



## PROPUESTA DE USO PARA LA BANDA DE 900 MHZ.

DICIEMBRE DE 2022

## TABLA DE CONTENIDO

|   |    |
|---|----|
| LISTA DE TABLAS.....  | IV |
| LISTA DE FIGURAS .....  | 5  |
| SIGLAS Y ACRÓNIMOS.....   | 6  |
| 1 INTRODUCCIÓN .....  | 8  |
| 2 ESTADO ACTUAL DE LA BANDA DE FRECUENCIA DE 900 MHZ.....                       | 10 |
| 2.1 ATRIBUCIÓN .....  | 10 |
| 2.2 CONTEXTO NACIONAL .....   | 13 |
| 2.3 CONTEXTO INTERNACIONAL .....  | 14 |
| 2.3.1 Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) .....                     | 14 |
| 2.3.2 Administraciones de espectro .....  | 16 |
| 2.3.2.1 Argentina.....  | 16 |
| 2.3.2.2 Australia.....  | 17 |
| 2.3.2.3 Alemania.....   | 18 |
| 2.3.2.4 Austria .....   | 19 |
| 2.3.2.5 Chile .....   | 20 |
| 2.3.2.6 Canadá.....   | 21 |
| 2.3.2.7 Estados Unidos de América.....  | 21 |
| 2.3.2.8 Nueva Zelanda.....  | 22 |
| 2.3.2.9 Perú .....  | 22 |
| 2.3.2.10 Reino Unido .....  | 23 |
| 2.4 OCUPACIÓN.....  | 25 |
| 2.4.1 IMT .....   | 25 |
| 2.4.2 AFI .....   | 26 |
| 2.4.3 Aplicaciones de uso libre .....   | 27 |
| 2.4.4 Permisos para pruebas .....   | 28 |
| 2.5 CONVIVENCIA ENTRE SERVICIOS .....   | 28 |
| 2.5.1 Enlace descendente IMT de la banda de 850 MHz y la banda de 900 MHz ..... | 28 |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 2.5.2 | Aplicaciones de uso libre 915 - 928 MHz.....   | 31 |
| 2.6   | ECOSISTEMA DE EQUIPOS .....                    | 31 |
| 3     | PROPUESTA DE USO DE LA BANDA DE 900 MHZ.....   | 36 |
| 3.1   | USO DE LA BANDA DE FRECUENCIAS .....           | 37 |
| 3.2   | MODIFICACIONES A LA NORMATIVIDAD VIGENTE ..... | 38 |
| 4     | CONCLUSIONES .....                             | 40 |
| 5     | REFERENCIAS .....                              | 42 |

## LISTA DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1. Notas internacionales de atribución del espectro para los rangos de frecuencias de 894 - 960 MHz. ....                  | 12 |
| Tabla 2. Resumen de decisiones tomadas por algunas administraciones de espectro para el rango de frecuencias 894 - 960 MHz. .... | 24 |
| Tabla 3. Ecosistema de dispositivos de uso libre que operan en la banda de frecuencias de 902 - 915 MHz. ....                    | 34 |

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Ilustración 1 Atribución en Colombia del rango 894 - 928 MHz.....  | 11 |
| Ilustración 2: Atribución en Colombia del rango 939 - 960 MHz.....   | 12 |
| Ilustración 3: Comparación entre la banda de 900 MHz del 3GPP y la atribución actual de la banda de 900 MHz en Colombia..... | 13 |
| Ilustración 4: Disposición de frecuencias para la banda de 900 MHz conforme a la Recomendación UIT-R M.1036-6.....           | 15 |
| Ilustración 5: Diagrama de servicios para la banda de 900 MHz en Australia .....   | 17 |
| Ilustración 6: Canalización de la banda 900 MHz en Alemania .....  | 19 |
| Ilustración 7: Asignación de la banda de 900 MHz en Austria .....  | 20 |
| Ilustración 8: Plan de banda de 900 MHz para el servicio móvil terrestre .....   | 21 |
| Ilustración 9: Actual ocupación para AFI en las porciones de espectro de 905 - 915 y 950 - 960 MHz .....                     | 26 |
| Ilustración 10: Actual ocupación de AFI por departamento en Colombia. ....   | 27 |
| Ilustración 11 Interferencia vs banda de guarda mínima 2G (banda 850 MHz) vs 4G (banda 900 MHz) .....                        | 29 |
| Ilustración 12 Interferencia vs banda de guarda mínima 4G (banda 850 MHz) vs 4G (banda 900 MHz) .....                        | 31 |
| Ilustración 13 Las principales bandas de frecuencia FDD admitidas por dispositivos compatibles con LTE.....                  | 32 |
| Ilustración 14 LTE-FDD dispositivos de usuario por tipo. ....  | 33 |
| Ilustración 15 Disposición de frecuencias para la banda de 900 MHz conforme a la Recomendación UIT-R M.1036-6.....           | 37 |
| Ilustración 16 Configuración de posibles portadoras para la banda de 900 MHz. ....   | 38 |

## SIGLAS Y ACRÓNIMOS

|           |  |
|-----------|--|
| ANE       | Agencia Nacional del Espectro  |
| ACMA      | Autoridad Australiana de Comunicaciones y Medios (por sus siglas en inglés)                        |
| AFI       | Acceso Fijo Inalámbrico  |
| CITEL     | Comisión Interamericana de Telecomunicaciones  |
| CNABF     | Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencia  |
| CMR       | Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones   |
| ENACOM    | Ente Nacional de Comunicaciones de Argentina   |
| FDD       | Duplexación por División de Frecuencia (por sus siglas en inglés)                                  |
| GURL-SRDs | Licencia de radio de usuario general para dispositivos de corto alcance (por sus siglas en inglés) |
| GSM       | Sistema global para Móviles  |
| GSA       | Asociación mundial de proveedores móviles (por sus siglas en inglés)                               |
| IMT       | Telecomunicaciones Móviles Internacionales (por sus siglas en inglés)                              |
| ICM       | Bandas Industriales, Científicas y Médicas   |
| ISED      | Instituto de Ciencia de la Innovación y Desarrollo Económico (por sus siglas en inglés)            |
| LTE móvil | Evolución a Largo Plazo (por sus siglas en inglés)   |
| LIPD      | Licencia de clase de dispositivos de bajo potencial de interferencia                               |
| MinTIC    | Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.                                  |
| MFCN      | Redes de Comunicaciones Móviles y Fijas (por su sigla en inglés).                                  |
| RR        | Reglamento de Radiocomunicaciones, de la UIT   |
| RCA       | Radiofrecuencia de Corto Alcance   |
| RSM       | La entidad denominada Gestión del Espectro de Radio (por sus siglas en inglés)                     |
| UMTS      | Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles (por sus siglas en inglés)                         |
| UPB       | Universidad Pontificia Bolivariana.  |
| SGE       | Sistema de Gestión de Espectro   |
| SCMA      | Servicio de Comunicaciones Móviles Avanzadas   |
| UIT       | Unión Internacional de Telecomunicaciones Comunicaciones (por sus siglas en inglés)                |
| 2G        | Tecnología de segunda generación para IMT  |
| 3G        | Tecnología de Tercera generación para IMT  |
| 4G        | Tecnología de cuarta generación para IMT   |
| FCC       | Comisión Federal de Comunicaciones (por sus siglas en inglés)                                      |

EUA            Estados Unidos de América  
CFR            Código de Regulaciones Federales (por sus siglas en inglés)

## 1 INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años, la Agencia Nacional del Espectro (ANE) ha identificado la necesidad de algunos usuarios de ampliar el espectro para uso libre en la banda de 900 MHz pasando de 915 - 928 MHz (actualmente permitida por la Resolución 105 de 2020 para uso libre en la banda de 900 MHz) a la banda comprendida entre 902 - 928 MHz.

Sin embargo, los rangos de frecuencias comprendido entre 880 - 915 y 925 - 960 MHz, conocidos como banda de 900 MHz (Banda 8 del 3GPP), fueron identificados en la Región 2 para la prestación de servicios IMT, de acuerdo con la nota internacional 5.317A del Reglamento de Radiocomunicaciones.

Es por esto que la ANE durante el año 2019 adelantó el estudio denominado “Análisis de bandas de frecuencias del servicio fijo y móvil para la adopción de nuevas tecnologías”, cuyo objetivo era realizar un análisis de las nuevas tecnologías de radiocomunicaciones a nivel mundial para los servicios radioeléctricos Fijo y Móvil y su posible adopción en el país, para ello se analizaron diferentes tecnologías y las posibles bandas donde estas podrían llegar a funcionar, resultando como una de las opciones la banda de 900 MHz.

Por otro lado, una vez conocidos los resultados de la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones del 2019 (CMR-19) y la subasta de espectro realizada por el Mintic el 20 de diciembre de 2019, fue necesario actualizar los escenarios de disponibilidad de espectro para IMT en Colombia, razón por la cual la ANE incluyó en el plan de acción para la vigencia 2020 la actividad titulada “Actualizar el documento de escenarios de disponibilidad de espectro para el desarrollo de IMT y definir los planes de migración requeridos”, la cual fue desarrollada por la entidad durante el primer semestre de 2020 y como resultado se obtuvo el “Documento de consulta pública sobre las bandas de frecuencias disponibles para el futuro desarrollo de las Telecomunicaciones Móviles Internacionales (IMT) en Colombia” donde se incluía la banda de 900 MHz, planteando la necesidad de llevar a cabo un estudio de convivencia con las aplicaciones adyacentes a esta.

Por lo antes expuesto, la ANE dentro de las actividades de su plan de acción para el año 2021 incluyó dos actividades para la banda de 900 MHz, la primera consistía en adelantar un estudio de convivencia con los servicios adyacentes a esta banda y así poder determinar las medidas de protección contra interferencias requeridas para tal fin, para lo cual, la ANE contrato a la Universidad Pontificia Bolivariana

mediante el Convenio No. 113 para el desarrollo del mencionado estudio; la segunda actividad consistía en concluir el estudio denominado “Estudio de planeación del espectro para la banda de 900 MHz”, dichas actividades con el fin de determinar el futuro de esta banda en Colombia.

Los resultados de dicho estudio son objeto del presente documento, en cuyo capítulo 1 inicialmente se describe el estudio de gestión y planeación del espectro realizado en la banda de frecuencias de 894 - 960 MHz, destacando aspectos como la atribución del espectro; el contexto nacional e internacional de la banda, que consistió en analizar diferentes administraciones de espectro; la ocupación y disponibilidad de la banda, el ecosistema de equipos disponible en la banda y finalmente la convivencia con los sistemas incumbentes.

En el capítulo 2 se analizan los hallazgos más relevantes del capítulo anterior, con el fin de realizar una serie de recomendaciones, describiendo el posible uso del espectro en la banda de frecuencias de 900 MHz.

Finalmente, en el desarrollo del capítulo 3 se muestran las conclusiones del estudio de gestión y planeación del espectro radioeléctrico realizado.

## 2 ESTADO ACTUAL DE LA BANDA DE FRECUENCIA DE 900 MHz

Las características técnicas del espectro en bandas bajas permiten que haya una mayor propagación en zonas rurales, logrando de esta manera una mejor cobertura en zonas rurales con un menor despliegue de infraestructura, lo que puede ayudar a reducir la brecha digital entre las zonas urbanas y rurales y con ello lograr una mayor equidad. [1]

La banda de 900 MHz fue una de las primeras bandas identificadas para la implementación de IMT, y sobre esta se han desplegado tecnologías 2G y 3G en diferentes países y en diferentes porciones de este espectro. De igual forma, existen administraciones que han definido parte de esta banda para la implementación de aplicaciones de uso libre. A continuación, se encuentra una descripción de la atribución de la banda de 900 MHz en Colombia, así como su contexto nacional e internacional, la ocupación, el ecosistema de equipos de radiocomunicaciones de esta banda de frecuencias y la convivencia con los servicios incumbentes.

