
⁴ Recomendación ITU-R M.1036-7 "Frequency arrangements for implementation of the terrestrial component of International Mobile Telecommunications in the bands identified for IMT in the Radio Regulations". Disponible en: <https://www.itu.int/rec/R-REC-M/en>

mundial para las IMT, esto a fin de reducir los costos globales de las redes y terminales, y de esta forma generar economías de escala que faciliten la implementación y coordinación transfronteriza. De hecho, la gran mayoría de los países a nivel mundial reconocen la necesidad de espectro y la armonización de las bandas de frecuencias para el desarrollo e implementación de la tecnología móvil.

Finalmente, es importante mencionar que para efectos de un mejor entendimiento del espectro radioeléctrico utilizado para las IMT, dentro del sector móvil se realiza una clasificación en tres grandes rangos de frecuencia donde cada uno tiene características particulares que lo hacen más adecuado para ciertos escenarios de implementación de tecnologías, y en consecuencia algunas bandas serán más adecuadas que otras para ciertos casos de uso⁵:

- Espectro bajo: hasta 1 GHz
- Espectro medio: entre 1 GHz y 6 GHz.
- Espectro alto: Arriba de 6 GHz

El espectro en bandas bajas presenta capacidades superiores de propagación y de penetración en interiores, y presenta algunas características como menores anchos de banda que se encuentran disponibles en las respectivas bandas de frecuencias [8].

Por su parte, el espectro en bandas medias ofrece una combinación razonable de cobertura y capacidad para servicios IMT, siendo estratégicas sobre todo en escenarios urbanos o de mayor densidad de conexiones [8].

Finalmente, las bandas altas son bandas con propósitos de capacidad por la cantidad de espectro disponible y las altas tasas de transmisión de datos que se pueden obtener. No obstante, en estas bandas de frecuencia las ondas alcanzan una menor propagación debido a que las señales se atenúan mayormente por la presencia de barreras físicas y también debido a la afectación por condiciones climáticas, situación que no necesariamente se debe observar como una desventaja ya que la combinación de menor alcance y alta capacidad hace que estas bandas sean estratégicas para atender, a través de pequeñas celdas, áreas puntuales de alto tráfico, incluso en interiores [8].

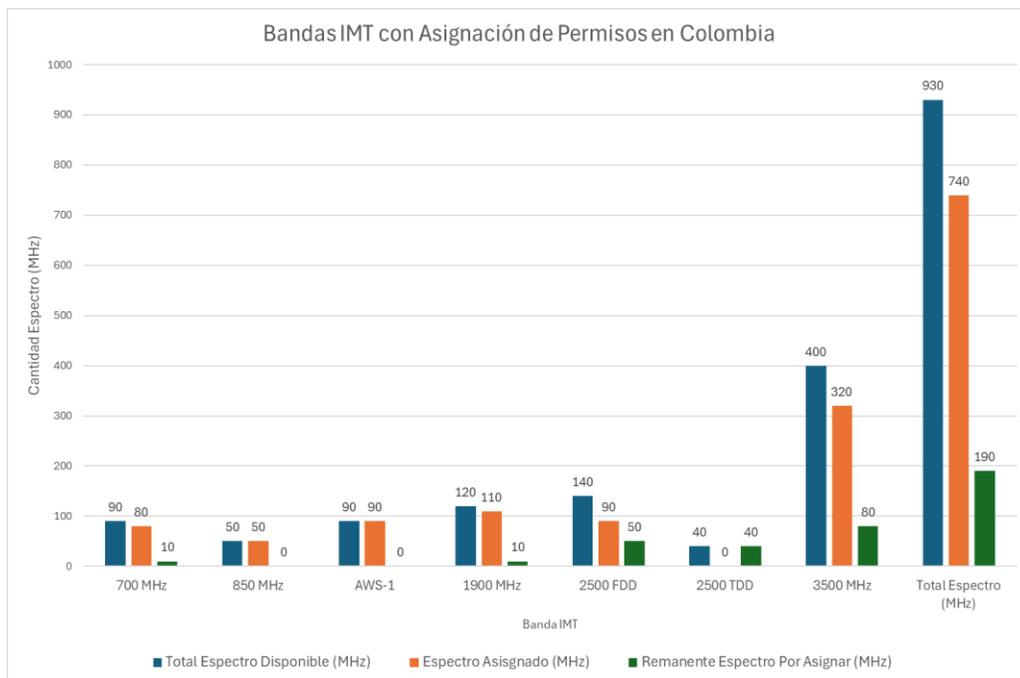
⁵ Información basada en el portal de Cullen International. "5G initiatives and pioneer bands". 15 mayo de 2024.

3 ESTADO DE LAS BANDAS DE FRECUENCIAS IDENTIFICADAS EN COLOMBIA PARA LAS TELECOMUNICACIONES MÓVILES INTERNACIONALES - IMT

3.1.1 Bandas con asignación de permisos de uso del espectro IMT en Colombia

A mayo del presente año, en Colombia se tienen asignados 740 MHz⁶ de espectro para la implementación de servicios móviles IMT. Este espectro se encuentra repartido, de acuerdo con la Figura 8, de la siguiente manera:

Figura 8. Bandas IMT con asignación de permisos de uso del espectro IMT en Colombia.



Fuente: Elaboración ANE

⁶ Este valor incluye la cantidad de espectro subastado por el MinTIC el 20 de diciembre de 2023 y la devolución de 70 MHz de espectro del operador Direct TV en la banda de 2500 MHz.

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co

Página 18 de 146

A continuación, la Tabla 1 describe en detalle los datos tenidos en cuenta para cada una de las bandas de frecuencias establecidas en la Figura 8.

Tabla 1. Bandas IMT con asignación de permisos de uso del espectro IMT en Colombia.

Banda	Enlace Ascendente		Enlace descendente		Total, espectro en la banda (MHz)	Total, espectro asignado (MHz)	Total, espectro por asignar (MHz)	Porcentaje espectro asignado
	Frecuencia Inicial (MHz)	Frecuencia Final (MHz)	Frecuencia Inicial (MHz)	Frecuencia Final (MHz)				
700	703	748	758	803	90	80	10	88,89 %
850	824	849	869	894	50	50	0	100 %
AWS-1	1710	1755	2110	2155	90	90	0	100 %
1900	1850	1910	1930	1990	120	110	10	91.67 %
2500 FDD	2500	2570	2620	2690	140	90	50	64.29 %
2500 TDD	2570-2620 (Canalización TDD)				40	0	40	0 %
3500 MHz	3300 – 3700 (Canalización TDD)				400	320	80	80 %
Total (MHz)					930	740	190	79.57%

Fuente: Elaboración ANE

De las bandas mostradas en la Tabla 1, las de 850 y AWS-1 están totalmente asignadas. Las bandas de 700 MHz y 1900 MHz cada una cuenta con 10 MHz de espectro disponible; la banda de 2500 MHz FDD⁷ (Frequency Division Duplex, por sus siglas en inglés) cuenta con 50 MHz de espectro para asignar; la banda de 2500 MHz TDD⁸ (Time Division Duplex, por sus siglas en inglés) con 40 MHz; y en el caso de la banda de 3500 MHz es importante recalcar que la disponibilidad de espectro en Colombia es de 400 MHz comprendidos entre el segmento de 3300 a 3700 MHz, de los cuales 320 MHz fueron subastados a nivel nacional y

⁷ Mecanismo de duplexación que implica un sistema de comunicación que utiliza dos frecuencias exclusivas: una para el enlace descendente y otra para el ascendente, con una banda de separación entre ambas. Fuente: 5G Américas (Panorama del Espectro de Bandas Medias para redes móviles en América Latina y el Caribe)

⁸ Mecanismo cuya comunicación utiliza una sola frecuencia para la transmisión de las señales. La transmisión y la recepción se realizan por la misma frecuencia, pero con diferencias temporales y una separación de tiempo entre ambos sentidos de la comunicación. Fuente: 5G Américas (Panorama del Espectro de Bandas Medias para redes móviles en América Latina y el Caribe)

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co

Página 19 de 146

80 MHz fueron reservados para futuras asignaciones⁹. En este sentido, existe en total un remanente de 190 MHz efectivos de espectro en las bandas que ya han surtido procesos de asignación en Colombia.

3.1.2 *Bandas identificadas para las IMT que no han surtido procesos de asignación en Colombia.*

Como se observa en la Tabla 2, en Colombia antes de la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones del 2023 (CMR-23) se tenían identificadas nueve (9) bandas de frecuencias para las IMT con una capacidad máxima de 352 MHz de espectro en el caso de bandas por debajo de los 6 GHz (bandas bajas y medias) y de 15,75 GHz de espectro en el caso de las bandas por encima de los 6 GHz (bandas conocidas por la industria móvil como las bandas altas milimétricas¹⁰).

Es importante resaltar que, a la fecha ninguna de estas bandas de frecuencias ha sido incluida en procesos de selección objetiva por parte del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (Mintic).

Tabla 2. Bandas de frecuencias identificadas para las IMT (antes de la CMR-23) sin asignar en Colombia.

Banda	Enlace ascendente		Enlace descendente		Capacidad Máxima (MHz) ¹¹
	Frecuencia Inicial (MHz)	Frecuencia Final (MHz)	Frecuencia Inicial (MHz)	Frecuencia Final (MHz)	
600	663	698	617	652	70
900	894	915	939	960	42

⁹ Resolución Mintic 03947 del 20 de octubre de 2023.

¹⁰ De acuerdo con el Portal de Cullen International, el término "ondas milimétricas" (mmWave) originalmente refiere a una longitud de onda entre alrededor de 10 mm (30 GHz) y alrededor de 1 mm (300 GHz). La industria ahora usa este término para todas las bandas de frecuencia por encima de 24 GHz, usado para soportar 5G. Disponible en: <https://www.cullen-international.com/client/site/documents/CTSPLN20230066>

¹¹ La capacidad máxima corresponde al espectro teórico, calculado teniendo en cuenta todo el rango de frecuencias para cada una de las bandas sin contemplar las bandas de guarda que, dado el caso, podrían llegar a disminuir el total de espectro que podrá ser asignado. Así mismo, en algunas bandas de frecuencias la disponibilidad de este espectro teórico está sujeta a la liberación total de la banda.

Banda	Enlace ascendente		Enlace descendente		Capacidad Máxima (MHz) ¹¹
	Frecuencia Inicial (MHz)	Frecuencia Final (MHz)	Frecuencia Inicial (MHz)	Frecuencia Final (MHz)	
1500 (Banda L)	1427-1517				90
AWS Ext.	1755	1780	2155	2180	50
2300	2300-2400				100
26 GHz	24250-27500				3250
39 GHz	37000-43500				6500
47 GHz	47200-48200				1000
60 GHz	66000-71000				5000
Total, Espectro Disponible en bandas por debajo de 6 GHz (MHz)					352
Total, Espectro Disponible en bandas por encima de 6 GHz (GHz)					15,75

Fuente: Elaboración ANE

3.1.3 *Bandas Identificadas para las IMT en la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones del 2023 (CMR-23)*

Entre las decisiones adoptadas en la CMR-23¹² respecto de la identificación de nuevo espectro para las IMT, en varios países o regiones se incluyeron las siguientes bandas de frecuencias:¹³

- 3300-3400 MHz: en la mayor parte de África y la totalidad de América,
- 3600-3700 MHz: en toda la Región de América,
- 3700-3800 MHz: en varios países de América, entre estos Colombia,
- 4800-4990 MHz: en varios países adicionales de América, por ejemplo, Argentina, Chile y Colombia. (importante resaltar que este segmento de frecuencia no hacía parte del grupo de frecuencias de identificación para las IMT sino del punto de la agenda 1.1 de la CMR-23 que tenía como finalidad la de actualizar las condiciones técnicas de protección de estaciones aeronáuticas y marítimas situadas en espacio aéreo y marítimo internacional por parte de las emisiones de estaciones IMT, sin

¹² Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones llevada a cabo en Dubái entre el 20 de noviembre y el 15 de diciembre de 2023.

¹³ Información basada en el Portal de Cullen International. "Results of the World Radiocommunication Conference 2023". 19 diciembre de 2023.

embargo durante la CMR-23 algunos países decidieron sumarse a la lista de identificación de dicha banda para IMT, entre estos Colombia).

- 6425-7125 MHz: en la Región 1 (que comprende África, Europa, la Comunidad de Estados Independientes y Oriente Medio), Brasil, México y tres países asiáticos.
- 7025-7125 MHz: en la Región 3 (que comprende la mayor parte de Asia y Oceanía); y
- 10,0-10,5 GHz: en varios países americanos, entre estos Colombia.

De las anteriores bandas de frecuencias, Colombia ya había identificado los segmentos comprendidos entre 3300 a 3400 MHz y 3600 a 3700 MHz, con lo cual el resultado para el país en la mencionada conferencia fue la inclusión de tres nuevos segmentos que se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Nuevos rangos de frecuencia identificados para las IMT en la CMR-23.

Rango de Frecuencias		Capacidad Adicional (MHz)
Frecuencia Inicial (MHz)	Frecuencia Final (MHz)	
3700	3800	100
4800	4990	190
10000	10500	500
Total (MHz)		790

Fuente: Elaboración ANE

Así las cosas, el país sumó 290 MHz de espectro identificado para las IMT en el rango de las bandas medias (entre 1 y 6 GHz) y de 500 MHz de espectro en el rango de las bandas altas (por encima de 6 GHz).

A manera de resumen, la Tabla 4 muestra la disponibilidad futura de espectro IMT en Colombia (segmentado por bandas bajas, medias y altas), teniendo en cuenta tanto los remanentes, así como las antiguas y nuevas bandas de frecuencias identificadas para las IMT. Es necesario recalcar, por una parte, que el espectro calculado para cada una de las bandas de frecuencias tiene en cuenta todo el rango de frecuencias identificado sin contemplar bandas de guarda que, dado el caso, podrían llegar a disminuir el total de espectro que podrá ser asignado, y a la vez que, en algunas de estas bandas de frecuencias la disponibilidad estará sujeta a la liberación o reorganización de las bandas, ya que se encuentran situaciones como el caso de la banda de 600 MHz, la cual actualmente presenta ocupación de estaciones de radiodifusión de Televisión y

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co

Página 22 de 146

hasta que no suceda el apagón analógico de TV y se reorganicen las estaciones de TV digital esta no va a estar disponible en Colombia. Así mismo, las bandas de 4800 MHz y de 10 GHz actualmente presentan ocupación de enlaces fijos microondas, tal y como se describirá con más detalle en secciones posteriores.

Tabla 4. Disponibilidad de Espectro IMT en Colombia (segregado por bandas bajas, medias y altas).

Clasificación	Banda	Enlace ascendente		Enlace descendente		Capacidad Máxima (MHz)
		Frecuencia Inicial (MHz)	Frecuencia Final (MHz)	Frecuencia Inicial (MHz)	Frecuencia Final (MHz)	
Bandas Bajas	600	663	698	617	652	70
	700	743	748	798	803	10
	900	894	915	939	960	42
	Total, Espectro Bandas Bajas	122 MHz				
Bandas Medias	1500 (Banda L)	1427-1517				90
	AWS Ext.	1755	1780	2155	2180	50
	1900	1865	1867,5	1945	1947,5	5
		1887,5	1890	1967,5	1970	5
	2300	2300-2400				100
	2500 FDD	2500-2515	2560-2570	2620-2635	2680-2690	50
	2500 TDD	2575-2615				40
	3500	3620-3700				80
	3700	3700-3800				100
	4800	4800-4990				190
Total, Espectro Bandas Medias	710 MHz					
Bandas Altas	10 GHz	10000-10500				500
	26 GHz	24250-27500				3250
	39 GHz	37000-43500				6500
	47 GHz	47200-48200				1000
	60 GHz	66000-71000				5000

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co

Página 23 de 146

Clasificación	Banda	Enlace ascendente		Enlace descendente		Capacidad Máxima (MHz)
		Frecuencia Inicial (MHz)	Frecuencia Final (MHz)	Frecuencia Inicial (MHz)	Frecuencia Final (MHz)	
	Total, Espectro Bandas Altas	16,25 GHz				
Total	Total, Espectro Disponible en Bandas Bajas					122 MHz
	Total, Espectro Disponible en Bandas Medias (MHz)					710 MHz
	Total, Espectro Disponible en Bandas Altas (GHz)					16,25 GHz

Fuente: Elaboración ANE

3.1.4 Rangos de frecuencia de estudio durante la CMR-27 para posible identificación IMT

A través de la Resolución 813 de la CMR 23, se ordenó la inclusión del punto 1.7 de la agenda, la cual establece “considerar estudios de compartición y compatibilidad y determinar las condiciones técnicas necesarias para la utilización de las Telecomunicaciones Móviles Internacionales (IMT) en las bandas de frecuencias 4 400-4 800 MHz, 7 125-8 400 MHz (o partes de la misma) y 14,8-15,35 GHz, teniendo en cuenta los servicios primarios existentes en dichas bandas de frecuencias, así como en bandas adyacentes, de conformidad con la Resolución 256 (CMR-23)”.

Así las cosas, se espera que durante el ciclo de preparación de la CMR-27 se presenten y analicen los estudios con las medidas técnicas que podrían llegar a facilitar o permitir la compartición y compatibilidad de los servicios primarios existentes tanto en banda como adyacentes y las IMT en las bandas de frecuencias dispuestas en la Tabla 5

Tabla 5. Rangos de frecuencia en estudio durante la CMR-27 para posible implementación de IMT

Rango de Frecuencias	
Frecuencia Inicial (MHz)	Frecuencia Final (MHz)
4400	4800
7125	8400
14800	15350

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co

Página 24 de 146

4 DISPOSICIONES TÉCNICAS DE LAS BANDAS DE FRECUENCIAS IDENTIFICADAS PARA LAS IMT Y QUE NO HAN SIDO ASIGNADAS EN COLOMBIA

En la Tabla 6 se presenta un resumen del estado y las disposiciones técnicas más relevantes de cada una de las bandas de frecuencias que fueron mencionadas en los apartados 3.1.2 y 3.1.3 del presente documento, correspondientes a las bandas de frecuencias IMT que no han sido asignadas en Colombia y que en consecuencia contribuirán a suplir la demanda futura de espectro para el desarrollo de las comunicaciones de banda ancha en el país. Posteriormente, se presentará un análisis más detallado de cada una de las bandas de frecuencias.

Tabla 6. Resumen del estado actual de las principales bandas utilizadas para las IMT en América y Europa.

Banda	Técnica de Duplexación	Rango de subida (MHz)	Rango de Bajada (MHz)	Banda LTE	Banda 5G	Observaciones
600 MHz	FDD	663-698	617-652	71	n71	Segundo dividendo digital en las Américas. Actualmente EE. UU y Canadá han llevado a cabo procesos de subasta en esta banda. La mayoría de los países utilizan toda la banda de 470-694 MHz (o más) para la radiodifusión de TV, y no han concluido el apagón analógico de TV.
900 MHz	FDD	880-915	925-960	8	n8	Corresponde a la primera banda utilizada para GSM (2G) en Europa y también utilizada por varios países en las Américas. En Colombia el rango disponible es de 894-915MHz y de 939-960MHz.
1500 MHz	SDL	NA	1427-1517	32, 75, 76	n75, n76	Se conoce como la banda L. En Europa, algunos países usan el rango de 1452-1492 MHz y otros usan el rango más amplio 1427-1517 MHz para el enlace descendente suplementario (SDL-Supplemental Downlink).
AWS-3	FDD	1710-1780	2110-2200	4, 66	n66	Usado en las Américas, no utilizado en Europa. Actualmente en Colombia disponible el segmento de 1755-1780/2155-2180 MHz conocida como AWS-3.

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co

Página 25 de 146

Banda	Técnica de Duplexación	Rango de subida (MHz)	Rango de Bajada (MHz)	Banda LTE	Banda 5G	Observaciones
2300 MHz	TDD	2300-2400		40	n40	Utilizado en Asia, África, Oceanía. El uso en Europa ha comenzado en algunos países.
3700 MHz	TDD	3300-4200 (5G NR Estándar) 3400-3800 (Europa, LTE Bandas 42/43) En Américas, el uso ha sido sobre diferentes porciones de la banda más amplia.		42, 43, 52	n77	5G NR ¹⁴ admite la banda amplia de 3.3-4.2 GHz, donde diferentes partes de esta banda se consideran para 5G en todo el mundo. Europa seleccionó la banda de 3.4-3.8 GHz como una de sus bandas pioneras para 5G ya que la banda 3.3-3.4 GHz se usa para radiolocalización, y sólo unos pocos países europeos han comenzado a considerar la banda entre 3,8 y 4,2 GHz. En varios países de América se han previsto diferentes partes de la banda más amplia de 3,3 a 4,2 GHz para 5G, principalmente en 3,3 a 3,7 GHz, no obstante, algunos países de Américas identificaron el segmento comprendido entre 3,7 a 3,8 GHz en la CMR-23, entre estos Colombia. En los Estados Unidos se destinó el segmento de 3,7 a 3,98 GHz (conocida como la "banda de 3,7 GHz").
4400-5000 MHz	TDD	4400-5000		NA	n79	Algunos países de Asia utilizan partes de la banda para 5G. Estados Unidos abrió la banda de 4940-4990 MHz, y Brasil la banda de 4830-4950 MHz para 5G. En América Latina, Argentina, Chile, Colombia, Paraguay y Uruguay han identificado la banda para IMT.
>24 GHz (Bandas Milimétricas)	TDD	24,250-27,500 26,500-29,500 27,500-28,350 37,000-40,000 39,500-43,500 47,200-48,200		NA	n258 n257 n261 n260 n259 n262	5G NR admitirá varias bandas por encima de los 24 GHz a largo plazo. Otras bandas posibles, como 45,5-47 o 66-71 GHz, aún no se han estandarizado para 5G NR. Europa seleccionó la banda de 24,25-27,5 GHz (la "Banda de 26 GHz") como otra de sus bandas pioneras 5G. En América, Estados Unidos subastó los segmentos de 24,25-24,45, 24,75-25,25 y 27,5-28,35 GHz en 2018/2019, y los segmentos de 37,6-40 y 47,2-48,2 GHz en 2019/2020.

¹⁴ Tecnología de radio acceso de quinta generación (5G) conocida como Nueva Radio (5G NR, por sus siglas en inglés).

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co

Banda	Técnica de Duplexación	Rango de subida (MHz)	Rango de Bajada (MHz)	Banda LTE	Banda 5G	Observaciones
						Otros países de América como Chile subastaron el segmento de 25,9–27,5 GHz en 2020, mientras que Brasil subastó la banda de 26 GHz en 2021.

Fuente: Elaboración ANE con información proporcionada por Cullen International: "Overview of spectrum bands", 15 de mayo de 2024.

A continuación, se presenta desde el ámbito internacional (perspectiva de uso, desarrollo de equipos, despliegue de redes e infraestructura, disposiciones de frecuencias, escenarios de convivencia, etc.) y nacional (atribución, asignación, estudios, normatividad aplicable, etc.) el estado actual de cada una de las bandas de frecuencias descritas anteriormente.

4.1 BANDAS BAJAS (HASTA 1 GHZ)

En línea con lo mencionado en apartados anteriores, es ampliamente conocido en el ámbito de las telecomunicaciones que las frecuencias bajas pueden llegar a proporcionar una amplia cobertura con una menor densidad de infraestructura instalada para cubrir una zona determinada, por esta razón, las bandas bajas se presentan como una alternativa financieramente viable para llevar servicios de banda ancha inalámbrica a zonas rurales y alejadas del país. [9]

No obstante, se debe reiterar que el espectro en bandas bajas presenta unas limitaciones en comparación con las bandas medias y altas, como por ejemplo los menores anchos de banda disponibles y las limitaciones en implementación

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co

Página 27 de 146

de capacidades tecnológicas como MIMO (Múltiples entradas-Múltiples Salidas) debido al tamaño de las antenas¹⁵. [9]

4.1.1 Banda de 600 MHz (614-698 MHz)

4.1.1.1 Situación Internacional

La banda de frecuencias de 470 – 698 MHz se encuentra atribuida a los servicios móviles o de radiodifusión en la mayor parte del mundo. Esta banda está planeada para utilizarse mayormente en la región América (Región 2 de la UIT), donde se le conoce como el segundo dividendo digital, y por algunos países de la región Asia-Pacífico (Región 3 de la UIT).

Específicamente para la Región 2, se adicionaron dentro del RR de la UIT las notas internacionales 5.308 y 5.308A, en las cuales varios países de la región atribuyeron el rango de frecuencias de 614-698 MHz para el servicio móvil a título primario y adicionalmente lo identificaron para las IMT. Es importante mencionar que esta banda de frecuencias, en su mayor parte, la impulsan Estados Unidos y Canadá en los cuales ya se realizaron procesos de asignación.

- **5.308:** *Categoría de servicio diferente: en Belice, Colombia, El Salvador y Guatemala, la banda de frecuencias 614-698 MHz está atribuida a título primario al servicio móvil. Las estaciones del servicio móvil que funcionan en esta banda de frecuencias están sujetas a la obtención del acuerdo indicado en el número **9.21**. (CMR-23)*
- **5.308A:** *En Bahamas, Barbados, Belice, Canadá, Colombia, El Salvador, Estados Unidos, Guatemala, Jamaica y México, la banda de frecuencias 614-698 MHz, o partes de esta, está identificada para las Telecomunicaciones Móviles Internacionales (IMT) – véase la Resolución **224 (Rev.CMR-23)**. Esta identificación no impide la utilización de estas*

¹⁵ De acuerdo con GSMA, debido a la longitud de onda más larga (menor frecuencia), las antenas por debajo de 1 GHz son mucho más grandes que las antenas que se utilizan para las frecuencias de banda media y alta, en consecuencia, esto limita la oportunidad de aumentar la eficiencia espectral que se logra con antenas de formación de haces (Beamforming) y con técnicas MIMO (Multiple-input Multiple-output, por sus siglas en inglés). Para ilustrar mejor, por ejemplo, en la banda de 3500 MHz se puede implementar una configuración MIMO de 64T64R mientras que, en la banda sub-1 GHz, 4T4R es el máximo alcanzable.

*bandas de frecuencias por cualquier otra aplicación de los servicios a los que está atribuida, ni establece prioridad alguna en el Reglamento de Radiocomunicaciones. Las estaciones del servicio móvil de los sistemas IMT que funcionan en esta banda de frecuencias están sujetas a la obtención del acuerdo indicado en el número 9.21 y no causarán interferencia perjudicial a los servicios de radiodifusión de los países vecinos, ni reclamarán protección contra los mismos. Se aplican los números **5.43 y 5.43A.** (CMR-23)*

Así mismo, con la adición de la nota internacional 5.296A, algunas administraciones de Asia Pacífico identificaron el rango de frecuencias de 610-698 MHz para el uso de las IMT.

- **5.296A:** *En la Micronesia, las Islas Salomón, Tuvalu y Vanuatu, la banda de frecuencias 470-698 MHz, o partes de esta, y en Bangladesh, Lao (R.D.P.), Maldivas, Nueva Zelandia y Viet Nam, la banda de frecuencias 610-698 MHz, o partes de ésta, están identificadas para su utilización por las administraciones que deseen implementar las Telecomunicaciones Móviles Internacionales (IMT) – véase la Resolución **224 (Rev.CMR-23).** Esta identificación no impide la utilización de estas bandas de frecuencias por cualquier otra aplicación de los servicios a los que están atribuidas, ni establece prioridad alguna en el Reglamento de Radiocomunicaciones. La atribución al servicio móvil en esta banda de frecuencias no se utilizará para sistemas IMT, a menos que las administraciones interesadas obtengan el acuerdo indicado en el número 9.21 y no causarán interferencia perjudicial a los servicios de radiodifusión de los países vecinos ni reclamarán protección contra los mismos. Se aplican los números **5.43 y 5.43A.** (CMR-23)*

La banda de 600 MHz (663-698MHz/617-652 MHz) se encuentra estandarizada por el Proyecto Asociación de Tercera Generación (3GPP, por sus siglas en inglés)¹⁶ y en consecuencia es conocida a nivel internacional como la banda 71 para la tecnología de Red de Acceso de Radio Terrestre UMTS Evolucionada (E-UTRA, por sus siglas en inglés) conocida también como Evolución a Largo Plazo

¹⁶ 3GPP (3rd Generation Partnership Project) o Proyecto Asociación de Tercera Generación es una colaboración de grupos de asociaciones de telecomunicaciones, conocidos como miembros organizativos que proporciona informes y especificaciones que definen las tecnologías de los sistemas IMT.

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co

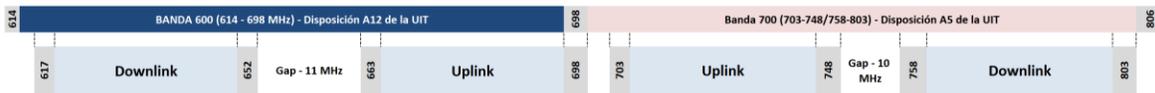
Página 29 de 146

(LTE, por sus siglas en inglés), y la banda n71 para la tecnología de radio acceso de quinta generación (5G NR).

De acuerdo con los estándares técnicos del 3GPP, la banda de 600 MHz se usa en modo de emparejamiento de frecuencia (FDD, por sus siglas en inglés), y soporta anchos de banda de canal de 5, 10, 15, 20 MHz (tanto para el estándar 4G como 5G NR), y de 25, 30 y 35 MHz (sólo para el estándar 5G NR), esto sin tener en cuenta funcionalidades adicionales como agregación de portadoras (CA, por sus siglas en inglés) o conectividad dual (DC, por sus siglas en inglés).

A su vez, el arreglo de frecuencias establecido por la UIT en la Recomendación UIT-R M. 1036-7 para la banda de 600 MHz es como se presenta en la Figura 9. Este arreglo se denomina disposición A12 y se basa en una configuración FDD inversa, ya que esto garantiza la compatibilidad con la disposición A5 establecida para la banda de 700 MHz.

Figura 9. Arreglo de Frecuencias dispuesto por la UIT en la Recomendación UIT-R M. 1036 para la Banda de 614 - 698 MHz



Fuente: Elaboración ANE

En efecto, como se observa en la anterior figura, la disposición A12 establece un plan de frecuencias con una banda de guarda de 3 MHz respecto al canal 37 de televisión (608-614 MHz, segmento de frecuencia que no se usa para el servicio de TV ya que está atribuido al servicio de radioastronomía), y una banda de guarda de 5 MHz con respecto a la banda IMT de 700 MHz.

Particularmente, se conoce que la banda de 600 MHz, complementada con la banda de 700 MHz, puede llegar a brindar recursos adicionales de espectro para el desarrollo de servicios móviles 4G y 5G, y en este sentido algunas administraciones de América Latina y el Caribe la están considerando como una banda con muy buen potencial para el futuro desarrollo de las IMT. Sin embargo, dado que el uso de esta banda requiere del apagón analógico de TV y de una reasignación de las estaciones de televisión terrestre digital (TDT) que operan a partir del canal 38, la asignación de dicha banda para servicios móviles se ha retrasado en la mayoría de los países. Específicamente, se conoce que en América la banda sólo ha sido asignada en los Estados Unidos entre el 2016 y 2017, mientras que Canadá la subastó en 2019. [1]

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
 Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
 Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co

Página 30 de 146

En resumen, en América Latina y el Caribe, la perspectiva de utilización de la banda de 600 MHz varía según el país. No todos los países han atribuido la banda para servicios móviles en sus cuadros o planes nacionales de atribución de frecuencias. En algunos casos, la atribución fue hecha para servicios móviles de modo primario y en otros de forma secundaria, pero en general el espectro de 600 MHz sigue en uso para el servicio de radiodifusión, específicamente para TDT. [1]

La información más reciente y disponible sobre la perspectiva de uso de la banda de 600 MHz en América se resumen a continuación en la Tabla 7:

Tabla 7. Perspectiva de Uso de la Banda de 600 MHz en América.

Pais	¿Uso de la banda de 600 MHz definida para servicios móviles?	¿Migración de Estaciones de Radiodifusión completada?	¿Banda asignada a operadores móviles?
Argentina	Propuesta	No	No
Brasil	No	No	No
Canadá	Sí	Sí	70 MHz en 2Q 2019
Chile	No	No	No
Colombia	Sí	No	Planeada para cuando se libere
Costa Rica	No	No	No
Ecuador	No	No	No
México	Sí	Sí	70 MHz planeados para el 2024
Paraguay	No	No	No
Perú	No	No	No
Estados Unidos	Sí	Sí	70 MHz en 1Q 2017

Fuente: Elaboración ANE con base en información proporcionada por Cullen International. "Status of the 600 MHz band (second digital dividend)", 30 de enero de 2024.

En cuanto al ecosistema de equipos de la banda de 600 MHz (banda 71), de acuerdo con 5G Américas [1] este aún se halla en una etapa temprana, pero ya hay dispositivos y redes 4G y 5G disponibles sobre todo en América del Norte.

Particularmente y con base en reportes de la Asociación mundial de Proveedores del Sector Móvil - GSA, asociación dedicada a supervisar e investigar los desarrollos de banda ancha móvil en todo el mundo, a septiembre de 2023 el

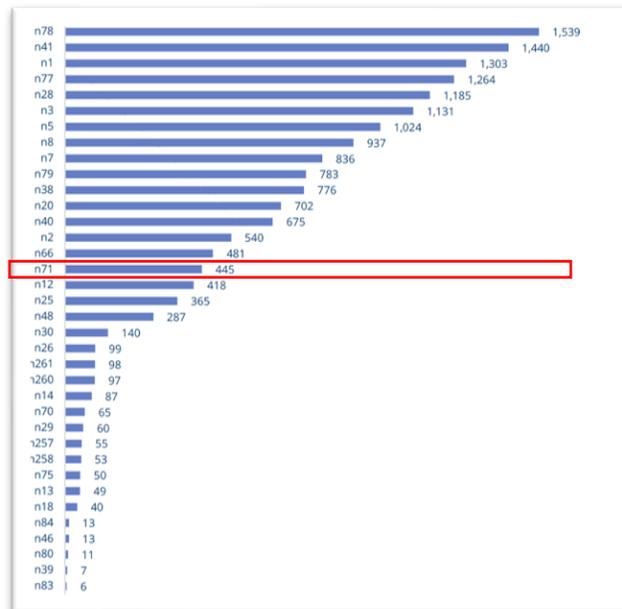
Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co

Página 31 de 146

número de dispositivos 5G anunciados¹⁷ que soportan la banda n71 ya alcanzan los 445, casi igualando a los anunciados para las bandas AWS Extendida (n66), 1900 (n2) o 2300 MHz (n40) tal y como se observa en la Figura 10.

Figura 10. Cantidad de anuncios de modelos de dispositivos 5G para la banda de 600 MHz (n71).



Fuente: Figura extraída del reporte de la Asociación GSA "5G Device Ecosystem" septiembre de 2023

Finalmente, en el caso de la convivencia con el servicio de radioastronomía (SRA) adyacente en la parte inferior de la banda, la Recomendación UIT-R RA.769¹⁸ establece los umbrales de potencia máximos permitidos a la entrada de una estación SRA para evitar afectaciones al servicio; específicamente, los umbrales con respecto de una estación SRA con frecuencia de operación de 611 MHz corresponde a -202 dBW/6 MHz para observaciones de banda ancha.

4.1.1.2 Situación Nacional

En Colombia la atribución de la banda de 600 MHz se dispone a título primario para los servicios de Radiodifusión (específicamente para la prestación del

¹⁷ Entre los dispositivos anunciados se encuentran Smartphones, Hot Spots, CPE, Tabletas, Módulos, Módems USB, Portátiles, Cámaras, Relojes Inteligentes, etc.

¹⁸ Recomendación UIT-R RA.769 "Criterios de protección para las mediciones Radioastronómicas".

servicio público de televisión abierta radiodifundida) y para el Servicio Móvil, tal y como se presenta en la Figura 11.