### 2.1 ATRIBUCIÓN

En el CNABF el rango de frecuencias de 894 - 960 MHz ha sido segmentado en catorce rangos de frecuencias atribuidos de la siguiente manera:

- Los rangos de 935 - 936,125 MHz y de 953 - 960 MHz se encuentran atribuidos a título primario a los servicios Móvil, salvo móvil aeronáutico y Fijo respectivamente
- De 942 - 953 MHz se encuentra atribuido a título primario a los servicios Fijo y Móvil
- De 896 - 897,125 MHz está atribuido a título primario a los servicios Fijo y Móvil, salvo móvil aeronáutico
- De 908 - 915 MHz está atribuida a título primario al servicio Fijo y a Título secundario a Aficionados
- Los rangos de 894 - 896 MHz, 897.125 - 902 MHz, 928 - 935 MHz y 936.125 - 942 MHz se encuentran atribuidos a título primario a los servicios Fijo y Móvil, salvo móvil aeronáutico y a título secundario a Radiolocalización
- De 902 - 905 MHz está atribuido a título primario a los servicios Fijo y Móvil, salvo móvil aeronáutico y a título secundario a Aficionados
- Y los rangos de 905 - 908 MHz y de 915 - 928 MHz se encuentran atribuidos a título primario al servicio Fijo y a título secundario a Móvil, salvo móvil aeronáutico, Aficionados y Radiolocalización

La atribución completa de los rangos de frecuencias de 894 - 928 / 928 - 960 MHz puede observarse en la Ilustración 1 y la Ilustración 2 del presente documento, mientras que el resumen de las notas internacionales de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) para cada porción de espectro en la Región 2 se puede observar más adelante en la Tabla 1.

**Ilustración 1 Atribución en Colombia del rango 894 - 928 MHz**

|                 |     |                               |                               |
|-----------------|-----|-------------------------------|-------------------------------|
| 894-896 MHz     | FUO | MÓVIL salvo móvil aeronáutico | Radiolocalización             |
| 896-897,125 MHz | FUO |                               | MÓVIL salvo móvil aeronáutico |
| 897,125-902 MHz | FUO | MÓVIL salvo móvil aeronáutico | Radiolocalización             |
| 902-905 MHz     | FUO | MÓVIL salvo móvil aeronáutico | Aficionados                   |
| 905-908 MHz     | FUO | Aficionados                   | Móvil salvo móvil aeronáutico |
| 908-915 MHz     | FUO |                               | Aficionados                   |
| 915-928 MHz     | FUO | Aficionados                   | Móvil salvo móvil aeronáutico |
|                 |     |                               | Radiolocalización             |

Fuente: Aplicativo web del CNABF de la ANE.

**Ilustración 2: Atribución en Colombia del rango 939 - 960 MHz**

|                 |                               |                               |                   |
|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------|
| 928-935 MHz     | FUO                           | MÓVIL salvo móvil aeronáutico | Radiolocalización |
| 935-936,125 MHz | MÓVIL salvo móvil aeronáutico |                               |                   |
| 936,125-942 MHz | FUO                           | MÓVIL salvo móvil aeronáutico | Radiolocalización |
| 942-942,5 MHz   | FUO                           |                               | MÓVIL             |
| 942,5-950 MHz   | FUO                           |                               | MÓVIL             |
| 950-953 MHz     | FUO                           |                               | MÓVIL             |
| 953-960 MHz     | FUO                           |                               |                   |

Fuente: Aplicativo web del CNABF de la ANE.

**Tabla 1. Notas internacionales de atribución del espectro para los rangos de frecuencias de 894 - 960 MHz.**

| Nota Internacional | Frecuencias (MHz)          | Descripción  |
|--------------------|----------------------------|--|
| <b>5.317A</b>      | 894 - 905<br>936,125 - 953 | Para la Región 2 se identificaron partes del rango de frecuencias 698 - 960 MHz para su utilización por las Administraciones para las Telecomunicaciones Móviles Internacionales (IMT) incluida Colombia |
| <b>5.318</b>       | 894 - 896                  | Atribución adicional para el servicio móvil aeronáutico en algunas administraciones de la Región 2 (Colombia no se encuentra incluida).  |
| <b>5.325</b>       | 894 - 905<br>908 - 942     | Categoría de servicio diferente para el servicio de radiolocalización en algunas administraciones de la Región 2 (Colombia no se encuentra incluida).  |
| <b>5.150</b>       | 902 - 915<br>915 - 928     | El rango de frecuencias de 902-915 se encuentra designadas para aplicaciones industriales, científicas y médicas (ICM) en la Región 2.   |
| <b>5.325A</b>      | 902 - 905                  | Mediante esta nota la banda de frecuencias 902 - 905 MHz en Colombia está atribuida al servicio móvil salvo móvil aeronáutico a título primario  |

| Nota Internacional | Frecuencias (MHz) | Descripción  |
|--------------------|-------------------|--|
| 5.326              | 903 - 905         | Categoría de servicio diferente por parte de algunos países de la Región 2 (No incluye Colombia) |

Fuente: Elaborado por la ANE con información del CNABF.

## 2.2 CONTEXTO NACIONAL

En lo que respecta a Colombia la banda de 900 MHz presenta un escenario en el cual actualmente conviven 3 tipos de sistemas de telecomunicaciones, así: (I) IMT, (II) sistemas de Acceso Fijo Inalámbrico (AFI) y (III) sistemas de aplicaciones de uso libre, en la Ilustración 3 se observan los rangos de frecuencias correspondientes para cada uno de ellos, así como la comparación entre la banda de 900 MHz del 3GPP y su actual atribución en Colombia.

**Ilustración 3: Comparación entre la banda de 900 MHz del 3GPP y la atribución actual de la banda de 900 MHz en Colombia**

| Banda de 900 MHz (Banda 8 del 3GPP) 880-915 / 925-960 MHz |                                     |     |                   |     |     |     |     |               |                   |     |     |     |
|---|-------------------------------------|-----|-------------------|-----|-----|-----|-----|---------------|-------------------|-----|-----|-----|
| 880   | Banda 900 MHz                       |     |                   |     | 915 | GAP | 925 | Banda 900 MHz |                   |     | 960 |     |
| Escenario actual banda de 900 MHz                         |                                     |     |                   |     |     |     |     |               |                   |     |     |     |
| 880   | Banda de 850 Downlink (869-894 MHz) | 894 | IMT (894-905 MHz) | 905 | AFI | 915 | RCA | 928           | IMT (939-950 MHz) | 950 | AFI | 960 |

Fuente: Elaborado por la ANE con información del CNABF y la Resolución 105 de la ANE.

En la Ilustración 3 se observa la comparación entre la banda 8 del 3GPP o banda de 900 MHz, identificada por la UIT para las IMT y la actual atribución en Colombia para esta porción de espectro, la parte inicial en color naranja corresponden a la parte alta de la banda 850 MHz (869 - 894 MHz) asignada para IMT por el Mintic mediante las Resoluciones 597 y 598 de 2014; en color azul se encuentran los rangos de frecuencias de 894 - 905 MHz y 939 - 950 MHz que conforman 22 MHz de espectro, sobre estos rangos, el Artículo 1.7.1 de la Resolución 105 expedida por la ANE, establece que se encuentran reservados y aún no se han asignado.

Por otra parte, el rango de frecuencias adyacente de 905 - 915 / 950 - 960 MHz (color amarillo) está siendo usado actualmente por sistemas de Acceso Fijo Inalámbrico (AFI), cuyos permisos cuentan con una fecha máxima de vigencia hasta el 31 de diciembre de 2025. Es importante mencionar que la normatividad colombiana no

contempla otorgar nuevos permisos a los sistemas AFI en Colombia lo anterior conforme a lo señalado en el artículo 30 de la Resolución 964 de 2019 expedida por Mintic. Por lo tanto, estos sistemas dejarán de operar en Colombia a partir del 1 de enero de 2026.

Finalmente, en el rango de frecuencias 915 - 928 MHz (color gris) está permitido el funcionamiento de dispositivos de uso libre de espectro (o RCA), bajo las condiciones técnicas específicas definidas en el Título 4 y en el Anexo 1 de la Resolución 105 de 2020 expedida por la ANE.

## 2.3 CONTEXTO INTERNACIONAL

Las administraciones de espectro de cada país cuentan con sus respectivos marcos regulatorios para la banda de 900 MHz y muchos de ellos tienen similitudes en algunos aspectos técnicos para su operación y condiciones de uso. En este numeral se presenta la información de las recomendaciones realizadas por la UIT y las reglamentaciones expedidas por algunas administraciones. Lo anterior, con el fin de analizar las tendencias mundiales en el uso de esta banda y con ello iniciar la identificación del escenario más favorable para Colombia.

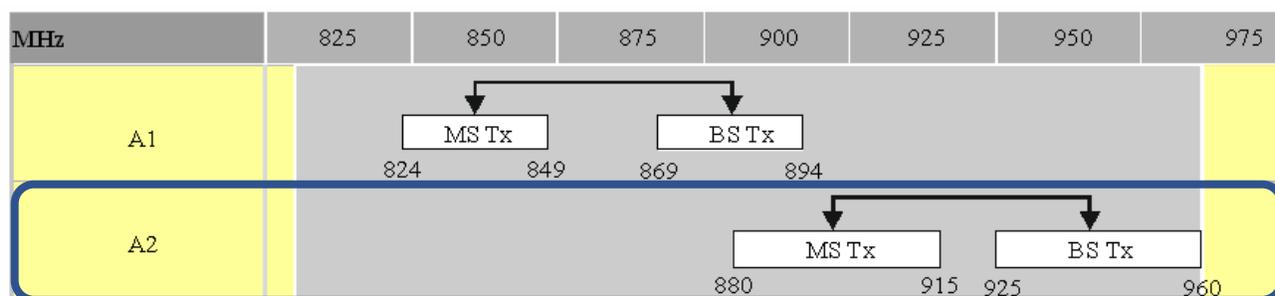
### 2.3.1 Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT)

El Reglamento de Radiocomunicaciones (RR) de la UIT establece en su nota de atribución 5.317A varios rangos de frecuencia para ser utilizados para las IMT, para el caso de la Región 2 se definió la banda de frecuencias 698 - 960 MHz, la cual incluye la banda de 900 MHz.

*“(...)**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.CMR19)**, **760 (Rev.CMR-19)** y **749 (Rev.CMR-19)**, 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. (MOD CMR-19)(...)”*

Este organismo en su Recomendación UIT-R M.1036-6, denominada “Disposiciones de frecuencias para la implementación de la componente terrenal de las telecomunicaciones móviles internacionales en las bandas identificadas en el Reglamento de Radiocomunicaciones para las IMT” [2], proporciona directrices sobre la selección de disposiciones de frecuencias de transmisión y recepción aplicables a la componente terrenal de los sistemas IMT a fin de permitir la utilización más eficiente y eficaz del espectro para la provisión de servicios IMT, para lo cual recomienda una canalización FDD con 35 MHz de subida (880 - 915 MHz) y 35 MHz de bajada (925 - 960 MHz), para un total de 70 MHz, y con separación central de 10 MHz y separación dúplex de 45 MHz entre transmisión y recepción, tal como se observa en la disposición de frecuencias de la Ilustración 4 resaltada en color azul.

**Ilustración 4: Disposición de frecuencias para la banda de 900 MHz conforme a la Recomendación UIT-R M.1036-6.**



Fuente: Adaptado de [2]

Además, la UIT en el reglamento de radiocomunicaciones, mediante la nota 5.150, establece una porción de la banda de frecuencias de 900 MHz (902 - 928 MHz) para aplicaciones industriales, científicas y médicas (ICM) para la Región 2.

“(…)5.150 Las bandas:

- 13 553-13 567 kHz (frecuencia central 13 560 kHz),
- 26 957-27 283 kHz (frecuencia central 27 120 kHz),
- 40,66-40,70 MHz (frecuencia central 40,68 MHz),
- 902-928 MHz en la Región 2 (frecuencia central 915 MHz),
- 2 400-2 500 MHz (frecuencia central 2 450 MHz),
- 5 725-5 875 MHz (frecuencia central 5 800 MHz) y
- 24-24,25 GHz (frecuencia central 24,125 GHz)

*están designadas para aplicaciones industriales, científicas y médicas (ICM). Los servicios de radiocomunicación que funcionan en estas bandas deben aceptar la interferencia perjudicial resultante de estas aplicaciones. Los equipos ICM que funcionen en estas bandas estarán sujetos a las disposiciones del número **15.13(...)**”*

### 2.3.2 Administraciones de espectro

A continuación, se presentan algunos casos de uso del espectro en la banda de frecuencias de 900 MHz implementados por algunas administraciones de espectro a nivel mundial.