Figura 11. Atribución banda 600 MHz en Colombia



Fuente: Elaboración ANE a partir del CNABF

Dado que la atribución de la banda de 600 MHz al servicio móvil fue incluida en Colombia solo hasta el año 2017 cuando se realizó la modificación del Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias (CNABF) mediante la Resolución 450 de 2017 de la ANE (Compilada hoy en día en la Resolución ANE 105 de 2020), donde, entre otros aspectos, se adoptaron los cambios de atribución y las modificaciones de las notas internacionales aprobadas en la CMR-15¹⁹, la ocupación actual de la banda de 600 MHz corresponde únicamente a estaciones del servicio de radiodifusión (televisión) tanto en tecnología análoga como digital.

No obstante, es necesario recalcar que, en los últimos años el Gobierno Nacional ha incentivado el cese de las emisiones analógicas de radiodifusión de televisión con el fin de establecer y apropiar la TDT como la tecnología para la prestación del servicio público de televisión abierta en el país, lo cual también permitirá, entre otras cosas, liberar espectro radioeléctrico.

Ahora bien, para llevar a cabo este proceso de transición de televisión analógica a digital, el Mintic ha expedido diversos documentos y normas, entre los que se encuentra el Plan General de Cese de Emisiones Analógicas (PGCEA)²⁰ en el que se establecen las estrategias que se desarrollarán en conjunto con los diferentes

¹⁹ Particularmente, y como fue mencionado anteriormente, entre las notas internacionales adoptadas de la CMR-15 se encuentra la nota 5.308 a través de la cual algunas administraciones, entre estas Colombia, adicionaron la atribución al servicio móvil del rango de frecuencias de 614-698 MHz.

²⁰ Documento disponible en: <https://www.mintic.gov.co/portal/inicio/Sala-de-prensa/Noticias/276900:MinTIC-publica-la-segunda-version-del-Plan-General-de-Cese-de-Emisiones-Analogicas-PGCEA-de-Colombia>.

agentes del sector, así como los indicadores que se tendrán en cuenta para realizar el apagado analógico en las diferentes zonas del país.

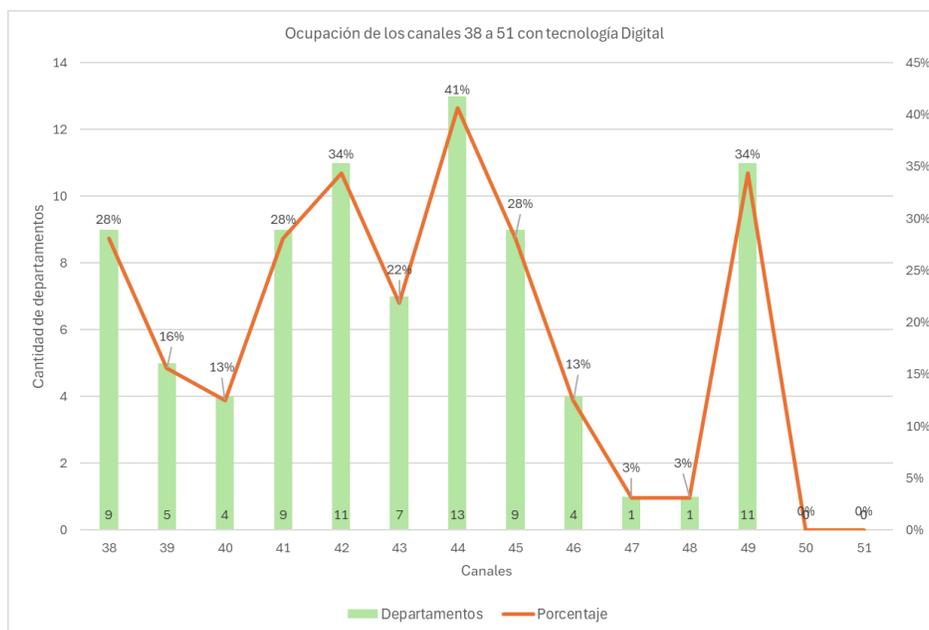
Así mismo, el Mintic expidió la Resolución 4672 del 30 de diciembre 2022, a través de la cual se dio inicio al proceso de cese de emisiones analógicas de televisión en el país, lo anterior mediante ceses parciales y escalonados conforme se vaya evaluando y determinando la cobertura de la TDT en los municipios donde se pretenda apagar dichas emisiones.

Conforme lo anterior y para efectos prácticos, el siguiente análisis de ocupación de la banda de 600 MHz tiene en cuenta únicamente los canales digitales TDT que se presentan con corte a abril de 2024 en el Sistema de Gestión de Espectro (SGE) del Mintic. Así mismo, se hace la aclaración que el presente reporte se basa únicamente en las áreas de servicio reportadas en los Cuadros de Características Técnicas de Red (CCTR) de los Proveedores de Redes y Servicios de Telecomunicaciones (PRST) de TV, y en tal sentido no tiene en cuenta las posibles emisiones radioeléctricas de señales TDT que, por efectos normales de la radiación de los equipos, se encuentran por debajo del umbral de prestación de servicio definido en la normatividad y que posiblemente se están generando en otras áreas geográficas del país. Así mismo, es menester hacer la precisión de que este reporte podría llegar a surtir modificaciones con base en las siguientes situaciones; (I) la planificación actual y el despliegue real de las estaciones TDT planificadas, (II) Disponibilidad de canales para las asignaciones futuras de estaciones TDT²¹, y (III) actualización del Plan Técnico de Televisión (PTTV), ya que a medida que se vayan apagando las estaciones analógicas, la ANE irá actualizando el PTTV para buscar una reorganización de las estaciones TDT por debajo del canal 37.

Dicho lo anterior, la Figura 12 muestra el nivel de ocupación geográfica (cantidad de departamentos con ocupación TDT) en cada uno de los 14 canales de TV disponibles en el rango de 614 MHz a 698 MHz (canales 38 al 51), asumiendo esta ocupación bajo la condición de que se entiende como ocupado un departamento, si en este existe, aunque sea un municipio cubierto por un canal de frecuencia TDT.

²¹ Teniendo en cuenta que no se ha completado el apagón analógico, la disponibilidad de canales para las estaciones TDT futuras puede verse comprometida en los canales por debajo del canal 37.

Figura 12. Ocupación Geográfica (TDT) en los canales 38 a 51.²²



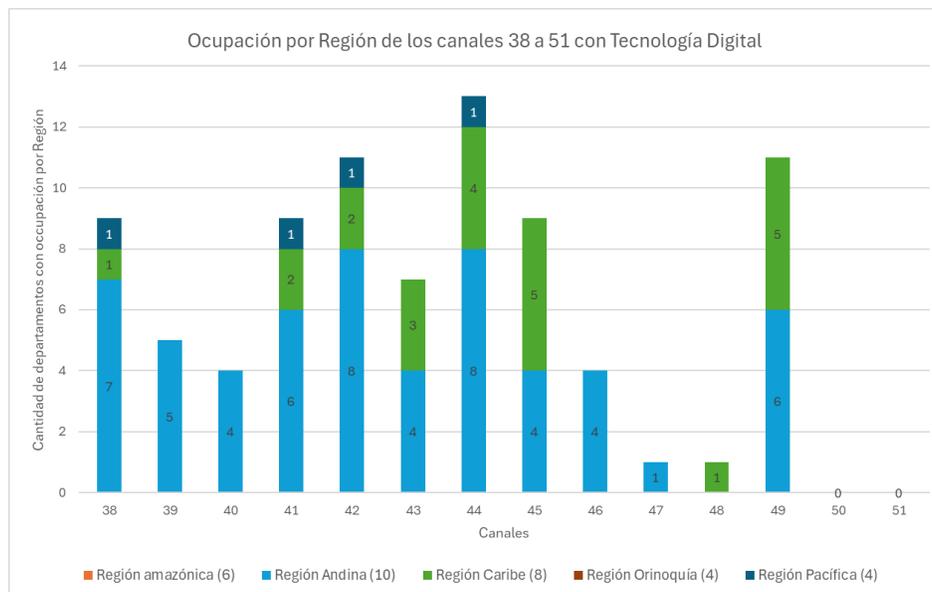
Fuente: Elaboración ANE con base en información del SGE.

De la anterior figura se observa a modo general una ocupación geográfica relativamente baja, ya que tomando en consideración la totalidad de los canales TDT (14 canales), la máxima ocupación se alcanza en el canal 44 con un 41% de la totalidad de los departamentos del país. Por su parte, se observa que los canales 50 y 51 no presentan ocupación digital y que los canales con menor ocupación corresponden al 47 y 48.

Ahora bien, de acuerdo con la Figura 13, las regiones Orinoquia y Amazonía no presentan ocupación TDT y en el caso específico de la Región Pacífica, la ocupación es muy baja, únicamente en un departamento (Valle del Cauca). Por el contrario, las regiones con mayor ocupación corresponden a la Región Andina y Caribe con presencia en la mayoría de los canales.

²² Ocupación registrada en la base de datos con corte a abril de 2024.

Figura 13. Ocupación (TDT) de los canales 38 a 51 por Región.



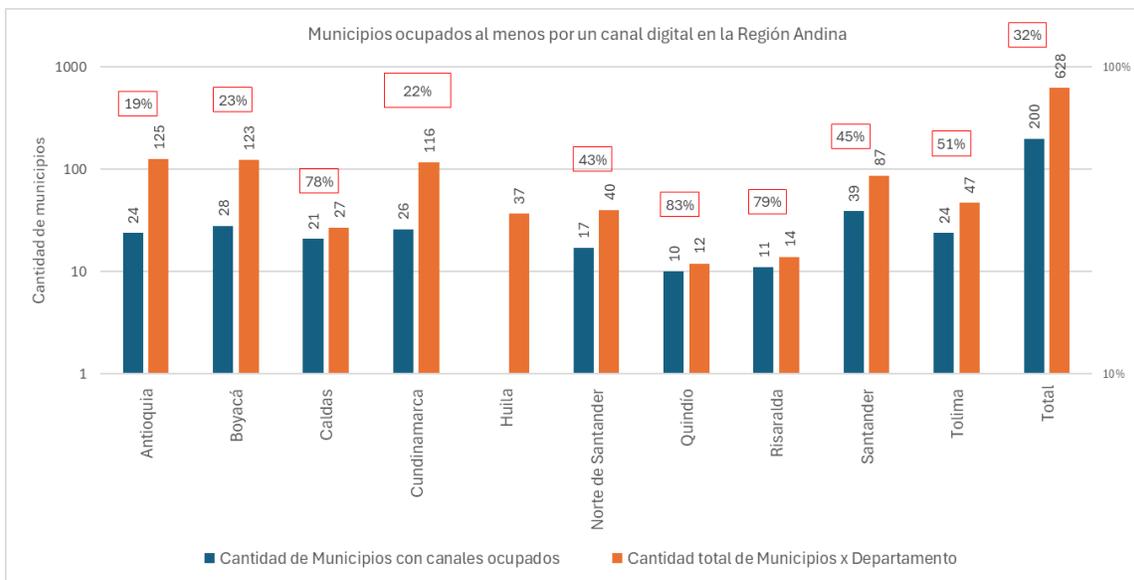
Fuente: Elaboración ANE con base en información del SGE.

Ahora bien, a continuación se realiza un análisis más detallado de cada una de las regiones del país, con el propósito de determinar el nivel de ocupación (teórico)²³ de cada uno de los departamentos que la conforman; es decir, con respecto a la totalidad de los municipios de cada uno de los departamentos que conforman las regiones, se mostrará la cantidad de municipios que han sido incluidos como área de servicio en cualquiera de las estaciones que operan sobre los canales digitales 38 al 51.

En la Región Andina, se puede observar que el nivel de ocupación de los municipios es relativamente bajo para la mayoría de los departamentos, por ejemplo, en el caso de Antioquia, Boyacá, Cundinamarca y Huila es del 19%, 23%, 22% y 0%, respectivamente. No obstante, hay otros departamentos como el caso de Caldas, Quindío y Risaralda, donde el nivel de ocupación es del orden del 78%, 83% y 79%, respectivamente. En resumen, esta región tiene una ocupación de televisión digital en 200 municipios, lo que corresponde al 32% de la totalidad de la región.

²³ Análisis de ocupación basado únicamente con base en las áreas de servicio reportada en los Cuadros de Características Técnicas de los PRST, y en tal sentido no tiene en cuenta las posibles emisiones de señal TDT que se estén generando en otros territorios de la geografía nacional.

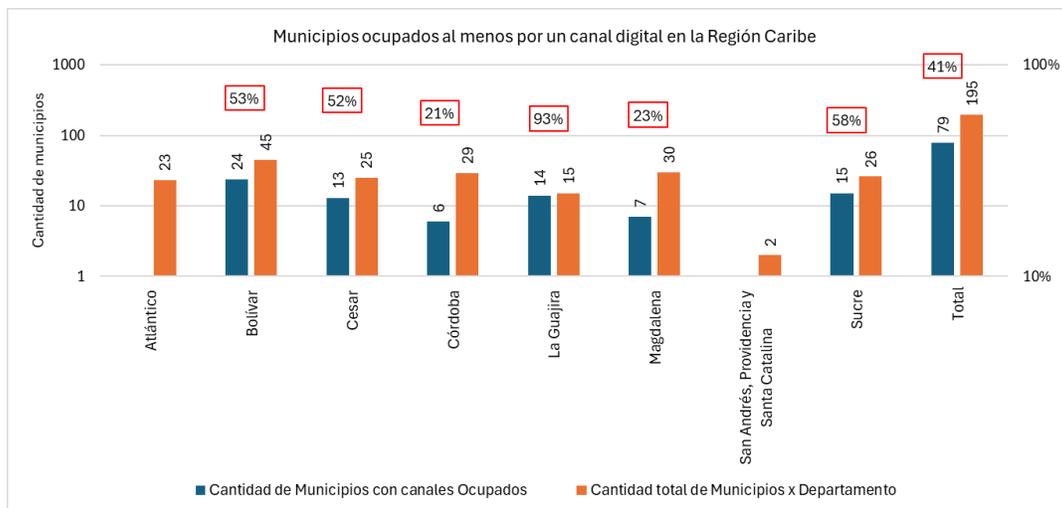
Figura 14. Municipios ocupados al menos por un canal digital en la Región Andina



Fuente: Elaboración ANE con base en información del SGE

En el caso de la Región Caribe, los porcentajes de ocupación son mayores que los registrados para la Región Andina. En total, esta región tiene una ocupación de televisión digital en 79 municipios, lo que corresponde al 41% de la totalidad de los municipios de la región.

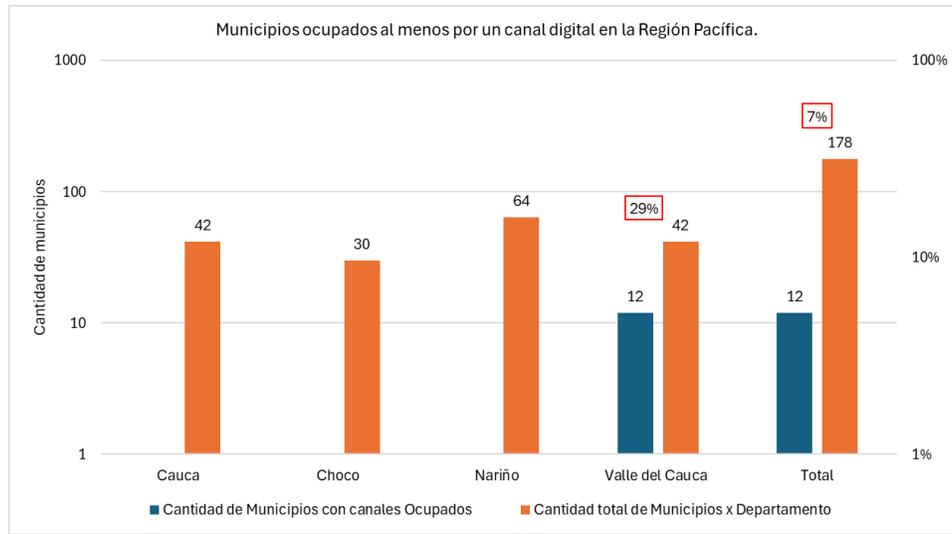
Figura 15. Municipios ocupados al menos por un canal digital en la Región Caribe



Fuente: Elaboración ANE con base en información del SGE.

Por el contrario, la Región Pacífica presenta una situación en la que el único departamento ocupado correspondería al Valle del Cauca. En total esta región tiene una ocupación de televisión digital en 12 municipios, lo que corresponde al 7% de la totalidad de los municipios de la región.

Figura 16. Municipios ocupados al menos por un canal digital en la Región Pacífica

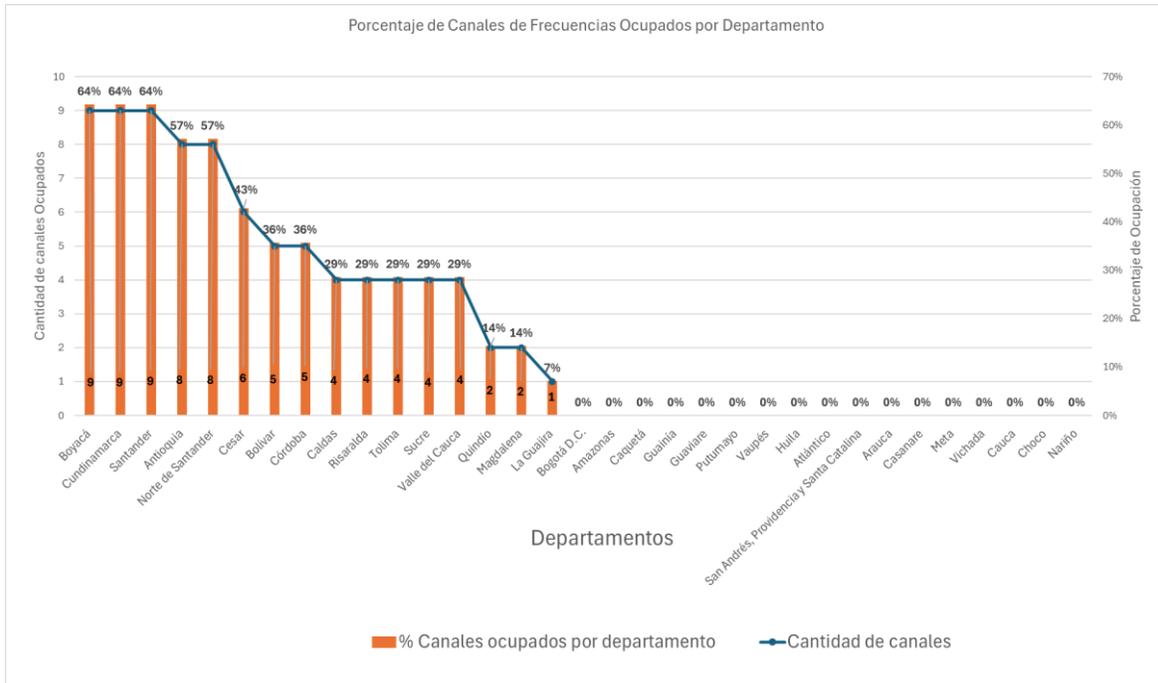


Fuente: Elaboración ANE con base en información del SGE

En conclusión, se observa una ocupación geográfica de la banda de 600 MHz en 291 municipios y 16 departamentos del país, lo que equivale al 26% y 50 % de la totalidad de los municipios y departamentos respectivamente.

Ahora bien, desde un punto de vista de ocupación espectral, tal y como se observa en la Figura 17, se podría decir también que existen departamentos (incluyendo el análisis específico para Bogotá) cuya ocupación es muy baja o nula con respecto a la totalidad de los canales posibles en la banda de 600 MHz (14 canales). No obstante, debido a las asignaciones actuales de los canales de TDT en estos sitios geográficos, la disponibilidad teórica del espectro remanente no es totalmente contigua, lo que dificulta las posibilidades de tener un bloque de espectro consecutivo para la implementación futura de IMT.

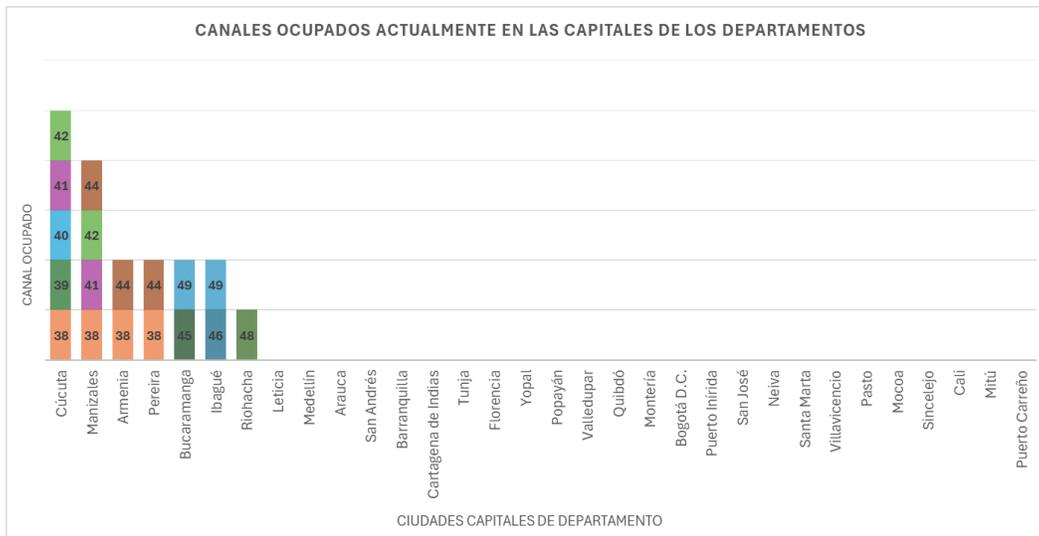
Figura 17. Porcentaje de canales de frecuencia ocupados por Departamento



Fuente: Elaboración ANE con base en información del SGE

De manera semejante al análisis realizado anteriormente, pero aplicado a cada una de las ciudades capitales del país, la Figura 18 permite evidenciar que, posterior al apagón analógico, el 78% de las ciudades tendría disponibilidad de la banda de 600 MHz.

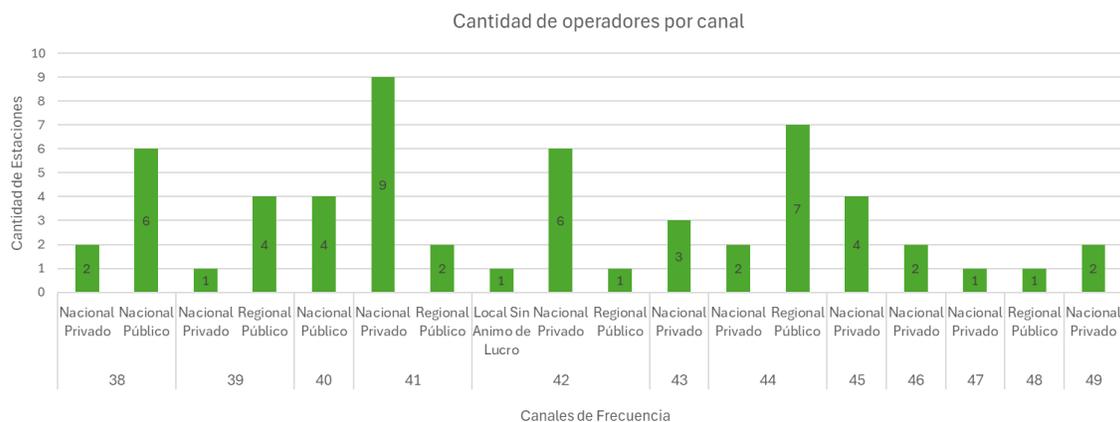
Figura 18. Canales TDT ocupados en las capitales del país.



Fuente: Elaboración ANE con base en información del SGE

Por otra parte, en lo que se refiere al análisis visto desde la ocupación de los operadores de televisión digital, la Figura 19 evidencia la presencia de 58 estaciones radioeléctricas de operadores tanto públicos como privados y sin ánimo de lucro, con operación nacional, regional y local. La mayor parte de los canales está siendo ocupada por estaciones de operadores públicos y privados nacionales, mientras que los operadores regionales y locales tienen una muy baja presencia, con una ocupación en tan solo 5 de la totalidad de los canales.

Figura 19. Cantidad de estaciones de operadores de Televisión radiodifundida por canal



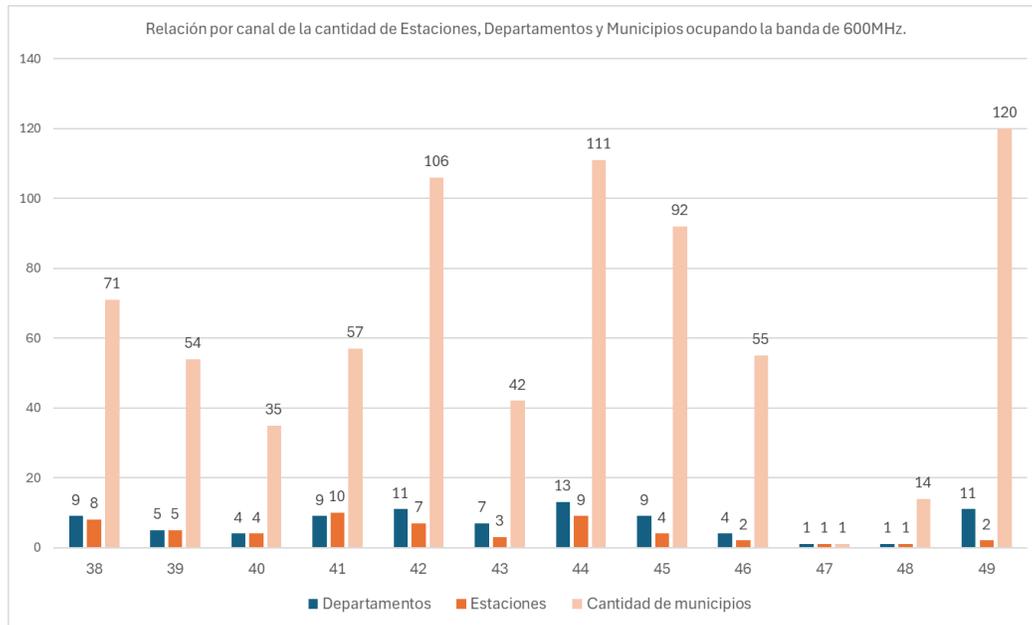
Fuente: Elaboración ANE con base en información del SGE

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
 Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
 Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co

La siguiente figura consolida la información desarrollada hasta este punto con el fin de comprender de una manera integral la ocupación teórica TDT en cada uno de los canales de frecuencias de la banda de 600 MHz.

Figura 20. Relación por canal de la cantidad de Estaciones, Departamentos y Municipios ocupando la banda de 600MHz



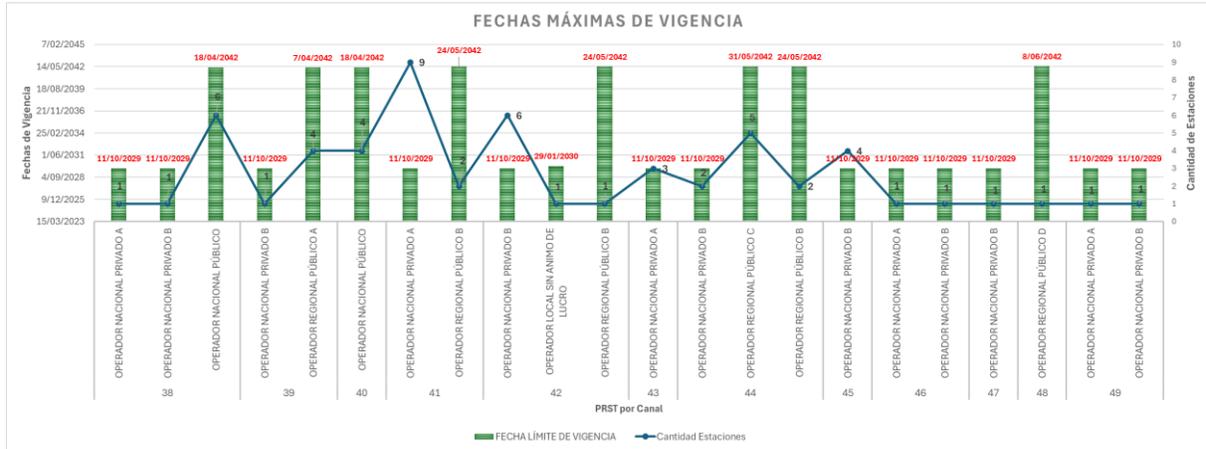
Fuente: Elaboración ANE con base en información del SGE

En resumen, de acuerdo con los análisis presentados se podría llegar a inferir que, una vez se apaguen las estaciones analógicas de televisión en el país, existirían departamentos (la mayoría en las regiones Orinoquia, Amazónica y Pacífica) y municipios con disponibilidad inmediata de la banda de 600 MHz. No obstante, se debe tener en cuenta que dicha conclusión parte de una deducción teórica basada en la cobertura reportada en los CCTR de los PRST, por lo que, una vez se complete el apagón analógico de televisión, será necesario verificar los niveles de intensidad de señal en campo de los municipios definidos como libres para validar esta información en terreno.

En todo caso, debe anotarse que en caso de buscar a futuro que la banda de 600 MHz tenga disponibilidad total a nivel nacional sin tener que realizar un proceso de migración de las estaciones de TDT, es decir buscando una liberación natural de la banda, la base de datos indica que existen estaciones con fechas

máximas de vigencia a 2042, tal y como se muestra a continuación en la Figura 21:

Figura 21. Fechas máximas de finalización de permisos de las estaciones de TV Digital discriminadas por Canal.



Fuente: Elaboración ANE con base en información del SGE

Por otra parte, cabe mencionar que en el 2021, la ANE en conjunto con la Universidad ICESI de Colombia llevó a cabo un estudio de convivencia denominado "Análisis técnicos para la operación sin interferencias perjudiciales entre los sistemas móviles IMT que podrían desplegarse en la banda de 600 MHz y los sistemas incumbentes a esta banda", y cuyo objetivo fue analizar la interacción entre el sistema DVB-T2, los sistemas IMT (tanto LTE como 5G), y también algunas tecnologías de espacios en blanco de TV en la banda intermedia (GAP) entre el enlace de bajada (Downlink) y el enlace de subida (Uplink) de los sistemas IMT de la banda de 600 MHz. El resultado del estudio muestra que, dadas las características de los sistemas de comunicaciones, el caso más restrictivo de interferencia medida es cuando el sistema de TV interfiere al sistema IMT 5G, por lo que se debe garantizar una banda de guarda de al menos 8 MHz, lo que se consigue con el desuso del canal 37 sumado a la banda de guarda de 3 MHz sugerida por la canalización A12 de la Recomendación UIT-R M. 1036-7.

Ahora bien, para las pruebas de interferencia hacia el sistema DVB-T2 inicialmente se utilizó la técnica de análisis subjetivo de la Recomendación UIT-R BT.500. Una vez se encontró que este caso era menos restrictivo, se simplificó el procedimiento, con el fin de encontrar los valores de separación de frecuencias

a los que el sistema DVB-T2 sufría una interferencia perjudicial apreciable. Al igual que en el caso anterior, los resultados obtenidos en el estudio muestran que lo deseable es garantizar una banda de guarda de al menos 8 MHz, lo que implica que se debe garantizar el canal 37 completamente libre, y mantener la banda de guarda sugerida por la canalización de 600MHz adoptada por la Recomendación UIT-R M. 1036-7.

4.1.2 Banda de 900 MHz (894-915/939-960 MHz)

4.1.2.1 Situación Internacional

De modo general, la banda de frecuencias de 900 MHz (880-915/925-960 MHz) conocida a nivel internacional como la banda "GSM 900" se encuentra atribuida, junto con otros servicios de radiocomunicaciones, al servicio móvil en las tres regiones del mundo con algunas diferencias en las notas internacionales que aplican a los diferentes segmentos de frecuencias.

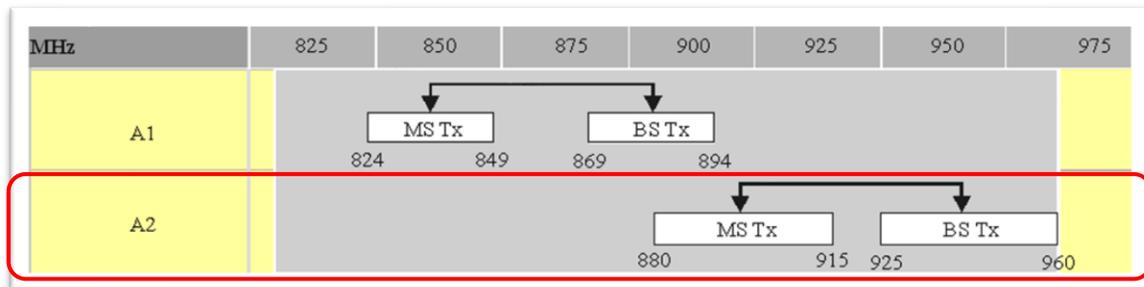
Cabe resaltar que, para el servicio móvil aplica la nota internacional 5.317A, donde se identifican diferentes rangos de frecuencias para su utilización para las IMT en las tres regiones de la UIT.

- **5.317A:** *Las partes de la banda de frecuencias 698-960 MHz en la Región 2 y las bandas de frecuencias 694-790 MHz en la Región 1 y 790-960 MHz en las Regiones 1 y 3 atribuidas al servicio móvil a título primario se han identificado para su utilización por las administraciones que deseen introducir las Telecomunicaciones Móviles Internacionales (IMT) – Véanse las Resoluciones 224 (Rev.CMR-23), 760 (Rev.CMR-23) y 749 (Rev.CMR-23), según proceda. La identificación de estas bandas de frecuencias no impide la utilización de estas bandas de frecuencias por cualquier aplicación de los servicios a los que están atribuidas y no implica prioridad alguna en el Reglamento de Radiocomunicaciones. (CMR-23)*

Por otro lado, la estandarización adoptada para esta banda de frecuencias es la correspondiente a la banda 8 del 3GPP, que consiste en una canalización basada en modo de emparejamiento de frecuencia (FDD) con una separación de 45 MHz entre el segmento de transmisión y recepción (ver Figura 22). Así mismo, cuenta con 35 MHz de espectro para el enlace de subida (880-915 MHz) y 35 MHz para

el enlace de bajada (925-960 MHz) para un total de 70 MHz. Esta disposición ha sido adoptada por la UIT en la Recomendación UIT-R M.1036 como la disposición A2.²⁴

Figura 22. Canalización banda 900MHz



Fuente: Imagen Extraída de la Recomendación UIT-R M.1036-7 de la UIT.

Ahora bien, la banda de 900 MHz es altamente usada para las IMT al haber sido una de las primeras identificadas en el mundo. Su mayor uso se concentra en las regiones 1 y 3 de la UIT donde los países miembros la adoptaron hacia los años noventa para el uso de la tecnología GSM²⁵. No obstante, algunas administraciones de América también se han interesado en el estudio o uso de esta banda como un complemento a la banda de 850 MHz (Banda 5 del 3GPP), la cual fue inicialmente seleccionada en la región de América para el desarrollo de las comunicaciones móviles de banda ancha.

Es importante mencionar que, a través de la nota internacional 5.150 del RR, el rango de frecuencias de 902-928 también se encuentra identificado en la Región 2 de la UIT para aplicaciones Industriales, Científicas y Médicas (ICM), rango en el cual también es permitido el uso de dispositivos y aplicaciones de corto alcance y de baja potencia (RCA) que operan bajo el esquema de uso sin licencia de espectro. Respecto de los dispositivos RCA que operan en la banda de 900 MHz, en la última década los reguladores de espectro han venido recortando el espectro permitido para tal fin, pasando de un rango de 902 a 928 MHz a uno de 915 a 928 MHz conocida como la banda australiana para uso libre, donde la

²⁴ Recomendación UIT-R M.1036-7: "Disposiciones de frecuencias para la implementación de la componente terrenal de las telecomunicaciones móviles internacionales (IMT) en las bandas identificadas en el Reglamento de Radiocomunicaciones (RR) para las IMT"- Sección 3.