#### 2.3.2.1 Argentina

El Ente Nacional de Comunicaciones (ENACOM), entidad encargada de regular las telecomunicaciones en Argentina, atribuyó las bandas de frecuencias comprendidas entre 905 - 915 MHz y 950 - 960 MHz al Servicio Móvil a título primario, así mismo, dispuso dichas frecuencias para la prestación del Servicio de Comunicaciones Móviles Avanzadas (SCMA) [3].

En lo que respecta a la canalización para esta banda, ENACOM acogió los arreglos de frecuencias definidos por la UIT en la disposición A2 en la Recomendación UIT-R M.1036, utilizando el segmento 905 - 915 MHz y 950 - 960 MHz para el despliegue de sistemas IMT, con una canalización de 2x10 MHz en modo dúplex por división de frecuencia (FDD por sus siglas en inglés), con asignación regional. Para asignar la banda de 900 MHz para IMT, ENACOM realizó un procedimiento de Refarming con compensación económica en donde el operador entrante Nextel pago una suma de dinero a ENACOM con el fin de migrar a otras bandas a los usuarios que contaban con permisos de espectro vigentes en esta porción de espectro. En las partes restantes de la banda de 900 MHz, es decir de 894 - 905 MHz y 939 - 950 MHz, se mantuvieron los servicios que venían funcionando<sup>1</sup>.

En lo que respecta a la convivencia con los servicios adyacentes, ENACOM definió una banda de guarda de 11 MHz respecto a la banda de 850 MHz, siendo esta

<sup>1</sup> Servicio de transmisión de Datos con Modalidad MÓVIL – STDMM, Sistemas de Acceso Inalámbrico al Servicio Básico Telefónico (WLL) – AISBT, Servicio de Aviso a Personas Bidireccional – SAPB, Sistemas de Espectro Ensanchado – SEE, Sistemas Inalámbricos de Acceso Local de Banda Ancha – SIALBA, para los cuales ENACOM se compromete a garantizar la no interferencia de parte de estos servicios realizando los estudios requeridos en caso de interferencia, donde priorizara a las SCMA sobre las demás aplicaciones.

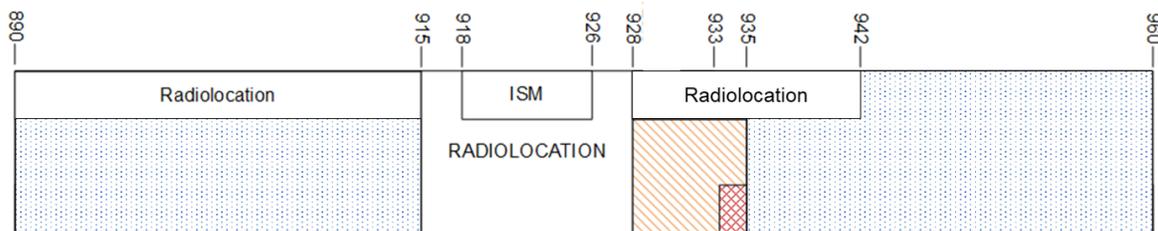
también asignada para Servicio de Comunicaciones Móviles Avanzadas (SCMA) en Argentina (similar al caso de Colombia), en lo que respecta a la mencionada banda de guarda, esta fue determinada sin un estudio técnico y a la fecha no se encuentra en curso ningún estudio de compatibilidad entre las bandas de 850 MHz y 900 MHz.

Durante el año 2018 el Ministerio de Modernización de Argentina mediante la Resolución 581 acotó el rango de uso compartido de la banda de frecuencia de 900 MHz al segmento 915 - 928 MHz, este recorte aplicó para lo que se conoce como redes WAS/RLAN que manejan potencias de hasta 30 dBm, esta modificación, permitió continuar con el uso del rango de frecuencias de 902 - 915 MHz, de forma compartida entre IMT y las aplicaciones de corto alcance de muy baja potencia [4].

### 2.3.2.2 Australia

En la actualidad la Autoridad Australiana de Comunicaciones y Medios (ACMA por sus siglas en inglés) se encuentra adelantando un proceso de subasta para IMT en la banda de 900 MHz, que de acuerdo con lo descrito en los documentos publicados por ACMA, se realizará para las ciudades principales en un bloque de 2x5 MHz y de forma regional en 4 bloques de 2x5 MHz [5]. En la Ilustración 5 del presente documento se muestra la actual atribución para la banda de 900 MHz en Australia.

**Ilustración 5: Diagrama de servicios para la banda de 900 MHz en Australia**



Note: This diagram should be read in conjunction with Tables 3 and 4 (including notes) of the Plan.

|  |  |   |
|--|--|---|
|  LOW POWER/DUTY-CYCLE FIXED LINKS/MESH NODES<br> COGNITIVE RADIO SYSTEM RESEARCH<br> CONSIDERED FOR FUTURE SPECTRUM LICENSE | <b>ABBREVIATIONS</b><br>BR = Base Receive<br>BT = Base Transmit<br>CMTS = Cellular Mobile Telephone Service<br>ISM = Industrial, Scientific and Medical applications | <b>LEGEND</b><br>Services printed in upper case letters are primary services. See Table 3.<br>Services printed in lower case letters are secondary services. See Table 4. |
|--|--|---|

Fuente: Extraído de la Autoridad Australiana de Comunicaciones y Medios [5]

En lo concerniente a las aplicaciones de uso libre, la ACMA permite su operación en el GAP de la banda de 900 MHz, es decir en el rango de frecuencia de 915 - 928 MHz bajo la licencia de clase de dispositivos de bajo potencial de interferencia (LIPD, por sus siglas en inglés). Este tipo de licencia permite usar algunos dispositivos de corto alcance en frecuencias compartidas y no requiere ser solicitada ni requiere el pago de ninguna tarifa, debido a que la licencia es otorgada de manera general durante el proceso de homologación del dispositivo.

No obstante lo anterior, la ACMA concluyó en diciembre de 2020 la revisión de las disposiciones en la banda de 803 - 960 MHz, donde determinó realizar el ajuste de la normatividad para dispositivos con bajo potencial de interferencia, para lo cual actualizó la LIPD, permitiendo la introducción de dispositivos IoT en la banda de 928 - 935 MHz, específicamente para dispositivos de telemetría y control con los siguientes parámetros técnicos.

- EIRP no debe exceder los 25 mW (14 dBm).
- La densidad espectral de potencia radiada (PSD) no debe superar los -14,5 dBm / kHz.
- Se aplicará un ciclo de trabajo máximo del 0.1 por ciento a los transmisores que operan bajo estas disposiciones con un promedio de más de una hora en cualquier frecuencia dada. [5]

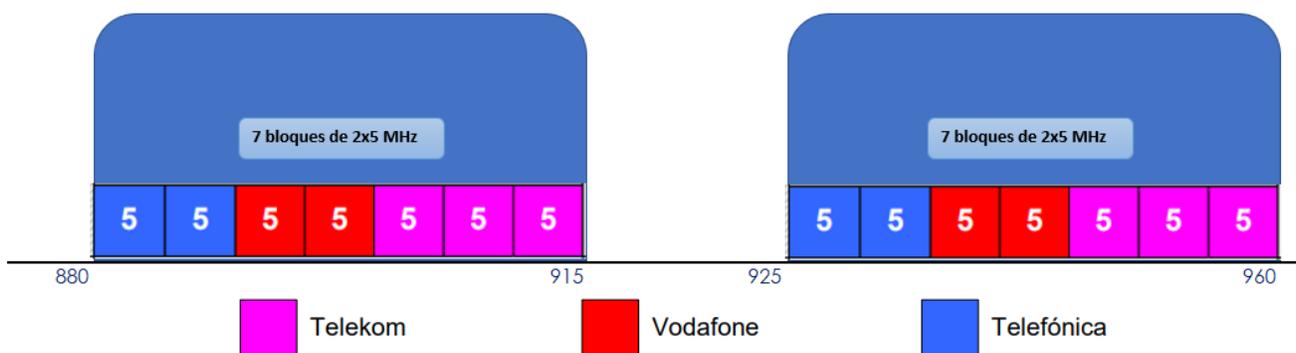
### 2.3.2.3 Alemania

El Bundesnetzagentur, organismo encargado de regular el sector de las telecomunicaciones en Alemania, adelantó durante el año 2016 la subasta de la banda de 900 MHz, compuesta por los segmentos de espectro comprendido entre 880 - 915 MHz y 925 - 960 MHz, en bloques de 2x5 MHz tal como se observa en la Ilustración 6, para el despliegue de redes de comunicaciones móviles y fijas (MFCN por su sigla en inglés), dentro de la mencionada subasta se establecieron algunos parámetros como [6]:

- Los derechos de licitación en la banda de 900 MHz están limitados a un paquete de espectro máximo de 2x15 MHz (pareado) por operador.
- Una tasa de transmisión mínima de 50 Mbit/s por sector, el objetivo de este requisito busca garantizar la disponibilidad general de velocidades de transmisión de 10 Mbit/s para los usuarios finales.

- Los operadores pueden celebrar acuerdos de cooperación y arrendar frecuencias.
- Obligación de cobertura mínimo del 98% de los hogares a nivel nacional.
- Debe garantizarse la cobertura de las principales rutas de transporte (autopistas nacionales y líneas ferroviarias de alta velocidad), en la medida en que sea legal y posible.

**Ilustración 6: Canalización de la banda 900 MHz en Alemania**



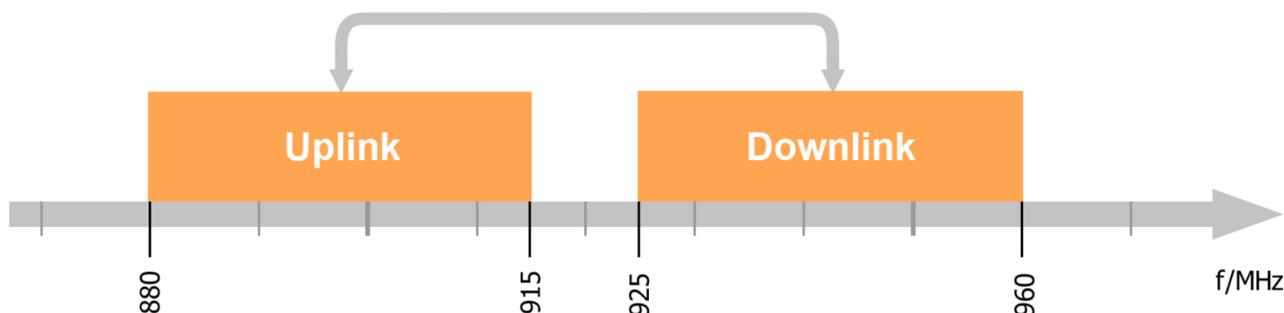
**Fuente: ANE con información de El Bundesnetzagentur [7]**

En lo que respecta a la banda de 850 MHz, en Alemania no se encuentra en uso debido a que actualmente se encuentra desplegada la banda de 800 MHz, que comprende los rangos de frecuencia entre 791 - 821 MHz y 832 - 862 MHz, la cual es utilizada para MFCN [6]. Finalmente, en lo concerniente a dispositivos de uso libre, estos no son permitidos en el GAP de la banda de 900 MHz.

### 2.3.2.4 Austria

La División Postal y de Telecomunicaciones, encargada de regular el espectro radioeléctrico, adelantó en el año 2013 el proceso de subasta de toda la banda de 900 MHz, donde asignó dos bloques de 2x15 MHz y un bloque de 2x5 MHz, para un total de 2x35 MHz, tal como se observa en la Ilustración 7. Las tecnologías desplegadas actualmente son GSM / UMTS / LTE móvil [8]. Ahora bien, en lo concerniente a la banda de 850 MHz, esta no es utilizada en Austria ya que se encuentra desplegada la banda de 800 MHz (791 - 821 / 832 - 862 MHz). Finalmente, el funcionamiento de las aplicaciones de uso libre está permitido solo en las bandas de 2.4 y 6 GHz.