²⁵ Información basada en el Portal de Cullen International. "Licensing in the traditional mobile bands". 28 junio de 2024.

principal razón ha sido la posibilidad de disponer de un segmento adicional en la banda de 900 MHz para sistemas móviles de banda ancha.

Como consecuencia, tal y como se observa en la Tabla 8 solo tres países de la Región 2 (Canadá, México y Estados Unidos) continúan permitiendo la operación de dispositivos RCA en el rango completo de 902 - 928 MHz.²⁶ La siguiente tabla presenta un cuadro resumen con el panorama de uso de la banda de 900 MHz en América:

Tabla 8. Resumen de decisiones tomadas por algunas administraciones de América para el rango de frecuencias 894 - 960 MHz

PAIS	ATRIBUCION O IDENTIFICACION IMT en 900MHz	RANGO IMT 900MHz	ASIGNACIONES Y OPERACION EN LA BANDA 900 IMT	Rango permitido para RCA ²⁷
Argentina	SI	2x10MHz-FDD 905 - 915 / 950 - 960	SI	915-928 MHz
Canadá	NO	NA	NA	902 - 928
Chile	SI	2x10MHz-FDD: 902,1 - 912,1 / 947,1 - 957,1	SI	915-928 MHz
Colombia	SI	894 - 915/939 - 960	NO	915-928 MHz
Ecuador	SI	894 - 905/950 - 960	SI	-
Estados Unidos de América	NO	NA	NA	902 - 928
Honduras	SI	2x8MHz-FDD 894-902 / 939-947	NO	No permitido
México	NO	NA	NA	902 - 928
Nicaragua	NO	895 - 915 / 940 - 960 Aun no hay planes inmediatos de asignación	NO	915 - 940 MHz (bajo estudio)
Paraguay	SI	896 - 901 y 902 - 915 / 941 - 946 y 947 - 960	SI	918 - 928
Perú	SI	2x16MHz 899 - 915 / 944 - 960 899 - 915 /944 - 960: Lima y Callao 902 - 915/947 - 960: Resto del País.	SI	No permitido
República Dominicana	SI	2x20MHz 895 - 915 / 940 - 960	SI	No permitido
Uruguay	SI	903 - 915 / 948 - 960	SI	915 - 928

Fuente: "Propuesta de Uso para la banda de 900 MHz" de la ANE²⁸

²⁶ Información tomada del estudio denominado "Propuesta de Uso para la banda de 900 MHz" de la ANE. Diciembre de 2022. Documento disponible en el portal web de la ANE:

<https://www.ane.gov.co/SitePages/Gesti%C3%B3n%20%C3%A9cnica/index.aspx?p=3300>

²⁷ RCA: Radiocomunicaciones de Corto Alcance y Baja Potencia.

²⁸ Documento disponible en el portal web de la ANE: <https://www.ane.gov.co/SitePages/Gesti%C3%B3n%20%C3%A9cnica/index.aspx?p=3300>

Como se mencionó previamente, debido al uso de la banda de 900 MHz para las IMT en numerosos países (mayoritariamente de las regiones 1 y 3 de la UIT), la banda es compatible con una variedad de dispositivos de usuario. Con base en los reportes de la GSA con corte a agosto de 2023, el ecosistema LTE en la banda de 900 MHz (banda 8) presenta una disponibilidad de 11276 diferentes tipos de dispositivos compatibles con la banda 8, casi similar a los existentes para la banda 5 (850 MHz).

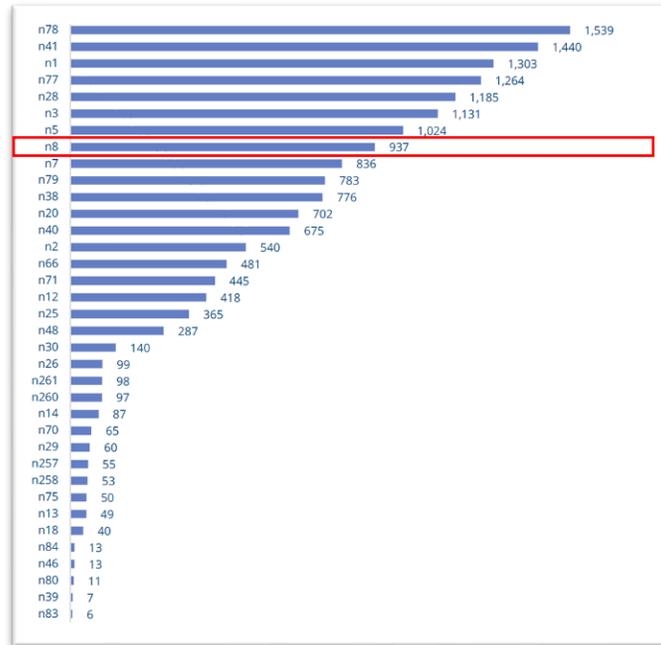
Figura 23. Número de Dispositivos compatibles con bandas LTE-TDD en la banda 8.

LTE FDD Band	Number of Devices
1800 MHz band 3	17,035
2100 MHz band 1	15,035
2600 MHz band 7	14,548
850 MHz band 5	11,691
900 MHz band 8	11,276
800 MHz band 20	10,678
AWS band 4	8,387
1900 MHz band 2	8,217
APT700 band 28	5,909
700 MHz band 17	4,587
700 MHz band 12	4,700
700 MHz band 13	3,998
800 MHz band 26	3,199
800 MHz band 19	2,954
1900 MHz band 25	2,541
800 MHz band 18	2,466
E-AWS band 66	2,326

Fuente: Imagen extraída del reporte de la GSA "LTE Device Ecosystem" agosto de 2023

En el caso de dispositivos 5G, los reportes de la GSA a septiembre de 2023 indican que se conocen anuncios de 937 tipos de dispositivos compatibles con la banda n8 tal y como se muestra a continuación en la Figura 24.

Figura 24. Cantidad de anuncios de modelos de dispositivos 5G por banda de frecuencia



Fuente: Figura extraída del reporte de la Asociación GSA "5G Device Ecosystem" septiembre de 2023

4.1.2.2 Situación Nacional

En Colombia se resalta que, a diferencia del segmento usado en las regiones 1 y 3 de la UIT (880-915MHz/925-960MHz), el rango de frecuencias identificado actualmente para las IMT en la banda de 900 MHz corresponde a 894 – 915 MHz para el enlace ascendente (21 MHz) y de 939 – 960 MHz (21 MHz) para el enlace descendente, para una capacidad total de 42 MHz de espectro (sin contar con bandas de guarda). Lo anterior tiene su explicación debido a que el segmento de 880-894 MHz de la banda de 900 MHz se solapa con el enlace de bajada de la banda 850 MHz (actualmente asignada y en uso por operadores móviles) tal y como se observa en la Figura 25, razón por la cual estos 14 MHz no pueden ser utilizados.

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
 Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
 Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co

Página 47 de 146

Figura 25. Distribución de la banda 900 MHz en Colombia



Fuente: Elaboración ANE

Así mismo, es importante subrayar que, en la pasada CMR-23 se aprobó la modificación de la nota internacional 5.325A del RR de la UIT con el fin de ampliar la porción de espectro atribuida al servicio móvil terrestre a título primario en Colombia pasando de 902 - 905 MHz a 902 - 915 MHz como se observa a continuación:

- **5.325A** *Categoría de servicio diferente: en Argentina, Brasil, Costa Rica, Cuba, República Dominicana, El Salvador, Ecuador, en los Departamentos y colectividades franceses de Ultramar de la Región 2, Guatemala, Paraguay, Uruguay y Venezuela, la banda de frecuencias 902-928 MHz está atribuida al servicio móvil terrestre a título primario. En México, la banda de frecuencias 902-928 MHz está atribuida al servicio móvil, salvo móvil aeronáutico a título primario. **En Colombia, la banda de frecuencias 902-915 MHz está atribuida al servicio móvil terrestre a título primario. (CMR-23). (En negrilla y Subrayado Fuera de Texto)***

Por otra parte, de acuerdo con la base de datos del Mintic, en el rango de frecuencias de 905-915/950-960 MHz ya no existen asignaciones a PRST de Acceso Fijo Inalámbrico (AFI).

De manera puntual, se debe mencionar que en el año 2022 la ANE realizó el estudio denominado "Propuesta de uso para la Banda de 900 MHz"²⁹, cuyo insumo principal fue el análisis de convivencia realizado en conjunto con la Universidad Pontificia Bolivariana, y a través del cual se determinaron las medidas técnicas necesarias para la operación sin interferencias entre los sistemas de comunicaciones móviles de banda ancha a desplegar en la banda de 900 MHz (894/915MHz – Enlace de Subida), los sistemas de comunicaciones

²⁹ Estudio disponible en el portal web de la ANE: <https://www.ane.gov.co/SitePages/Gesti%C3%B3n%20t%C3%A9cnica/index.aspx?p=3121>

móviles actualmente desplegados en la banda de 850 MHz (869/894 MHz-Enlace de Bajada) y las aplicaciones de uso libre que operan en la banda 915/928 MHz.

Particularmente, las conclusiones del estudio señalan que se requiere del uso de filtros en las estaciones base de la banda de 900 MHz sumado a una banda de guarda respecto del sistema IMT desplegado en la banda de 850 MHz (banda de guarda que puede variar dependiendo de las tecnologías móviles involucradas) o de posibles acuerdos que se realicen entre los asignatarios.

Así mismo, el estudio adelantado también permitió determinar que las aplicaciones de uso libre desplegadas en el rango de frecuencias comprendido entre 915 y 928 MHz no generan ningún tipo de interferencia sobre las aplicaciones IMT de cuarta generación (4G) que pudiesen ser desplegadas en la banda de 900 MHz, siempre y cuando las emisiones de los dispositivos de uso libre cumplan con los parámetros técnicos establecidos en el Anexo 1 de la Resolución 105 de 2020 expedida por la ANE, entre estos el uso de 915 a 928 MHz.

Con base en lo anterior, la ANE expidió la Resolución 648 de 2023³⁰, en la cual se adoptó el siguiente plan de banda para el servicio de radiocomunicación móvil en la banda de frecuencias de 896 – 915 MHz y 941 – 960 MHz:

Figura 26. Plan de Banda para Servicios de Comunicaciones Móviles Banda de 900 MHz.

Rango de Frecuencias		Ancho de banda permitidos	Modo de uso
<i>Up-link</i>	<i>Down-link</i>	1.4, 3, 5, 10 y 15 MHz	Configuración FDD
896 – 915 MHz	941 – 960 MHz		

Fuente: Imagen extraída de la Resolución 648 de 2023 de la ANE.

³⁰ Normativa disponible en: <https://www.ane.gov.co/SitePages/normatividad/index.aspx?p=741>

4.2 BANDAS MEDIAS (ENTRE 1 Y 6 GHZ)

Entre el segmento de 1 a 6 GHz se encuentran las bandas que ofrecen un equilibrio entre cobertura y capacidad, característica que es especialmente útil para atender escenarios de mayor densidad de conexiones, particularmente en zonas urbanas. [10]

4.2.1 Banda de 1500 MHz (1427-1518 MHz)

4.2.1.1 Situación Internacional

El segmento comprendido entre 1427 – 1518 MHz, conocido a nivel internacional como la banda de 1500 MHz o la Banda L, presenta una capacidad teórica de 91 MHz de espectro de banda ancha móvil sin contar las bandas de guarda que, en dado caso de requerirse, podrían llegar a disminuir el total de espectro disponible. Su uso mayoritariamente se ha dado en algunos países de Europa y en Japón.

Particularmente, la banda de 1500 MHz tiene una característica especial y es que entre su potencial se identifica su uso como capacidad adicional para llevar a cabo un Enlace Descendente Suplementario (SDL, por sus siglas en inglés) en combinación con otras bandas de frecuencias.

El SDL es un mecanismo en el cual la banda se utiliza únicamente para la transmisión unidireccional de datos desde la estación base hacia el terminal de usuario (enlace descendente), y esto se logra ya que las redes LTE y 5G tienen la capacidad de usar una técnica llamada “agregación de portadora” para combinar espectro, ya sea continuo o discontinuo, en la misma banda de frecuencia (intra-band), o en diferentes bandas de frecuencias (inter-band), con lo cual un proveedor de SDL podría proporcionar capacidad adicional al enlace descendente logrando mejorar la velocidad de descarga de datos. A continuación, la Figura 27 ilustra de manera comparativa esta técnica.

Figura 27. Técnicas de duplexación usadas en las redes móviles

Frequency-division duplex FDD	Time-division duplex TDD	Supplemental downlink SDL	Supplemental uplink SUL
			
Different frequencies for downlink and uplink	Downlink and uplink use the same frequencies in different time slots	Like FDD but only downlink, no uplink	Like FDD but only uplink, no downlink

Fuente: Imagen Extraída del Portal de Cullen Internacional. "Regulation of the 1427–1517 MHz band". 16 de febrero de 2024.

Ahora bien, como se muestra en la Figura 28, la banda de 1500 MHz se encuentra atribuida al servicio móvil a título primario en las tres regiones de la UIT, lo que favorece su potencial uso como banda armonizada globalmente para servicios móviles.

Figura 28. Atribución Banda L (1427 – 1518 MHz).

1 300-1 525 MHz		
Atribución a los servicios		
Región 1	Región 2	Región 3
1 300-1 350	RADIOLOCALIZACIÓN RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA 5.337 RADIONAVEGACIÓN POR SATÉLITE (Tierra-espacio) 5.149 5.337A	
1 350-1 400 FIJO MÓVIL RADIOLOCALIZACIÓN 5.149 5.338 5.338A 5.339	1 350-1 400 RADIOLOCALIZACIÓN 5.338A 5.149 5.334 5.339	
1 400-1 427	EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (pasivo) RADIOASTRONOMÍA INVESTIGACIÓN ESPACIAL (pasivo) 5.340 5.341	
1 427-1 429	OPERACIONES ESPACIALES (Tierra-espacio) FIJO MÓVIL salvo móvil aeronáutico 5.341A 5.341B 5.341C 5.338A 5.341	
1 429-1 452 FIJO MÓVIL salvo móvil aeronáutico 5.341A 5.338A 5.341 5.342	1 429-1 452 FIJO MÓVIL 5.341B 5.341C 5.343 5.338A 5.341	
1 452-1 492 FIJO MÓVIL salvo móvil aeronáutico 5.346 RADIODIFUSIÓN RADIODIFUSIÓN POR SATÉLITE 5.208B 5.341 5.342 5.345	1 452-1 492 FIJO MÓVIL 5.341B 5.343 5.346A RADIODIFUSIÓN RADIODIFUSIÓN POR SATÉLITE 5.208B 5.341 5.344 5.345	
1 492-1 518 FIJO MÓVIL salvo móvil aeronáutico 5.341A 5.341 5.342	1 492-1 518 FIJO MÓVIL 5.341B 5.343 5.341 5.344	1 492-1 518 FIJO MÓVIL 5.341C 5.341
1 518-1 525 FIJO MÓVIL salvo móvil aeronáutico MÓVIL POR SATÉLITE (espacio-Tierra) 5.348 5.348A 5.348B 5.351A 5.341 5.342	1 518-1 525 FIJO MÓVIL 5.343 MÓVIL POR SATÉLITE (espacio-Tierra) 5.348 5.348A 5.348B 5.351A 5.341 5.344	1 518-1 525 FIJO MÓVIL MÓVIL POR SATÉLITE (espacio-Tierra) 5.348 5.348A 5.348B 5.351A 5.341

Fuente: Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT

De la anterior figura también se puede observar que en la misma banda y adyacente a la banda de 1500 MHz hay atribuciones a otros servicios de radiocomunicaciones como lo son el servicio fijo, operaciones espaciales (Tierra – espacio), Exploración de la Tierra por Satélite (pasivo), la Radiodifusión y Radiodifusión por Satélite (caso de interés de algunos países de las regiones 1 y 3 de la UIT), Radioastronomía y el servicio Móvil por Satélite. Es importante mencionar que, aunque el RR identifica la banda de 1427 – 1518 MHz para las

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co

Página 52 de 146

IMT, esta identificación no impide el uso de cualquier otra aplicación de los servicios a los que está atribuida la banda, ni establece prioridad alguna.

Dicho lo anterior, la banda de 1500 MHz presenta unos desafíos técnicos significativos debido al uso actual dentro y fuera de la banda; por ejemplo, en diferentes países la banda se utiliza para comunicaciones militares u otros servicios como radiodifusión sonora o servicios inalámbricos fijos terrestres, y en las bandas adyacentes se utiliza para servicios de radioastronomía, exploración de la Tierra por satélite o servicios móviles por satélite.³¹

Adicionalmente, se debe prestar atención a la nota internacional 5.343 del RR, que establece que en la Región 2 de la UIT, la utilización de la banda 1435-1535 MHz por el servicio móvil aeronáutico (telemedida aeronáutica) tiene prioridad sobre otros usos del servicio móvil. Así mismo, la nota internacional 5.338A establece que en la banda de frecuencias de 1427-1452 MHz se aplica la Resolución 750 (Rev.CMR-19) con el fin de proteger el servicio de Exploración de la Tierra por Satélite.³² Igualmente, la nota 5.341 menciona que en la banda de 1400-1727 MHz, ciertos países realizan operaciones de investigación pasiva en el marco del programa de búsqueda de emisiones intencionales de origen extraterrestre.

En consecuencia, de lo mencionado hasta el momento esta banda fue identificada para las IMT de manera diferencial en la CMR-15, tal y como se puede observar en la Tabla 9.

Tabla 9. Espectro identificado por la UIT para servicios IMT

Banda	REGIÓN UIT			
	REGIÓN 1		REGION 2	REGIÓN 3
	EUROPA	AFRICA/MEDIO ORIENTE		
1427-1452 MHz	5.341A	5.341A	5.341B	5.341C
1452 - 1492 MHz	Dec (EU) 2015/750	5.346	5.341B	5.346A
1492 - 1518 MHz	5.341A	5.341A	5.341B	5.341C

Fuente: Elaboración ANE a partir de información reportada en [11]

³¹ Información extraída de: https://eur-lex.europa.eu/eli/dec_impl/2018/661/oj

³² Es importante mencionar que el SETS pasivo utiliza sensores para estudiar los fenómenos naturales que producen emisiones radioeléctricas en frecuencias determinadas por las leyes de la naturaleza, por lo que resulta imposible desplazar la frecuencia para evitar o reducir los problemas de interferencia. Adicionalmente estos sensores de radiaciones naturales (procedentes de tierra, mar y aire), trabajan con niveles de potencia de recepción extremadamente bajos por lo cual son muy sensibles al ruido o a la interferencia.

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co

Página 53 de 146

En efecto, el segmento completo de 1427-1518 MHz fue identificado para las IMT en las regiones 2 y 3 de la UIT, mientras que en la Región 1, el subrango de 1452 – 1492 MHz no se identificó en los países miembros de la Conferencia Europea de Administraciones de Correos y las Telecomunicaciones (CEPT) debido a que este segmento fue designado en dicha región para la radiodifusión sonora digital terrestre (T-DAB)³³. Con base en lo anterior, de acuerdo con el RR de la UIT se podría concluir que sólo los rangos de 1427 – 1452 MHz y 1492 – 1518 MHz están identificados para las IMT a nivel global. [10]

Sin embargo, cabe aclarar que aunque en Europa el segmento de 1452 – 1492 MHz fue designado para la radiodifusión digital terrestre, se conoce que este espectro ha estado subutilizado por dicho servicio, por lo cual, la Comisión Europea, en atención a la identificación mundial de la banda completa para las IMT y a los retos estratégicos para abordar la creciente demanda de espectro IMT, adoptó el 26 de abril de 2018 la modificación a la Decisión 750³⁴, estableciendo condiciones armonizadas para SDL en la banda completa de 1427-1517 MHz mediante el uso de 18 bloques no pareados de 5 MHz con una banda de guarda de 1 MHz en la parte superior de la banda (ver Figura 29).³⁵

Cabe resaltar que, de acuerdo con la mencionada Decisión, el uso de la banda de 1500 MHz como SDL facilita la coexistencia con los servicios de radiodifusión terrestres existentes en la misma banda,³⁶ y a una conclusión similar también ha llegado por ejemplo el regulador de Australia (ACMA, por sus siglas en inglés), quien afirma que la adopción de la técnica SDL puede también ayudar a simplificar los acuerdos de coordinación y mejorar la coexistencia con otros servicios dentro y fuera de la banda. [12]

³³ Información basada en el Portal de Cullen International "Regulation of the 1427–1517 MHz band". Octubre de 2023.

³⁴ Decisión 750 de 2015 del 8 de mayo de 2015 la cual armoniza la banda 1452-1492 MHz para servicios de comunicaciones inalámbricas bajo el funcionamiento de ésta como SDL.

³⁵ Información extraída de: https://eur-lex.europa.eu/eli/dec_impl/2018/661/oj

³⁶ Información basada en el Portal de Cullen International "Regulation of the 1427–1517 MHz band". 13 de octubre de 2023.

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co

Página 54 de 146

Figura 29. Distribución de frecuencias armonizada por la CEPT para la banda de frecuencias de 1500 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	

*Block conditions and **Restricted power: see ANNEX 2

Fuente: Imagen extraída del Reporte 65 de la CEPT³⁷

En resumen, en Europa las asignaciones en la banda de 1500 MHz se han realizado para el rango completo o el rango medio de la siguiente manera:

Tabla 10. Asignaciones Banda L en Europa

Asignaciones rango completo (1427-1517 MHz)	Asignaciones rango medio (1452-1492 MHz)
Suiza (2019)	Alemania (2015)
Austria (2020)	Italia (2015)
Eslovenia (2021)	Reino Unido (2015)
Dinamarca (2021)	Países Bajos (2020)
Bélgica (2022)	Rumania (2022)

Fuente: Elaboración ANE con información proporcionada por Cullen International "Regulation of the 1427–1517 MHz band", 13 octubre 2023.

Ahora bien, en el caso de América Latina, la mayoría de los reguladores han realizado las atribuciones correspondientes al servicio móvil e identificado en sus cuadros nacionales de atribución de frecuencias la banda de 1427-1518 MHz para las IMT. Sin embargo, la banda aún no se ha asignado en ningún país de la región. [10]

³⁷ Reporte 65 de la CEPT a la Comisión Europea "to develop harmonised technical conditions in additional frequency bands in the 1.5 GHz range for their use for terrestrial wireless broadband electronic communications services in the Union"

La Tabla 11 presenta un cuadro resumen con el panorama de uso de la banda de 1500 MHz en América Latina:

Tabla 11. Estado de la banda de 1427 – 1518 MHz en algunos países de América Latina

PAIS	ATRIBUCION AL SERVICIO MÓVIL (1427-1518 MHz)	ESPECTRO ASIGNADO PARA IMT (1427-1518 MHz)
ARGENTINA	NO	NO
BOLIVIA	SI (PARCIAL)	NO
BRASIL	SI	NO
CHILE	SI	NO
COLOMBIA	SI	NO
COSTA RICA	SI	NO
ECUADOR	SI	NO
EL SALVADOR	SI	NO
GUATEMALA	SI	NO
HONDURAS	SI	NO
NICARAGUA	SI	NO
MÉXICO	SI	NO
PANAMÁ	SI	NO
PARAGUAY	SI	NO
PERÚ	SI	NO
REP. DOMINICANA	SI	NO
URUGUAY	SI	NO
VENEZUELA	SI	NO

Fuente: Tabla tomada del estudio de 5G Américas [10]

En lo que se refiere a las posibles interferencias que se pueden generar por el uso de la banda de 1500 MHz para las IMT, este ha sido un asunto de preocupación global, por lo cual la UIT como organismo internacional responsable de velar por el funcionamiento, sin interferencias perjudiciales, de los sistemas de radiocomunicaciones, ha iniciado trabajos al interior de sus comisiones de estudio. Por ejemplo, la Recomendación UIT R. M 1036-7 señala con respecto a la compatibilidad entre las IMT en la banda de frecuencias 1492-1518 MHz y el servicio móvil por satélite (SMS) en la banda de frecuencias 1518-1525 MHz (ver Figura 30), que el sector de radiocomunicaciones de la UIT (UIT-R)³⁸ continúa llevando a cabo una serie de estudios con arreglo a la Resolución 223 (Rev.CMR-19) que comprenden posibles medidas técnicas para facilitar la

³⁸ Estos estudios están en curso en los Grupos de Trabajo 4C y 5D del Sector de Radiocomunicaciones de la UIT (UIT-R) y pueden dar lugar a una revisión de las disposiciones de frecuencias contenidas en la Recomendación UIT-R M.1036.

compatibilidad en bandas adyacentes. Por ahora, la UIT señala que, a partir de los resultados de los estudios en curso, una de las posibles medidas para facilitar la compatibilidad con la banda adyacente superior es que las administraciones consideren una separación de frecuencias adicional por debajo de 1518 MHz, por ejemplo, una separación de hasta 6 MHz.³⁹

Figura 30. Escenario de Convivencia entre IMT y SMS



Fuente: Imágenes tomadas de Inmarsat "IMT -MSS Coexistence in L-Band"⁴⁰

De igual manera, a nivel regional se han venido realizando análisis técnicos que también sirven como referencia para otras regiones. En particular, el Reporte 263⁴¹ del Comité Electrónico de Comunicaciones (ECC, por sus siglas en inglés) aborda la compatibilidad entre las IMT (usando tecnología LTE) en la banda 1492-1518 MHz y el SMS en la banda 1518-1525 MHz. Además, la Decisión ECC (17)06 establece condiciones de funcionamiento en toda la banda 1427-1518 MHz para garantizar el funcionamiento continuo de los servicios pasivos por debajo de 1427 MHz y del SMS por encima de 1518 MHz. [13]

³⁹ De acuerdo con la Nota 1 del Cuadro 3 de la sección 4 de la Recomendación UIT R M.1036-7; a partir de los resultados actuales de los estudios en curso, una de las posibles medidas para facilitar la compatibilidad en la banda adyacente es que las administraciones consideren una separación de frecuencias adicional por debajo de 1518 MHz en la fracción superior de las disposiciones G1, G2 o G3 (por ejemplo, una separación total de valores diferentes hasta 6 MHz).

⁴⁰ Presentación de Inmarsat, Paul Deedman, 19 octubre de 2021. Disponible en: <https://rfcd.gov.vn/content/hoinghihoithao/Lists/DanhSachHoiNghoHoiThao/Attachments/38/5.1.ASEAN%20presentation%20on%20L-band%20IMT-MSS.pdf>

⁴¹ ECC Report 263 "Adjacent band compatibility studies between IMT operating in the frequency band 1492-1518 MHz and the MSS operating in the frequency band 1518-1525 MHz"

En resumen, los reportes de la ECC concluyen que hay dos tipos de afectaciones que se pueden presentar en las estaciones móviles terrenas⁴² (MES, por sus siglas en inglés); (i) bloqueo por sobrecarga del receptor MES debido a las señales deseadas de los sistemas IMT, el cual, de acuerdo con el reporte 263 de la CEPT se puede experimentar incluso con transmisores IMT alejados a más de 6 MHz por debajo de 1518 MHz y, en consecuencia, sólo se puede reducir mejorando la resiliencia del receptor MES, y (ii) Afectaciones por las emisiones fuera de banda de las estaciones IMT en la banda de paso de los receptores MES.

Así las cosas, los resultados del estudio de la CEPT muestran que una separación de 1 MHz podría generar interferencia perjudicial, mientras que una separación entre 3 y 6 MHz podría mejorar el escenario sólo para el inconveniente de interferencia por emisiones en fuera de banda,⁴³ y en tal sentido, se sugieren otras medidas de mitigación complementarias como; distancias de separación, limitación de la Potencia Isotrópica Radiada Efectiva (PIRE) dentro y fuera de banda para las estaciones base IMT, así como el uso futuro de terminales del SMS más resistentes a interferencias. [14]

A modo general, la CEPT ha recomendado las siguientes condiciones técnicas para asegurar la correcta coexistencia de los sistemas IMT con otros servicios de radiocomunicaciones que operan en bandas adyacentes: [15]

- Restringir la PIRE en banda de las estaciones base que operan entre 1427-1452 y 1492-1512 MHz. Este límite puede llegar hasta 68 dBm. Una PIRE más alta puede considerarse en circunstancias específicas,
- Coordinar la distancia de separación de las estaciones de cada servicio cuando sea necesario.
- 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/5MHz⁴⁴.
- Para las bandas de frecuencias de 1427 – 1452 MHz y 1492 – 1517 MHz, la máscara de emisión fuera del bloque corresponde a máximo 16.3 dBm

⁴² Existen tres tipos de terminales MES que operan en esta banda de frecuencia: terrestres, marítimos y aeronáuticos.

⁴³ Específicamente el Reporte 263 señala que, con separaciones de frecuencia de 3 MHz y 6 MHz, la interferencia procedente de las IMT OOB se reduce, pero la interferencia debida al bloqueo del receptor sigue siendo elevada para las estaciones móviles terrenas actuales (MES, por sus siglas en inglés).

⁴⁴ Este valor máximo está dado por celda, donde por ejemplo en un sitio multisectorial, el valor por "celda" corresponde al valor de uno de los sectores.

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co

Página 58 de 146

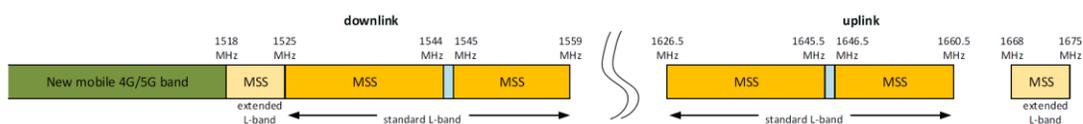
para valores entre -5 y 5 MHz contados a partir de los bordes inferior y superior del bloque, 11 dBm para valores desde -10 hasta -5 MHz y desde 5 hasta 10 MHz contados a partir de los bordes inferior y superior, y 9 dBm para valores menores a -10 MHz y mayores a 10 MHz, todos tomados en un ancho de banda de medición de 5 MHz.⁴⁵

- 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/MHz en frecuencias desde 1518 hasta 1520 MHz y de -30 dBm/MHz en frecuencias desde 1520 hasta 1559 MHz.

Al respecto, también GSMA [13] se ha pronunciado afirmando que este asunto ha sido una parte crucial del desarrollo de la banda L para los servicios IMT, y que los estudios actuales entre IMT (en configuración SDL) y el SMS concluyen que pueden coexistir con una banda de guarda de 3 MHz y que esta conclusión también es aplicable al caso entre configuración FDD y el SMS.

Para lo anterior, GSMA también afirma que es importante evaluar el uso real del segmento de 1518-1525 MHz para decidir dónde colocar la banda de guarda, ya que algunos países utilizan dicho segmento como una extensión de la banda convencional del SMS (1525-1559 MHz), tal y como se observa en la Figura 31, pero el segmento extendido no se utiliza en muchos países.

Figura 31. Banda Convencional y Extendida del SMS



Fuente: Imagen tomada de Inmarsat "IMT -MSS Coexistence in L-Band"⁴⁶

Por su parte, de acuerdo con un informe presentado por Inmarsat⁴⁷, en el caso de usar la banda para SDL, una posibilidad para lograr la convivencia con el SMS es usar una banda de guarda mínima de 3 MHz sumando a ello un requerimiento

⁴⁵ Por nivel de potencia de emisión no deseada debe entenderse aquí el nivel medido en el puerto de antena.

⁴⁶ Presentación de Inmarsat, Paul Deedman, 19 octubre de 2021. Disponible en: <https://rfd.gov.vn/content/hoinghihoithao/Lists/DanhSachHoiNghihoiThao/Attachments/38/5.1.ASEAN%20presentation%20on%20L-band%20IMT-MSS.pdf>

⁴⁷ Presentación de Inmarsat, Paul Deedman, 19 octubre de 2021. Disponible en: <https://rfd.gov.vn/content/hoinghihoithao/Lists/DanhSachHoiNghihoiThao/Attachments/38/5.1.ASEAN%20presentation%20on%20L-band%20IMT-MSS.pdf>

en el límite de las emisiones en fuera de banda para las estaciones bases IMT⁴⁸. Así mismo, este proveedor satelital sugiere medidas de protección adicionales cerca a puertos marítimos y aeropuertos donde se use la banda; en caso contrario, el escenario que recomienda para evitar interferencias es el uso de 65 MHz para las IMT únicamente en el segmento de 1427 a 1492 MHz. En cuanto al límite de las emisiones fuera de banda propuesto por Inmarsat, este proveedor menciona que dicho requerimiento exigido es técnicamente viable de cumplir por las IMT con una banda de guarda de 3 MHz.

Ahora bien, como se describió anteriormente, la banda de 1400-1427 MHz, adyacente en la parte inferior a la banda identificada para las IMT, está atribuida a los siguientes servicios pasivos: Servicio de Exploración de la Tierra por Satélite, Servicio de Investigación Espacial y Radioastronomía. Al respecto, y de acuerdo con GSMA [13], para coexistir con dichos servicios no se necesita una banda de guarda, ya que para garantizar la protección de los servicios pasivos, las IMT deben cumplir con los límites de emisiones no deseadas especificados en la Resolución 750 de la UIT (Rev.CMR-19) y, en este sentido, las especificaciones técnicas del 3GPP se han desarrollado para cumplir con estos límites.

A continuación, la Tabla 12 presenta los límites de potencia máximos exigidos a las estaciones IMT en la banda de 1427-1452MHz para proteger el servicio de Exploración de la Tierra por Satélite:

Tabla 12. Extracto del Cuadro 1.1 de la Resolución 750 (Rev. CMR-19) aplicables a 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).
1 400- 1 427 MHz	1 427- 1 452 MHz	Móvil	-72 dBW en los 27 MHz de la banda del SETS (pasivo) para estaciones base IMT.

⁴⁸ Por ejemplo, Inmarsat recomienda un límite de -41 dBm/MHz de PIRE.

Fuente: Resolución 750 (Rev. CMR-19) de la UIT

En el caso de la protección al servicio de radioastronomía (SRA), la Recomendación UIT-R RA.769⁵¹ establece los umbrales de potencia máximos permitidos a la entrada de una estación SRA para evitar afectaciones al servicio; los umbrales correspondientes son: -205 dBW/27 MHz para observaciones de banda ancha (tomando como frecuencia central SRA 1413,5 MHz) y de -220 dBW/20 kHz para observaciones de banda estrecha (tomando como frecuencia central SRA 1420 MHz).

Ahora bien, de acuerdo con la Recomendación UIT R. M 1036-7 existen tres arreglos de frecuencias disponibles en la banda de 1500 MHz. Es importante recalcar que el uso armonizado de estas disposiciones de frecuencias es vital para el éxito del despliegue de las IMT en la banda de 1500 MHz. Por ejemplo, se conoce que el arreglo G1 (SDL) se utiliza en Europa; mientras que en Japón se han desplegado redes IMT utilizando el arreglo G2 (FDD), y otras regiones aún se encuentran en análisis. [13]:

- G1: Enlace descendente suplementario (SDL),
- G2: Dúplex por división de frecuencia (FDD) o
- G3: Dúplex por división de tiempo (TDD).

Se puede observar en la Figura 32 que para las disposiciones G1 y G3, el espectro total teórico disponible en la banda de 1500 se reduce a 90 MHz comprendidos entre 1427 y 1517 MHz.

⁴⁹ Este límite no se aplica a estaciones móviles de los sistemas IMT respecto de los cuales la Oficina de Radiocomunicaciones ha recibido la notificación con la información correspondiente antes del 28 de noviembre de 2015. Para estos sistemas, se aplica -60 dBW/27 MHz como valor recomendado.

⁵⁰ El nivel de potencia de emisiones no deseadas corresponde aquí al nivel medido con la estación móvil transmitiendo con una potencia media de salida de 15 dBm.