Ilustración 7: Asignación de la banda de 900 MHz en Austria



Fuente: Extraído de [8]

### 2.3.2.5 Chile

La banda de 900 MHz en Chile se encuentra asignada a las IMT desde el año 2010, los rangos de frecuencia establecidos para su funcionamiento corresponden a 902,1 - 912,1 MHz pareado con 947,1 - 957,1 MHz, en dos bloques de 10 MHz en configuración FDD, con dos asignaciones nacionales, en las cuales se encuentran desplegadas actualmente tecnologías 2G y 3G [9].

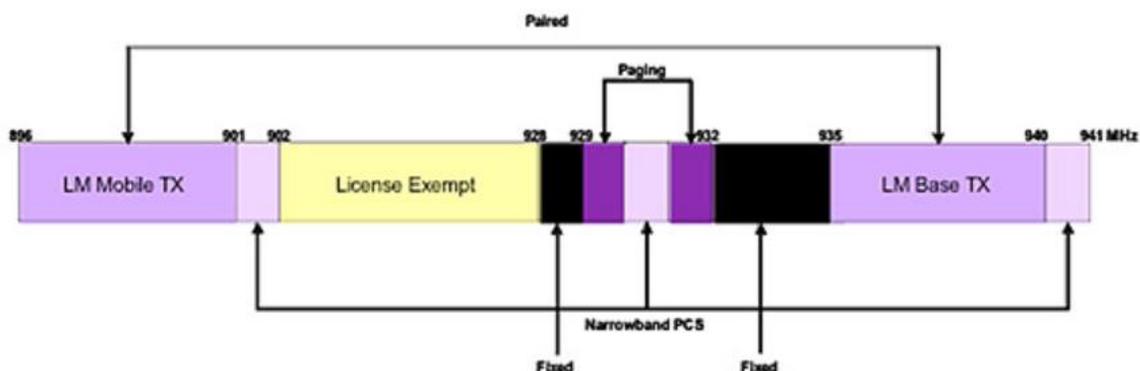
En lo que respecta a la convivencia con los servicios adyacentes, en la parte inferior de la banda de 900 MHz se encuentra en operación la banda de 850 MHz asignada a las IMT, para lo cual la Subsecretaría de Telecomunicaciones de Chile (Subtel) estableció como medida de protección una banda de guarda de 9 MHz, adicional a esto, el actual operador de la banda de 900 MHz implementó una serie de filtros debido a algunos casos de interferencia que se presentaron.

En lo que respecta a los dispositivos de baja potencia y corto alcance, Subtel tiene establecido su funcionamiento solo en el segmento 915 - 928 MHz, restringiendo la importación de dispositivos que operen en el segmento 902 - 915 MHz [10]; lo anterior, con el fin de no generar interferencias a los operadores de MFCN que se encuentran desplegados en la banda de 900 MHz.

### 2.3.2.6 Canadá

La oficina denominada Instituto de Ciencia de la Innovación y Desarrollo Económico (ISED, por sus siglas en inglés) es la encargada en Canadá de regular el espectro radioeléctrico y definir los requisitos para la aprobación y certificación de dispositivos de comunicaciones. En lo concerniente a la banda de 900 MHz, esta no es utilizada para las IMT, porque actualmente se encuentran desplegadas diferentes aplicaciones como sistemas de comunicaciones aire tierra en los rangos de 849 - 851 MHz y de 894 - 896 MHz [11], dispositivos de radio exenta de licencia que opera en los rangos de frecuencia de 902 - 928 MHz conforme a la norma RSS-210, sistemas de comunicaciones fijos de 928 - 929 MHz y de 932 - 935 MHz y sistemas móviles terrestres y fijos punto a punto que operan en las bandas 896 - 901 y 935 - 940 MHz [12]

**Ilustración 8: Plan de banda de 900 MHz para el servicio móvil terrestre**



Fuente: Extraído de ISED [13]

### 2.3.2.7 Estados Unidos de América

La Comisión Federal de Comunicaciones (FCC, por sus siglas en inglés) es la entidad encargada de regular las comunicaciones en los Estados Unidos de América (EUA) mediante el Código de Regulaciones Federales (CFR, por sus siglas en inglés), en donde se encuentra la normatividad técnica y operativa para los diferentes equipos y servicios de comunicación que operan en el país. En lo que respecta a la banda de 900 MHz al igual que Canadá esta banda no es utilizada para las IMT, en su lugar se encuentra actualmente permitida la operación de diferentes tipos de aplicaciones, como son aplicaciones de uso libre (902 - 928 MHz), comunicaciones personales, enlaces fijos de microondas, sistemas de banda estrecha, redes privadas de banda ancha, entre otras [14].

En lo concerniente a redes privadas de banda ancha, la FCC permitió su funcionamiento en la banda de 900 MHz en el año 2020, mediante una reorganización del rango de frecuencias comprendidas entre 896 - 901 y 935 - 940 MHz, con el fin de permitir aplicaciones de banda ancha de misión crítica y ayudar a mantener la infraestructura crítica, principalmente a través de la construcción de redes LTE privadas para distintos sectores industriales [14].

### 2.3.2.8 Nueva Zelanda

La entidad denominada Gestión del Espectro de Radio (RSM por sus siglas en inglés) es la organización responsable de la gestión del espectro para Nueva Zelanda. Con respecto a la banda de 900 MHz, esta actualmente se encuentra asignada a las comunicaciones móviles en los rangos comprendidos entre 890 - 915 MHz y 935 - 960 MHz, así como la banda de 850 MHz comprendida entre 825 - 845 MHz y 870 - 890 MHz. Respecto a la separación entre estas dos bandas se destinaron 5 MHz entre 885 y 890 MHz como una banda en desuso (banda de guarda) separando la banda de 850 MHz de la de 900 MHz. En el proceso de asignación de la banda de 850 MHz fueron asignados los 5 MHz de la banda de guarda y es el operador de la banda de 850 MHz quien puede comercializarla, otorgándole un valor de negocio, delegando así al operador el rol de “coordinador” de la mencionada banda de guarda [15].

Por otra parte, la RSM maneja la licencia de radio de usuario general para dispositivos de corto alcance (GURL-SRDs por sus siglas en inglés), la cual permite el funcionamiento de dispositivos de uso libre en el rango de frecuencias de 915 - 928 MHz.

### 2.3.2.9 Perú

La banda de 900 MHz en Perú ha sido un caso particular, debido a que se realizó una extensión de la banda de 850 MHz utilizada para IMT, ampliándola hasta los 894 - 899 / 939 - 944 MHz en las ciudades de Lima y Callao y de 894 - 902 / 939 - 947 MHz en las demás provincias del país, por lo tanto, la asignación de la banda de 900 MHz quedó de 899 - 915 MHz / 944 - 960 MHz en las ciudades de Lima y Callao con un canal de 2x16 MHz y de 902 - 915 MHz / 947 - 960 MHz y en el resto del País con un canal de 2x13 MHz [16].

En cuanto a medidas de protección entre las bandas de 850 MHz y 900 MHz, no se estableció banda de guarda teniendo en cuenta la extensión de la primera banda señalada, no obstante, dentro del proceso de asignación de la banda de 900 MHz

se incluyó que el operador proveerá las protecciones técnicas necesarias para la operación de su red, teniendo en cuenta las recomendaciones internacionales para el despliegue de infraestructura.

En lo concerniente a los dispositivos de baja potencia y corto alcance, de acuerdo con la Resolución Ministerial N 324-2011-MTC-03 del 7 de mayo de 2011, no se permitió continuar con su funcionamiento en el rango de 902 - 928 MHz, donde el operador a quien se le asignó la banda de 900 MHz adoptó las medidas necesarias para el reemplazo de los equipos o aparatos de telecomunicaciones que operaban en la banda 902 - 928 MHz. Finalmente, el rango de frecuencias comprendido entre 915 y 928 MHz quedó en reserva y solo se permite el funcionamiento de los permisos otorgados previamente a las estaciones de servicio privado hasta su culminación.

### 2.3.2.10 Reino Unido

La Oficina de Comunicaciones (Ofcom) es la entidad encargada de regular los diferentes servicios de comunicación en el Reino Unido. Respecto a la banda de 900 MHz (880 - 915 MHz y 925 - 960 MHz), esta se encuentra asignada a nivel nacional a los operadores móviles para la prestación de las IMT, pero no es utilizado en todos los lugares de Reino Unido, por lo tanto, en el año 2018 Ofcom realizó una modificación a su normatividad para crear la licencia de acceso local, permitiendo que nuevos usuarios accedan al espectro en lugares donde los operadores móviles no realizan explotación de su licencia.

De acuerdo con lo señalado por Ofcom, este tipo de licencia permite compartir el espectro asignado a IMT en áreas remotas que no son atendidas por la red móvil existente, para soportar redes privadas o servicios de banda ancha inalámbrica, o en espacios confinados para operaciones mineras subterráneas. Lo anterior, sin afectar la red predominante o los planes futuros de los operadores móviles [17].

En la Tabla 2, se presenta un cuadro resumen con las diferentes atribuciones y asignaciones establecidas por algunas administraciones de espectro para las bandas de frecuencia de 850 MHz, 900 MHz y aplicaciones de uso libre en el GAP de la banda de 900 MHz.

**Tabla 2. Resumen de decisiones tomadas por algunas administraciones de espectro para el rango de frecuencias 894 - 960 MHz.**

| PAIS                      | ATRIBUCION O IDENTIFICACION IMT 850MHz | RANGO IMT 850MHz       | ATRIBUCION O IDENTIFICACION IMT 900MHz | RANGO IMT 900MHz   | ASIGNACIONES Y OPERACION EN LA BANDA 900IMT | USO LIBRE banda 900 MHz               |
|---------------------------|--|------------------------|--|--|---|---------------------------------------|
| Alemania                  | NO                                     | NA                     | SI                                     | 880 - 915 MHz y 925 - 960  | SI  | No permitido                          |
| Argentina                 | SI                                     | 824 - 849 / 869 - 894  | SI                                     | 2x10MHz-FDD<br>905 - 915 / 950 - 960   | SI  | 915-928 MHz                           |
| Australia                 | SI                                     | 825 - 845 / 870 - 890  | SI                                     | 890 - 915 / 935 - 960  | SI  | 915-928 MHz                           |
| Austria                   | NO                                     | NA                     | SI                                     | 880 - 915 / 925 - 960  | SI  | No permitido                          |
| Canadá                    | NO                                     | NA                     | NO                                     | NA   | NA  | 902 - 928                             |
| Chile                     | SI                                     | 824 - 849 / 869 - 894  | SI                                     | 2x10MHz-FDD:<br>902,1 - 912,1 / 947,1 - 957,1  | SI  | 915-928 MHz                           |
| Colombia                  | SI                                     | 824 - 849 / 869 - 894  | SI                                     | 894 - 905/950 - 960  | NO  | 915-928 MHz                           |
| Ecuador                   | SI                                     | 824 - 849 / 869 - 894  | SI                                     | 894 - 905/950 - 960  | SI  | -                                     |
| Estados Unidos de América | SI                                     | 824 - 849 / 869 - 894  | NO                                     |  | NA  | 902 - 928                             |
| Honduras                  | SI                                     | 824 - 849 / 869 - 894  | SI                                     | 2x8MHz-FDD<br>894-902 / 939-947  | NO  | No permitido                          |
| Hungría                   | -                                      | -                      | SI                                     | 880,1 - 914,9 / 925,1 - 959,9  | SI  | No permitido                          |
| México                    | -                                      | -                      | NO                                     | NA   | NA  | 902 - 928                             |
| Nicaragua                 | SI                                     | 824 - 849 / 869 - 894  | NO                                     | 895 - 915 / 940 - 960<br>Aun no hay planes inmediatos de asignación  | NO  | 915 - 940 MHz, pero está bajo estudio |
| Nueva Zelanda             | SI                                     | 825 - 845 / 870 - 890  | SI                                     | 890 - 915 / 935 - 960  | SI  | 915 - 928                             |
| Paraguay                  | SI                                     | 824 - 849 / 869 - 894  | SI                                     | 896 - 901 y 902 - 915 / 941 - 946 y 947 - 960  | SI  | 918 - 928                             |
| Perú                      | SI                                     | (824 - 849 / 869 - 894 | SI                                     | 2x16MHz<br>899 - 915 / 944 - 960<br>899 - 915 / 944 - 960:<br>Lima y Callao<br>902 - 915/947 - 960:<br>Resto del País. | SI  | No permitido                          |
| Reino Unido               | NA                                     | NA                     | SI                                     | 880 - 915 / 925 - 960  | SI  | No permitido                          |
| República Dominicana      | SI                                     | 824 - 849 / 869 - 894  | SI                                     | 2x20MHz<br>895 - 915 / 940 - 960   | SI  | No permitido                          |
| Uruguay                   | SI                                     | 824 - 849 / 869 - 894  | SI                                     | 903 - 915 / 948 - 960  | SI  | 915 - 928                             |

Fuente: ANE con información recopilada de [5] [6] [8] [3] [13] [16] [15] [17] [9]

Como se observa en la Tabla 2, las diferentes administraciones de espectro de los países relacionados en su gran mayoría han permitido la implementación de las IMT en la banda de 900 MHz, a excepción de Canadá, México y Estados Unidos (Nicaragua actualmente está realizando progresivamente un proceso de liberación de la banda); esto debido a que las bandas situadas bajo los 1 GHz poseen propiedades físicas de propagación superiores a las de las bandas de frecuencias más altas, por lo que pueden ser consideradas como “bandas de cobertura” y por lo tanto requieren menor densidad de infraestructura instalada para cubrir una zona determinada.

Respecto a la porción de espectro de la banda de 900 MHz destinada a las aplicaciones de uso libre, las administraciones de espectro de la Región 2 en la última década han venido recortando el espectro destinado para tal fin, pasando de un rango de 902 - 928 MHz a uno de 915 - 928 MHz conocida como la banda australiana para uso libre, dicha modificación obedeció a la necesidad de implementar las IMT en este rango. Tal como se observa en la Tabla 2 solo tres países de la Región 2 continúan permitiendo la operación de dispositivos RCA en el rango de 902 - 928 MHz.

## **2.4 OCUPACIÓN**

En esta sección se muestra la actual ocupación de los rangos de frecuencias comprendidos entre 894 y 960 MHz, en el cual actualmente conviven 4 tipos de sistemas de telecomunicaciones, así: (I) IMT, (II) sistemas de Acceso Fijo Inalámbrico (AFI), (III) aplicaciones de uso libre y (IV) Permisos para pruebas. Para determinar su ocupación se realizó una consulta el día 11 de noviembre del presente año, en el Sistema de Gestión de Espectro (SGE) del Mintic sobre los permisos de uso del espectro vigentes en el rango de frecuencias antes mencionado; los resultados obtenidos se muestran a continuación.

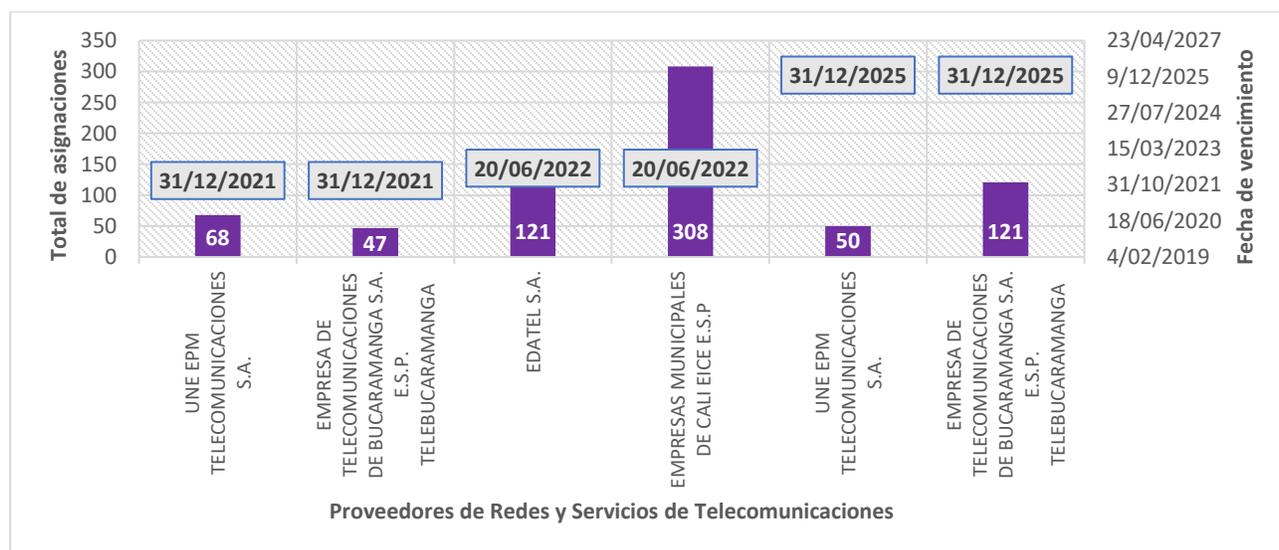
### **2.4.1 IMT**

Tal como se mencionó en el numeral 2.1 del presente documento, los segmentos de espectro comprendidos entre 894 - 905 MHz y 939 - 950 MHz se encuentran identificados para el despliegue de las IMT, en lo referente a su ocupación, la base de datos del SGE muestra que actualmente no existen permisos vigentes para esta porción de espectro.

## 2.4.2 AFI

En la consulta realizada en el aplicativo SGE del Mintic, para el rango de frecuencias comprendido entre 905 - 915 y 950 - 960 MHz se encontró un total de 4 Proveedores de Redes y Servicios de Telecomunicaciones (PRST) con 715 asignaciones asociadas al servicio Fijo, específicamente para la aplicación AFI y cuya fecha máxima de vigencia va hasta el 31 de diciembre de 2025. Es de resaltar que la normatividad colombiana no contempla otorgar nuevos permisos a los sistemas AFI en Colombia; lo anterior conforme a lo señalado en el artículo 30 de la Resolución 964 de 2019 expedida por el MinTIC; por lo tanto, dicho servicio dejará de operar en Colombia a partir del 1 de enero de 2026. Conforme a lo antes expuesto, en la Ilustración 9 se muestra de manera resumida la actual ocupación para esta porción de espectro.

**Ilustración 9: Actual ocupación para AFI en las porciones de espectro de 905 - 915 y 950 - 960 MHz**

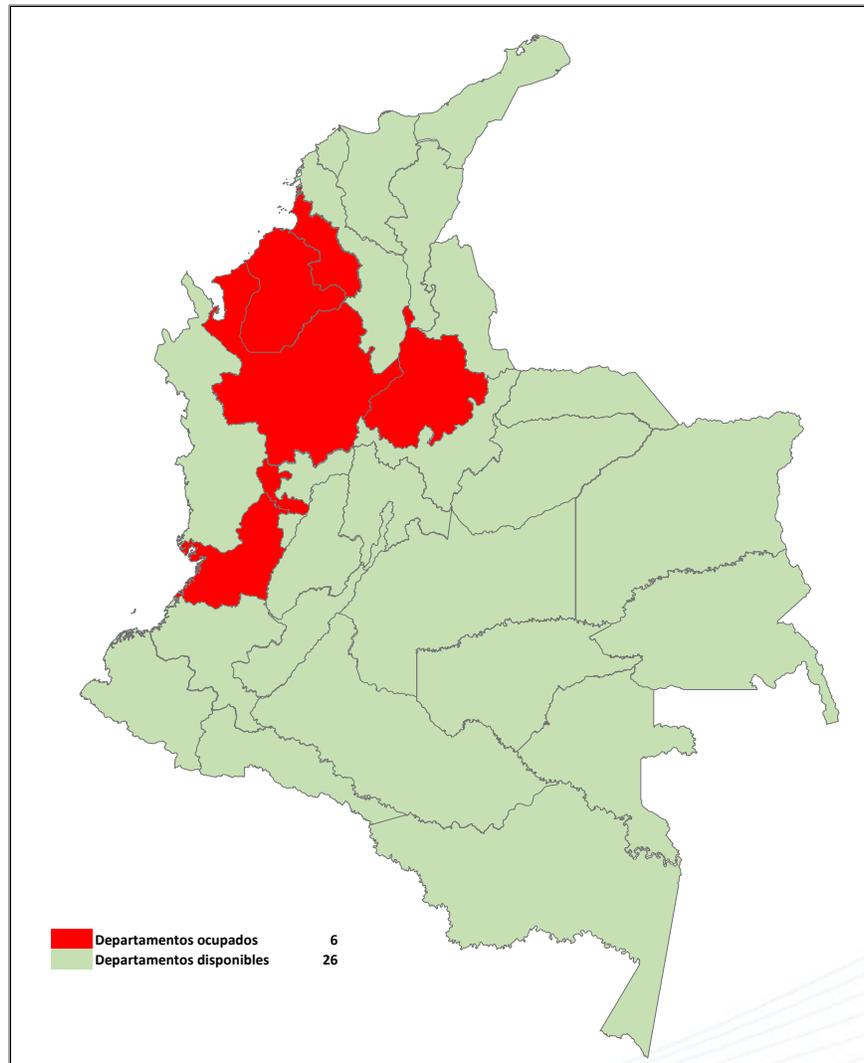


Fuente: ANE con información del aplicativo SGE

Por último, las 715 asignaciones se encuentran distribuidas en los departamentos de Antioquia, Córdoba, Risaralda, Santander, Sucre y Valle del Cauca donde cada PRST opera en uno o varios de los departamentos antes mencionados tal como se observa en la Ilustración 10, lo cual permite concluir una disponibilidad inmediata en los restantes 26 departamentos de esta porción de espectro (894 - 905 MHz y 939 - 950 MHz). Esta disponibilidad se incrementará en un 76% a mediados del año 2022

debido a la terminación de 544 licencias de asignación, de acuerdo con lo presentado en la Ilustración 9.

**Ilustración 10: Actual ocupación de AFI por departamento en Colombia.**



**Fuente: ANE con información del aplicativo SGE**

### 2.4.3 Aplicaciones de uso libre

En Colombia la operación de dispositivos de uso libre se encuentra reglamentado a través del Título 4 y el Anexo 1 de la Resolución 105, donde se establecieron las bandas de frecuencias, los límites de las emisiones y las condiciones técnicas y

operativas tanto generales como específicas de las aplicaciones permitidas para utilizar el espectro bajo esta modalidad dentro del territorio nacional; dentro de los rangos de frecuencia permitidos para su funcionamiento se encuentra el comprendido entre 915 a 928 MHz.

#### 2.4.4 Permisos para pruebas

Dentro de la consulta realizada en el aplicativo SGE se encontró un permiso para pruebas técnicas otorgado por el Mintic a la Universidad Pontificia Bolivariana (UPB) en el rango de frecuencias comprendido entre 894 - 905 MHz; respecto a la cobertura, dicho permiso tiene permitido funcionar en la ciudad de Medellín y con vigencia hasta el 31 de diciembre de 2021<sup>2</sup>.

## 2.5 CONVIVENCIA ENTRE SERVICIOS

La ANE durante el año 2021 contrato con la UPB, la realización de un estudio de convivencia que permitió determinar 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), respecto a los sistemas de comunicaciones móviles actualmente desplegados en la banda de 850 MHz (869 - 894 MHz) y las aplicaciones de uso libre que operan en la banda 915 - 928 MHz; este estudio fue realizado a través del Convenio No. 113 suscrito entre la UPB y la ANE y los resultados obtenidos en el estudio son descritos a continuación.