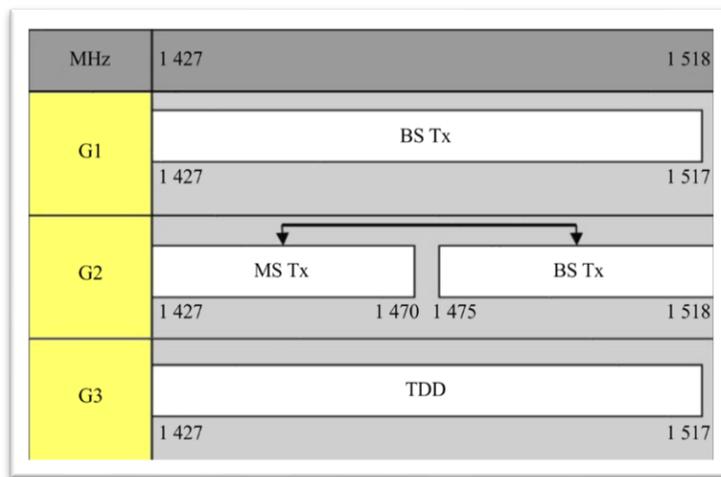
⁵¹ Recomendación UIT-R RA.769 "Criterios de protección para las mediciones Radioastronómicas".

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co

Página 61 de 146

Figura 32. Arreglos de frecuencia para la banda 1427 - 1518 MHz.



Fuente: Recomendación ITU-R M.1036 de la UIT

Particularmente, la CITELE ha recomendado a todos los países de la región Américas, que como disposición de frecuencias para la implementación de sistemas IMT en la banda de 1500 MHz se utilice el rango de frecuencias de 1427 – 1517 MHz en configuración SDL, es decir, la denominada por la UIT como arreglo G1. CITELE menciona que la disposición de frecuencias G1 maximiza la armonización global para los sistemas IMT. [16]

En relación con los estándares desarrollados por el 3GPP para la tecnología LTE, como se muestra en la Tabla 13, se han definido 9 bandas de operación en la banda de frecuencias de 1500 MHz; 6 en configuración FDD y 3 en configuración TDD. Para el caso específico de las bandas 32, 75 y 76, estas solo se pueden utilizar cuando la tecnología LTE es configurada en modo SDL.

Tabla 13. Bandas de operación definidas por el 3GPP para la tecnología LTE en la banda de frecuencias de 1500 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	Anchos de Banda
	FUL_baja	FUL_alta	FDL_baja	FDL_alta		
11	1427.9 MHz	1447.9 MHz	1475.9 MHz	1495.9 MHz	FDD	2x20 MHz en FDD, Sólo en LTE.

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co

Página 62 de 146

Banda de Operación LTE	Banda de operación para el enlace de subida (UL)		Banda de operación para el enlace de bajada (DL)		Modo dúplex	Anchos de Banda
	FUL_baja FUL_alta	-	FDL_baja FDL_alta	-		
21	1447.9 MHz	-	1495.9 MHz	-	FDD	2x15 MHz en FDD, Sólo en LTE.
32	N/A		1452 MHz	- 1496 MHz	FDD	44 MHz en SDL, Sólo en LTE.
45	1447 MHz	- 1467 MHz	1447 MHz	- 1467 MHz	TDD	20 MHz en TDD.
50	1432 MHz	- 1517 MHz	1432 MHz	- 1517 MHz	TDD	85 MHz en TDD, LTE + NR (BW 5-80MHz).
51	1427 MHz	- 1432 MHz	1427 MHz	- 1432 MHz	TDD	5 MHz en TDD, LTE + NR.
74	1427 MHz	- 1470 MHz	1475 MHz	- 1518 MHz	FDD	2x43 MHz en FDD, LTE + NR (BW 5-20MHz).
75	N/A		1432 MHz	- 1517 MHz	FDD	85 MHz en SDL, LTE + NR (BW 5-50MHz).
76	N/A		1427 MHz	- 1432 MHz	FDD	5 MHz en SDL, LTE + NR.

Fuente: Tabla adaptada de Estándar Técnico de la 3GPP TS 136 101⁵²

En cuanto al estándar 5G NR desarrollado por el 3GPP se han definido 9 bandas de operación, 1 en configuración FDD, 4 en configuración parcial FDD (donde el uplink está en otra banda diferente y el downlink en la banda de 1500 MHz), 2 en configuración SDL y 2 en configuración TDD, como se puede observar a continuación en la Tabla 14.

⁵² Especificación Técnica de la 3GPP TS 136.101 versión 16.7.0 Release 16

Tabla 14. Bandas de operación definidas por el 3GPP para la tecnología NR en la banda de frecuencias de 1500 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	Anchos de Banda (BW)
	FUL_baja - FUL_alta	FDL_baja - FDL_alta		
n50	1432 MHz - 1517 MHz	1432 MHz - 1517 MHz	TDD	85 MHz en TDD, LTE + NR (BW 5-80MHz).
n51	1427 MHz - 1432 MHz	1427 MHz - 1432 MHz	TDD	5 MHz en TDD, LTE + NR.
n74	1427 MHz - 1470 MHz	1475 MHz - 1518 MHz	FDD	2x43 MHz en FDD, LTE + NR (BW 5-20MHz).
n75	N/A	1432 MHz - 1517 MHz	SDL	85 MHz en SDL, LTE + NR (BW 5-50MHz).
n76	N/A	1427 MHz - 1432 MHz	SDL	5 MHz en SDL, LTE + NR.
n91	832 MHz - 862 MHz	1427 MHz - 1432 MHz	FDD	5 MHz en SDL (1500 MHz) en combinación con la banda 20 del 3GPP (800 MHz).
n92	832 MHz - 862 MHz	1432 MHz - 1517 MHz	FDD	85 MHz en SDL (1500 MHz) en combinación con la banda 20 del 3GPP (800 MHz).
n93	880 MHz - 915 MHz	1427 MHz - 1432 MHz	FDD	5 MHz en SDL (1500 MHz) en combinación con la banda 8 del 3GPP.

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
 Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
 Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co

Página 64 de 146

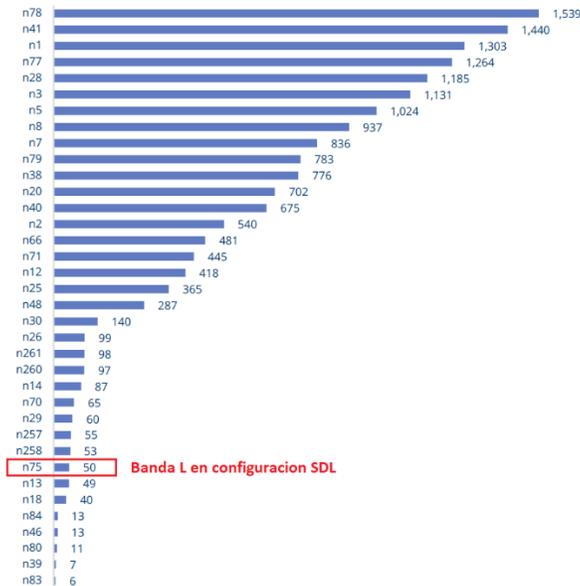
Banda de Operación NR	Banda de operación para el enlace de subida (UL)	Banda de operación para el enlace de bajada (DL)	Modo dúplex	Anchos de Banda (BW)	
	FUL_baja FUL_alta	- -	FDL_baja FDL_alta		
n94	880 MHz - 915 MHz		1432 MHz - 1517 MHz	FDD	85 MHz en SDL (1500 MHz) en combinación con la banda 8 del 3GPP.

Fuente: Tabla adaptada de Estándar Técnico del 3GPP TS 138 101-1⁵³

En cuanto a la disponibilidad de equipos en la banda L, de acuerdo con reportes de la GSA a corte de septiembre de 2023, para 5G sólo se conocen anuncios de dispositivos en la banda n75 del 3GPP, la cual, como se mencionó previamente, se basa en una configuración SDL en el segmento de 1432 – 1517 MHz (85 MHz) con posibilidad de anchos de banda de 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50 MHz. Específicamente, y como se observa en la Figura 33, existen anuncios de 50 modelos de dispositivos compatibles con la banda n75, un ecosistema aún muy prematuro con respecto a otras bandas de frecuencias.

⁵³ Especificación Técnica de la 3GPP TS 38.101-1 versión 17.5.0 Release 17

Figura 33. Cantidad de anuncios de modelos de dispositivos 5G para la banda de 1500 MHz (n75).



Fuente: Figura extraída del reporte de la Asociación GSA “5G Device Ecosystem” septiembre de 2023

4.2.1.2 Situación Nacional

En el año 2017 la ANE expidió la Resolución 450, por la cual se modificó el CNABF y se adoptaron los cambios aprobados en la CMR-15. Dentro de estos cambios se incluyó la identificación de la banda 1427 - 1518 MHz para las IMT. Posteriormente, la Resolución compilada 105 de 2020 de la ANE simplificó todas las bandas reservadas para IMT bajo una única nota nacional 21 (CLM 21) incluyendo la reserva de la banda de 1427 – 1518 MHz para la futura operación de las IMT.

Ahora bien, es menester mencionar que aunque esta banda de frecuencias se encuentra también atribuida al servicio fijo (ver Figura 34) y le aplica la nota nacional 22 (CLM 22), donde se dispone de los planes de distribución de canales de las tablas 17 y 18 del CNABF⁵⁴ para la implementación de enlaces microondas

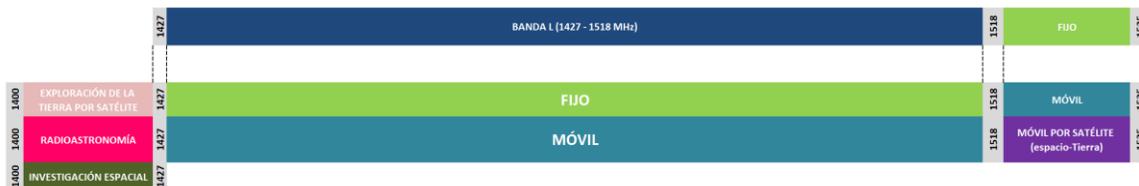
⁵⁴ Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias 2022 (CNABF). Planes de distribución de canales, Tablas 17 y 18. Disponible en: <https://www.ane.gov.co/SitePages/Gesti%C3%B3n%20t%C3%A9cnica/index.aspx?p=20>

con anchos de banda de 2 y 3.5 MHz, las mencionadas tablas tienen una nota la cual indica que la banda de frecuencias comprendida entre 1427 a 1518 MHz se encuentra reservada para su uso exclusivo por parte de las IMT a partir del 1 de enero de 2024. De acuerdo con lo anterior, estas tablas ya no tienen vigencia y en consecuencia el Mintic no podrá otorgar ni renovar enlaces fijos microondas en la banda de 1400 MHz.

A corte de abril de 2024, el SGE muestra la ocupación de un enlace microondas en el segmento de 1427 a 1518 MHz, sin embargo, bajo el marco legal del permiso otorgado al PRST en cuestión, este se encuentra en obligación de plan de transición, con lo cual se puede concluir que la banda se encuentra libre.

Por otro lado, se debe tener en cuenta que en la parte adyacente superior de la banda L, el CNABF tiene atribuido el rango de 1518 – 1525 MHz al servicio Móvil por Satélite, no obstante, de acuerdo con las consultas realizadas a la base de datos con corte a abril de 2024, únicamente se encuentran registros de estaciones terrenas satelitales de baja potencia GEO y N GEO (NI/NP: Sin derecho a Protección y Sin causar Interferencias) a partir de la frecuencia 1525 MHz, con lo cual los 7 MHz comprendidos entre 1518 – 1525 MHz no son usados actualmente en Colombia para servicios satelitales, lo cual es beneficioso para una mejor convivencia técnica entre los servicios.

Figura 34. Atribución Banda L en Colombia.



Fuente: Elaboración ANE a partir del CNABF

Finalmente, como una alternativa más de uso de la banda de 1500 MHz, se debe mencionar que, durante el año 2020, la ANE adelantó un estudio cuyo objetivo fue evaluar la posibilidad de implementar sistemas locales de comunicaciones móviles de banda ancha en el rango de frecuencias comprendido entre 1427-1518 MHz. Los resultados obtenidos en dicho estudio fueron consignados en el documento denominado "Estudio del Espectro en la Banda de Frecuencias de

1400 MHz⁵⁵ donde se indica que podrían implementarse sistemas móviles locales de banda ancha en el rango de frecuencias de 1447-1492MHz. Respecto al plan de distribución de frecuencias, el estudio sugiere una configuración TDD para el rango 1447-1492 MHz logrando una armonización total con la banda 45, y parcial con las bandas 50 y n50 del 3GPP, lo cual resulta relevante para el funcionamiento de tecnologías de comunicaciones móviles de banda ancha tanto de cuarta como de quinta generación. Esta alternativa de uso aún se encuentra en discusión y análisis.

4.2.2 *Banda AWS Extendida (1755-1780/2155-2180 MHz)*

4.2.2.1 *Situación Internacional*

La banda AWS extendida tiene como objetivo permitir 50 MHz (2x25 MHz) de espectro adicional para las IMT en los segmentos de 1755-1780 MHz y de 2155-2180 MHz. No obstante, esta banda, conocida internacionalmente como AWS-3, comprende los rangos completos de 1710-1780 MHz/2110-2200 MHz; que en otras palabras corresponden a la banda convencional AWS1 (conocida como la banda 4 del 3GPP) + 70 MHz de espectro adicionales, donde 50 MHz de estos se pueden usar en modo de emparejamiento de frecuencia (FDD, 2x25 MHz) y un segmento adicional de 20 MHz definidos como parte de la banda 66 para operar bajo el concepto de enlace suplementario (SDL) que, como fue señalado anteriormente, permite aumentar las velocidades de bajada en 5G NR mediante las funcionalidades de Conectividad Dual (DC, por sus siglas en inglés) o de Agregación de Portadora (CA, por sus siglas en inglés) en LTE.

Ahora bien, como se muestra en la Figura 35, la banda de AWS se encuentra atribuida, entre otros, al servicio móvil a título primario en las tres regiones de la UIT, lo que favorece su potencial uso como banda armonizada globalmente para servicios móviles. En particular, hay que resaltar que el rango de AWS-1 (1710-1755 MHz pareado con 2110-2155 MHz) ya ha sido asignado en la mayoría de los países de América que identificaron la banda para las IMT (entre estos Colombia), con lo cual la extensión de la banda (AWS-3) tiene relevancia, en términos de convivencia entre servicios, sólo en el enlace de bajada (2110-

⁵⁵ Documento disponible en la página web de la ANE a través del siguiente enlace: http://www.ane.gov.co/gestion-tecnica/Documents/Estudio_1400_MHz.pdf

2155 MHz) debido a la atribución adyacente superior al servicio móvil por satélite, aspecto que se abordará más adelante.

En lo que se refiere a las identificaciones para la operación de las IMT en estas bandas de frecuencias, las mismas se han realizado de manera global a través de las siguientes notas internacionales:

- 5.384A. Las bandas de frecuencias 1 710-1 885 MHz, 2 300-2 400 MHz y 2 500-2 690 MHz, o partes de esas bandas de frecuencias, se han identificado para su utilización por las administraciones que deseen introducir las Telecomunicaciones Móviles Internacionales (IMT) de conformidad con la Resolución 223 (Rev.CMR-15). Esta identificación no impide su utilización por cualquier aplicación de los servicios a los que están atribuidas, ni establece prioridad alguna en el Reglamento de Radiocomunicaciones. (CMR-15).
- 5.388. Las bandas de frecuencias 1 885-2 025 MHz y 2 110-2 200 MHz están destinadas a su utilización, a nivel mundial, por las administraciones que deseen introducir las Telecomunicaciones Móviles Internacionales-2000 (IMT). Dicha utilización no impide la utilización de estas bandas de frecuencias por otros servicios a los que están atribuidas. Las bandas de frecuencias deben ponerse a disposición de las IMT-2000 de acuerdo con lo dispuesto en la Resolución 212 (Rev.CMR-23). Véase también la Resolución 223 (Rev.CMR-23). (CMR-23)

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co

Página 69 de 146

Figura 35. Atribución del segmento de 1710 a 2200 MHz

Atribución a los servicios		
Región 1	Región 2	Región 3
1 710-1 930	FIJO MÓVIL 5.384A 5.388A 5.388B 5.149 5.341 5.385 5.386 5.387 5.388	
1 930-1 970 FIJO MÓVIL 5.388A 5.388B 5.388	1 930-1 970 FIJO MÓVIL 5.388A 5.388B Móvil por satélite (Tierra-espacio) 5.388	1 930-1 970 FIJO MÓVIL 5.388A 5.388B 5.388
1 970-1 980	FIJO MÓVIL 5.388A 5.388B 5.388	
1 980-2 010	FIJO MÓVIL MÓVIL POR SATÉLITE (Tierra-espacio) 5.351A 5.388 5.389A 5.389B 5.389F	
2 010-2 025 FIJO MÓVIL 5.388A 5.388B 5.388	2 010-2 025 FIJO MÓVIL MÓVIL POR SATÉLITE (Tierra-espacio) 5.388 5.389C 5.389E	2 010-2 025 FIJO MÓVIL 5.388A 5.388B 5.388
2 025-2 110	OPERACIONES ESPACIALES (Tierra-espacio) (espacio-espacio) EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (Tierra-espacio) (espacio-espacio) FIJO MÓVIL 5.391 INVESTIGACIÓN ESPACIAL (Tierra-espacio) (espacio-espacio) 5.392	
2 110-2 120	FIJO MÓVIL 5.388A 5.388B INVESTIGACIÓN ESPACIAL (espacio lejano) (Tierra-espacio) 5.388	
2 120-2 160 FIJO MÓVIL 5.388A 5.388B 5.388	2 120-2 160 FIJO MÓVIL 5.388A 5.388B Móvil por satélite (espacio-Tierra) 5.388	2 120-2 160 FIJO MÓVIL 5.388A 5.388B 5.388
2 160-2 170 FIJO MÓVIL 5.388A 5.388B 5.388	2 160-2 170 FIJO MÓVIL MÓVIL POR SATÉLITE (espacio-Tierra) 5.388 5.389C 5.389E	2 160-2 170 FIJO MÓVIL 5.388A 5.388B 5.388
2 170-2 200	FIJO MÓVIL MÓVIL POR SATÉLITE (espacio-Tierra) 5.351A 5.388 5.389A 5.389F	

Fuente: Reglamento de Radiocomunicaciones del 2020.

También, es necesario recalcar que en la CMR-23 se modificó la nota internacional 5.388A para ampliar los segmentos de operación de las plataformas a gran altitud que funcionan como estaciones base de las IMT (HIBS, por sus siglas en inglés). En efecto, la nota internacional 5.388A se editó de la siguiente manera, resaltando que en la región 2 la banda permitida para HIBS corresponde a 1710-1980 MHz y 2110-2160 MHz tal y como se observa a continuación:

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co

Página 70 de 146

- 5.388A Las bandas de frecuencias 1 710-1 980 MHz, 2 010-2 025 MHz y 2 110-2 170 MHz, en las Regiones 1 y 3, y las bandas de frecuencias 1 710-1 980 MHz y 2 110-2 160 MHz en la Región 2, se han identificado para ser utilizadas por las estaciones en plataformas a gran altitud como estaciones de base de las telecomunicaciones móviles internacionales (IMT), (HIBS). Esta identificación no impide el uso de estas bandas de frecuencias a ninguna aplicación de los servicios con atribuciones en las mismas ni establece prioridad alguna en el Reglamento de Radiocomunicaciones. Se aplicará la Resolución 221 (Rev.CMR-23). Las HIBS no reclamarán protección contra los servicios primarios existentes. No se aplica el número 5.43A. Esa utilización de las HIBS en las bandas de frecuencias 1 710-1 785 MHz en las Regiones 1 y 2, y 1 710-1 815 MHz en la Región 3 está limitada a la recepción por las HIBS, y en la banda de frecuencias 2 110-2 170 MHz está limitada a la transmisión de las HIBS. (CMR-23)

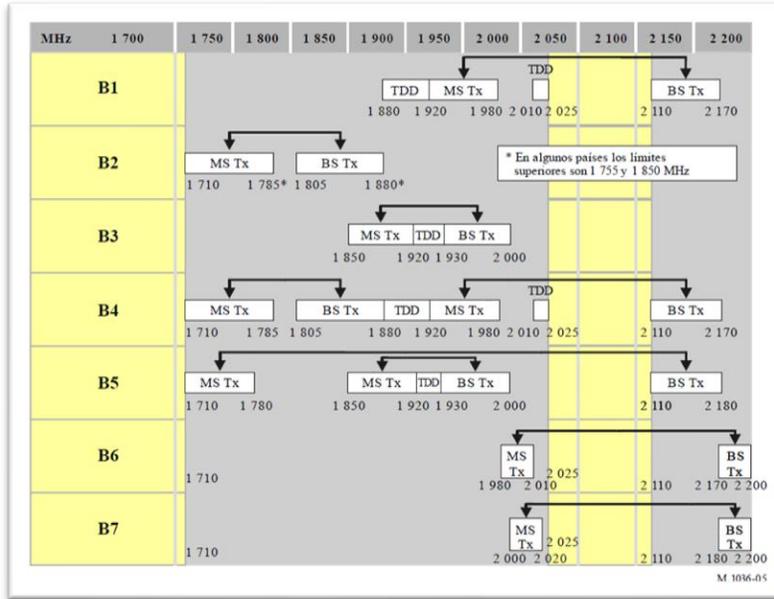
Cabe mencionar también que, el rango de frecuencias de 1885-2025 MHz, junto con el de 2110-2200 MHz, fue identificado para las IMT en la CMR-92 y que este rango es conocido mundialmente como la banda de 2 GHz y sobre este, específicamente el rango de 1920-1980/2110-2170 MHz (canalización B1 de la UIT- Figura 36), se desarrolló la tercera generación de tecnologías móviles (UMTS) en Europa, Asia, Oceanía y África.

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co

Página 71 de 146

Figura 36. Arreglos de Frecuencia en la Banda de 2 GHz



Fuente: Recomendación UIT-R M.1036-7: "Disposiciones de frecuencias para la implementación de la componente terrenal de las telecomunicaciones móviles internacionales (IMT) en las bandas identificadas en el Reglamento de Radiocomunicaciones (RR) para las IMT".

Por lo anterior, tanto la banda AWS-1 como la AWS-3 están bloqueadas para ser usadas por los países que han adoptado la banda de 2 GHz, dado que el enlace de bajada de esta se cruza totalmente con el enlace de bajada de AWS-1 y con parte del enlace de bajada de AWS-3, tal y como se muestra en la Figura 37.

Figura 37. Banda AWS-3 y Banda 2 GHz



Fuente: Elaboración ANE.

Bajo este escenario, la banda AWS-1 se usa únicamente en las Américas y ha sido adoptada por la mayoría de los países de la Región 2 de la UIT, y particularmente, la extensión de esta banda (AWS-3 correspondiente a la canalización B5 de la Figura 36) viene siendo usada por ocho (8) países de América hasta el momento, destacando a Estados Unidos y Canadá como sus principales impulsores.

Tabla 15. Adopción Banda AWS-3 en América

País	AWS-3	Cantidad Espectro
Canadá	☑	NR
Chile	☑	30 MHz (1755–1770 / 2155–2170)
El Salvador	☑	30 MHz (1755–1770 / 2155–2170)
Honduras	☑	30 MHz (1755–1770 / 2155–2170)
México	☑	40 MHz (1760–1780 / 2160–2180)
Perú	☑	50 MHz (1755–1780 / 2155–2180)
Estados Unidos	☑	NR
Uruguay	☑	40 MHz (1755–1775 / 2155–2175)

Fuente: Elaboración ANE con base en Información del Portal de Cullen International. "Spectrum Database".

Se puede observar de la Tabla 15 que, un factor común en tres de los países consultados (Chile, El Salvador y Honduras) es que han optado por subastar únicamente 30 MHz (2 x 15 MHz) comprendidos en el segmento de 1755–1770/2155–2170.

Ahora bien, entre los estándares desarrollados por el 3GPP para la tecnología LTE, se ha definido 1 banda de operación en la banda de frecuencias de AWS Extendida denominada "banda 66", la cual tiene el rango de operación amplio comprendido entre 1710–1780 MHz/2110–2200 MHz, correspondiente a la banda 4 "AWS-1" más la extensión "AWS-3". La extensión comprendida entre 1755–1780/2155–2180MHz trabaja en modo de emparejamiento de frecuencia (FDD) con posibilidades de ancho de canal de 1.4, 3, 5, 10, 15, 20 MHz para la

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co

Página 73 de 146

tecnología LTE, y el segmento de 2180-2200 MHz opera mediante agregación de portadora usando la configuración SDL.⁵⁶

Ahora bien, en cuanto al estándar desarrollado por el 3GPP para la tecnología 5G NR, se definió la “banda n66” también con dos tipos de configuración: FDD y un segmento de 20 MHz restringido a una configuración SDL. En el caso de FDD las posibilidades de ancho de banda de canal corresponden a: 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 MHz.⁵⁷

De acuerdo con los reportes de la Asociación GSA con corte a agosto de 2023, el número de dispositivos LTE que soportan la banda 66 alcanzan los 2326 que, en comparación con otras bandas de frecuencias, representan tan sólo el 9,33% del total de dispositivos de usuario con capacidad LTE conocidos por GSA (24942 dispositivos de usuario).

Figura 38. Número de Dispositivos compatibles con bandas LTE FDD.

LTE FDD Band	Number of Devices
1800 MHz band 3	17,035
2100 MHz band 1	15,035
2600 MHz band 7	14,548
850 MHz band 5	11,691
900 MHz band 8	11,276
800 MHz band 20	10,678
AWS band 4	8,387
1900 MHz band 2	8,217
APT700 band 28	5,909
700 MHz band 17	4,587
700 MHz band 12	4,700
700 MHz band 13	3,998
800 MHz band 26	3,199
800 MHz band 19	2,954
1900 MHz band 25	2,541
800 MHz band 18	2,466
E-AWS band 66	2,326

Fuente: Figura extraída del reporte de la Asociación GSA “LTE Device Ecosystem” Agosto de 2023.

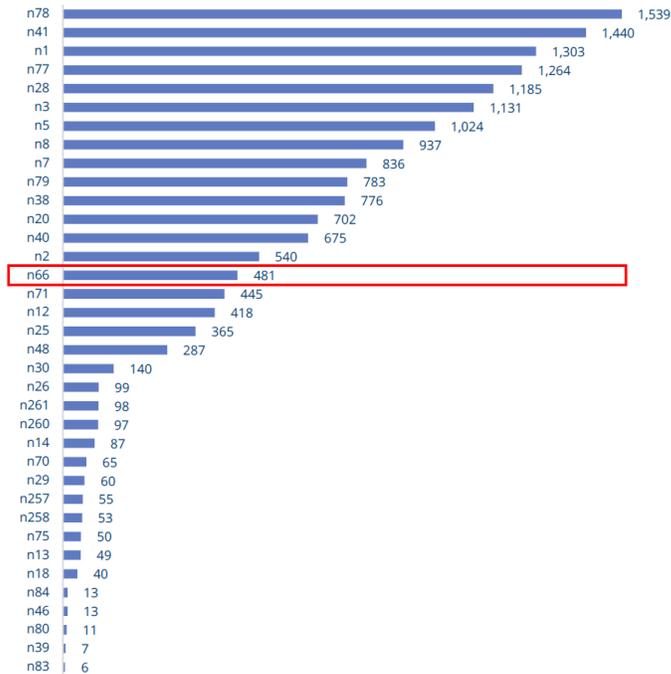
En el caso de dispositivos 5G, esta banda presenta un mejor comportamiento ya que según los reportes de la GSA conocidos a septiembre de 2023, se observan anuncios de 481 modelos de dispositivos para la banda n66, superando en

⁵⁶ Technical Specification TS. 136.101 v 16.7.0

⁵⁷ Technical Specification TS. 38.101-1 v 17.5.0 Release 17

cantidad a los anuncios de otras bandas de frecuencias, como por ejemplo la de 600 MHz (banda n71).

Figura 39. Cantidad de anuncios de modelos de dispositivos 5G para la banda AWS-3 (n66).



Fuente: Figura extraída del reporte de la Asociación GSA "5G Device Ecosystem" septiembre de 2023

Por otra parte, un aspecto técnico relevante de la operación de las IMT en esta banda de frecuencias es que, en la CMR-19 se aprobó la Resolución 212 que posteriormente fue actualizada durante la CMR-23.⁵⁸ Esta resolución está relacionada con las medidas técnicas y operacionales necesarias para facilitar la coexistencia entre las componentes terrenal y satelital de las IMT en las bandas de frecuencias de 1885-2025 MHz y 2110-2200 MHz. En efecto, en el ámbito internacional el Servicio Móvil por Satélite hace uso del segmento de 2 GHz (o

⁵⁸ Resolución 212 (Rev. CMR-23) "Implementación de las telecomunicaciones móviles internacionales en las bandas de frecuencias 1 885-2 025 MHz y 2 110-2 200 MHz".

partes de este, dependiendo de la región)⁵⁹ comprendido entre 1980-2015 MHz para el enlace Tierra-espacio y de 2170-2200 MHz para el enlace espacio-Tierra. En las comunicaciones por satélite, el segmento de 2 GHz se le conoce como la "Banda S", y en la región América tiene adyacencia con las bandas de 1900 MHz (conocida como la banda PCS) y AWS Extendida, donde el escenario de convivencia más crítico es con respecto a la banda IMT de 1900 MHz.⁶⁰

En la Resolución 212 de la UIT se indica la necesidad de emplear técnicas de reducción de interferencia entre las componentes terrenal y satelital, o la utilización de una banda de guarda adecuada para evitar interferencias perjudiciales. No obstante, en la mencionada resolución no se especifica el valor de esta.

Entre las técnicas de reducción, el anexo de la mencionada resolución establece una serie de medidas recomendadas para facilitar la coexistencia entre las componentes, dentro de las cuales se encuentran las siguientes para cada una de las componentes:

- a) Medidas para la componente terrenal de las IMT:
 - Utilizar antenas de estación base con características de lóbulo lateral mejoradas, como se muestra en las recomendaciones y los informes del UIT-R pertinentes (por ejemplo, diagramas de antena mejorados en comparación con los que figuran en la versión más reciente de la Recomendación UIT-R F.1336).
 - Considerar la orientación en elevación y/o en acimut del apuntamiento de la antena de la estación base IMT en el análisis de coexistencia, con objeto

⁵⁹ Dependiendo del país este segmento se reduce por ejemplo a rangos como el de 1995-2015MHz (Tierra-espacio) / 2180-2200MHz (espacio-Tierra), dado el uso actual de la banda de 1900 MHz (1850-1910/1930-1990 MHz) en la mayoría de los países de América para servicios móviles terrestres IMT.

⁶⁰ Textualmente extraído de los comentarios realizados por la empresa Omnispace en el proceso de construcción del Plan Maestro de Gestión de Espectro 2022-2026 de Colombia... "Un aspecto importante de la implementación de la Resolución 212 de la UIT es la protección del sentido Tierra-espacio en la parte baja de la banda S (en el rango 1980-2015 MHz), de las emisiones de las redes terrestres en la banda de PCS adyacente. Uno de los más grandes desafíos en la convivencia del componente terrestre y del componente satelital es la dirección del uso de la parte baja de la banda. Este asunto se estudió en el proceso preparatorio de la CMR-19 y los estudios concluyeron que era necesario adoptar medidas de mitigación como bandas de guarda para proteger el enlace ascendente del componente satelital de las emisiones en el enlace descendente de las redes terrestres, por ejemplo, en la banda de 1900 MHz (PCS)."

de reducir el nivel de interferencia de la estación base IMT por encima del horizonte.

- Considerar los efectos del despliegue real, incluidos los valores del factor de actividad de la componente terrenal de las IMT, en la coexistencia.
- Considerar la atenuación debida al terreno y a los obstáculos, teniendo en cuenta los entornos de despliegue y los efectos de propagación en el análisis de coexistencia.
- Utilizar otras técnicas aplicables de reducción de la interferencia.

b) Medidas para la componente satelital de las IMT:

- Utilizar haces puntuales más estrechos y una pendiente más pronunciada respecto del eje de puntería de la antena del satélite (es decir, no sólo reducir el nivel de interferencia del lóbulo lateral de la antena, sino también aumentar la reutilización de la frecuencia y la resistencia a la interferencia).
- Orientar la antena, cuando exista tal capacidad en el diseño del satélite.
- Ejecutar la conformación de los haces y/o la configuración de nulos en el haz de la antena del satélite (por ejemplo, procesamiento digital de la técnica de conformación de los haces de múltiples elementos, que es capaz de suprimir la interferencia recibida de regiones de la Tierra).
- Aplicar la gestión dinámica de frecuencias junto con la separación geográfica (por ejemplo, monitorización de la interferencia en tiempo real y asignación dinámica de canales y/o haces).
- Considerar la posibilidad de reducir la densidad de flujo de potencia a un nivel suficiente para la coexistencia, por ejemplo, a un valor nominal de -122 dBW/m² por 1 MHz para la protección de algunas estaciones base, o a un valor nominal de $-108,8$ dBW/m² por 1 MHz para la protección de algunos equipos de usuario en la superficie terrestre en los territorios de otras administraciones que utilizan esta banda de frecuencias para la componente terrenal de las IMT.
- Aplicar una polarización de la antena de satélite diferente de la del receptor de la estación terrenal (por ejemplo, utilizar polarización lineal en los receptores de estación terrenal y polarización circular en el satélite puede aportar algunas ventajas).
- Utilizar otras técnicas aplicables de reducción de la interferencia.

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co

Página 77 de 146

Uno de los referentes internacionales en la convivencia de las mencionadas componentes es México, quien estableció condiciones operativas en las bases de las licitaciones llevadas a cabo para el desarrollo del Servicio Móvil por Satélite en la banda S a efectos de evitar interferencias con el servicio móvil IMT terrestre. A manera de referencia, se determinó que los segmentos del Servicio Móvil por Satélite subastados en México (2000-2020/2180-2200 MHz) deben utilizarse única y exclusivamente para el Servicio Complementario Terrestre (SCT). Así mismo, se determinó que dicho sistema no podrá considerarse ni operar como una red totalmente independiente de la red del sistema satelital del SMS y que la operación de los elementos de red y del sistema en su conjunto (SCT) estará sujeta a no causar interferencias perjudiciales que comprometan la operación de redes y servicios que se presten en el territorio mexicano en la banda de 2 GHz y en bandas adyacentes.⁶¹

Cabe aclarar que el SCT es un sistema auxiliar que forma parte integral de un sistema satelital y cuyo propósito es complementar la prestación del SMS mediante el despliegue de infraestructura en tierra, la cual opera en el mismo segmento del espectro asignado al SMS. El principio de operación del SCT se basa en una comunicación bidireccional inalámbrica entre un usuario final, una estación base instalada en tierra y una red central de control a través de la cual se intercambia información de cualquier naturaleza.⁶²

En consecuencia, de los planes y procesos de subasta llevados a cabo en México se podría inferir que dicha administración estableció una banda de guarda de 10 MHz con respecto a la banda PCS de 1900 MHz, con una posible reducción de esta banda de guarda hasta de 5 MHz ya que México está planeando el uso futuro de la banda extendida de 1900 MHz comprendida entre 1910-1915 y 1990-1995 MHz.⁶³

Ahora bien, con respecto a la coexistencia entre la banda AWS Extendida y el SMS, la administración de México no estableció una banda de guarda, lo que

⁶¹ Información disponible en: <https://www.ift.org.mx/industria/espectro-radioelectrico/telecomunicaciones/2019/licitacion-no-ift-9-servicio-complementario-terrestre-del-servicio-movil-por-satelite>

⁶² Información disponible en: <https://www.ift.org.mx/sites/default/files/industria/espectro-radioelectrico/telecomunicaciones/2019/4/apendicec.pdf>

⁶³ Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT). Convocatoria de Licitación. Disponible en: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5610681&fecha=02/02/2021

posiblemente se debe a que sólo se permite el uso del SMS para el SCT en el segmento de 2180-2200 MHz, lo cual facilita la coexistencia entre los servicios.

4.2.2.2 Situación Nacional

Como se observa en la Figura 40, en Colombia, la banda AWS-3 se encuentra atribuida al servicio móvil y ha sido identificada para ser usada para las IMT bajo la nota nacional 21 (CLM 21). En este sentido, sobre esta banda de frecuencias no se están otorgando nuevos permisos y tampoco se están realizando renovaciones de permisos existentes. Es importante resaltar que las tablas de canalizaciones punto a punto que existían para este rango de frecuencias fueron eliminadas del CNABF, estando esta acción en línea con la reserva de la banda establecida en la CLM 21. Por lo anterior, a corte de abril de 2024, en el segmento de frecuencias comprendido entre los 1755-1780MHz pareado con 2155-2180 MHz no existe ocupación por parte del servicio fijo.

Figura 40. Atribución de la Banda AWS-3 en Colombia



Fuente: Elaboración ANE a partir del CNABF

En relación con el servicio Móvil por Satélite y de acuerdo con la base de datos del visor de espectro de la ANE (a corte de abril de 2024), actualmente sólo se encuentran registradas estaciones terrenas de baja potencia a partir de la frecuencia 2165 MHz (en banda con AWS-3), no obstante, estas operan bajo el mecanismo NI/NP: Sin derecho a Protección y Sin causar Interferencias.

4.2.3 Banda de 2300 MHz

4.2.3.1 Situación Internacional

El segmento comprendido entre los 2300–2400 MHz, conocido a nivel internacional como la banda de 2300 MHz, presenta una disponibilidad teórica de 100 MHz de espectro de banda ancha móvil sin contar las bandas de guarda,

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co

Página 79 de 146

que en dado caso de requerirse podrían llegar a disminuir el total de espectro disponible. Esta banda fue identificada globalmente, en la CMR-07 y posteriormente actualizada en las CMR-15 y CMR-19, para la prestación de servicios IMT de acuerdo con la nota internacional 5.384A. Su uso para las IMT mayoritariamente se ha dado en Asia y en países de África.⁶⁴

Específicamente, para la Región 2, el espectro comprendido entre 2300 y 2400 MHz está atribuido de manera primaria a los servicios Fijo, Móvil, Radiolocalización y, a título secundario para el servicio de Aficionados, tal y como se muestra en la Figura 41. Se puede observar también que la atribución al servicio móvil está para las tres regiones de la UIT, lo que favorece su potencial uso como banda armonizada globalmente para servicios móviles. [10]

Ahora bien, aunque las aplicaciones ICM y RCA no hacen parte de la atribución ya que no corresponden a servicios de radiocomunicaciones, en la Región 2 (América) aplica la nota internacional 5.150, en la cual se indica que el segmento de frecuencias comprendido entre los 2400 a 2500 MHz (adyacente a la parte superior de la banda IMT de 2300 a 2400 MHz) se ha designado para las aplicaciones ICM, en la cual los países también permiten la operación de dispositivos de radiocomunicaciones RCA.

⁶⁴ Información basada en el Portal de Cullen International. "Regulation of the 2.3 GHz band". 28 de junio de 2024.

Figura 41. Atribución banda de 2300-2400 MHz

Atribución a los servicios		
Región 1	Región 2	Región 3
2 170-2 200	FIJO MÓVIL MÓVIL POR SATÉLITE (espacio-Tierra) 5.351A 5.388 5.389A 5.389F	
2 200-2 290	OPERACIONES ESPACIALES (espacio-Tierra) (espacio-espacio) EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (espacio-Tierra) (espacio-espacio) FIJO MÓVIL 5.391 INVESTIGACIÓN ESPACIAL (espacio-Tierra) (espacio-espacio) 5.392	
2 290-2 300	FIJO MÓVIL salvo móvil aeronáutico INVESTIGACIÓN ESPACIAL (espacio lejano) (espacio-Tierra)	
2 300-2 450 FIJO MÓVIL 5.384A Aficionados Radiolocalización 5.150 5.282 5.395	2 300-2 450 FIJO MÓVIL 5.384A RADIOLOCALIZACIÓN Aficionados 5.150 5.282 5.393 5.394	
2 450-2 483,5 FIJO MÓVIL Radiolocalización 5.150	2 450-2 483,5 FIJO MÓVIL RADIOLOCALIZACIÓN 5.150	
2 483,5-2 500 FIJO MÓVIL MÓVIL POR SATÉLITE (espacio-Tierra) 5.351A RADIODETERMINACIÓN POR SATÉLITE (espacio-Tierra) 5.398 Radiolocalización 5.398A 5.150 5.399 5.401 5.402	2 483,5-2 500 FIJO MÓVIL MÓVIL POR SATÉLITE (espacio-Tierra) 5.351A RADIOLOCALIZACIÓN RADIODETERMINACIÓN POR SATÉLITE (espacio-Tierra) 5.398 5.150 5.402	2 483,5-2 500 FIJO MÓVIL MÓVIL POR SATÉLITE (espacio-Tierra) 5.351A RADIOLOCALIZACIÓN RADIODETERMINACIÓN POR SATÉLITE (espacio-Tierra) 5.398 5.150 5.401 5.402
2 500-2 520 FIJO 5.410 MÓVIL salvo móvil aeronáutico 5.384A 5.412	2 500-2 520 FIJO 5.410 FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) 5.415 MÓVIL salvo móvil aeronáutico 5.384A	2 500-2 520 FIJO 5.410 FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) 5.415 MÓVIL salvo móvil aeronáutico 5.384A MÓVIL POR SATÉLITE (espacio-Tierra) 5.351A 5.407 5.414 5.414A 5.404 5.415A

Fuente: Reglamento de Radiocomunicaciones del 2020.

La nota internacional de identificación a IMT que aplica a este rango de frecuencias es la siguiente:

- 5.384A Las bandas de frecuencias 1 710-1 885 MHz, 2 300-2 400 MHz y 2 500-2 690 MHz, o partes de esas bandas de frecuencias, se han identificado para su utilización por las administraciones que deseen introducir las Telecomunicaciones Móviles Internacionales (IMT) de conformidad con la Resolución 223 (Rev.CMR-15) *. Esta identificación no

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co

Página 81 de 146

impide su utilización por cualquier aplicación de los servicios a los que están atribuidas, ni establece prioridad alguna en el Reglamento de Radiocomunicaciones. (CMR-15)

Adicionalmente, en el segmento adyacente superior se presenta la nota 5.351A, que menciona que en lo que respecta a la utilización de las bandas 2483,5-2520 MHz (espacio-Tierra) y 2670-2690 MHz por el servicio móvil por satélite, se deben observar las resoluciones 212 (Rev.CMR-23) y 225 (Rev.CMR-23) de la UIT. En cuanto a la Resolución 212, está correspondiente a medidas sugeridas por la UIT para la coexistencia de las componentes terrenal y satelital, tema que ya fue abordado en el numeral 4.2.2.1 del presente documento.

En cuanto a la Resolución 225, esta señala que la banda de frecuencia de 2483,5-2500 MHz puede ser utilizada por las administraciones que deseen introducir la componente de satélite de las IMT, y adicionalmente invita al sector de radiocomunicaciones de la UIT a estudiar las cuestiones de compartición y coordinación con miras a la utilización de las atribuciones al servicio móvil por satélite para la componente de satélite de las IMT.⁶⁵ No obstante, es importante recalcar que en diversos países (entre estos Colombia), la banda de 2500 MHz (2500 – 2690 MHz, correspondiente a la banda 7 del 3GPP) ya fue asignada a las IMT, con lo cual un eventual uso del servicio móvil por satélite en el segmento de 2483,5-2500 MHz debe ser revisado con minucioso detalle.

Históricamente la banda de 2300 MHz ha sido utilizada principalmente para el despliegue de radioenlaces fijos punto a punto y punto-multipunto, no obstante, debido a la evolución tecnológica, en esta banda de frecuencias se podrían llegar a ofrecer dichos servicios fijos, pero a través de tecnologías de banda ancha IMT. [10]

La banda de 2300 MHz es conocida en América del Norte como Servicios de Comunicación Inalámbricas (WCS, por sus siglas en inglés) y una de sus ventajas para las administraciones que planean su uso para las IMT es su estandarización como banda del 3GPP. En efecto, en modo de emparejamiento por división de tiempo (TDD) se encuentran las bandas 40 y n40 para tecnología LTE y 5G respectivamente, y en modo de emparejamiento por frecuencia (FDD) se encuentran las bandas 30 y n30 para LTE y 5G respectivamente. [10]

⁶⁵ Resolución 225 (REV.CMR-23) "Utilización de bandas de frecuencia adicionales para la componente de satélite de las IMT".

Sin embargo, el arreglo de frecuencias recomendado por la UIT para esta banda de frecuencias corresponde a la canalización E1 de la Recomendación UIT-R M.1036-7 dispuesta únicamente en configuración TDD.

Figura 42. Arreglo de Frecuencia recomendado por la UIT para la banda 2300 MHz.

MHz	2 300	2 325	2 350	2 375	2 400
E1	TDD				
	2 300				2 400

Fuente: Recomendación UIT-R M.1036-7: "Disposiciones de frecuencias para la implementación de la componente terrenal de las telecomunicaciones móviles internacionales (IMT) en las bandas identificadas en el Reglamento de Radiocomunicaciones (RR) para las IMT"

Así las cosas, el arreglo de frecuencias de la Figura 42 corresponde a la canalización de la banda 40 o n40 del estándar del 3GPP. En el caso de la banda 40 para la tecnología LTE, esta se encuentra estandarizada para anchos de canal de 5, 10, 15, 20 MHz.⁶⁶

De acuerdo con el portal HBR⁶⁷, la banda 40 es la octava banda más popular y utilizada por los operadores móviles públicos para el despliegue de redes LTE, y generalmente se implementa debido a la amplia disponibilidad de espectro y su corto alcance que permite el despliegue en ambientes densos.

Ahora bien, en cuanto a la banda n40 para la tecnología 5G NR, esta se encuentra estandarizada para anchos de canal de 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 y 100 MHz.⁶⁸

Dado que la utilización de la banda es en modo de emparejamiento TDD, los estudios y documentos revisados recomiendan que todos los operadores que desplieguen redes en las mismas áreas o áreas adyacentes implementen el mismo mecanismo de sincronización, es decir que tanto las estaciones base

⁶⁶ Technical Specification TS. 136.101 v 16.7.0

⁶⁷ Información disponible en: <https://halberdbastion.com/technology/cellular/4g-lte/lte-frequency-bands/b40-2300-mhz>

⁶⁸ Technical Specification TS. 38.101-1 v 17.5.0 Release 17

como todos los terminales de usuario transmitan en las ranuras de tiempo dedicados para cada uno, de modo contrario el escenario de convivencia se vuelve crítico.

En efecto, si dos estaciones base tipo macro no se encuentran correctamente sincronizadas, la distancia de separación necesaria para evitar interferencia entre estas puede llegar a ser hasta de 60 km si las estaciones base operan en la misma banda de frecuencia y hasta de 14 km si operan en bandas adyacentes tal y como se indica en el Anexo 5 del reporte 296 de la ECC.⁶⁹

Adicionalmente, es de resaltar que si no se sincronizan las redes TDD se requiere la implementación de otras técnicas de mitigación, como por ejemplo el uso de bandas de guarda o de filtros.⁷⁰

Por otra parte, de acuerdo con 5G Américas, a excepción de Brasil y Perú, en América Latina la mayoría de los países han atribuido y reservado la banda de 2300 MHz para servicios móviles, pero no han realizado licitaciones o procesos de asignaciones aún. Así mismo, aunque hay una disponibilidad de 100 MHz, se ha observado la práctica de designar una banda de guarda, que como se verá más adelante podría llegar a ser hasta de 10 MHz. [10]

La Tabla 16 presenta un cuadro resumen con el panorama de uso de la banda de 2300 MHz en América Latina:

Tabla 16. Panorama de uso de la Banda de 2300 MHz en América Latina

País	Atribuida para servicios móviles	Licenciada para servicios móviles IMT	Segmento Asignado
Argentina	Si	No	NA
Bolivia	Si	No	NA
Brasil	Si	Si	2300 – 2390 MHz (TDD)
Chile	Si	No	NA
Colombia	Si	No	NA
Costa Rica	Si	No	NA
Ecuador	Si	No	NA

⁶⁹ ECC, "ECC Report 296: National synchronisation regulatory framework options in 3400-3800 MHz: a toolbox for coexistence of MFCNs in synchronised, unsynchronised and semi-synchronised operation in 3400-3800 MHz," 2019

⁷⁰ GSMA. 5G TDD Synchronisation "Guidelines and Recommendations for the Coexistence of TDD Networks in the 3.5 GHz Range". Disponible en: <https://www.gsma.com/spectrum/wp-content/uploads/2020/04/3.5-GHz-5G-TDD-Synchronisation.pdf>

País	Atribuida para servicios móviles	Licenciada para servicios móviles IMT	Segmento Asignado
El Salvador	Si	No	NA
Guatemala	Si	No	NA
Honduras	Si	No	NA
Nicaragua	Si	No	NA
México	Si	No	NA
Paraguay	Si	No	NA
Perú	Si	Si	2300 – 2330 MHz y 2360 – 2390 MHz
Rep. Dominicana	Si	No	NA
Uruguay	Si	No	NA
Venezuela	Si	No	NA

Fuente: Elaboración ANE con información tomada de “Panorama del espectro de Bandas Medias para Redes Móviles en América Latina y El Caribe”, 5G Américas, febrero 2023.

En el caso de Brasil, se realizaron asignaciones entre el segmento de 2300 a 2390 MHz de manera regional y haciendo uso del arreglo de frecuencias en configuración TDD. En el caso de Perú, se llevaron a cabo asignaciones de manera nacional y regional en los segmentos de 2300-2330 MHz y de 2360-2390 MHz también haciendo uso de la configuración TDD.⁷¹ Un común denominador en las licitaciones de las dos administraciones señaladas es la banda de guarda que se mantuvo de 10 MHz entre el segmento de 2390 a 2400 MHz. No obstante, en el caso de Brasil se ha anunciado que dicha banda de guarda se está considerando a futuro para aplicaciones industriales o redes privadas 5G; en el caso de Perú, se mantiene este segmento como una banda de guarda. [10]

Por otra parte, en el caso de Europa⁷², se conoce que la CEPT desarrolló unas condiciones técnicas armonizadas para el uso de la banda de frecuencias de 2300-2400 MHz en modo TDD basada en 20 bloques de 5 MHz (ver Figura 43), lo anterior de acuerdo con el Reporte 55 de la CEPT. La Comisión Europea redactó una decisión de implementación sobre esta base, pero su adopción se

⁷¹ Información basada en el Portal de Cullen International.

⁷² Información basada en el Portal de Cullen International. “Regulation of the 2.3 GHz band”. 28 de junio 2024.

aplazó hasta después de la CMR-15 y el Comité del Espectro Radioeléctrico no ha reanudado su debate sobre el proyecto.

Figura 43. Disposición de frecuencias adoptada por la CEPT para la banda de 2300 MHz.

TDD (MHz)	
2300 MHz 2305 MHz	5
2305 MHz 2310 MHz	5
2310 MHz 2315 MHz	5
2315 MHz 2320 MHz	5
2320 MHz 2325 MHz	5
2325 MHz 2330 MHz	5
2330 MHz 2335 MHz	5
2335 MHz 2340 MHz	5
2340 MHz 2345 MHz	5
2345 MHz 2350 MHz	5
2350 MHz 2355 MHz	5
2355 MHz 2360 MHz	5
2360 MHz 2365 MHz	5
2365 MHz 2370 MHz	5
2370 MHz 2375 MHz	5
2375 MHz 2380 MHz	5
2380 MHz 2385 MHz	5
2385 MHz 2390 MHz	5
2390 MHz 2395 MHz	5
2395 MHz 2400 MHz	5

Fuente: Imagen extraída del Reporte 55 de la CEPT

En el caso de la Región 3 (Asia Pacífico), dentro de los acuerdos realizados en el grupo de espectro de la APT (AWG – Asia Pacific Telecommunity Wireless Group) se establecieron cinco (5) posibles escenarios para el uso de la banda de 2300 MHz, siendo la primera opción la preferida por las administraciones de la APT:⁷³

- Opción 1: Modalidad TDD Total sin banda de guarda superior y sin ancho de banda definido para los canales



- Opción 2: Modalidad TDD con canalización de 5 MHz por bloque y una banda de guarda superior de 10 MHz.

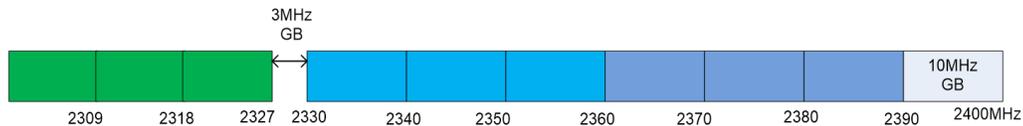


- Opción 3: Modalidad TDD con disposición de 3 bloques amplios de 27 MHz donde cada uno de estos tiene 3 sub-bloques de 9 MHz; una banda de guarda entre bloques amplios adyacentes de 4.5 MHz y una banda de guarda superior de 10 MHz.

⁷³ "APT FREQUENCY ARRANGEMENT ON 2300 – 2400 MHz FOR IMT/BWA", septiembre 2012, APT Report



- Opción 4: Parecida a la Opción 3, pero mezclando bloques de 10 MHz y 9 MHz respectivamente.



- Opción 5: Modalidad FDD/TDD flexible según la necesidad del país sin especificar tamaño de bloques o canales.



A nivel comercial, las redes LTE-TDD en la banda ya se han desplegado en varios países asiáticos y africanos, y, por ejemplo, operadores de Australia y Brasil ya utilizan la banda para 5G⁷⁴. En el caso de la Unión Europea (UE), la banda actualmente se utiliza para una variedad de aplicaciones (telemetría terrestre o aeronáutica, usos militares, Elaboración de Programas y Eventos Especiales-PMSE, entre otros)⁷⁵ por lo que hasta ahora solo 7 estados miembros de la UE (Dinamarca, Suecia, Eslovenia, Irlanda, Estonia, Letonia y Lituania) y el Reino Unido han puesto a disposición partes de la banda para LTE o 5G tal y como se detalla en la Tabla 17. Otros estados, dado el uso actual, están contemplando posibilidades como el uso compartido del espectro mediante Licencias de Acceso compartido (LSA), por ejemplo, Austria o Portugal para permitir el uso de banda ancha inalámbrica.

Tabla 17 . Asignaciones de la banda de 2300 MHz en Europa

País	Segmento Asignado (MHz)	Configuración
Dinamarca	2300 - 2360	60 MHz en TDD
	2360 - 2400	40 MHz en TDD

⁷⁴ Información basada en el Portal de Cullen International. "Regulation of the 2.3 GHz band". 28 junio de 2024.

⁷⁵ Reporte 55 de la CEPT "Technical conditions for wireless broadband usage of the 2300-2400 MHz frequency band"

País	Segmento Asignado (MHz)	Configuración
Estonia	2300 - 2330	30 MHz en TDD
	2330 - 2360	30 MHz en TDD
Irlanda	2300 - 2360	60 MHz en TDD
	2360 - 2400	40 MHz en TDD
Letonia	2300 - 2330	30 MHz en TDD
	2330 - 2360	30 MHz en TDD
Lituania	2310 - 2390	80 MHz en TDD
Eslovenia	2320 - 2360	40 MHz en TDD
	2360 - 2390	30 MHz en TDD
Suecia	2300 - 2380	80 MHz en TDD
Reino Unido	2350 - 2390	40 MHz en TDD

Fuente: Elaboración ANE con base en información del Portal de Cullen International. "Spectrum Database".

Dado el uso de la banda de 2300 MHz para las IMT en diversos países (incluidos China e India), la banda es compatible con una variedad de dispositivos de usuario⁷⁶. En efecto, en cuanto al ecosistema de dispositivos LTE en la banda de 2300 MHz (banda 40), de acuerdo con los reportes de la Asociación GSA con corte a agosto de 2023, la banda 40 tiene el mayor número de terminales TDD LTE anunciados, alcanzando el 80,77% del total de los dispositivos conocidos por GSA para LTE.

Figura 44. Número de Dispositivos compatibles con bandas LTE-TDD

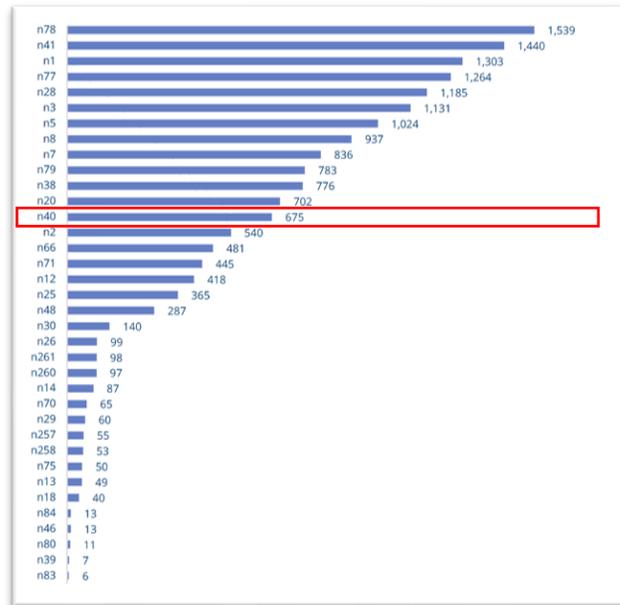
LTE TDD Band	Number of Devices
2300 MHz band 40	9,703
2600 MHz band 41	8,422
2600 MHz band 38	8,033
1900 MHz band 39	5,412
2000 MHz band 34	1,655
3500 MHz band 42	1,316
3700 MHz band 43	849

Fuente: Figura extraída del reporte de la Asociación GSA "LTE Device Ecosystem" Agosto de 2023.

⁷⁶ Información basada en: https://www.rtr.at/TKP/was_wir_tun/telekommunikation/spectrum/bands/2300MHz/Spektrum2300MHz_en.html

En el caso de 5G, los reportes de la GSA a septiembre de 2023 indican que se conocen anuncios de 675 modelos de dispositivos para la banda n40, tal y como se muestra en la Figura 45.

Figura 45. Cantidad de anuncios de modelos de dispositivos 5G para la banda de 2300 MHz (n40).



Fuente: Figura extraída del reporte de la Asociación GSA "5G Device Ecosystem" septiembre de 2023

4.2.3.2 Situación Nacional

La banda de 2300 MHz (2300-2400 MHz) en Colombia ya se encuentra atribuida al servicio móvil (ver Figura 46) y ha sido identificada para ser usada para las IMT bajo la nota nacional 21 (CLM 21), donde se reserva para esta aplicación.

Figura 46. Atribución Banda 2300 MHz en Colombia



Fuente: Elaboración ANE a partir del CNABF

Así mismo, le aplica la CLM 7⁷⁷, nota relacionada con el servicio de Aficionados, que para esta banda se encuentra a título secundario, en este sentido, no podría reclamar protección contra interferencias ni causar interferencia a los servicios primarios.

Ahora bien, como fue mencionado en el apartado anterior, en la región América el segmento de frecuencias comprendido entre los 2400 a 2500 MHz (adyacente a la parte superior de la banda IMT de 2300 a 2400 MHz) se ha designado para las aplicaciones ICM, y en la cual los países también permiten la operación de dispositivos RCA como, por ejemplo; dispositivos Wifi, Bluetooth, Zig Bee, teléfonos inalámbricos, entre otros.

Específicamente, la norma en Colombia (Resolución 105 de 2020 compilada de la ANE) permite, bajo condiciones técnicas generales y específicas, las siguientes aplicaciones de uso libre (dispositivos RCA) en la banda adyacente de 2400-2483.5 MHz:

Tabla 18. Condiciones Técnicas Aplicaciones Uso Libre en la banda de 2400-2483,5 MHz

Rango de frecuencias	Condiciones técnicas y operativas	Observaciones
Aplicaciones RCA no específicas		

⁷⁷ CLM 7: Se adopta la atribución establecida por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) para el servicio de aficionados y aficionados por satélite - Región 2 y los planes de banda LF/MF/HF de la Unión Internacional de Radioaficionados Región II (IARU Región 2) en el Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias (CNABF). Este servicio cuenta con reglamentación especial expedida por el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
 Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
 Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co

Rango de frecuencias	Condiciones técnicas y operativas	Observaciones
2400 - 2483.5 MHz	Intensidad máxima de campo eléctrico de 50 mV/m, medida a 3 m	APLICACIONES DE RADIOCOMUNICACIONES DE CORTO ALCANCE (RCA) NO ESPECÍFICAS.
Dispositivos de salto en frecuencia, modulación digital o híbridos		
2400 - 2483.5 MHz	Potencia máxima de salida conducida: <ul style="list-style-type: none"> • 1 W para dispositivos que emplean por lo menos 75 canales de saltos de frecuencia no superpuestos y 0.125 W para los demás dispositivos de salto de frecuencia • 1 W para dispositivos que utilicen modulación digital 	Ver sección 3.6 del presente anexo, condiciones especiales de DISPOSITIVOS DE SALTO EN FRECUENCIA, MODULACIÓN DIGITAL O HÍBRIDOS.
Teléfonos fijos inalámbricos		
2400 - 2483.5 MHz	Intensidad máxima de campo eléctrico de 50 mV/m, medida a 3 m	Ver sección 3.3 del presente anexo, condiciones especiales de TELÉFONOS FIJOS INALÁMBRICOS.

Fuente: Elaboración ANE

Ahora bien, dado el uso de dispositivos RCA en la banda de 2400- 2483,5 MHz, en especial los usados para Redes Inalámbricas de Área Local (WLAN, por sus siglas en inglés), durante el año 2021, la Universidad ICESI de Colombia llevó a cabo un estudio de convivencia que permitió determinar las medidas técnicas necesarias para la operación sin interferencias entre los sistemas móviles IMT a desplegarse en la banda de 2300-2400MHz y las aplicaciones de uso libre (ICM/RCA) que funcionan en la banda adyacente.

En el estudio mencionado se encontró que, para la correcta convivencia de una estación base IMT- 4G en la banda de 2300 MHz con portadoras de 5 MHz, 10 MHz y 20 MHz y dispositivos WLAN en la banda de 2.4GHz, se requiere lo siguiente:

Agencia Nacional del Espectro

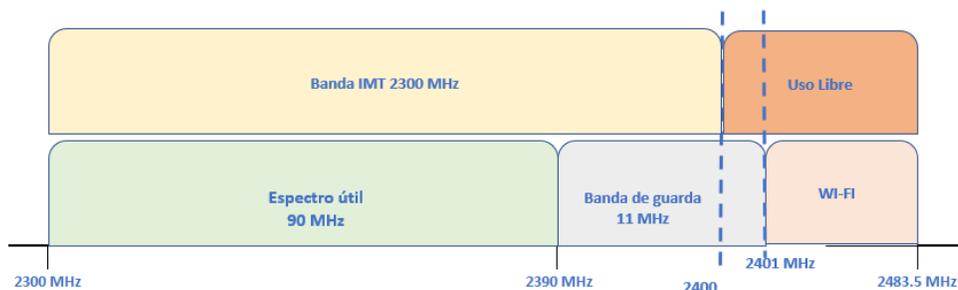
Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
 Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
 Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co

Página 91 de 146

-En el escenario donde la WLAN interfiere al sistema LTE, la interferencia puede ser despreciable aún en condiciones de completa adyacencia (0 MHz de banda de guarda).

-Caso contrario ocurre, cuando el sistema LTE interfiere al sistema WLAN donde se requiere mínimo de una banda de guarda de 11 MHz con respecto al canal 1 de Wifi el cual inicia en 2401 MHz, por lo cual, el estudio plantea para la banda de 2300 MHz un espectro útil IMT de 90 MHz comprendido entre 2300 a 2390 MHz y 11 MHz de banda de guarda comprendidos entre 2390 a 2401 MHz tal y como se observa en la Figura 47, no obstante, la banda de guarda puede disminuir si existe una separación geográfica entre los dos sistemas.

Figura 47. Escenario de convivencia entre 2300 IMT y 2400 RCA



Fuente: Elaboración ANE

Dentro del estudio de convivencia también se analizaron otras tecnologías de uso libre en la banda de 2400 MHz, como son los sistemas Bluetooth y Zig-Bee donde se concluyó que, dado que ambas tecnologías usan saltos de frecuencia, la situación de estar en el canal más cerca a los 2400MHz solo se da durante unos pocos microsegundos, por lo que en promedio el efecto de la interferencia desde los sistemas IMT es despreciable. Sin embargo, como recomendación general, se aconseja mantener una distancia de al menos 100 metros entre estaciones base IMT y los sistemas Bluetooth y Zig-Bee.

Finalmente, en cuanto a la ocupación de la banda, con corte a abril de 2024, en el SGE se encuentra un solo enlace de microondas que, bajo el marco legal del permiso otorgado al PRST, este se encuentra en obligación de plan de transición, con lo cual se puede concluir que la banda se encuentra totalmente disponible, lo anterior, en razón a que el parágrafo 3 del artículo 1.7.2 de la Resolución 105 de 2020, establecía que los permisos para el uso de la banda de 2300 a 2400

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co

Página 92 de 146

MHz, incluidas las renovaciones, se otorgaban por el Mintic hasta el 31 de diciembre de 2020.

Así mismo, adyacente a la banda de 2300 MHz⁷⁸ se encuentran únicamente registradas en la base de datos estaciones terrenas de baja potencia (NI/NP: Sin derecho a Protección y Sin causar Interferencias) a partir de la frecuencia 2483,74 MHz.

4.2.4 *Banda de 3700 – 3800 MHz*

4.2.4.1 *Situación Internacional*

La tecnología 5G NR admite el segmento completo de 3300 a 4200 MHz, por lo que diferentes partes de esta banda se utilizan o se utilizarán para 5G en todo el mundo. En el caso de Europa, este continente seleccionó la banda de 3400 a 3800 MHz como una de sus bandas pioneras para 5G. El segmento de 3300 a 3400 MHz se utiliza para sistemas de radar y en consecuencia no está disponible para 5G en Europa, y en el caso del segmento superior de 3800 a 4200 MHz, sólo unos pocos países europeos han comenzado a considerar dicha banda.⁷⁹

En el caso de América, varios países han previsto o asignado espectro 5G principalmente entre 3300 a 3700 MHz. No obstante, existen casos como el de Estados Unidos que asignó espectro entre los 3700 a 3980 MHz (banda conocida como la "banda de 3,7 GHz"). En el caso de Brasil, hasta la fecha se conoce que Anatel ha identificado la banda de 3700 a 3800 MHz para lo que en este país se denomina el servicio limitado privado (SLP), que permite la operación de estaciones terrestres de baja potencia que tienen como propósito promover el desarrollo de redes privadas para aplicaciones industriales.⁸⁰

Ahora bien, posterior a la CMR-19 se introdujeron dos puntos en la agenda de la CMR-23 (Puntos 1.2 y 1.3), cuyo propósito era la realización de estudios sobre la banda de 3500 MHz para analizar la identificación de más espectro para IMT entre los segmentos de 3300 y 3800 MHz. Específicamente, y dado que en la Región 2 de la UIT la mayoría de los países ya habían identificado los segmentos

⁷⁸ Específicamente el CNABF establece la atribución del segmento de 2483,5-2500 MHz para el servicio Móvil por Satélite (espacio-Tierra).

⁷⁹ Información basada en el Portal de Cullen International "Overview of spectrum bands".

⁸⁰ Idem.

de 3300 a 3600 MHz, sólo se consideraron estudios y análisis en el rango de 3600 – 3800 MHz. [10]

En consecuencia, posterior a la CMR-23, doce (12) países de América (Bahamas, Belice, Brasil, Canadá, Colombia, Costa Rica, Estados Unidos, Guatemala, Paraguay, Perú, Trinidad y Tobago y Uruguay) se incluyeron en la identificación de la banda de 3700 a 3800 para las IMT.

A continuación, la Figura 48 muestra la atribución del rango de 3700 a 3800 MHz en el RR de la UIT. Como se observa, el rango de frecuencias se encuentra atribuido a título primario a los servicios fijo, fijo por satélite (espacio-Tierra) y móvil (salvo móvil aeronáutico). Adyacente en la parte inferior, específicamente entre los 3600 y 3700 MHz existe atribución a los servicios fijo, fijo por satélite (espacio-Tierra) y móvil (salvo móvil aeronáutico). Cabe anotar que el segmento inferior comprendido entre los 3300 a 3700 MHz, conocida como la banda de 3500 MHz ya ha sido asignada en varios países del mundo, por lo cual el uso de servicios fijos y fijos por satélite ha sido restringido con el fin de evitar inconvenientes de interferencia perjudicial.

Ahora bien, en la parte superior, se encuentra atribución a los servicios fijo por satélite, móvil aeronáutico (R) y radionavegación aeronáutica. Esta situación es un asunto crucial en la implementación y uso de la banda para las IMT, ya que se debe revisar la convivencia con los mencionados servicios.

Figura 48. Atribución banda de 3700-3800 MHz

Atribución a los servicios		
Región 1	Región 2	Región 3
3 600-4 200 FIJO FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) Móvil	3 600-3 700 FIJO FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) MÓVIL salvo móvil aeronáutico 5.434 Radiolocalización 5.433	3 600-3 700 FIJO FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) MÓVIL salvo móvil aeronáutico Radiolocalización 5.435
	3 700-4 200 FIJO FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) MÓVIL salvo móvil aeronáutico	
4 200-4 400	MÓVIL AERONÁUTICO (R) 5.436 RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA 5.438 5.437 5.439 5.440	
4 400-4 500	FIJO MÓVIL 5.440A	
4 500-4 800	FIJO FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) 5.441 MÓVIL 5.440A	

Fuente: Reglamento de Radiocomunicaciones del 2020.

La nota internacional de identificación para IMT que aplica a este rango de frecuencias es la siguiente:

- 5.435B En las Bahamas, Belice, Brasil, Canadá, Colombia, Costa Rica, Estados Unidos, Guatemala, los Departamentos y colectividades franceses de Ultramar de la Región 2, Groenlandia, los países y territorios de ultramar del Reino de los Países Bajos situados en la Región 2, Paraguay, Perú, Trinidad y Tobago y Uruguay, la banda de frecuencias 3 700-3 800 MHz está identificada para su utilización por cualquiera de estas Administraciones que desee implementar las Telecomunicaciones Móviles Internacionales (IMT). Esta identificación no impide la utilización de esta banda de frecuencias por cualquier aplicación de los servicios a los que está atribuida, y no establece prioridad alguna en el Reglamento de Radiocomunicaciones. Las administraciones que deseen implementar las IMT deberán obtener el acuerdo de los países vecinos para garantizar la protección del servicio fijo por satélite (espacio-Tierra). (CMR-23)

Agencia Nacional del Espectro

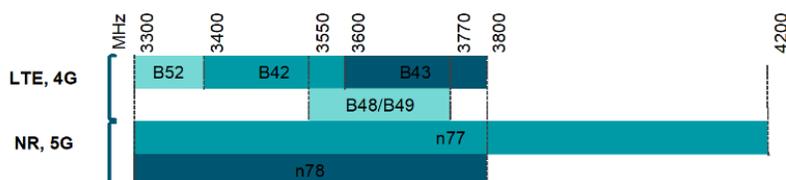
Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
 Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
 Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co

Página 95 de 146

Como se puede observar de la nota internacional 5.435B, el rango de 3700 a 3800 MHz ha sido identificado para las IMT por varios países de América. En el caso de países colindantes a Colombia se encuentran inscritos Brasil y Perú, lo cual favorece los acuerdos para garantizar la protección de los diferentes servicios incumbentes en zona de frontera.