### 2.5.1 Enlace descendente IMT de la banda de 850 MHz y la banda de 900 MHz

En el estudio mencionado se encontró que para la correcta convivencia de colocación de una estación base con tecnología IMT LTE de cuarta generación<sup>3</sup> (4G) en la banda de 900 MHz (UpLink 894 a 915 MHz) con una estación base de tecnología de 2G<sup>4</sup> para IMT actualmente desplegada en la parte alta de la banda

<sup>2</sup> La normatividad vigente para este tipo de permisos se encuentra en la Resolución 467 del 9 de marzo de 2020 expedida por el Mintic.

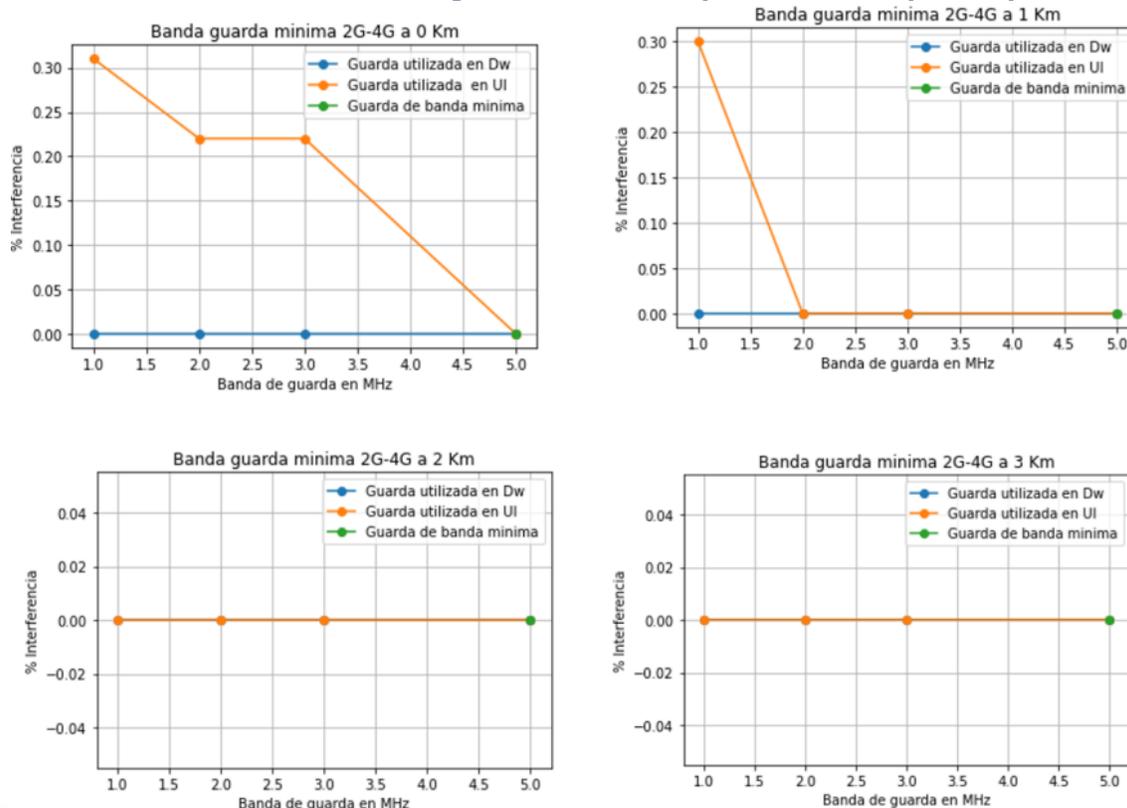
<sup>3</sup> Para 4G, el formato OFDMA y SC-FDMA posee una banda de guarda intrínseca en el esquema de modulación que mejora la convivencia con las señales de canal adyacente (alrededor de 570 KHz de portadoras pilotos apagadas a cada lado de cada uno de los formatos de canalización en LTE.

<sup>4</sup> Tecnología actualmente desplegada en la parte alta de la banda de 850 MHz.

de 850 MHz (DownLink 881.5 a 894 MHz)<sup>5</sup>, se requiere una banda de guarda mínima de 5 MHz, no obstante, este valor puede disminuir si existe una separación geográfica entre las dos estaciones, tal como se observa en la Ilustración 11.

A continuación, se presentan las gráficas de porcentaje de interferencia contra banda de guarda mínima, donde se varió la distancia entre las estaciones base para así llegar mediante simulaciones a una banda de guarda mínima sin interferencias, situación que fue corroborada posteriormente por las pruebas en campo realizadas por la UPB.

**Ilustración 11 Interferencia vs banda de guarda mínima 2G (banda 850 MHz) vs 4G (banda 900 MHz)**



Fuente: Estudio de convivencia banda de 900 MHz - UPB

El estudio también contempló la posibilidad de desplegar tecnologías de segunda y tercera generación para IMT en la banda de 900 MHz, teniendo en cuenta el

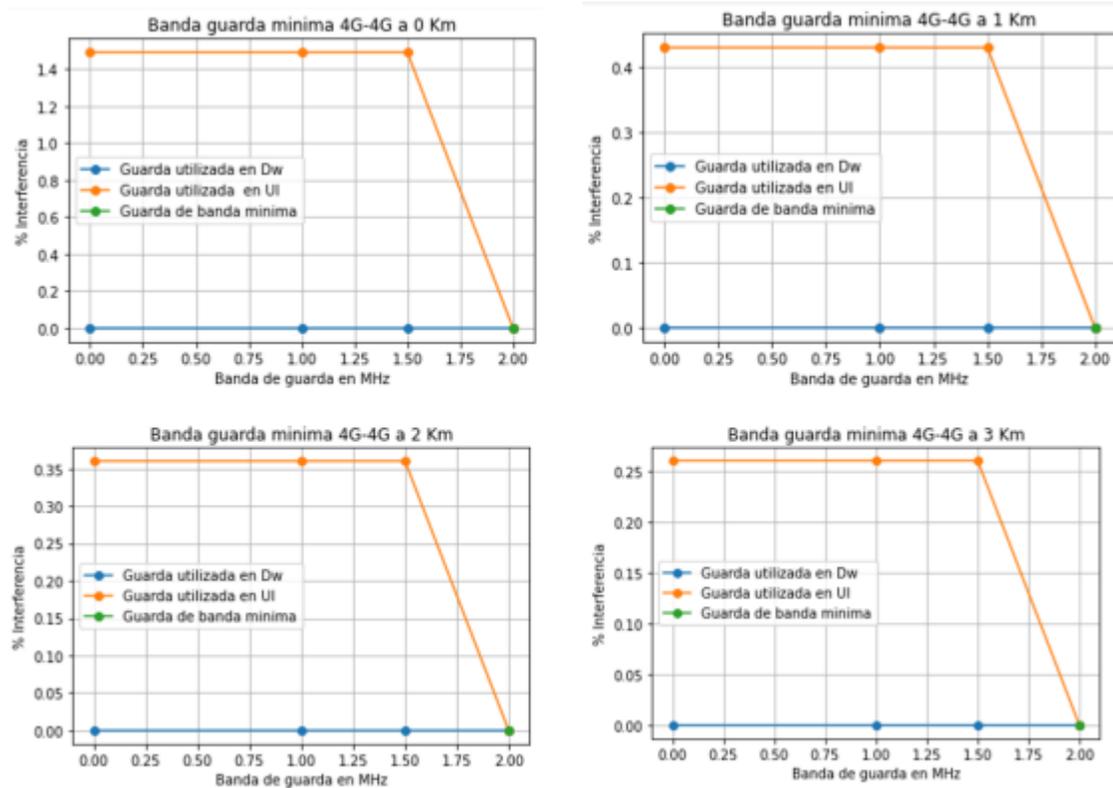
<sup>5</sup> Para 4G se usó Acceso múltiple por división de frecuencias ortogonales (OFDMA)

despliegue existente en la banda de 850 MHz de tecnologías de segunda generación (2G) para IMT.

Para el caso de tecnologías 2G para IMT desplegadas en ambas bandas, siendo el peor escenario la colocación y con los diferentes cambios de potencia, distancias y bandas de guarda mínima de interferencia, el estudio concluyó que la banda de guarda mínima que se debe dejar para el cuidado de interferencias adyacentes es de 400 kHz. Ahora bien, para el caso de implementar en la banda de 900 MHz una tecnología de tercera generación (3G) para IMT, y teniendo en cuenta las mismas consideraciones del anterior escenario, el resultado fue que se requiere una banda de guarda de 10 MHz.

Finalmente, el estudio también plantea un posible escenario de colocación de una estación base IMT LTE (uplink 894 MHz a 915 MHz) con una base 4G (downlink 881.5 MHz a 894 MHz) donde arroja como resultado una banda de guarda mínima de 2 MHz tal como se observa en la Ilustración 12.

Ilustración 12 Interferencia vs banda de guarda mínima 4G (banda 850 MHz) vs 4G (banda 900 MHz)



Fuente: Estudio de convivencia para la banda de 900 MHz - UPB

### 2.5.2 Aplicaciones de uso libre 915 - 928 MHz

El estudio adelantado por la UPB determinó 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 expedida por la ANE.

## 2.6 ECOSISTEMA DE EQUIPOS

La Asociación mundial de proveedores móviles (GSA por sus siglas en inglés), entidad dedicada a supervisar e investigar los desarrollos de banda ancha móvil en todo el

mundo, publicó en su informe denominado reporte de ecosistema LTE de julio de 2020, las estadísticas y tendencias para este sector, donde confirma que 779 fabricantes han lanzado 16.807 nuevos dispositivos de usuario LTE<sup>6</sup>, de estos 6223 son compatibles con la banda 8 del 3GPP o banda de 900 MHz en configuración FDD, tal como se observa en la Ilustración 13 del presente documento.

**Ilustración 13 Las principales bandas de frecuencia FDD admitidas por dispositivos compatibles con LTE.**

| LTE FDD Band     | Number of devices |
|------------------|-------------------|
| 1800 MHz Band 3  | 11,491            |
| 2600 MHz Band 7  | 9,978             |
| 2100 MHz Band 1  | 9,621             |
| 800 MHz Band 20  | 6,838             |
| 850 MHz Band 5   | 6,499             |
| 900 MHz Band 8   | 6,223             |
| AWS Band 4       | 4,821             |
| 1900 MHz Band 2  | 4,559             |
| 700 MHz Band 17  | 2,928             |
| APT700 Band 28   | 2,466             |
| 700 MHz Band 12  | 2,287             |
| 700 MHz Band 13  | 1,901             |
| 1900 MHz Band 25 | 1,055             |

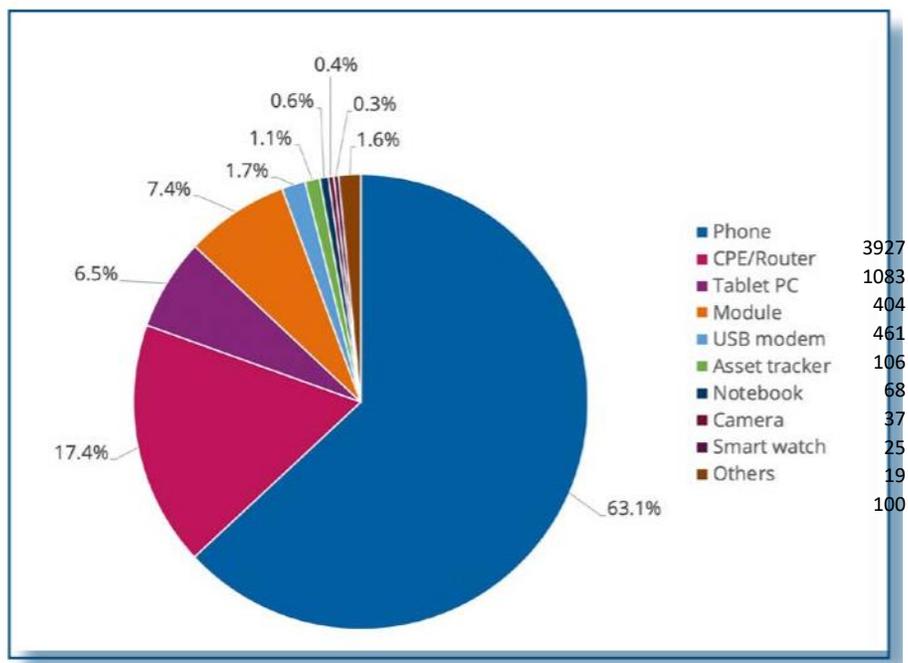
Fuente: Extraído de [18]

Del total de los dispositivos encontrados para IMT en la banda de 900 MHz, el mayor ecosistema corresponde a los terminales móviles con una participación del 63,1% de todos los dispositivos LTE-FDD. Los CPE / enrutador con capacidad LTE (17,4%), Tablet PC conectada a LTE (6,5%) y segmentos de módulo LTE (7,4%), son también cantidades representativas respecto al total de dispositivos, según se observa en la Ilustración 14. Otras categorías a las cuales la GSA realiza seguimiento incluyen los módems USB (1,7% dispositivos), activo seguidores (1.1%), portátiles (0,6%), cámaras (0,4%) y relojes inteligentes (0,3%), así como otros dispositivos, tales como unidades a bordo de vehículos (OBU), puntos de acceso para automóviles, terminales /

<sup>6</sup> El total de dispositivos es un 16,2% más alto que la cantidad de dispositivos identificados por GSA en su informe anterior de junio de 2019.

teléfonos inalámbricos fijos, drones, terminales de quiosco, tarjetas de PC, máquinas POS, proyectores, dispositivos inteligentes para el hogar, vehículos accesorios y traductores de voz [18].

**Ilustración 14 LTE-FDD dispositivos de usuario por tipo.**



Fuente: Extraído de [18]

Teniendo en cuenta lo anterior, se puede observar que existe diversidad de fabricantes, así como de tipo de dispositivos que funcionan para distintas aplicaciones, entre los cuales se encuentran estaciones base, terminales de usuarios, puntos de acceso inalámbrico, módems USB, Cpe router, módulos IoT, entre otros; por lo tanto, podemos concluir que para el rango de frecuencias de 894 - 915 / 939 - 960 MHz existe una gran diversidad de fabricantes y equipos, lo que permite garantizar economías de escala para la implementación de diversas aplicaciones en esta banda.

En lo concerniente a dispositivos de uso libre, la ANE realizó una revisión del mercado internacional de dispositivos de uso libre en diferentes países pertenecientes a las tres Regiones de la UIT, con el fin de identificar dispositivos que funcionen en la banda de frecuencias de 902 - 915 MHz. En esta revisión se encontró que existe diversidad de fabricantes, así como de tipo de dispositivos, que se puede observar en la Tabla 3 del presente documento, sin ser esta una lista taxativa de fabricantes y equipos.

**Tabla 3. Ecosistema de dispositivos de uso libre que operan en la banda de frecuencias de 902 - 915 MHz.**

| FABRICANTE                 | REFERENCIA            | BANDAS DE OPERACIÓN            | TIPO DE EQUIPO                         |
|----------------------------|-----------------------|--------------------------------|--|
| <b>ABEWAY</b>              | MICRO TRACKER         | EU868MHz / US915MHz / AS923MHz | GPS                                    |
| <b>UfiSpace</b>            | GWUFI1130             | EU868, US915, JP, AS923        | Pico celda                             |
| <b>MOKO TECNOLOGÍA LTD</b> | LW001-BG PRO          | EU868, US915, JP, AS923        | GPS                                    |
| <b>MILESIGHT</b>           | UG65                  | EU868, US915, JP, AS923        | ACCESS POINT                           |
| <b>ABEWAY</b>              | Compact Tracker       | EU868, US915, AS923.           | GPS                                    |
| <b>ABEWAY</b>              | RASTREADOR INDUSTRIAL | EU868, US915, AS923.           | GPS                                    |
| <b>NEXELEC</b>             | D565B                 | EU868, US915, AS923.           | CO2 sensor                             |
| <b>UBIQUITI NETWORKS</b>   | NanoStation locoM9    | 902 - 928 MHz                  | CPE                                    |
| <b>UBIQUITI NETWORKS</b>   | airMAX Rocket-M900    | 902 - 928 MHz                  | Estación Base                          |
| <b>UBIQUITI NETWORKS</b>   | AM-9M13-120           | 902 - 928 MHz                  | Antena sectorial                       |
| <b>UBIQUITI NETWORKS</b>   | PMP 450i              | 902 - 928 MHz                  | ACCESS POINT                           |
| <b>kppformance</b>         | KP-900DP120S-45       | 902 - 928 MHz                  | Antena sectorial                       |
| <b>MikroTic</b>            | Kit KNOT LR9          | EU868, US915, AS923.           | ACCESS POINT                           |
| <b>MikroTic</b>            | R11e-LR9              | US915, AS923.                  | ACCESS POINT                           |
| <b>FrSky</b>               | ACCESS R9             | 902 - 928 MHz                  | Radio control                          |
| <b>Analog Devices</b>      | ADF7023               | 862 - 928 MHz                  | Transceptor                            |
| <b>Analog Devices</b>      | ADF7025               | 902 - 928 MHz                  | Transceptor                            |
| <b>Analog Devices</b>      | ADF9010               | 840 - 960 MHz                  | Interfaz de RF para Lectores RFID      |
| <b>STMicroelectronics</b>  | S2-LP                 | 826 - 958 MHz                  | Transceptor                            |
| <b>STMicroelectronics</b>  | ST25RU                | 840 - 960 MHz                  | Utilizado para aplicaciones NFC / RFID |
| <b>Texas Instruments</b>   | CC1125                | EU868, US915, JP               | Transceptor                            |
| <b>Texas Instruments</b>   | CC1200                | 868 - 930 MHz                  | Transceptor                            |

**Fuente: ANE con información de las páginas de los fabricantes<sup>7</sup>.**

<sup>7</sup> Banda europea para uso libre EU868, Banda americana para uso libre US915, Banda japonesa para uso libre JP y Banda australiana para uso libre AS923

En lo que respecta al listado de equipos relacionado en la Tabla 3, es importante mencionar que los diferentes rangos de frecuencias de operación para los dispositivos de uso libre cambian según la región o el país donde sea comercializado el dispositivo, lo anterior, con el fin de dar cumplimiento y ajustarse a las diferentes legislaciones expedidas por cada país. Por otra parte, se observa que el ecosistema de equipos funciona en la totalidad del espectro útil de la banda de frecuencias objeto del presente estudio (902 - 915 MHz). Finalmente, para este rango de frecuencias existe una gran diversidad de fabricantes y equipos, lo que permite garantizar economías de escala.

### **3 PROPUESTA DE USO DE LA BANDA DE 900 MHZ**

La banda de 900 MHz ha sido atribuida al servicio Móvil e identificada para las IMT por la mayoría de las administraciones de espectro de los diferentes países del mundo, tal como se observa en la Tabla 2 del presente documento. Lo anterior, debido a las características técnicas que ofrece esta banda, ya que permite una mayor propagación radioeléctrica, suministrando una mayor cobertura rural [1] con un menor despliegue de infraestructura, en razón a que cuanto más alta es la banda de frecuencias, menor será la longitud de onda, pues las señales enviadas viajarán una distancia menor que las señales enviadas en una banda de frecuencia más baja. Esta característica de propagación también hace que las señales transmitidas, particularmente en la banda 900 MHz, sean más potentes cuando se trata de cobertura en interiores [19]. Lo que hace que la banda de 900 MHz tenga una mejor cobertura que otras bandas como son AWS, 1900 MHz y 2500 MHz.

Ahora bien, teniendo en cuenta que en Colombia el espectro disponible en bandas por debajo de 1 GHz es limitado, debido a que actualmente se encuentran asignadas a las IMT las bandas de 700 MHz y 850 MHz y se espera que posiblemente la banda de 600 MHz esté disponible a partir del año 2027, la banda de 900 MHz es la única en bandas bajas que podría suplir futuras demandas de espectro para IMT.

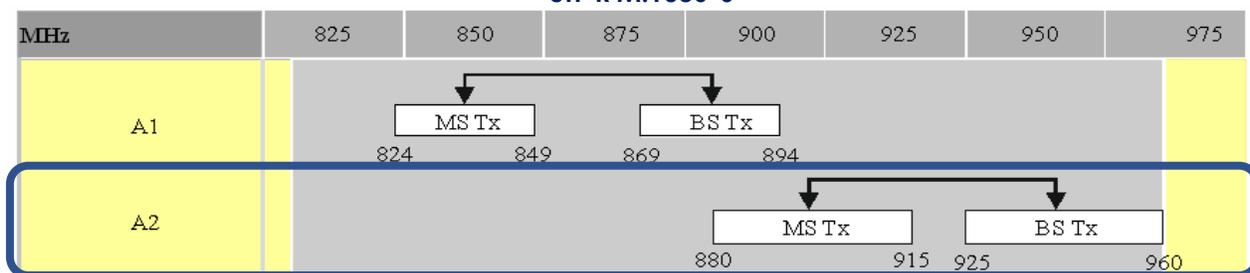
En lo que respecta a la Región 2 de la UIT, en los últimos años varias entidades reguladoras han reorganizado la banda de 900 MHz recortando la porción de espectro destinada para las aplicaciones de uso libre con el fin de permitir desplegar redes de comunicaciones móviles, tal es el caso de Argentina, Perú, Costa Rica, Chile, Uruguay entre otros. Para efectuar este recorte, algunas administraciones han optado por pasar de un rango de frecuencias de 902 - 928 MHz a 915 - 928 MHz para la operación de los dispositivos de uso libre, como funciona en Colombia actualmente, y prohibir la importación de dispositivos que funcionen en el rango de 902 - 915 MHz o también restringir su funcionamiento en la totalidad de la banda de 900 MHz como el caso de Perú.

Durante el desarrollo de esta sección se describirá la propuesta para identificar la banda de frecuencia 894 – 915 MHz y 939 – 960 MHz para uso de los sistemas de Telecomunicaciones Móviles internacionales (IMT por sus siglas en inglés), la cual incluye una descripción de las condiciones técnicas bajo las cuales funcionarían los dispositivos de radiocomunicaciones en esta banda, así como las modificaciones normativas para implementar la propuesta y unas recomendaciones finales para la gestión del espectro radioeléctrico.

### 3.1 USO DE LA BANDA DE FRECUENCIAS

Teniendo en cuenta el objetivo del presente estudio de definir el futuro de la banda de 900 MHz en Colombia, y conforme a lo descrito en el capítulo 2 donde se analizó la atribución del espectro para esta banda de frecuencias, el contexto nacional e internacional de la banda, la ocupación de la misma, la convivencia con los sistemas incumbentes, la disponibilidad de equipos de radiocomunicaciones y de acuerdo con la Recomendación UIT-R M.1036-6 de la UIT, donde se proporciona directrices sobre la selección de disposiciones de frecuencias de transmisión y recepción aplicables a la componente terrenal de los sistemas IMT, para la provisión de servicios IMT, para lo cual recomendó una canalización FDD con 35 MHz de subida (880 - 915 MHz) y 35 MHz de bajada (925 - 960 MHz), para un total de 70 MHz, con separación central de 10 MHz y separación dúplex de 45 MHz entre transmisión y recepción, tal como se observa en la disposición de frecuencias de la Ilustración 15 resaltada en color azul.

**Ilustración 15 Disposición de frecuencias para la banda de 900 MHz conforme a la Recomendación UIT-R M.1036-6**



Es importante mencionar que el rango 880 - 894 MHz de la banda de 900 MHz se solapa con el enlace de bajada de la banda 850 MHz (869 - 894 MHz-Downlink), actualmente asignado y en uso, razón por la cual estos 2x14 MHz no pueden ser utilizados. Adicionalmente, de acuerdo con el estudio de convivencia entre las bandas de 850 MHz (Downlink) y 900 MHz (Uplink) contratado por la ANE, se estableció la necesidad de implementar una banda de guarda de 5 MHz de separación entre ambas bandas<sup>8</sup>, quedando disponibles los rangos de 899 a 915 MHz y 944 a 960 MHz (2x16 MHz), dando la posibilidad de implementar portadoras de 3 MHz, 5 MHz y 10 MHz en diferentes configuraciones, tal como se observa en la Ilustración 16 Configuración de posibles portadoras para la banda de 900 MHz.