Por otra parte, la disponibilidad de arreglos de frecuencia en toda la gama de 3300-4200 MHz representa un fuerte mensaje de la industria por promover el ecosistema global en todo el rango. En efecto, el 3GPP, a través de los estándares y arreglos de frecuencias establecidos, soporta el despliegue tanto de la tecnología LTE en el rango de 3300–3800 MHz como de la tecnología 5G-NR en el rango de 3300–4200 MHz (Figura 49). No obstante, se conoce que esta banda es reconocida a nivel mundial como pionera para el despliegue de 5G, especialmente basadas en las configuraciones TDD de las bandas n77 y n78 del 3GPP.

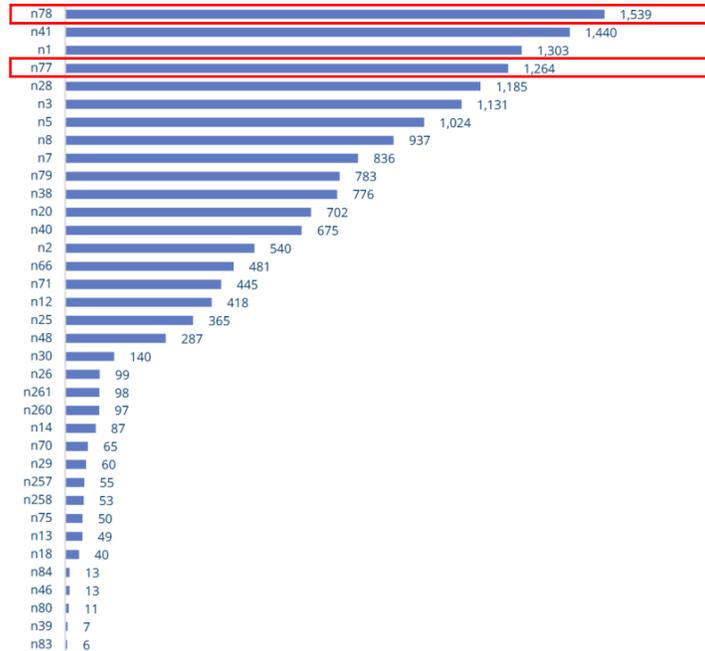
Figura 49. Arreglos de Frecuencia del 3GPP en la banda de 3.5 GHz.



Fuente: Imagen Extraída del Portal de Cullen International "Status of the 3.3–3.98 GHz band".

En cuanto al ecosistema de equipos 5G, de acuerdo con los reportes de la GSA a septiembre de 2023, se evidencia que las bandas n78 y n77 representan la mayor parte de los dispositivos 5G anunciados. Por ejemplo, el número de dispositivos con soporte para la banda n78 ha llegado a los 1539, y en el caso de la banda n77 se alcanzan los 1264 tal y como se observa en la Figura 50.

Figura 50. Cantidad de anuncios de modelos de dispositivos 5G para la banda de 3700 MHz (n77 y n78).



Fuente: Figura extraída del reporte de la Asociación GSA "5G Device Ecosystem" septiembre de 2023

4.2.4.2 Situación Nacional

En Colombia, el segmento de frecuencias de 3700 a 3800 MHz se encuentra atribuido principalmente a los servicios fijo, móvil y fijo por satélite, como se observa en la Figura 51.

Figura 51. Atribución del segmento de 3700-3800 MHz



Fuente: Elaboración ANE a partir del CNABF

Agencia Nacional del Espectro

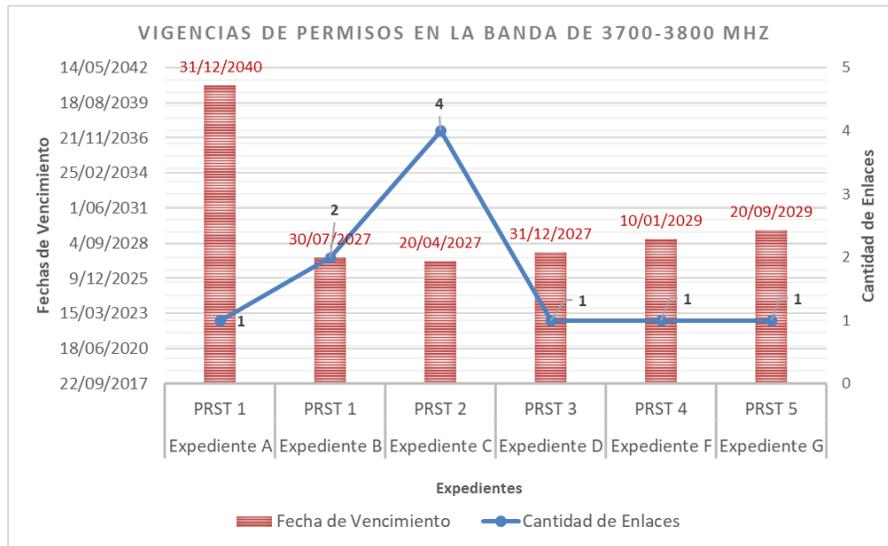
Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
 Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
 Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co

En la Figura 51 se observa que, a diferencia de la banda de 3500 MHz (3300-3700 MHz), en donde la atribución del servicio fijo por satélite (espacio-Tierra) estaba en adyacencia a la banda IMT, el segmento de 3700 a 3800 MHz se encuentra atribuido de manera co-primaria con el servicio fijo por satélite, lo cual dificulta el escenario de convivencia entre los servicios. Hay que subrayar también que los satélites de comunicaciones que operan en la banda C usan la banda de frecuencias de 3700 a 4200 MHz para su enlace de bajada, donde precisamente dicho enlace corresponde a la parte crítica del sistema, ya que los satélites se ubican a 36.000 Km de la tierra y en consecuencia las estaciones terrenas reciben la señal con una potencia de llegada limitada a valores muy bajos.

En cuanto a la ocupación por parte del servicio fijo por satélite dentro del segmento de 3700 a 3800 MHz, el visor de espectro de la ANE (con corte a abril de 2024) muestra ocupación de 2 estaciones terrenas de condiciones técnicas particulares (con derecho a protección a interferencias), estaciones terrenas de baja potencia (NI/NP: Sin derecho a Protección y Sin causar Interferencias) y 353 estaciones reportadas como cercanas a bandas IMT (sin derecho a protección). Ahora bien, a efectos de un análisis integral, en la banda C (entre 3700 a 4200 MHz) se presenta ocupación de 25 estaciones terrenas de condiciones técnicas particulares (con derecho a protección a interferencias); 152 estaciones de sólo recepción (con derecho a protección a interferencias); estaciones terrenas de baja potencia (NI/NP: Sin derecho a Protección y Sin causar Interferencias) y 765 estaciones reportadas como cercanas a bandas IMT (sin derecho a protección).

Así mismo, en el segmento de 3700-3800 MHz aplica la nota nacional (CLM) 22 en el cual se adoptan los planes de distribución de frecuencias de las Tablas 19 y 20 del CNABF para el uso de enlaces fijos microondas. Así las cosas, con corte a abril de 2024, la base de datos del SGE presenta ocupación de 8 enlaces fijos microondas con fechas de vigencia que varían entre los años 2027 y 2040, tal y como se muestra en la Figura 52:

Figura 52. Fechas máximas de vigencia de permisos registrados en la Base de Datos para la banda 3700 – 3800 MHz.



Fuente: Elaboración ANE con base en información del SGE.

Por último, en el segmento de 4200 a 4400 MHz operan dispositivos de tipo aeronáutico, particularmente los radioaltímetros usados para conocer la altitud de la aeronave y utilizar dicha lectura en maniobras de aterrizaje y despegue automático. Al respecto, en el año 2023, la ANE, en conjunto con la Universidad Pontificia Bolivariana, desarrolló un proyecto de investigación para determinar las medidas restrictivas necesarias para la coexistencia de ambos servicios sin interferencias perjudiciales, medidas que, de acuerdo con la recomendación de la universidad, deben mantenerse hasta demostrar que su modificación no conlleve riesgo para la aeronavegación y operación de los radioaltímetros en Colombia.

Así las cosas, posterior a analizar insumos relacionados con: (I) estado del arte, (II) comportamiento de las diferentes entidades reguladoras y gestoras de la aeronavegación y del espectro en varios países, y (III) análisis técnicos internos, la Universidad Pontificia Bolivariana concluyó que es importante definir algunas medidas de mitigación preventivas y temporales en los aeródromos que la autoridad de regulación aeronáutica determine conveniente, como, por ejemplo;

- Controlar el nivel de señal radioeléctrica en zonas cercanas a los aeródromos definidos,

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co

Página 99 de 146

- Determinar áreas de protección alrededor de los aeródromos en donde se restringirá en potencia la emisión de señales de las estaciones base IMT,
- Restringir el uso de sistemas de antenas activas (AAS) en los aeródromos definidos.

En efecto, el estudio sugiere usar tres zonas de mitigación alrededor de un aeródromo que deba ser protegido, según lo considere la Aeronáutica Civil, tal y como se muestra en la Figura 53:

Figura 53. Definición Áreas de Mitigación.



Fuente: ANE

- Zona de seguridad: Zona interna definida alrededor de la pista de aterrizaje y despegue, incluyendo las pistas de carreteo y las áreas de parqueo de las aeronaves. Inicia en el eje de la pista y termina a una distancia d_1 equivalente a 150 metros alejados del eje de la pista (vertical) y desde el comienzo y al final del eje de la pista una distancia de longitud d_1 equivalente también a 150 metros (horizontal). En la zona de seguridad, está prohibido emitir señales 5G a los usuarios que se desplazan en ella, como: mecánicos, bomberos, personal de mantenimiento de luces y corte de grama, personal de manejo y acomodación de equipajes y todos los que están autorizados a entrar a esta área.
- Zona de protección: Esta zona solo existe para los aeródromos que la autoridad de regulación aeronáutica determine. La zona de protección comienza interiormente donde termina la zona de seguridad hasta una distancia d_2 equivalente a 910 metros del eje de la pista (vertical) y desde

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co

Página 100 de 146

el comienzo y al final de la pista una distancia d2 equivalente también a 910 metros (horizontal). La emisión de cualquier estación base IMT que opere en la banda de 3500 MHz y que se instale o radie señal dentro de esta zona no deberá superar, en el borde interno de la misma, los niveles máximos de potencia establecidos en la Figura 54.

- Zona de Moderación: Comienza donde termina la zona de protección y termina a una distancia d3 de 2481 metros (en vertical) y a 2100 metros de distancia desde el comienzo y final de la pista (horizontal). La emisión de cualquier estación base IMT que opere en la banda de 3500 MHz y que se instale o radie señal dentro de esta zona no deberá superar, en el borde interno de la misma, los niveles máximos de potencias establecidos en la Figura 54. Las estaciones base IMT que operen por fuera del área de mitigación no tendrán restricción, siempre y cuando garanticen que el nivel de potencia emitido no supere en el borde exterior del área de mitigación el valor máximo establecido en la Figura 54.

Figura 54. Medidas de Mitigación en la banda de 3700-3800 MHz.

RECOMENDACIÓN 3700 MHz A 3800 MHz POSTERIOR TRANSICIÓN					
FRECUENCIA	PARÁMETRO	SEGURIDAD	PROTECCIÓN	MODERACIÓN	FUERA ÁREA MITIGACIÓN
3700 a 3800 MHz	Distancia Vertical	entre 0 y 150 mt	entre 150 m y 910 m	entre 910 m y 2481 m	2481
	Distancia Horizontal	entre 0m y 150 m	entre 150m y 910 m	entre 910 m y 2100 m	2100 m
	Potencia máxima en dBm/MHz	no hay emisiones	35,4 en el borde interno	53,7 en el borde interno	desde 58 en adelante
RECOMENDACIÓN 3700 MHz A 3800 MHz ANTES TRANSICIÓN					
FRECUENCIA	PARÁMETRO	SEGURIDAD	PROTECCIÓN	MODERACIÓN	FUERA ÁREA MITIGACIÓN
3700 a 3800 MHz	Distancia Vertical	entre 0 y 150 m	entre 150 m y 910 m	entre 910 m y 2482 m	2482 m
	Distancia Horizontal	entre 0m y 150 m	entre 150m y 910 m	entre 910 m y 2100 m	2100 m
	Potencia máxima en dBm/MHz	no hay emisiones	19,9 en el borde interno	38,2 en el borde interno	42,5 en adelante

Fuente: ANE

Se puede observar en la Figura 54 que existen dos escenarios: el primero, denominado "antes de transición" en el que se mantienen valores más restrictivos mientras se realiza un proceso de recambio de dispositivos (radioaltímetros), y el de "posterior a transición" en el que se espera que exista una actualización de este tipo de dispositivos de las aeronaves a una versión que sea compatible con 5G, con lo cual se pueden emitir señales de intensidad más alta.

4.2.5 Banda de 4900 MHz (4800 – 4990 MHz)

4.2.5.1 Situación Internacional

Como fue mencionado al inicio del documento, el foco de la atención de las administraciones del mundo ha estado en las bandas medias para ofrecer servicios de banda ancha inalámbrica IMT, en razón a su capacidad de ofrecer un adecuado equilibrio entre capacidad y cobertura.

Específicamente, en el rango de las bandas medias del espectro, ha venido tomando fuerza el segmento de 4400-5000 MHz conocido como la banda de 4900 MHz o la banda n79 del 3GPP (esta banda sólo se encuentra estandarizada para 5G NR)⁸¹. El espectro del segmento de 4400-5000 MHz es de interés para el uso de servicios móviles y, aunque el mercado se encuentra en una fase inicial, un número cada vez mayor de países están considerando este segmento para las IMT. Por ejemplo, en la CMR-19 más de 40 países identificaron parte o todo el espectro disponible en este rango de frecuencias para las IMT, y algunos de estos países ya han realizado asignaciones, como es el caso de China y Hong Kong [17]. Posteriormente, durante la CMR-23 se sumaron otros países a la identificación de la banda, entre estos Colombia.

En el caso de América, Estados Unidos es el primer país en permitir el uso de esta banda para 5G (específicamente en el rango de 4940 a 4990 MHz), y particularmente en América Latina, de acuerdo con las notas internacionales 5.441A y 5.441B del RR de la UIT; Argentina, Brasil, Chile y Colombia hacen parte del grupo de países que identificaron la banda comprendida entre 4800-4990 MHz (190 MHz) para las IMT; por otra parte Paraguay y Uruguay identificaron únicamente el segmento de 4800 a 4900 MHz (100 MHz).

La banda de frecuencias de 4800-4990 MHz se encuentra atribuida al servicio móvil a título primario en las tres regiones de la UIT tal y como se muestra en la Figura 55, lo que favorece su potencial como una banda armonizada globalmente para su uso en servicios móviles. Un asunto relevante es la atribución de servicios en banda y en bandas adyacentes al segmento de 4800-4990 MHz; por ejemplo, en la banda adyacente inferior se encuentran los

⁸¹ El estándar 5G admite toda la banda de 4400-5000 MHz (banda n79).

servicios fijo y fijo por satélite (espacio-Tierra); en banda el servicio fijo, y en la banda adyacente superior los servicios fijo y radioastronomía. Esta situación debe ser examinada de manera indefectible con el fin de no alterar la situación de compartición respecto de los servicios a los que las bandas de frecuencias ya están atribuidas.

Figura 55. Atribución de la banda de 4800 a 4990 MHz.

Atribución a los servicios		
Región 1	Región 2	Región 3
4 500-4 800	FIJO FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) 5.441 MÓVIL 5.440A	
4 800-4 990	FIJO MÓVIL 5.440A 5.441A 5.441B 5.442 Radioastronomía 5.149 5.339 5.443	
4 990-5 000	FIJO MÓVIL salvo móvil aeronáutico RADIOASTRONOMÍA Investigación espacial (pasivo) 5.149	
5 000-5 010	MÓVIL AERONÁUTICO (R) POR SATÉLITE 5.443AA RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA RADIONAVEGACIÓN POR SATÉLITE (Tierra-espacio)	
5 010-5 030	MÓVIL AERONÁUTICO (R) POR SATÉLITE 5.443AA RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA RADIONAVEGACIÓN POR SATÉLITE (espacio-Tierra) (espacio-espacio) 5.328B 5.443B	
5 030-5 091	MÓVIL AERONÁUTICO (R) 5.443C MÓVIL AERONÁUTICO (R) POR SATÉLITE 5.443D RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA 5.444	
5 091-5 150	FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) 5.444A MÓVIL AERONÁUTICO 5.444B MÓVIL AERONÁUTICO (R) POR SATÉLITE 5.443AA RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA 5.444	
5 150-5 250	FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) 5.447A MÓVIL salvo móvil aeronáutico 5.446A 5.446B RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA 5.446 5.446C 5.446D 5.447 5.447B 5.447C	

Fuente: Reglamento de Radiocomunicaciones del 2020.

Las notas internacionales de identificación IMT que aplican a este rango de frecuencias son las siguientes:

- 5.441A En Brasil, Paraguay y Uruguay, la banda de frecuencias 4 800-4 900 MHz, o partes de la misma, se ha identificado para la implementación de las Telecomunicaciones Móviles Internacionales (IMT). Dicha identificación no impide la utilización de esta banda de frecuencias por

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co

Página 103 de 146

cualquier aplicación de los servicios a los que está atribuida, ni establece prioridad alguna en el Reglamento de Radiocomunicaciones. La utilización de esta banda de frecuencias para la implementación de las IMT está sujeta a la obtención del acuerdo de los países vecinos y las estaciones IMT no reclamarán protección contra las estaciones de otras aplicaciones del servicio móvil. Dicha utilización estará sujeta a lo dispuesto en la Resolución 223 (Rev.CMR-19). (CMR-19)

- 5.441B En Angola, Argentina, Armenia, Azerbaiyán, Benin, Botswana, Brasil, Burkina Faso, Burundi, Cabo Verde, Camboya, Camerún, Chile, China, Colombia, Congo (Rep. del), Côte d'Ivoire, Djibouti, Eswatini, Federación de Rusia, Gabón, Ghana, Guinea, Irán (República Islámica del), Iraq, Kazajstán, Lao (R.P.D.), Lesotho, Liberia, Madagascar, Malawi, Malí, Mongolia, Namibia, Níger, Uganda, Uzbekistán, Rep. Dem. del Congo, Kirguistán, Rep. Pop. Dem. de Corea, Sudán del Sur, Sudafricana (Rep.), Chad, Togo, Viet Nam, Zambia y Zimbabwe, la banda de frecuencias 4 800-4 990 MHz, o partes de la misma, está identificada para su utilización por las administraciones que deseen implementar las Telecomunicaciones Móviles Internacionales (IMT). Esta identificación no impide la utilización de esta banda de frecuencias por cualquier aplicación de los servicios a los que está atribuida, ni establece prioridad alguna en el Reglamento de Radiocomunicaciones. La utilización de las estaciones IMT está sujeta a la obtención del acuerdo en virtud del número 9.21 con las administraciones interesadas y las estaciones IMT no reclamarán protección contra las estaciones de otras aplicaciones del servicio móvil. Además, antes de poner en servicio una estación IMT del servicio móvil, las administraciones garantizarán que la densidad de flujo de potencia (dfp) producida por esa estación no rebasa el valor de $-155\text{dB (W/ (m}^2 \cdot 1 \text{ MHz))}$ a 19 km por encima del nivel del mar a 20 km de la costa, definida como la marca de bajamar oficialmente reconocida por el Estado costero. Se aplica la Resolución 223 (Rev.CMR-23). (CMR-23)

Como se puede observar en la nota internacional 5.441B, las estaciones IMT están condicionadas a dos situaciones; (I) un acuerdo con aquellas administraciones que puedan verse afectadas por la implementación de una

estación base IMT, y (II) dado que existen administraciones (Notas 5.440A⁸² y 5.442⁸³ del RR) que usan parte del segmento de 4900 MHz para aplicaciones móviles aeronáuticas o marítimas en espacio o aguas internacionales, se debe garantizar que las estaciones IMT no rebasen el umbral de densidad de flujo de potencia de $-155\text{dB (W/ (m}^2 \cdot 1 \text{ MHz))}$ a 19 km por encima del nivel del mar y a 20 km de la costa.

En el caso de la protección al servicio de radioastronomía (SRA), la Recomendación UIT-R RA.769⁸⁴ establece los umbrales de potencia máximos permitidos a la entrada de una estación SRA para evitar afectaciones al servicio; los umbrales correspondientes son: -207 dBW/10 MHz (tomando como frecuencia central SRA 4995 MHz) para observaciones de banda ancha y en -218 dBW/50 kHz (tomando como frecuencia central SRA 4830 MHz) para observaciones de banda estrecha.

Ahora bien, uno de los países de América Latina que ha venido adelantado la planificación en esta banda de frecuencias para permitir el uso de servicios móviles IMT es Brasil, quien recientemente asignó el segmento de 4830–4950 MHz para servicios fijos y móviles (voz y datos) incluidos los servicios de acceso fijo inalámbrico (FWA). De acuerdo con la información consultada, la banda de 4900 MHz tendrá disponibilidad para los usos existentes (enlaces de microondas y redes de seguridad pública y prevención de desastres) hasta el 6 de septiembre de 2028. Después de esta fecha, Anatel ha decidido que dichos usos permanecerán en la banda, pero con una asignación de espectro reducida, es

⁸² En la Región 2 (salvo Brasil, Cuba, Departamentos y colectividades franceses de Ultramar, Guatemala, Paraguay, Uruguay y Venezuela) y en Australia, la banda 4400-4940 MHz puede utilizarse para la teledifusión móvil aeronáutica para pruebas en vuelo con estaciones de aeronaves (véase el número 1.83). Esta utilización ha de ser conforme a la Resolución 416 (CMR-07) y no podrá causar interferencia perjudicial a los servicios fijo y fijo por satélite ni reclamar protección contra los mismos. Dicha utilización no impide que esta banda sea utilizada por otras aplicaciones del servicio móvil o por otros servicios a los que esta banda se ha atribuido a título primario con igualdad de derechos y no establece ninguna prioridad en el Reglamento de Radiocomunicaciones. (CMR-07).

⁸³ En las bandas de frecuencias 4825-4 835 MHz y 4950-4990 MHz, la atribución al servicio móvil está limitada al servicio móvil, salvo móvil aeronáutico. En la Región 2 (salvo Brasil, Cuba, Guatemala, México, Paraguay, Uruguay y Venezuela) y en Australia, la banda de frecuencias 4825-4835 MHz también está atribuida al servicio móvil aeronáutico, exclusivamente para la teledifusión móvil aeronáutica para pruebas en vuelo por estaciones de aeronaves. Esta utilización ha de ser conforme a la Resolución 416 (CMR-07) y no se deberá causar interferencia perjudicial a los servicios fijos. (CMR-15).

⁸⁴ Recomendación UIT-R RA.769 "Criterios de protección para las mediciones Radioastronómicas".

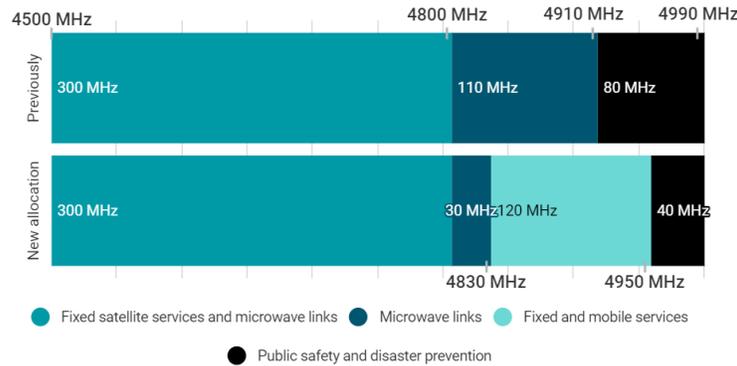
Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co

Página 105 de 146

decir, 30 MHz para los enlaces fijos microondas y 40 MHz para las redes de seguridad pública tal y como se muestra en la Figura 56.⁸⁵

Figura 56. Planeación de la banda de 4.9 GHz por Anatel



Fuente: Imagen extraída del Portal de Cullen International "Brazilian regulator allocates 120 MHz in the 4.9 GHz band to fixed and mobile services"

De acuerdo con la Figura 56, los 120 MHz de la banda de 4900 MHz destinados a IMT se adjudicarán en 24 bloques de espectro de 5 MHz en modo de emparejamiento TDD, y para ello, los licenciatarios deben coordinar el uso del espectro con otros operadores del mismo bloque en áreas cercanas o bloques adyacentes en la misma área con el fin de evitar interferencias perjudiciales.⁸⁶ Se podría inferir de la Figura 56 que, los 30 MHz comprendidos entre 4800 a 4830 MHz destinados para el servicio fijo (enlaces microondas) se mantienen como una banda de guarda entre las IMT y el Servicio Fijo por Satélite.

Por otra parte, el arreglo recomendado por la UIT para esta banda de frecuencias corresponde a la canalización H1 de la Recomendación UIT-R M.1036-7 dispuesta en modo de duplexación por tiempo (TDD) tal y como se muestra en la Figura 57:

⁸⁵ Información proporcionada por el Portal de Cullen International. "Brazilian regulator allocates 120 MHz in the 4.9 GHz band to fixed and mobile services". 10 de noviembre de 2023

⁸⁶ Información proporcionada por el Portal de Cullen International. "Brazilian regulator allocates 120 MHz in the 4.9 GHz band to fixed and mobile services". 10 de noviembre de 2023.

Figura 57. Arreglo de Frecuencia recomendado por la UIT para la banda 4,8 GHz

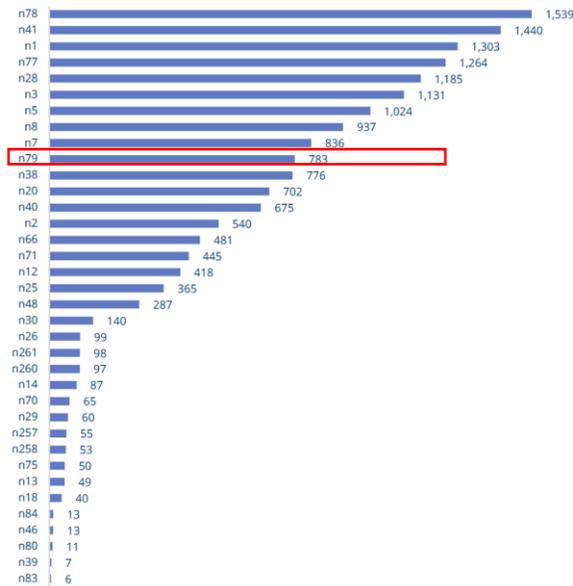
MHz	4 800	4 990
H1	TDD	
	4 800	4 990

Fuente: Recomendación UIT-R M.1036-7: "Disposiciones de frecuencias para la implementación de la componente terrenal de las telecomunicaciones móviles internacionales (IMT) en las bandas identificadas en el Reglamento de Radiocomunicaciones (RR) para las IMT"

Entre los estándares desarrollados por el 3GPP para la tecnología 5G NR, se ha definido una banda de operación en el rango completo de 4400-5000 denominada banda n79, la cual opera en modo TDD con posibilidades de ancho de canal de 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 y 100 MHz. Particularmente, para la banda de 4900 MHz no hay estándares desarrollados por el 3GPP en tecnología LTE.

En cuanto al ecosistema de equipos, los reportes de la GSA a septiembre de 2023 indican que se conocen anuncios de 783 modelos de dispositivos para la banda n79, superando incluso los reportes para bandas como las de 2300 MHz (n40) o AWS-Extendida (n66).

Figura 58. Cantidad de anuncios de modelos de dispositivos 5G para la banda de 4900 MHz (n79).

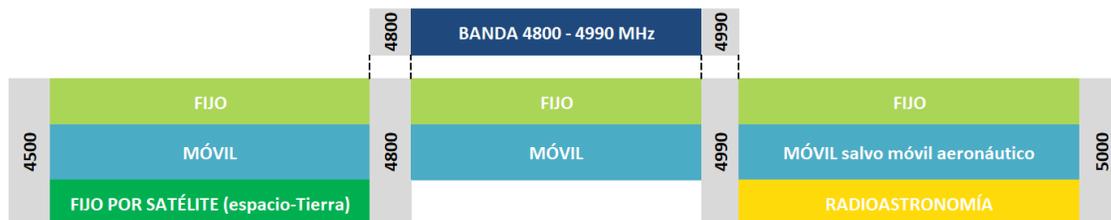


Fuente: Figura extraída del reporte de la Asociación GSA "5G Device Ecosystem" septiembre de 2023

4.2.5.2 Situación Nacional

En Colombia, el segmento de frecuencias de 4800 a 4990 MHz se encuentra atribuido principalmente a los servicios fijo y móvil, tal y como se observa en la Figura 59.

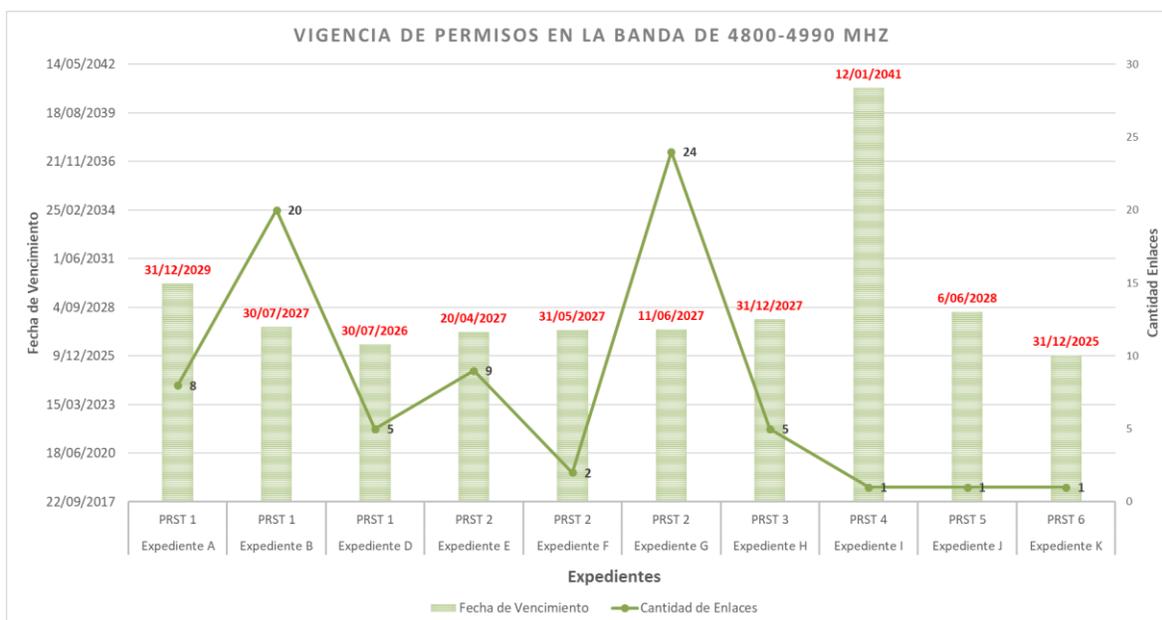
Figura 59. Atribución del segmento de 4800-4990 MHz



Fuente: Elaboración ANE a partir del CNABF

Dada la atribución al servicio fijo en el segmento de 4800-4990 MHz, en el CNABF aplica la nota nacional 22 (CLM 22) en la cual se adoptan los planes de distribución de canales de frecuencias de las Tablas 22, 23, 24, 25 y 26 para el uso de radioenlaces fijos microondas. Así las cosas, de acuerdo con el SGE, con corte a abril de 2024 este segmento presenta ocupación de una red de cubrimiento y 75 radioenlaces fijos microondas con fechas de vencimiento que varían entre el 2025 y 2041, tal y como se muestra a continuación.

Figura 60. Fechas máximas de vigencia de permisos registrados en la Base de Datos para la banda 4800 - 4990 MHz.



Fuente: Elaboración ANE con base en información del SGE

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
 Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
 Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co

En el caso de ocupación del servicio fijo por satélite en adyacencia (entre 4500 a 4800 MHz), el visor de espectro de la ANE muestra la ocupación de 1 estación terrena de condiciones particulares (con protección a interferencias) operando en la frecuencia de 4550,158 MHz, y de estaciones de baja potencia (NI/NP: Sin derecho a Protección y Sin causar Interferencias).

4.3 BANDAS ALTAS

Se conoce a nivel internacional que el desarrollo de la tecnología 5G y en específico el cumplimiento del marco y los objetivos establecidos por la UIT para el futuro desarrollo de las IMT⁸⁷, requiere de una amplia gama de espectro armonizado dentro de tres bandas de frecuencias principales (bajas, medias y altas), donde algunas bandas serán más aptas que otras para atender ciertos escenarios o aplicaciones específicas. [8]

Aunque a lo largo del documento se ha mencionado que las bandas por debajo de los 6 GHz tienen gran potencial para brindar cobertura y capacidad, lo que las convierte en bandas claves para el despliegue 5G, las bandas altas cuentan también con un componente particular necesario para el desarrollo de la nueva generación de la banda ancha móvil y corresponde al aumento de la capacidad por el ancho de banda que aportarán y a la posibilidad de establecer comunicaciones de muy alta velocidad y baja latencia. [8]

En diversos documentos se señala que el rango comprendido entre los 24 GHz a los 71 GHz, también conocido como el rango de las bandas milimétricas, se utilizará para la tecnología 5G, la cual admite técnicas avanzadas como el sistema de antenas activas (AAS por sus siglas en inglés) o MIMO masivo. Con AAS, la potencia del transmisor se puede concentrar en haces estrechos que siguen al usuario móvil (formación de haz y seguimiento) y gracias a ello, se permite aumentar la potencia radiada en determinadas direcciones para compensar las pérdidas de señal debido al uso de frecuencias más altas.⁸⁸

⁸⁷ Recomendación UIT-R M.2083-0 de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT)

⁸⁸ Información basada en el Portal de Cullen International. "WRC-19: 14.75 GHz in spectrum bands above 24 GHz can be used for 5G on a global basis". 28 de noviembre de 2019.

Otra de las capacidades que puede ofrecer el estándar 5G en las bandas milimétricas corresponde a la baja latencia extremo a extremo, esperándose conseguir valores de aproximadamente 1 ms. No obstante, debido a las limitantes en términos de alcance de propagación por obstáculos físicos o condiciones climatológicas, sólo se podrán ofrecer áreas de cobertura del orden de las decenas de metros.