<sup>8</sup> Dicha banda de guarda corresponde al escenario de colocación de una estación base con tecnología IMT LTE de cuarta generación (4G) en la banda de 900 MHz (Uplink 894 a 915 MHz) con una estación base de tecnología de 2G para IMT actualmente desplegada en la parte alta de la banda de 850 MHz (DownLink 881.5 a 894 MHz).

**Ilustración 16 Configuración de posibles portadoras para la banda de 900 MHz.**



Fuente: Elaborado por la ANE

En lo que respecta a las condiciones técnicas requeridas para la operación de servicios IMT en el rango de frecuencias antes mencionado, es importante resaltar las medidas de protección contra interferencias descritas en el numeral 2.5 del presente documento, ya que, de acuerdo con los escenarios planteados y las tecnologías a desplegar, la banda de guarda requerida respecto al sistema IMT desplegado en la banda de 850 MHz puede variar dependiendo de las tecnologías involucradas, distancias entre estaciones o posibles acuerdos entre asignatarios.

### 3.2 MODIFICACIONES A LA NORMATIVIDAD VIGENTE

Conforme a lo antes expuesto, se propone modificar los artículos 1.7.2 y 5.1.1 de la Resolución 105 de 2020 expedida por la ANE de la siguiente manera:

*"Artículo 1.7.2. Se reservan las bandas comprendidas entre 452.5 y 457.5 MHz, 462.5 y 467.5 MHz, 905 y 915 MHz, 950 y 960 MHz, 1427 y 1518 MHz, 1755 y 1780 MHz, 2155 y 2180 MHz, 2300 y 2400 MHz y de 3300 y 3700 MHz para la futura operación de las Telecomunicaciones Móviles Internacionales (IMT).*

*Parágrafo 1. Los permisos para el uso de las bandas de 452.5 a 457.5 MHz, 462.5 a 467.5 MHz, 905 a 915 MHz, 950 a 960 MHz, 1427 a 1518 MHz, 1755 a 1780 MHz, 2155 a 2180 MHz y de 3300 a 3700 MHz, incluidas las renovaciones a los permisos existentes que hayan sido otorgados por el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones previamente a la expedición de la presente resolución, continuarán operando hasta su fecha de vencimiento, de acuerdo con las condiciones establecidas en cada uno de los actos administrativos."*

"CLM 21

*Se establecen las bandas de frecuencias 698 MHz a 806 MHz, 824 MHz a 849 MHz, 869 MHz a 894 MHz, 894 MHz a 905 MHz, 939 MHz a 950 MHz, 1710 MHz a 1755 MHz,*

*1850 MHz a 1910 MHz, 1930 MHz a 1990 MHz, 2110 MHz a 2155 MHz, y 2500 MHz a 2690 MHz para la operación de las Telecomunicaciones Móviles Internacionales (IMT) y se reservan las bandas de 452.5 a 457.5 MHz, 462.5 a 467.5 MHz, 905 a 915 MHz, 950 a 960 MHz, 1427 MHz a 1518 MHz, 1755 MHz a 1780 MHz, 2155 MHz a 2180 MHz, 2300 MHz a 2400 MHz y de 3300 MHz a 3700 MHz para la futura operación de las IMT, lo anterior conforme a la normatividad que se referencia."*

Por otra parte, se requiere modificar la Tabla 3.4 del CNABF con el fin de atribuir al servicio Móvil a título primario los rangos de frecuencia 905 -915 MHz y 953 -960 MHz, para la operación de las Telecomunicaciones Móviles Internacionales (IMT)

Finalmente, se requiere solicitar la modificación de la nota internacional 5.325A del Reglamento de Radiocomunicaciones (RR) de la UIT en la siguiente Conferencia Mundial de Radio (CMR-23), con el fin de ampliar la porción de espectro atribuida a una categoría de servicio diferente al servicio Móvil terrestre a título primario pasando de 902 - 905 MHz a 902 - 915 MHz.

## 4 CONCLUSIONES

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

- I. La banda de 900 MHz se encuentra actualmente disponible en 26 de los 32 departamentos de Colombia, en la porción de espectro de 894 - 915 MHz y 939 - 960 MHz.
- II. De acuerdo con la decisión tomada por la ACMA es importante adelantar un estudio que permita determinar la posibilidad de implementar dispositivos para IoT en la porción de espectro comprendida entre 928 y 935 MHz específicamente para dispositivos de telemetría y control.
- III. Conforme a los casos internacionales analizados en el presente documento, se evidenció que el funcionamiento de los dispositivos de uso libre en el rango de frecuencias de 902 - 915 MHz solo está permitido en México, Estados Unidos y Canadá.
- IV. Los diferentes rangos de frecuencias de operación para los dispositivos de uso libre cambian según la región o el país donde se comercialice el dispositivo, lo anterior, con el fin de dar cumplimiento y ajustarse a las diferentes legislaciones expedidas por cada país, esto quiere decir que los dispositivos de uso libre que operan en el rango de 902 - 915 MHz, también pueden operar en el rango de 915 - 928 MHz.
- V. Un aspecto importante de la banda de 900 MHz es su gran alcance de cobertura, sin embargo esta se vería afectada debido a la poca propagación que tendría esta banda si se utiliza para sistemas no licenciados, debido a las limitaciones de potencia para los dispositivos de uso libre establecidos en la Resolución 105 expedida por la ANE, llegando a ser apenas una tercera parte de lo que se lograría con espectro licenciado, con lo que se perdería una de las características principales de esta banda [20].
- VI. Se requiere implementar medidas de control en el rango de frecuencias comprendido entre 902 y 915 MHz con el fin de asegurar la disponibilidad del mismo y así no generar interferencia y degradación en la calidad de los enlaces de comunicación que pudiesen llegar a ser desplegados en el mencionado rango de frecuencias.

- VII. Se requiere implementar medidas de protección contra interferencia entre los servicios a implementar en la banda de 900 MHz y los servicios de comunicaciones desplegados en la banda de 850 MHz conforme a lo descrito en el numeral 2.5 del presente documento.
- VIII. En el mercado internacional se encontró una amplia variedad de dispositivos que funcionan en la banda de 900 MHz, tal como se describió en el numeral 2.6 del presente documento, lo cual permite garantizar economías de escala para las diferentes aplicaciones que podrían desplegarse en la banda de 900 MHz en Colombia.
- IX. Se requiere restringir la importación a Colombia de dispositivos de uso libre que operen en el rango de frecuencias de 902 a 915 MHz, esto con el fin de impedir posibles casos de interferencia con las futuras aplicaciones a desplegar en la banda de 900 MHz, tal como fue realizado en Chile, donde Subtel implemento este tipo de medida.
- X. De acuerdo con el análisis realizado en el presente documento es posible identificar la banda de frecuencia 894 – 915 MHz y 939 – 960 MHz para uso de los sistemas de Telecomunicaciones Móviles internacionales (IMT por sus siglas en inglés)

## 5 REFERENCIAS

- [1] GSMA, «Capacidad en bandas bajas,» 03 2021. [En línea]. Available: <https://www.gsma.com/spectrum/wp-content/uploads/2021/04/WRC-23-Low-Band-Capacity.pdf>. [Último acceso: 9 09 2021].
- [2] UIT, «Recomendación M.1036-6,» 11 12 2019. [En línea]. Available: <https://www.itu.int/rec/R-REC-M.1036-6-201910-I/es>. [Último acceso: 29 09 2021].
- [3] ENACOM, *Resolución 1033 de 2017*, Bogota, 2017.
- [4] M. d. Modernización, *Resolución 581*, 2018.
- [5] «ACMA,» 09 2021. [En línea]. Available: <https://www.acma.gov.au/sites/default/files/2021-09/850-900%20MHz%20band%20auction%20guide%20%28Nov-Dec%29.pdf>. [Último acceso: 07 10 2021].
- [6] Bundesnetzagentur , «Banda ancha móvil - Proyecto 2016,» 24 06 2015. [En línea]. Available: [https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/EN/Areas/Telecommunications/Companies/TelecomRegulation/FrequencyManagement/ElectronicCommunicationsServices/DecisionP2016\\_pdf.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=4](https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/EN/Areas/Telecommunications/Companies/TelecomRegulation/FrequencyManagement/ElectronicCommunicationsServices/DecisionP2016_pdf.pdf?__blob=publicationFile&v=4). [Último acceso: 11 10 2021].
- [7] Bundesnetzagentur, «Bundesnetzagentur,» 01 09 2015. [En línea]. Available: [https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen\\_Institutionen/Breitband/MobilesBreitband/Frequenzauktion/projekt2016-node.html](https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Breitband/MobilesBreitband/Frequenzauktion/projekt2016-node.html). [Último acceso: 28 11 2021].
- [8] DTC, «Subasta multibanda 800/900/1800 MHz (2013),» DTC, 2013. [En línea]. Available: [https://www.rtr.at/TKP/was\\_wir\\_tun/telekommunikation/spectrum/bands/900MHz/Spectrum\\_GSM\\_Proc.en.html](https://www.rtr.at/TKP/was_wir_tun/telekommunikation/spectrum/bands/900MHz/Spectrum_GSM_Proc.en.html). [Último acceso: 10 07 2021].

- [9] Subtel, «Sala de prensa,» Subsecretaría de Telecomunicaciones de Chile, 22 09 2017. [En línea]. Available: <https://www.subtel.gob.cl/hoy-parte-multibandasae-aca-hay-11-cosas-que-tienes-que-saber/>. [Último acceso: 1 10 21].
- [10] Subsecretaría de Telecomunicaciones de Chile, *Consulta mediante correo electronico*, Bogota DC, 2020.
- [11] ISED, «Pagina de ISED,» ISED , 13 12 2018. [En línea]. Available: <https://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/eng/sf11452.html>. [Último acceso: 08 10 2021].
- [12] ISED, «ISED,» 15 03 2017. [En línea]. Available: <https://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/eng/sf00054.html#s4>. [Último acceso: 07 10 2021].
- [13] ISED, «Estudio de la demanda futura de espectro radioeléctrico en Canadá 2011-2015,» ISED, 21 06 2012. [En línea]. Available: <https://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/eng/sf10280.html#fig667>. [Último acceso: 07 10 2021].
- [14] RSM, «Subastas de espectro completadas 1996-presente,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.rsm.govt.nz/projects-and-auctions/auctions/completed-spectrum-auctions-1996-present/>. [Último acceso: 06 10 2021].
- [15] Ministerio de Transportes y Comunicaciones, «Banda 899-915 y 944-960MHz - LyC / 902-915 y 947-960MHz - Resto del país,» Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú, 06 2011. [En línea]. Available: <https://www.proyectosapp.pe/modulos/JER/PlantillaPopUp.aspx?ARE=0&PFL=0&JER=6149>. [Último acceso: 01 10 2021].
- [16] Ofcom, «Enabling wireless innovation through local,» 12 03 2019. [En línea]. Available: <https://www.ofcom.org.uk/consultations-and-statements/category-1/enabling-opportunities-for-innovation>. [Último acceso: 16 11 2021].
- [17] GSA, «Informe Dispositivos LTE,» 07 2020. [En línea]. Available: [https://uk5g.org/media/uploads/resource\\_files/GSA-LTE-Ecosystem-Status-July-2020.pdf](https://uk5g.org/media/uploads/resource_files/GSA-LTE-Ecosystem-Status-July-2020.pdf). [Último acceso: 17 10 2021].

- [18] Telefonica, *Comentarios al documento de uso de la banda de 900 MHz*, 2021.
- [19] A. N. d. Espectro, *Espectro de uso libre para sistemas de medicion inteligente de consumo*, Bogota DC, 2021.
- [20] ANE, *Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias*, Bogotá D.C., 2020.
- [21] ANE, *Resolución 105 de 2020*, Bogotá D.C., 2020.
- [22] MinTIC, *Resolución 467*, 2020.
- [23] UIT, «Radio Reglamento,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.itu.int/pub/R-REG-RR/es>. [Último acceso: 21 04 2021].