Adicionalmente, estas bandas de espectro requerirán de redes con mayor densificación de infraestructura y de componentes electrónicos más sofisticados para adaptar los equipos de onda milimétrica a los dispositivos de red y terminales; en otras palabras, existen algunos retos tecnológicos en estas bandas de frecuencia asociados con el diseño de componentes electrónicos de menor tamaño que cumplan con algunos requisitos técnicos, como parámetros térmicos y eficiencia energética. Es por ello que se afirma que, las bandas milimétricas serán un recurso estratégico a futuro considerando los escenarios de uso dentro de la próxima década en los que se espera incrementar el tráfico móvil y la cantidad de dispositivos conectados. [8]

Los dos casos de uso principal de 5G en las bandas milimétricas son: (I) Banda ancha mejorada y (II) comunicaciones ultra confiables y de baja latencia, y por lo anterior, estas tendrán utilidad en áreas densamente pobladas o que requieran de mayores conexiones IoT. Ahora, también estas bandas podrían ser efectivas para ofrecer transporte de última milla a las redes de telecomunicaciones 5G como un elemento de acceso y backhaul integrado⁸⁹ (IAB, por sus siglas en inglés) [8]

5G Américas menciona en sus estudios que las bandas milimétricas serán importantes para el desarrollo de servicios de Acceso a Internet Fijo Inalámbrico (FWA, por sus siglas en inglés), y en consecuencia, dichas bandas constituyen una alternativa a las tecnologías cableadas, sobre todo en lugares de difícil acceso o inclusive donde no existen ni siquiera redes de este tipo. [8]

Por otra parte, el 3GPP incluye como parte de su "Release 16" dos macro rangos de frecuencias para bandas 5G NR; (I) el rango de frecuencias 1 (FR1) que incluye bandas inferiores a los 6 GHz y que por consiguiente también comprende segmentos que actualmente están en uso por parte de la tecnología 4G y que eventualmente podrían ser reutilizados para tecnología 5G; (II) el rango de

⁸⁹ Tomado de Ericsson. Disponible en: <https://www.ericsson.com/en/reports-and-papers/ericsson-technology-review/articles/introducing-integrated-access-and-backhaul>

frecuencias 2 (FR2) que incluye las bandas milimétricas (por arriba de los 24 GHz) y que estarán disponibles para los sistemas 5G (ver Tabla 19). [8]

Tabla 19. Rango de Frecuencia 2 (FR2)

Banda	Rango de Frecuencias	Modo de Emparejamiento
n257	26,5-29,5 GHz	TDD
n258	24,25-27,5 GHz	TDD
n259	39,5-43,5 GHz	TDD
n260	37-40 GHz	TDD
n261	27,5-28,35 GHz	TDD
n262	47,2-48,2 GHz	TDD

Fuente: Elaboración ANE basada en [8]

Adicionalmente, se conoce que el entorno de tecnologías de las bandas milimétricas aún está en desarrollo y se anticipa que su aplicación será principalmente a través de despliegues de “small cells” en escenarios de altas densidades de conexiones o que requieren comunicaciones de muy alta capacidad de datos, como por ejemplo, conciertos o estadios; en otras palabras, en sitios donde asisten decenas de miles de usuarios que demandan alta velocidad y baja latencia de datos. [8]

En el caso de América Latina, en términos generales, la identificación de espectro en bandas milimétricas está en una etapa muy incipiente. La mayor parte de los países que han identificado espectro para 5G en bandas milimétricas, a excepción de Brasil, Uruguay y Chile, por ahora han realizado reservas o han abordado el tema en documentos de planificación de espectro, pero sin planes de asignación todavía. [8]

A continuación, la Tabla 20 muestra un extracto que resume el panorama regional sobre el uso de las bandas milimétricas para 5G en los países en donde existe información pública disponible. Como se puede observar, hasta ahora en la región únicamente se han realizado asignaciones en Brasil (Banda de 26 GHz), Uruguay (Banda de 28 GHz) y Chile (Banda de 26 GHz). [8]

Tabla 20. Panorama de Uso de Bandas Milimétricas en América Latina

País	Bandas	Estado	Capacidad
Argentina	26 GHz y 38 GHz	26 GHz y 38 GHz identificadas como “aptas” para desarrollo de 5G. Declaradas	Por definir

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co

Página 112 de 146

País	Bandas	Estado	Capacidad
		previamente en reserva y ahora sujetas a reordenamiento. 28 GHz – se levantó reserva de la banda y se atribuyó al servicio fijo por satélite. Bandas 37 – 38 GHz y 40 – 40,5 GHz – se levantó su reserva y se atribuyeron al servicio de exploración de la Tierra por satélite.	
Brasil	26 GHz y 39 GHz.	Banda 26 GHz subastada en 2021; manifestaciones de interés para 39 GHz en planificación.	Se asignaron 1.477,9 MHz de los 3.200 MHz ofrecidos. La cifra refleja la capacidad asignada ponderada por población. Por una renuncia adicional, espectro de la banda de 26 GHz pasó a 1.435,06 MHz (cifra ponderada por población).
Chile	26 GHz, 28 GHz	26 GHz licitada. La banda de 28 GHz fue consultada, pero no se licitó.	380,4 MHz asignados en 26 GHz (capacidad ponderada por población) – hasta 1.200 MHz asignado, dependiendo de la comuna.
Costa Rica	26 y 28 GHz	Consultadas para manifestaciones de interés a finales de 2020.	Plantea subastar hasta 3.250 MHz
Ecuador	26 GHz, 37 – 43,5 GHz, 47,2 – 48,2 GHz y 66 – 71 GHz	Identificadas para IMT	Por definir
México	26 GHz - 38 GHz - 42 GHz	Forman parte del Programa Anual de Uso y Aprovechamiento de Bandas de Frecuencias 2023 aprobado por el IFT	7.500 MHz de acuerdo con el programa.
Perú	26 y 28 GHz	800 MHz de 26 GHz considerados para licitación. Banda de 28 GHz mencionada como sujeta a estudios.	Por definir
Uruguay	26 GHz y 28 GHz	28 GHz en uso/pruebas y 26 GHz para pruebas	850 MHz asignado en banda 28 GHz y

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co

Página 113 de 146

País	Bandas	Estado	Capacidad
			autorizaciones en esa banda para pruebas de operadores; 1 GHz para pruebas temporales en banda 26 GHz.

Fuente: Tabla extraída de 5G Américas [8]

4.3.1 Banda de 10 GHz (10 – 10,5 GHz)

4.3.1.1 Situación Internacional

Como primera alternativa incluida dentro del segmento de las “bandas altas” se contempla la banda de 10 GHz que, aunque no hace parte de las denominadas bandas milimétricas (bandas por encima de los 24 GHz), se incluye en este segmento en razón a la clasificación realizada en el capítulo 4 del presente documento.

La banda de 10 GHz fue recientemente identificada para las IMT únicamente en países de la región de América y presenta una capacidad teórica de 500 MHz comprendidos en el segmento de 10 a 10,5 GHz. Su atribución es como se presenta a continuación en la Figura 61.

Figura 61. Atribución Banda 10 GHz (10-10,5 GHz).

Atribución a los servicios		
Región 1	Región 2	Región 3
9 900-10 000	EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (activo) 5.474A 5.474B 5.474C RADIOLOCALIZACIÓN Fijo 5.474D 5.477 5.478 5.479	
10-10,4 EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (activo) 5.474A 5.474B 5.474C FIJO MÓVIL RADIOLOCALIZACIÓN Aficionados 5.474D 5.479	10-10,4 EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (activo) 5.474A 5.474B 5.474C RADIOLOCALIZACIÓN Aficionados 5.474D 5.479 5.480	10-10,4 EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (activo) 5.474A 5.474B 5.474C FIJO MÓVIL RADIOLOCALIZACIÓN Aficionados 5.474D 5.479
10,4-10,45 FIJO MÓVIL RADIOLOCALIZACIÓN Aficionados	10,4-10,45 RADIOLOCALIZACIÓN Aficionados 5.480	10,4-10,45 FIJO MÓVIL RADIOLOCALIZACIÓN Aficionados
10,45-10,5	RADIOLOCALIZACIÓN Aficionados Aficionados por satélite 5.481	
10,5-10,55 FIJO MÓVIL Radiolocalización	10,5-10,55 FIJO MÓVIL RADIOLOCALIZACIÓN	
10,55-10,6	FIJO MÓVIL salvo móvil aeronáutico Radiolocalización	
10,6-10,68	EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (pasivo) FIJO MÓVIL salvo móvil aeronáutico RADIOASTRONOMÍA INVESTIGACIÓN ESPACIAL (pasivo) Radiolocalización 5.149 5.482 5.482A	
10,68-10,7	EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (pasivo) RADIOASTRONOMÍA INVESTIGACIÓN ESPACIAL (pasivo) 5.340 5.483	

Fuente: Reglamento de Radiocomunicaciones del 2020.

Se puede observar en la Figura 61 que en la Región 2 (América) de la UIT, la banda de 10 GHz se encuentra atribuida de manera adyacente a servicios científicos (activos y pasivos), y en la misma banda a los servicios de Exploración de la Tierra por Satélite, Radiolocalización y, en razón a las notas internacionales

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co

Página 115 de 146

5.480⁹⁰ y 5.481⁹¹, a los servicios fijo y móvil a título primario en algunos países de la región.

Ahora, la nota internacional que identifica esta banda de frecuencias para las IMT es la 5.480A, cuyo texto se cita a continuación:

5.480A En los siguientes países de la Región 2: Brasil, Colombia, Costa Rica, Cuba, República Dominicana, Ecuador, Guatemala, Jamaica, México, Paraguay, Perú y Uruguay, la banda de frecuencias 10-10,5 GHz está identificada para la implementación de la componente terrenal de las Telecomunicaciones Móviles Internacionales (IMT). En México, la puesta en práctica de esta identificación está sujeta a la obtención de un acuerdo con los Estados Unidos en virtud del número 9.21. La utilización de la banda de frecuencias 10-10,5 GHz por las estaciones IMT del servicio móvil no reclamará protección contra los sistemas del servicio de radiolocalización. Esta identificación no impide la utilización de la banda de frecuencias por cualquier aplicación de los servicios a los que está atribuida ni establece prioridad alguna en el Reglamento de Radiocomunicaciones. Será de aplicación la Resolución 219 (CMR-23). (CMR-23)

En efecto, como fue mencionado previamente, la banda de 10 GHz sólo fue debatida en la región de América, no obstante, la CITEEL no pudo llegar a un acuerdo sobre una propuesta interamericana antes de la CMR-23, por lo cual, la conferencia identificó la banda para las IMT únicamente en 12 países de la

⁹⁰ 5.480. Atribución adicional: en Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, República Dominicana, El Salvador, Ecuador, Guatemala, Honduras, Jamaica, México, Paraguay, los países y territorios de ultramar del Reino de los Países Bajos situados en la Región 2, Perú, Suriname y Uruguay, la banda de frecuencias 10-10,45 GHz está también atribuida, a título primario, a los servicios fijo y móvil. En Venezuela, la banda de frecuencias 10-10,45 GHz está también atribuida al servicio fijo a título primario. (CMR-23).

⁹¹ 5.481. Atribución adicional: en Argelia, Alemania, Angola, Brasil, China, Colombia, Costa Rica, Côte d'Ivoire, Cuba, Djibouti, República Dominicana, Egipto, El Salvador, Ecuador, España, Guatemala, Hungría, Jamaica, Japón, Kenya, Marruecos, México, Nigeria, Omán, Uzbekistán, Pakistán, Palestina*, Paraguay, Perú, Rep. Pop. Dem. de Corea, Rumania, Somalia, Suriname, Túnez y Uruguay, la banda de frecuencias 10,45-10,5 GHz está también atribuida, a título primario, a los servicios fijo y móvil. (CMR-23)

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co

Página 116 de 146

región; Brasil, Colombia, Costa Rica, Cuba, República Dominicana, Ecuador, Guatemala, Jamaica, México, Paraguay, Perú y Uruguay.⁹²

Se resalta que, debido a la reciente identificación de la banda, no existen disposiciones de frecuencias armonizadas para facilitar el despliegue de las IMT en la banda ni estandarización de la 3GPP, con lo cual no hay disponibilidad de ecosistema de equipos 5G por el momento.

Finalmente, teniendo en cuenta la convivencia de esta banda con servicios pasivos y activos, la Resolución 219 (CMR-23)⁹³ estableció algunas condiciones específicas, tales como:

- Garantizar que las antenas transmisoras de estaciones base en exteriores apunten normalmente por debajo del horizonte al desplegar estaciones base IMT en la banda de frecuencias 10-10,5 GHz, debiendo estar el apuntamiento mecánico en el horizonte o por debajo de él;
- La potencia isótropa radiada equivalente (p.i.r.e.) máxima por estación base sea inferior a 30 dB (W/100 MHz) y que la p.i.r.e. máxima por estación base no rebase los 0,5 dB (W/100 MHz) para ángulos de elevación superiores a 34 grados.
- Para proteger el SETS (pasivo), la potencia radiada total (PRT)⁹⁴ producida por cada estación base IMT que funcione en la banda de frecuencias 10-10,5 GHz no supere los -37,9 dB (W/100 MHz) en la banda de frecuencias 10,6-10,7 GHz.
- Para proteger el SETS (pasivo), la PRT producida por cada equipo de usuario IMT que funcione en la banda 10-10,5 GHz no supere los -39 dB (W/100 MHz) en la banda de frecuencias 10,6-10,7 GHz.
- Las estaciones IMT en la gama de frecuencias 10-10,5 GHz sólo se utilicen para aplicaciones del servicio móvil terrestre,

⁹² Información basada en el Portal de Cullen International." Results of the World Radiocommunication Conference 2023". 19 de diciembre de 2023.

⁹³ Resolución 219 (CMR-23) "Componente terrenal de las Telecomunicaciones Móviles Internacionales en la banda de frecuencias 10-10,5 GHz en la Región 2".

⁹⁴ Se entiende por PRT la integral de la potencia transmitida por todos los elementos de la antena en diferentes direcciones a lo largo de toda la esfera de radiación.

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co

Página 117 de 146

4.3.1.2 Situación Nacional

En Colombia, el segmento de frecuencias de 10 a 10,5 GHz se encuentra atribuido a los servicios fijo, móvil, radiolocalización y de Exploración de la Tierra por Satélite (activo), tal y como se observa en la Figura 62.

Figura 62 . Atribución del segmento de 10-10,5 GHz

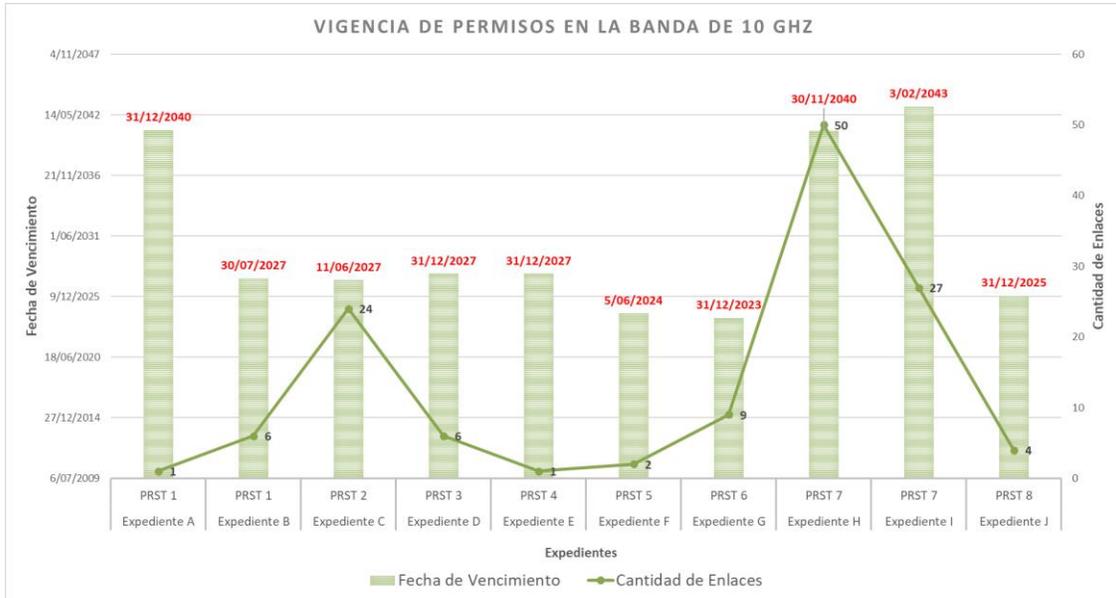


Fuente: Elaboración ANE a partir del CNABF

Dada la atribución al servicio fijo en el segmento de 10-10,5 GHz, en el CNABF aplica la nota nacional 22 (CLM 22) en el cual se adoptan los planes de distribución de canales de frecuencias de las Tablas 57, 58, 59 y 60 para el uso de radioenlaces fijos microondas. Adicionalmente, la Tabla 59 "Plan de distribución de canales banda de 10 GHz (10000 - 10680 MHz)" también permite el uso de los canales dispuestos en esta para los sistemas punto multipunto de acuerdo con el anexo 1 de la Rec. UIT-R F.1568.

Así las cosas, de acuerdo con la base de datos, con corte a abril de 2024, este segmento presenta ocupación de 4 redes de cobertura y 126 radioenlaces fijos de microondas, donde las fechas de vencimiento varían entre el 2024 y el 2043 como se muestra a continuación.

Figura 63. Fechas máximas de vigencia de permisos registrados en la Base de Datos para la banda de 10 GHz



Fuente: Elaboración ANE con base en información del SGE

4.3.2 Banda de 26 GHz (24,25 - 27,5 GHz)

4.3.2.1 Situación Internacional

La banda de 26 GHz se destaca para el desarrollo de las IMT en tecnología 5G por su alta capacidad de transmisión de datos debido al gran ancho de banda que podría ser asignado. En efecto, en la CMR-19 se realizó la atribución al servicio móvil e identificación a nivel mundial de la banda de 26 GHz con una capacidad teórica de 3,25 GHz de espectro comprendidos entre el rango de 24.25 a 27.5 GHz. La identificación de la banda de 26 GHz para las IMT se realizó a través de la nota internacional 5.532AB del RR, tal y como se muestra a continuación:

5.532AB La banda de frecuencias 24,25-27,5 GHz está identificada para su utilización por las administraciones que deseen introducir la componente terrenal de las Telecomunicaciones Móviles Internacionales (IMT). Dicha identificación no impide la utilización de esta banda de

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co

Página 119 de 146

frecuencias por las aplicaciones de los servicios a los que está atribuida y no implica prioridad alguna en el Reglamento de Radiocomunicaciones. Se aplica la Resolución 242 (Rev.CMR-23). (CMR-23)

Así las cosas, la banda de frecuencias de 26 GHz (24,25 – 27,5 GHz) se encuentra atribuida al servicio móvil a título primario en las tres regiones de la UIT, lo que favorece su potencial uso como una banda armonizada globalmente para servicios móviles.

De igual forma, esta banda se encuentra atribuida a los servicios fijo (principalmente para el uso de enlaces microondas punto a punto), Fijo por Satélite (Tierra-espacio), entre otros servicios tales como; Radionavegación, entre satélites, Radiolocalización por Satélite, Exploración de la Tierra por Satélite (SETS) e Investigación Espacial (SIE), tal y como se muestra en la Figura 64:

Figura 64. Atribución de la Banda 26 GHz (24,25 -27,5 GHz)

Atribución a los servicios		
Región 1	Región 2	Región 3
24,05-24,25	RADIOLOCALIZACIÓN Aficionados Exploración de la Tierra por satélite (activo) 5.150	
24,25-24,45 FIJO MÓVIL excepto móvil aeronáutico 5.338A 5.532AB	24,25-24,45 FIJO 5.532AA MÓVIL excepto móvil aeronáutico 5.338A 5.532AB RADIONAVEGACIÓN	24,25-24,45 FIJO MÓVIL 5.338A 5.532AB RADIONAVEGACIÓN
24,45-24,65 FIJO ENTRE SATÉLITES MÓVIL excepto móvil aeronáutico 5.338A 5.532AB	24,45-24,65 FIJO 5.532AA ENTRE SATÉLITES MÓVIL excepto móvil aeronáutico 5.338A 5.532AB RADIONAVEGACIÓN 5.533	24,45-24,65 FIJO ENTRE SATÉLITES MÓVIL 5.338A 5.532AB RADIONAVEGACIÓN 5.533
24,65-24,75 FIJO FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) 5.532B ENTRE SATÉLITES MÓVIL excepto móvil aeronáutico 5.338A 5.532AB	24,65-24,75 FIJO 5.532AA ENTRE SATÉLITES MÓVIL excepto móvil aeronáutico 5.338A 5.532AB RADIOLOCALIZACIÓN POR SATÉLITE (Tierra-espacio)	24,65-24,75 FIJO FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) 5.532B ENTRE SATÉLITES MÓVIL 5.338A 5.532AB
24,75-25,25 FIJO FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) 5.532B MÓVIL excepto móvil aeronáutico 5.338A 5.532AB	24,75-25,25 FIJO 5.532AA FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) 5.535 MÓVIL excepto móvil aeronáutico 5.338A 5.532AB	24,75-25,25 FIJO FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) 5.535 MÓVIL 5.338A 5.532AB
25,25-25,5	FIJO 5.534A ENTRE SATÉLITES 5.536 MÓVIL 5.338A 5.532AB Frecuencias patrón y señales horarias por satélite (Tierra-espacio)	
25,5-27	EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (espacio-Tierra) 5.536B FIJO 5.534A ENTRE SATÉLITES 5.536 MÓVIL 5.338A 5.532AB INVESTIGACIÓN ESPACIAL (espacio-Tierra) 5.536C Frecuencias patrón y señales horarias por satélite (Tierra-espacio) 5.536A	
27-27,5 FIJO ENTRE SATÉLITES 5.536 MÓVIL 5.338A 5.532AB	27-27,5 FIJO 5.534A FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) ENTRE SATÉLITES 5.536 5.537 MÓVIL 5.338A 5.532AB	
27,5-28,5	FIJO 5.537A FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) 5.484A 5.516B 5.517A 5.539 MÓVIL 5.538 5.540	

Fuente: Reglamento de Radiocomunicaciones del 2020.

La banda de 26 GHz ya se encuentra estandarizada por el 3GPP y se le conoce como la banda n258 para la tecnología 5G NR en modo de emparejamiento TDD con posibilidades de anchos de canal de 50, 100, 200 y 400 MHz. ⁹⁵

⁹⁵ Technical Specification TS. 138.101-2 v 17.5.0

El arreglo de frecuencias recomendado por la UIT para esta banda de frecuencias corresponde a la canalización I1 de la Recomendación UIT-R M.1036-7 dispuesta en TDD, tal y como se muestra en la Figura 65:

Figura 65. Arreglo de Frecuencia recomendado por la UIT para la banda 26 GHz.

GHz	24.25	27.5
I1	TDD	
	24.25	27.5

Fuente: Recomendación UIT-R M.1036-7: "Disposiciones de frecuencias para la implementación de la componente terrenal de las telecomunicaciones móviles internacionales (IMT) en las bandas identificadas en el Reglamento de Radiocomunicaciones (RR) para las IMT"

Como fue señalado anteriormente, el entorno tecnológico de este tipo de bandas aún está en desarrollo y esto representa un reto significativo para su uso en el corto plazo, sin embargo, la industria pronostica que la armonización del espectro lograda a nivel mundial va a favorecer el desarrollo de economías de escala a futuro. [8]

Con respecto a América Latina, el uso de espectro en la banda de 26 GHz para sistemas 5G está en una fase muy temprana, sólo se han llevado a cabo asignaciones en Brasil y Chile [8]. En el caso de Europa, aunque se identificó la banda de 26 GHz como una de las bandas pioneras para 5G, las asignaciones de espectro en esta banda ha sido baja.⁹⁶ En efecto, se conoce que el artículo 54 del Código Europeo de Comunicaciones Electrónicas había fijado como fecha límite a finales de 2020 para que los estados miembros permitieran el uso de al menos 1 GHz de espectro en la banda de 26 GHz para 5G, lo anterior sujeto a la demanda del mercado y a la ausencia de limitaciones significativas para la autorización de la banda o la migración de usuarios existentes.⁹⁷ No obstante, sólo nueve (9) países de Europa han otorgado licencias a nivel nacional en la

⁹⁶ Información basada en el Portal de Cullen International. "Regulation of the 26 GHz band and higher bands". 28 de junio de 2024.

⁹⁷ Idem

banda de 26 GHz (Bulgaria, Croacia, Dinamarca, Estonia, Finlandia, Grecia, Italia, Eslovenia y España).⁹⁸

La Comisión Europea adoptó la Decisión 784 de 2019, modificada posteriormente por la Decisión 590 de 2020, en la que se definieron condiciones técnicas armonizadas para 5G en la banda de 26 GHz, como, por ejemplo, que los tamaños de bloque asignados deben ser múltiplos de 200 MHz.⁹⁹

Con respecto al ecosistema de equipos, la Asociación GSA, en su reporte a corte de septiembre de 2023, mostró las estadísticas de los dispositivos anunciados para aplicaciones IMT de quinta generación que operan en las diferentes bandas de frecuencias, incluidas las bandas milimétricas.

En la Figura 66 se observa que la cantidad de anuncios de dispositivos compatibles con la banda de 26GHz (banda n258) ascendía tan sólo a 53 modelos de dispositivos; casi un 45% inferior en comparación con los dispositivos anunciados para la banda de 28 GHz (banda n261), banda que actualmente cuenta con el mayor número de dispositivos anunciados en las bandas milimétricas.

⁹⁸ Información basada en el Portal de Cullen International. "Regulation of the 26 GHz band and higher bands". 28 de junio de 2024.

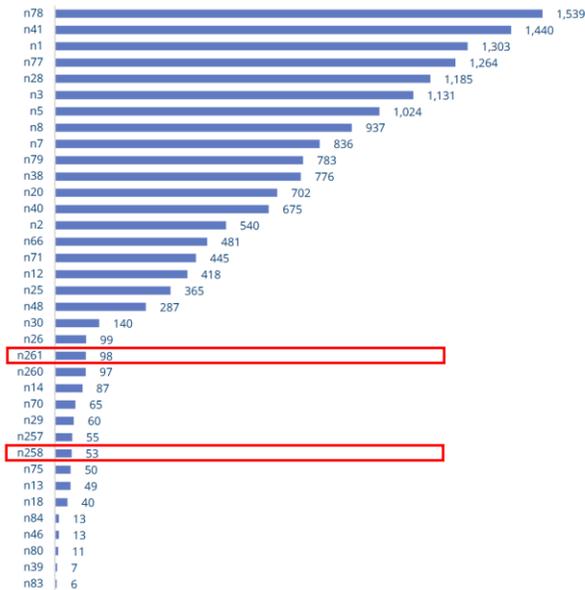
⁹⁹ Idem

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co

Página 123 de 146

Figura 66. Cantidad de anuncios de modelos de dispositivos 5G para bandas milimétricas (n258 y n261).



Fuente: Figura extraída del reporte de la Asociación GSA "5G Device Ecosystem" septiembre de 2023

Ahora bien, teniendo en cuenta que el mayor inconveniente que tuvo la identificación de la banda de 26 GHz para las IMT fue la compartición y coexistencia con los diferentes servicios a los que está atribuida la banda de frecuencias tanto en banda como en adyacencia, la Resolución 242 (CMR-23) resolvió inicialmente unas medidas técnicas y operativas para, por una parte, proteger a los servicios existentes y, por la otra, permitir el desarrollo continuo y sin inconvenientes de las IMT.

Entre las medidas reglamentarias que estableció la Resolución 242 (CMR-23) se resaltan las siguientes:

- Adoptar medidas prácticas que permitan garantizar que las antenas transmisoras de las estaciones base en exteriores apunten normalmente por debajo del horizonte al desplegar estaciones base IMT en la banda de frecuencias 24,25-27,5 GHz. El apuntamiento mecánico debe estar en el horizonte o por debajo de él.

- En la medida de lo posible, los emplazamientos de las estaciones base IMT en la banda de frecuencias 24,45-27,5 GHz que utilicen valores de potencia isotrópica radiada equivalente (p.i.r.e.) por haz que rebasen los 30 dB (W/200 MHz) se elegirán de modo que la dirección de máxima radiación de cualquier antena se aparte de la órbita de los satélites geoestacionarios, dentro de la línea de visibilidad directa de la estación base IMT, en $\pm 7,5$ grados;
- Facilitar la protección de las estaciones terrenas de SETS¹⁰⁰/ SIE¹⁰¹ en la banda de frecuencias 25,5-27 GHz y las estaciones del SRA¹⁰² en la banda de frecuencias 23,6-24 GHz, así como la coexistencia entre las estaciones terrenas del SFS en las bandas de frecuencias 24,65-25,25 GHz y 27-27,5 GHz y las estaciones IMT, mediante acuerdos bilaterales para la coordinación transfronteriza, según proceda.
- Que al explotar las IMT en la banda de frecuencias 24,25-27,5 GHz se protejan los sistemas del SETS (pasivo) actuales y futuros en la banda de frecuencias 23,6-24 GHz;
- Que las estaciones IMT en la banda de frecuencias 24,25-27,5 GHz se utilicen para aplicaciones del servicio móvil terrestre.

Así mismo, la misma resolución anima a las administraciones a:

- Velar por que las disposiciones para la implementación de las IMT permitan la utilización continua de las estaciones terrenas del SETS, SIE, SFS y su desarrollo futuro.
- Mantener el diagrama de la antena de las estaciones base IMT dentro de los límites de la envolvente aproximativa definida en la versión más reciente de la Recomendación UIT-R M.2101.
- Aplicar los límites de las emisiones no esenciales de la Recomendación UIT-R SM.329, Categoría B, para las bandas de frecuencias 50,2-50,4 GHz y 52,6-54,25 GHz cuando pongan a disposición la banda de frecuencias 24,25-27,5 GHz para las IMT.

¹⁰⁰ Servicio de exploración de la Tierra por Satélite.

¹⁰¹ Servicio de Investigación Espacial.

¹⁰² servicio de Radioastronomía.

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co

Página 125 de 146

- Considerar, para el futuro desarrollo del SETS (pasivo) en la banda de frecuencias 23,6-24 GHz, técnicas adicionales de mitigación (por ejemplo, bandas de guarda) aparte de los límites especificados en la Resolución **750 (Rev.CMR-19)**, según proceda

Por último, la Resolución 242 invita al sector de radiocomunicaciones de la UIT-R a:

- Actualizar las recomendaciones UIT-R existentes o elaborar una nueva recomendación UIT-R, según proceda, para dar a las administraciones afectadas información y asistencia en cuanto a las posibles medidas de coordinación y protección del SRA en la banda de frecuencias 23,6-24 GHz contra el despliegue de las IMT.
- Examinar periódicamente, según proceda, la incidencia de la evolución de las características técnicas y operativas de los sistemas IMT (incluida la densidad de estaciones base) y la de los sistemas de los servicios espaciales en la compartición y la compatibilidad y a tener en cuenta los resultados de estos exámenes en la elaboración y/o revisión de las Recomendaciones e Informes del UIT-R que traten, entre otras cosas, si procede, de las medidas aplicables para reducir el riesgo de interferencia en los receptores espaciales.

Se resalta que, el sector de radiocomunicaciones de la UIT ha realizado estudios de compartición entre las IMT y los servicios entre satélites y el servicio fijo por satélite (SFS) en la banda de frecuencias 24,25-27,5 GHz, lo anterior sobre la base de diversos supuestos, por ejemplo, una potencia isotrópica radiada equivalente de 18 dB (W/200 MHz), densidades de estaciones base de 1200 por 10.000 km² y otros supuestos de despliegue¹⁰³. Al respecto, la Resolución 242 (CMR-23) señala que la Recomendación UIT-R M.2161 contiene directrices para ayudar a las administraciones a reducir la interferencia generada a las estaciones IMT por causa de las estaciones terrenas del SFS que funcionan en las bandas de frecuencias 24,65-25,25 GHz, 27-27,5 GHz, 42,5-43,5 GHz y 47,2-48,2 GHz.

En resumen, con la aprobación de la Resolución 242 (CMR-23) se evidencia un interés por parte del sector UIT-R para proteger a los servicios existentes y permitir su desarrollo continuo, ya que la identificación de bandas de frecuencias para las IMT podría llegar a alterar la situación de compartición respecto de las

¹⁰³ Resolución 242 (REV.CMR-23) "Componente terrenal de las Telecomunicaciones Móviles Internacionales en la banda de frecuencias 24,25-27,5 GHz".

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co

Página 126 de 146

aplicaciones de servicios a los que la banda de frecuencias ya está atribuida, y puede obligar a tomar medidas reglamentarias adicionales. De hecho, las medidas tomadas en la CMR-23 se llevaron a cabo sobre la base de las características disponibles en ese momento, y, en consecuencia, los resultados pueden diferir si estas características llegan a cambiar en un futuro, caso en el cual se deberán realizar los ajustes respectivos.

Finalmente, en cuanto a la protección del SETS, la CMR-19 había aprobado la Resolución 750 (Rev.CMR-19)¹⁰⁴. Esta resolución surge como respuesta a una preocupación global por proteger el SETS pasivo que funciona en diversas bandas de frecuencias, entre estas, la banda de 23.6 a 24 GHz (rango adyacente inferior a la banda de 26 GHz identificada para las IMT a nivel global) y que podría verse afectada por las emisiones no deseadas de los servicios activos en adyacencia.

Es importante mencionar que el SETS pasivo utiliza sensores para estudiar los fenómenos naturales que producen emisiones radioeléctricas en frecuencias determinadas por las leyes de la naturaleza, por lo que resulta imposible desplazar la frecuencia para evitar o reducir los problemas de interferencia. Adicionalmente estos sensores de radiaciones naturales (procedentes de tierra, mar y aire), trabajan con niveles de potencia de recepción extremadamente bajos por lo cual son muy sensibles al ruido o a la interferencia.

Así las cosas, la parte resolutive de la Resolución 750 (Rev.CMR-19) establece que las emisiones no deseadas de las estaciones IMT puestas en servicio en las bandas de frecuencias de la Tabla 21 no deberán rebasar los correspondientes límites indicados en dicha tabla. A continuación, se extraen los límites aplicables al servicio móvil en la banda de 26 GHz (24,25-27,5 GHz):

¹⁰⁴ Resolución 750 (Rev.CMR-19): "Compatibilidad entre el servicio de exploración de la Tierra por satélite (pasivo) y los servicios activos pertinentes".

Tabla 21. Límites de Potencia de las emisiones no deseadas de estaciones IMT

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).
23,6-24,0 GHz	24,25-27,5 GHz	Móvil	-33 dBW ¹⁰⁵ en cualquier subbanda de 200 MHz de la banda del SETS (pasivo) para las estaciones base IMT ¹⁰⁶ -29 dBW ¹⁰⁷ en cualquier subbanda de 200 MHz de la banda del SETS (pasivo) para las estaciones móviles IMT ¹⁰⁸

Fuente: Resolución 750 (Rev.CMR-19) de la UIT.

4.3.2.2 Situación Nacional

En Colombia, de acuerdo con el CNABF vigente, la banda de 24,25 a 27,5 GHz está atribuida a una gran diversidad de servicios (ver Figura 67), de los cuales uno de los más utilizados es el fijo, aunque actualmente con una muy baja ocupación en el territorio nacional, donde se despliegan enlaces punto a punto microondas que se basan en la canalización dispuesta en el Anexo 1 de la Recomendación UIT-R F.784-4.

¹⁰⁵ Se aplicará un límite de -39 dB (W/200 MHz) a las estaciones base IMT puestas en servicio después del 1 de septiembre de 2027. Este límite no se aplicará a las estaciones base IMT que se hayan puesto en servicio antes de esa fecha. Para dichas estaciones base de las IMT, se continuará aplicando el límite de -33 dB (W/200 MHz) después de esa fecha.

¹⁰⁶ El nivel de potencia de emisión no deseada se considera en términos de PRT. La PRT se entiende aquí como la integral de la potencia transmitida por todos los elementos de antena en diferentes direcciones por toda la esfera de radiación.

¹⁰⁷ Se aplicará un límite de -35 dB (W/200 MHz) a las estaciones móviles IMT puestas en servicio después del 1 de septiembre de 2027. Este límite no se aplicará a las estaciones móviles IMT que se hayan puesto en servicio antes de esa fecha. Para dichas estaciones móviles IMT, se continuará aplicando el límite de -29 dB (W/200 MHz) después de esa fecha.

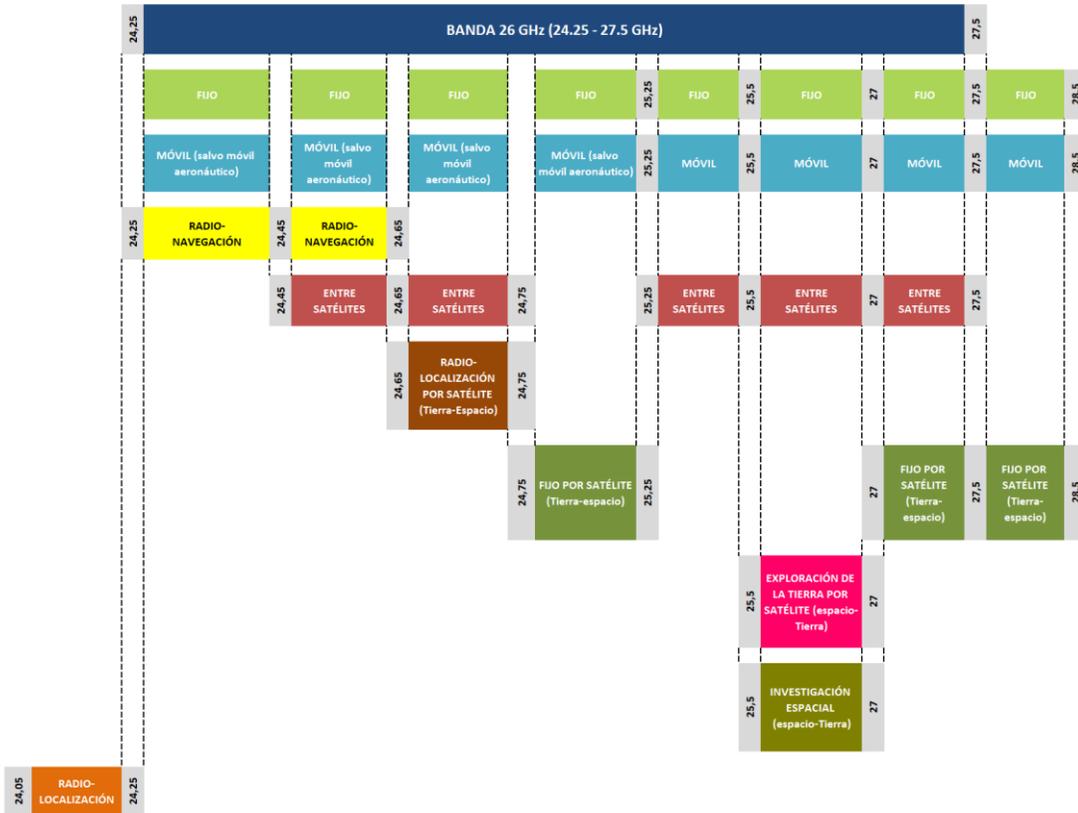
¹⁰⁸ El nivel de potencia de emisión no deseada se considera en términos de PRT, entendida esta como la integral de la potencia transmitida por todos los elementos de antena en diferentes direcciones por toda la esfera de radiación.

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co

Página 128 de 146

Figura 67. Atribución del segmento de 24,25 - 27,5 GHz

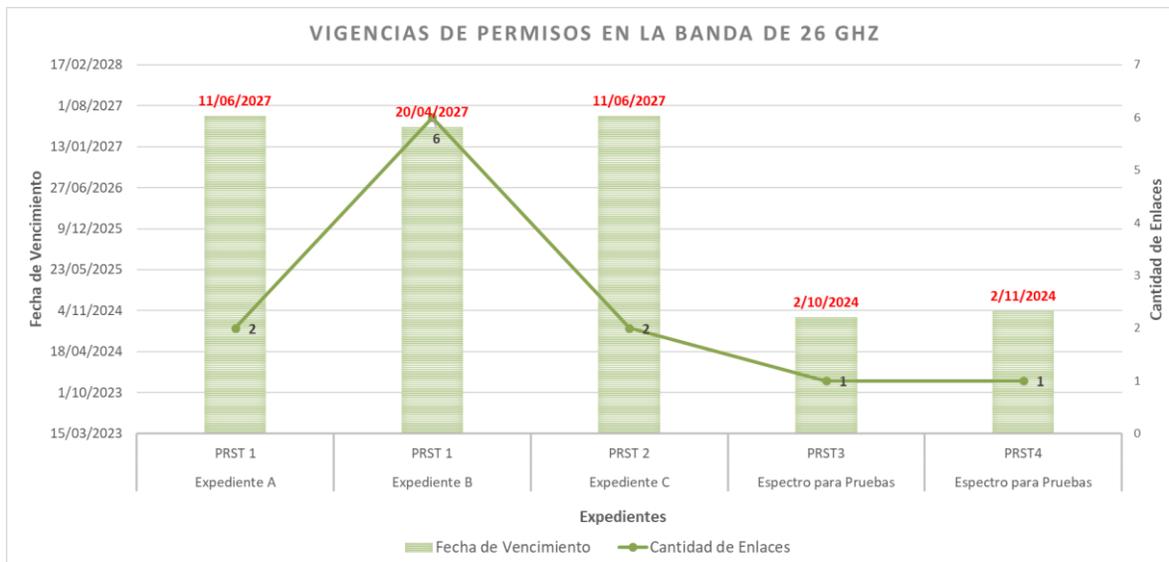


Fuente: Elaboración ANE a partir del CNABF

La ocupación de la banda de 26 GHz, respecto a enlaces del servicio fijo, es de diez (10) enlaces microondas con fechas máximas de vigencia de junio de 2027, lo anterior sumado también a algunos permisos de espectro que se han entregado para pruebas de la tecnología 5G, y las cuales de acuerdo con la normatividad vigente¹⁰⁹ fueron otorgados por términos máximos de 6 o 12 meses, prorrogables por una única vez.

¹⁰⁹ Resolución 2328 de 2022 del Mintic

Figura 68. Fechas máximas de vigencia de permisos registrados en la Base de Datos para la banda de 26 GHz.



Fuente: Elaboración ANE con base en información del SGE

Es importante resaltar que dado los diagramas de radiación altamente directivos de las antenas usadas en los enlaces fijos microondas, los rangos de frecuencias que se encuentran ocupados, únicamente se encuentran restringidos en los puntos geográficos de la ubicación de los emplazamientos.

Así mismo, cruzando la información de las frecuencias y anchos de banda de los 10 enlaces actualmente autorizados en la base de datos, se evidencia, como se muestra en la Figura 69, que existiría disponibilidad inmediata a nivel nacional de 2,886 GHz de espectro (sin tener en cuenta bandas de guarda) comprendidos entre los rangos de 24250 MHz a 25263 MHz, 25445 MHz a 26271 MHz y de 26453 MHz a 27500 MHz, los cuales se presentan de color verde en la Figura 69.

Figura 69. Panorama de Ocupación de enlaces microondas de la Banda 26 GHz



Fuente: Elaboración ANE

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co

Página 130 de 146

Ahora bien, normativamente la banda de 26 GHz (24,25 a 27,5 GHz) se encuentra reservada para la futura operación de las IMT en razón a lo dispuesto en el artículo 1.7.2 de la Resolución 105 de 2020 de la ANE. Dada esta situación, desde hace unos años esta banda no ha hecho parte de los Procesos de Selección Objetiva (PSO), evitando con ello más asignaciones en la misma.

De igual forma, el parágrafo 1 del mencionado artículo establece que los permisos, incluidas las renovaciones, que hayan sido otorgados por el Mintic previamente, continuarán operando hasta su fecha de vencimiento, de acuerdo con las condiciones establecidas en cada uno de los actos administrativos de carácter particular.

En el caso de ocupación del servicio fijo por satélite, la base de datos muestra 1 estación terrena de condiciones particulares (con protección a interferencias) a partir de la frecuencia 26999,75 MHz (Frecuencia Central:27000 MHz; BW: 500 kHz). Así mismo, el visor de espectro muestra ocupación de estaciones de baja potencia GEO y N GEO (sin derecho a protección a interferencias) a partir de la frecuencia 27500 MHz; estaciones con arreglo de antenas asociadas a satélites en órbitas no GEO a partir de la frecuencia 27500 MHz y estaciones ESIM a partir de la frecuencia 27500 MHz. Es decir, en el escenario de convivencia más crítico, la frecuencia más baja de uso satelital se encuentra en 26999,75 MHz, aspecto que debe ser evaluado ya que se solapa con los últimos 500 MHz de la banda identificada para las IMT.

Lo anterior guarda congruencia con algunos comentarios allegados a la ANE a través de consultas públicas,¹¹⁰ en los cuales la industria satelital menciona que en la Región 2 (América), tanto los satélites de alto rendimiento (HTS) existentes como los próximos satélites de muy alto rendimiento (VHTS) están incorporando las frecuencias del rango de 27-27.5 GHz para operaciones de puerta de enlace (Gateways).

Por último, en el año 2019, la ANE en conjunto con la Universidad ICESI de Colombia llevó a cabo un proyecto de investigación para realizar estudios de convivencia entre las IMT y el servicio fijo por satélite en la banda Ka. Este estudio tuvo como objetivo, entre otros, la definición de los parámetros técnicos de operación de los sistemas IMT y el servicio fijo por satélite en operación

¹¹⁰ Comentarios realizados por GVF (Global VSAT Forum) a la consulta pública realizada por la ANE para las condiciones técnicas de las bandas de 3500 y 26 GHz.

adyacente a la banda de 26 GHz, para lo que se tuvieron en cuenta las siguientes premisas:

- Se consideraron los parámetros más restrictivos, es decir, PIRE máxima de transmisión y usuario víctima recibiendo al umbral de sensibilidad.
- Se consideraron estaciones base de área media (43dBm) y de área amplia (75dBm) según los criterios del 3GPP.
- Se consideraron tres anchos de banda del transmisor 5G: 50 MHz, 100 MHz y 200 MHz. Además, se tomó un espaciado entre subportadoras de 120 kHz y se asumió la señal al 100% de carga, es decir donde un usuario tiene asignado todos los recursos de radio o varios usuarios están usando todos los recursos disponibles simultáneamente.

Los resultados del estudio mostraron que en el escenario de coexistencia entre el servicio Móvil IMT y el Servicio Fijo por Satélite (sentido Tierra – espacio) que se encuentra en adyacencia en la banda de 28 GHz, la señal de un transmisor SFS podría actuar como una fuente interferente sobre un receptor víctima de una estación base 5G (gNB-5G).

Los análisis del peor caso corresponden a un escenario en el que las antenas se alinean en los ejes de máxima radiación, dando como resultado distancias de protección de hasta 39 kilómetros de separación. No obstante, las simulaciones en general dan que la probabilidad de interferencia es baja aún si no se respetan las distancias, teniendo en cuenta que una antena satelital en sitios geográficos como el de Colombia apunta al menos a 45° grados hacia arriba y donde las probabilidades de que dicha antena esté sobre un edificio a unos 20 metros como mínimo son muy altas.

Adicionalmente, es importante mencionar que los sistemas satelitales en el enlace ascendente (Tierra-Satélite) tienen diagramas de radiación muy directivos y estrechos que tendrán un papel muy importante en el despliegue de las redes móviles 5G. Dicho lo anterior, cuando el desfase del ángulo acimutal de la antena transmisora es superior a 48° respecto al máximo, se requieren distancias de protección entre 34 y 62 metros, en función de la frecuencia de operación y el ancho del receptor víctima de la estación base 5G. Por lo tanto, la implementación de estaciones base 5G en la banda de 26 GHz será posible garantizando una coordinación al desplegar las redes 5G, por ejemplo, que no apunten arriba del horizonte para no ser interferidas por las estaciones satelitales.

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co

Página 132 de 146

Tabla 22. Resumen de los resultados del estudio de convivencia en la banda de 26 GHz con respecto al SFS en la banda de 28 GHz

Caso	BW interferente	BW interferido	Banda de guarda	Distancia de protección
3ª. Transmisor satelital interfiriendo gNB-5G (27.5GHz – Peor caso, ambas antenas alineadas)	50MHz	50MHz	Adyacencia	40km
3ª. Transmisor satelital interfiriendo gNB-5G (27.5GHz – 0 grados)	50/100MHz	50MHz	Adyacencia	7.5km
	50/100MHz	100MHz	Adyacencia	5.4km
	50/100MHz	200MHz	Adyacencia	3.8km
3ª. Transmisor satelital interfiriendo gNB-5G (27.5GHz – 15 grados)	50/100MHz	50MHz	Adyacencia	150m
	50/100MHz	100MHz	Adyacencia	115m
	50/100MHz	200MHz	Adyacencia	85m
3ª. Transmisor satelital interfiriendo gNB-5G (27.5GHz – >48 grados)	50/100MHz	50MHz	Adyacencia	62m
	50/100MHz	100MHz	Adyacencia	46m
	50/100MHz	200MHz	Adyacencia	34m

Fuente: Tabla extraída del documento de Parámetros Técnicos de Operación para los Sistemas 5G, los Sistemas Punto A Punto y los Sistemas Fijos Por Satélite en la Banda de 26 GHz que permitan la convivencia entre ellos

4.3.3 Otras bandas milimétricas

En la CMR-19 se identificaron otras bandas de espectro dentro del rango de 24,25 a 86 GHz, lo que representó para los países hasta una posibilidad de 17,25 GHz de espectro adicionales para las IMT. Es importante subrayar que de estos 17.25 GHz de espectro identificados para las IMT, sólo 14.75 GHz fueron armonizados a nivel mundial (por ejemplo, Colombia no se encuentra dentro de

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co

Página 133 de 146

los países que identificaron el segmento de 45.5 GHz a 47 GHz, pero sí dentro de los que identificaron el segmento de 47,2 a 48,2 GHz), alcanzando un 85% de armonización global. Al respecto, cabe recordar que la armonización es clave para lograr una itinerancia mundial y aprovechar las economías de escala. [8]

Los rangos específicos identificados durante la CMR-19 fueron:

Tabla 23. Rangos de frecuencia identificados para las IMT en la CMR-19.

Banda	Rango de Frecuencias		Espectro Adicional (GHz)	Armonización a nivel Global	Identificada en Colombia
	Frecuencia Inicial (GHz)	Frecuencia Final (GHz)			
26 GHz	24.25	27.5	3.25	✓	✓
39 GHz	37	43.5	6.5	✓	✓
45 GHz	45.5	47	1.5	✗	✗
47 GHz	47.2	48.2	1	✗	✓
60 GHz	66	71	5	✓	✓
Total (GHz)			17.25	14.75	15.75

Fuente: Elaboración ANE

Como se observa de la Tabla 23, adicional a la banda de 26 GHz, se cuenta con posibilidades para asignación de espectro IMT en las bandas de 39 GHz (37-43,5 GHz), 47 GHz (47,2-48,2 GHz) y de 60 GHz (66-71 GHz). No obstante, para esta última aún no se conoce estándar para 5G NR.¹¹¹

La banda de 39 GHz (37-43,5 GHz) consta de tres sub-rangos contiguos (37-40,5 GHz; 40,5-42,5 GHz y 42,5-43,5 GHz), donde la Región 1 de la UIT (que incluye Europa) utilizará principalmente el de 40,5-43,5 GHz para adaptarse mejor a las necesidades de otros servicios como el servicio fijo por satélite que opera en 37,5-40,5 GHz.¹¹²

En efecto, el mayor inconveniente que tuvo la identificación para las IMT de las bandas de 37- 43,5 GHz y 47,2- 48,2 GHz fue la compartición y la compatibilidad con los servicios incumbentes que operan en banda y en adyacencia, por lo que la Resolución 243 (CMR-23)¹¹³ estableció unas medidas técnicas y operativas

¹¹¹ Información basada en el Portal de Cullen International. "Overview of spectrum bands". 15 mayo de 2024.

¹¹² Idem

¹¹³ Resolución 243 (CMR-23): Componente terrenal de las Telecomunicaciones Móviles Internacionales en las bandas de frecuencias 37-43,5 GHz y 47,2-48,2 GHz.

para proteger a los servicios existentes y permitir el desarrollo continuo de las IMT.

Entre las medidas reglamentarias, se resaltan las siguientes:

1. Para proteger el SETS (pasivo) en la banda de frecuencias 36-37 GHz, se apliquen los siguientes valores de emisiones no deseadas para las estaciones de las IMT que funcionen en la banda de frecuencias 37-40,5 GHz que se indican a continuación;

Tabla 24. Límites de emisiones no deseadas para las estaciones IMT que funcionan en la banda de 37-40.5 GHz

Banda de frecuencias para el SETS (pasivo)	Banda de frecuencias para las estaciones de las IMT	Potencia media de las emisiones no deseadas para las estaciones de las IMT ¹⁴	Límites recomendados para las estaciones IMT ¹⁵
36 – 37 GHz	37 – 40.5 GHz	-43 dB(W/MHz) y -23 dB(W/GHz) en la banda de frecuencias 36-37 GHz	-30 dB(W/GHz)

Fuente: Resolución 243 (CMR-23)

2. La protección de las estaciones terrenas del servicio de investigación espacial (SIE) en la banda de frecuencias 37-38 GHz y las estaciones RAS en la banda de frecuencias 42,5-43,5 GHz frente a las estaciones de las IMT se consiga mediante acuerdos bilaterales de coordinación transfronteriza según se requiera;
3. La protección de las estaciones terrenas del SFS y la coexistencia con las mismas en las gamas de frecuencias 37,5-43,5 GHz y 47,2-48,2 GHz se facilite mediante acuerdos bilaterales para la coordinación transfronteriza, según sea necesario;
4. Tomar las medidas necesarias para garantizar que las antenas que transmiten de las estaciones base exteriores apunten normalmente por

¹⁴ El nivel de potencia de las emisiones no deseadas se expresa en términos de la potencia radiada total (PRT). Se entiende por PRT la integral de la potencia transmitida por todos los elementos de la antena en diferentes direcciones a lo largo de toda la esfera de radiación.

¹⁵ El nivel de potencia de las emisiones no deseadas se expresa en términos de la potencia radiada total (PRT). Se entiende por PRT la integral de la potencia transmitida por todos los elementos de la antena en diferentes direcciones a lo largo de toda la esfera de radiación.

debajo del horizonte al desplegar las estaciones base IMT en las bandas de frecuencias 42,5-43,5 GHz y 47,2-48,2 GHz. El apuntamiento mecánico debe estar en el horizonte o por debajo del horizonte;

5. En la medida de lo posible, los emplazamientos de las estaciones base IMT en las bandas de frecuencias 42,5-43,5 GHz y 47,2-48,2 GHz que utilicen valores de densidad de potencia isotrópica radiada equivalente (p.i.r.e.) por haz que rebasen los 30 dB (W/200 MHz) se elegirán de modo que la dirección de máxima radiación de cualquier antena se aparte de la órbita de los satélites geoestacionarios, dentro de la línea de visibilidad directa de la estación base IMT, en $\pm 7,5$ grados;

Así mismo, la misma resolución alienta a las administraciones a que:

- Garanticen que las disposiciones para la implementación de las IMT permitan el desarrollo continuo de las estaciones terrenas del SFS/SIE/SETS/SRS y las estaciones RAS y su futuro desarrollo;
- Mantengan el diagrama de la antena de las estaciones base IMT dentro de los límites de la envolvente aproximativa definida en la Recomendación UIT-R M.2101,

E invita al UIT-R a:

- Elaborar Informes y Recomendaciones, según proceda, para ayudar a las administraciones a garantizar la coexistencia de las IMT y el SRS/SFS, incluidas las aplicaciones ADSFS conforme al número 5.516B, en la gama de frecuencias 37-43,5 GHz y 47,2-48,2 GHz.
- Elaborar una nueva Recomendación UIT-R, según proceda, para dar información sobre las posibles medidas de coordinación y protección de las estaciones del SRA en la banda de frecuencias 42,5-43,5 GHz frente al despliegue de las IMT y ayudar a las administraciones concernidas;
- Examinar periódicamente, según proceda, la incidencia de la evolución de las características técnicas y operativas de los sistemas IMT (incluida la densidad de estaciones base) y la de los sistemas de los servicios espaciales en la compartición y la compatibilidad y a tener en cuenta los resultados de estos exámenes en la elaboración y/o revisión de las Recomendaciones/Informes del UIT-R que traten, entre otras cosas, si

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co

Página 136 de 146

procede, de las medidas aplicables para reducir el riesgo de interferencia en los receptores espaciales,

En el caso de la banda de 60 GHz, su potencial uso se concentra en sistemas inalámbricos de múltiples gigabits sin necesidad de licencia (por ejemplo, la tecnología WiGig).¹¹⁶

Con respecto al ecosistema de equipos, en la Figura 70 se observan los reportes de GSA con corte de septiembre de 2023, en donde se puede evidenciar que sólo existen anuncios de dispositivos para las bandas n257 (26,5 – 29,5 GHz), n258 (24,25 – 27,5 GHz), n260 (37-40 GHz) y n261 (27,5 – 28,35 GHz). Aunque el ecosistema desarrollado aún se observa bajo, se puede analizar que, de las bandas milimétricas, las que más desarrollo tienen hasta el momento corresponde a las bandas de 28 GHz (n261) y 39 GHz (n260). Hay que resaltar que la banda de 28 GHz (27,5 – 28,35 GHz) no ha sido identificada en Colombia para las IMT.

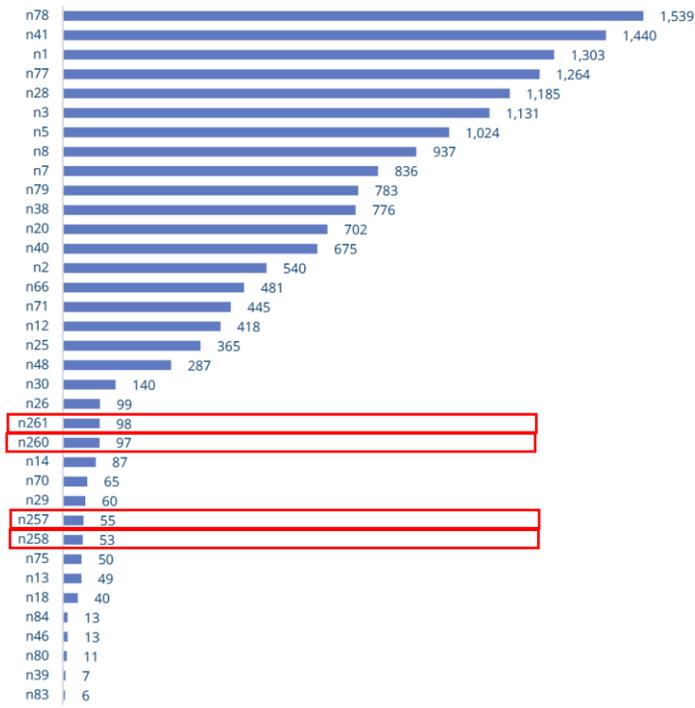
¹¹⁶ Información basada en el Portal de Cullen International. "WRC-19: 14.75 GHz in spectrum bands above 24 GHz can be used for 5G on a global basis". 28 de noviembre de 2019.

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co

Página 137 de 146

Figura 70. Cantidad de anuncios de modelos de dispositivos 5G para bandas milimétricas.



Fuente: Figura extraída del reporte de la Asociación GSA "5G Device Ecosystem" septiembre de 2023

5 PROYECCIÓN DE DISPONIBILIDAD DE ESPECTRO IMT EN COLOMBIA

De acuerdo con los análisis de ocupación llevados a cabo para cada una de las bandas de frecuencias incluidas en el presente documento, a continuación se desarrolla una proyección de la disponibilidad de las bandas IMT en los próximos años junto con su capacidad máxima de aporte en espectro.

Cabe recalcar que esta proyección se basa principalmente en dos escenarios ideales; (I) disponibilidad a nivel nacional de las bandas de frecuencias y (II) liberación natural de las bandas de frecuencias, es decir disponibilidad sin llevar a cabo procesos de migración. En consecuencia, esta proyección de disponibilidad se sustenta en las fechas máximas de las vigencias de los permisos registrados actualmente en el SGE y en el visor de espectro. No obstante, según las necesidades de uso y demanda del espectro del momento, estas fechas podrían variar en el tiempo, para lo cual la administración (Mintic y la ANE) deberán contemplar aspectos necesarios como una posible compartición de la banda o en su defecto un plan de reubicación de los permisos existentes a otras bandas de frecuencias.

En resumen, esta proyección se basa en las siguientes premisas:

- Dada la ingente capacidad de espectro disponible en las bandas milimétricas en comparación con otras bandas de frecuencias, y a efectos de guardar una proporcionalidad de la gráfica de disponibilidad de espectro, la Figura 71 no considera las bandas de 26 GHz, 39 GHz, 47 GHz y 60 GHz. Ahora bien, como ya se mencionó en el apartado 4.3.2 y como se muestra en la Tabla 25, por ejemplo, la banda de 26 GHz presenta una disponibilidad inmediata a nivel nacional de 2,886 GHz de espectro (sin contar con bandas de guarda).
- Las bandas establecidas en este escenario tienen en cuenta la capacidad máxima teórica de espectro disponible en cada una de las bandas de frecuencias, es decir el total de espectro calculado teniendo en cuenta el límite inferior y superior de cada una de las bandas identificadas sin

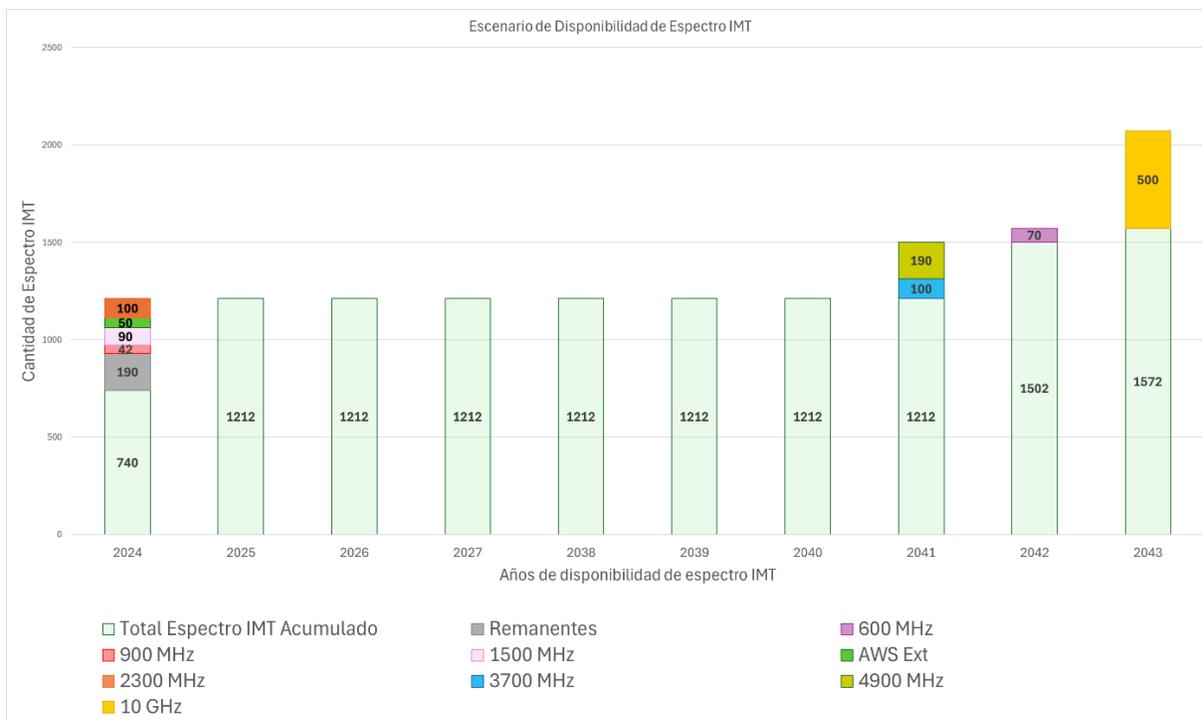
contemplar las bandas de guarda que, dado el caso, podrían llegar a disminuir el total de espectro que podrá ser asignado.¹¹⁷

- Las barras en color verde muestran la cantidad de espectro IMT en MHz que se va acumulando con la disponibilidad de las bandas año tras año.
- Existen dos casos particulares de ocupación en las bandas de 3700 MHz y 26 GHz, en las que existen estaciones terrenas de condiciones particulares del servicio fijo por satélite que se encuentran operando dentro de la banda identificada para las IMT, con lo cual y dada la baja cantidad de estaciones terrenas identificadas, por ahora no se contempla una migración de estas estaciones, en el sentido de revisar otras posibles alternativas técnicas de convivencia.
- En cuanto a la proyección de disponibilidad de la banda de 600 MHz, esta contempla el escenario más crítico, es decir teniendo en cuenta las vigencias actuales de las licencias de las estaciones de TDT, no obstante conforme se explicó en la sección 4.1.1.2 del presente documento, esta proyección podría llegar a surtir modificaciones con base en las siguientes situaciones; (I) la planificación actual y el despliegue real de las estaciones TDT planificadas, (II) Disponibilidad de canales para las asignaciones futuras de estaciones TDT, y (III) actualización del Plan Técnico de Televisión (PTTV), ya que a medida que se vayan apagando las estaciones analógicas, la ANE irá actualizando el PTTV para buscar una reorganización de las estaciones TDT por debajo del canal 37.

A continuación, la Figura 71 y la Tabla 25 describen la proyección de disponibilidad de espectro IMT de Colombia en los próximos años de acuerdo con las premisas anteriormente descritas:

¹¹⁷ En algunos casos, la determinación de estas bandas de guarda depende de la realización de estudios de convivencia y, en otros casos, del análisis de los resultados de los estudios técnicos que se han venido realizando, pero sobre los cuales aún hay asuntos por estudiar para tomar medidas definitivas sobre el uso de las bandas.

Figura 71. Proyección de Disponibilidad Futura de Espectro IMT en Colombia (sin bandas milimétricas)



Fuente: Elaboración ANE

Tabla 25. Disponibilidad de Espectro IMT (con bandas milimétricas).

Banda	Año Disponibilidad Espectro (MHz)										
	2024	2025	2026	2027	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044
Remanentes	190										
600 MHz									70		
900 MHz	42										
1500 MHz	90										
AWS-E	50										
2300 MHz	100										
3700 MHz								100			
4900 MHz								190			
10 GHz										500	
26 GHz	2886										
Total Espectro IMT Acumulado	740	4098	4098	4098	4098	4098	4098	4098	4388	4458	4958

Fuente: Elaboración ANE

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co

6 CONSULTA PÚBLICA

La Agencia Nacional del Espectro, cuya misión es realizar la planeación, atribución, gestión, vigilancia y control del Espectro Radioeléctrico en Colombia, así como brindar la asesoría técnica para la gestión eficiente del mismo y fomentar su conocimiento, plantea el siguiente cuestionario (estructurado en tres temáticas) con el fin de invitar al sector de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) y al público en general a presentar sus respuestas y observaciones.

Las respuestas al siguiente cuestionario serán un importante insumo en el ejercicio de planeación y disponibilidad de espectro IMT que está llevando a cabo la ANE para suplir las necesidades futuras de la banda ancha móvil en Colombia.

1. Preguntas relacionadas con las bandas de frecuencias IMT que no han sido asignadas en Colombia y que se encuentran dispuestas en la Tabla 2 del presente documento:

- 1.1. ¿Cuáles bandas de frecuencias considera prioritarias para soportar las futuras necesidades de espectro IMT en el país?
- 1.2. ¿En qué año considera deben entrar a operar cada una de las bandas de frecuencias en el país? Por favor especifique esta fecha para cada una de las bandas de frecuencias.
- 1.3. ¿Estaría interesado en prestar algún servicio de banda ancha en estas bandas de frecuencias?, de ser así, indique cuál. Por favor describa.
- 1.4. Teniendo en cuenta el escenario de disponibilidad de las bandas de frecuencia (Figura 71), ¿Considera pertinente la reubicación de usuarios actuales o la compartición, o el uso de alguna de estas bandas de frecuencias de manera regional o municipal para las IMT? En caso de ser afirmativo por favor describa.
- 1.5. Si es proveedor o fabricante de equipos, ¿Tiene productos de equipamiento de red o terminales IMT en estas bandas de frecuencias?

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co

Página 142 de 146

De ser así, indique ¿Cuáles y en qué tecnología (4G o 5G)? En caso de ser afirmativo por favor describa.

- 1.6. ¿Tiene alguna consideración u observación en cuanto a los aspectos técnicos mencionados en el documento para cada una de las bandas de frecuencias (bandas de guarda, convivencia entre servicios, disposiciones de frecuencia, ecosistema de equipos, límites de emisiones de fuera de banda u otros mecanismos de mitigación de interferencias, etc.)? En caso de ser afirmativo por favor describa.
- 1.7. ¿Considera conveniente el desarrollo de algunos usos adicionales, tales como Redes Privadas, Redes Comunitarias, IoT, Utilities, Redes de atención de emergencias y seguridad pública, etc. en estas bandas de frecuencias? ¿Estaría interesado en la implementación de alguno de estos usos en una banda en particular? En caso de ser afirmativo por favor describa.

2. Preguntas relacionadas con las bandas de frecuencias identificadas para las IMT en la CMR-23 y que se encuentran resumidas en la Tabla 3 del presente documento:

- 2.1. ¿Cuáles de estas bandas de frecuencias considera prioritarias para el futuro despliegue de las IMT en el país?
- 2.2. ¿En qué año considera deben entrar a operar cada una de las bandas de frecuencias en el país? Por favor especifique esta fecha para cada una de las bandas de frecuencias.
- 2.3. ¿Qué aspectos técnicos considera usted que deben ser abordados antes de llevar a cabo asignaciones en estas bandas de frecuencia?
- 2.4. Si es proveedor de equipos, ¿su roadmap tecnológico incluye el desarrollo de equipos IMT en estas bandas de frecuencias? De ser así, ¿en qué año? Por favor describa.

3. Con respecto a las bandas de frecuencias propuestas para estudio en la CMR-27 y que se encuentran descritas en la Tabla 5 del presente documento:

- 3.1. ¿Considera que estas bandas de frecuencias pueden ayudar a soportar la futura demanda de espectro IMT en Colombia?
- 3.2. ¿Tiene alguna consideración u observación técnica con respecto al uso de estas bandas de frecuencias para las IMT y los servicios primarios a los que están atribuidos actualmente las bandas de frecuencias en Colombia?

4. Con respecto al escenario de disponibilidad de las bandas de frecuencias IMT en Colombia, presentado en la Figura 71:

- 4.1. ¿Considera que las fechas de disponibilidad de las bandas de frecuencias guardan correspondencia con el desarrollo de equipos y las necesidades de espectro IMT del país?
- 4.2. ¿Estaría interesado en que se asigne alguna de estas bandas de frecuencias para servicios IMT antes de las fechas previstas en el escenario de disponibilidad? De ser así, ¿Cuáles bandas y en qué años?

7 REFERENCIAS

- [1] 5G Américas, «Estatus de las Bandas Sub 1 GHz de Espectro Radioeléctrico en América Latina,» 2023.
- [2] GSMA, «Brechas de Conectividad en Colombia: un estudio cuantitativo,» 2023.
- [3] Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, «Boletín Trimestral de las TIC - Tercer Trimestre de 2023,» 2023.
- [4] GSMA, «La Economía Móvil en América Latina,» 2022.
- [5] Ericsson, «Ericsson Mobility Report,» 2023.
- [6] GSMA, «La Gestión del Espectro en América Latina: Impactos sobre el desarrollo económico y social,» 2023.
- [7] GSA, «Private Mobile Networks,» 2024.
- [8] 5G AMÉRICAS, «Bandas de Ondas Milimétricas para 5G en América Latina y El Caribe,» 2023.
- [9] GSMA, «Low Band Spectrum for 5G,» 2022.
- [10] 5G Américas, «Panorama del Espectro de Bandas Medias para redes móviles en América Latina y el Caribe,» 2023.
- [11] LS TELCOM, «Analysis of the World-Wide Licensing and Usage of IMT Spectrum,» 2019.
- [12] ACMA, «Review of the 1.5 GHz band,» 2022.
- [13] GSMA, «L-Band: The 1500 MHz IMT Range,» 2017.
- [14] Electronic Communications Committee, «ECC Report 263 "Adjacent band compatibility studies between IMT operating in the frequency band 1492-1518 MHz and the MSS operating in the frequency band 1518-1525 MHz",» 2017.

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co

Página 145 de 146

[15] Electronic Communications Committee, «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)",» 2018 .

[16] CITEL, «CCP.II/REC. 55 (XXIX-17),» Washington D. C., 2017.

[17] GSA, «National Spectrum Positions,» 2022.

Agencia Nacional del Espectro

Dirección: Calle 93 # 17-45 Piso 4. Bogotá D.C.
Teléfono conmutador: (+57) 60 (1) 6000030
Correo Institucional: contactenos@ane.gov.co

Página 146 de 146