



TIC



ANE



POLÍTICA PÚBLICA DE GESTIÓN DEL **ESPECTRO** RADIOELÉCTRICO

2025 - 2029

DOCUMENTO TÉCNICO DE FORMULACIÓN DE LA POLÍTICA PÚBLICA

“Generar un entorno de gestión que promueva el uso más eficiente e innovador del espectro en Colombia”

Noviembre de 2025

MINISTERIO TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES

Ministra Tecnologías de la información y las comunicaciones
Yeimi Carina Murcia Yela

Viceministra de Conectividad
Gloria Patricia Perdomo Rangel

Directora de Industria de Comunicaciones (E)
Paola Elvira Thiriat Tovar

Asesora de Dirección de Industria de Comunicaciones
Rosario González Celis

Asesor de Dirección de Industria de Comunicaciones
William Germán Torres López

Asesor de Dirección de Industria de Comunicaciones
Ruben Dario Castro Caceres

AGENCIA NACIONAL DEL ESPECTRO

Director General
Sergio Sotomayor Rodríguez

Asesor de Dirección General
Fabián Herrera Santana

Subdirectora de Gestión y Planeación Técnica del espectro
Nicolas Mauricio Silva Cortes

Subdirectora de Vigilancia y Control de Espectro
Erly Esmeralda Bernal Camacho

Asesor
Juan Manuel Wilches Durán

Contenido

1.	Introducción	7
2.	Antecedentes y justificación.....	8
2.1	Marco legal	8
	Ley 1341 de 2009.....	8
	Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026.....	9
	Estrategia Nacional Digital (END) 2023-2026	9
	Plan Integrado de Expansión de Conectividad Digital Visión 2033.....	10
	Documentos CONPES en ejecución.....	12
2.2	Resultados de la implementación de la Política de Gestión de Espectro 2020 -2024	13
	Mantener procesos ajustados al marco legal	14
	Analítica de datos para la gestión del espectro	15
	Planeación de espectro a largo plazo con enfoque de mercados, servicios y aplicaciones	16
	Mecanismos flexibles de acceso al espectro	17
	Innovación y gestión del conocimiento.....	18
3.	Marco Conceptual	19
3.1	Tendencias internacionales en la industria de telecomunicaciones	19
	Evolución de redes móviles	19
	Acceso Fijo Inalámbrico (FWA) sobre 5G	22
	Nuevas bandas de frecuencias	23
	Nuevas tecnologías móviles (Estándares para 6G)	25
	Permisos tecnológicamente neutrales y transición tecnológica	26
	Evolución de soluciones satelitales	26
	Radiodifusión de radio y televisión	28
	Tendencias en gestión de espectro.....	30
3.2	Experiencias y recomendaciones internacionales en gestión de espectro	32

Estrategia Nacional de Espectro 2025 – Arabia Saudita.....	33
Estrategia Nacional de Espectro – Estados Unidos	35
Estrategia de Gestión de Espectro para los 2020s – Reino Unido	37
Desarrollos en Gestión de Espectro para Servicios de Comunicaciones – OCDE.....	39
Resumen de temáticas extraídas de prácticas y recomendaciones internacionales recientes.....	42
4. Diagnóstico.....	44
4.1 Necesidad de fortalecer los análisis de demanda de espectro para diferentes tecnologías y usos.	44
4.2 Uso limitado de mecanismos de asignación de espectro.....	46
4.3 Decisiones en gestión de espectro desconociendo las necesidades de los actores públicos.	47
4.4 Necesidad de participación de Colombia en escenarios internacionales por Colombia.	48
4.5 Necesidad de generar un entorno normativo y de capacidades técnicas que facilite el acceso a Internet en el país por medio de tecnologías satelitales.....	49
4.6 Se identifican mejoras, nuevos desarrollos y necesidades de evolución tecnológica en los sistemas de información que soportan la gestión del espectro.	51
4.7 Se hace necesario revisar el curso que han de seguir los instrumentos de monitoreo usados por la ANE y determinar su evolución en función de las necesidades de vigilancia, inspección y control.	52
4.8 No existe una instancia nacional que permita la colaboración de los grupos de interés en relación a la gestión y promoción del uso del espectro.	55
5. Definición de la política.....	56
5.1 Objetivo General.....	56
5.2 Objetivo específico 1 – Fortalecer la identificación y estimación de demanda de espectro.....	56
5.3 Objetivo específico 2 – Identificar nuevos esquemas en la gestión y uso del espectro	58
5.4 Objetivo específico 3 – Coordinar la gestión del espectro que es utilizado por las entidades públicas para la prestación de servicios de Seguridad, defensa, protección de la vida, prevención de desastres, servicios públicos, entre otros.....	59

5.5	Objetivo específico 4 – Integrar a Colombia de una manera más activa en las discusiones internacionales de la gestión de espectro y promover una mayor armonización del espectro	60
5.6	Objetivo específico 5 – Generar un entorno que promueva mayor oferta de servicios y aplicaciones soportados en tecnologías satelitales	61
5.7	Objetivo específico 6 – Optimizar la gestión del espectro a través de la mejora continua e innovación en las tecnologías de la información que la soportan	62
5.8	Objetivo específico 7 – Fortalecer las capacidades de vigilancia, inspección y control para promover el uso efectivo y eficiente del espectro	63
5.9	Objetivo específico 8 – Hacer visible la importancia del espectro para la actividad del Estado, el sector privado y la ciudadanía - Establecer un Marco de Colaboración y Coordinación Nacional para la Gestión de Espectro	64
	Referencias	65

Glosario

2G/3G/4G/5G/6G	Generaciones de tecnología de redes móviles
3GPP	Proyecto de Asociación de Tercera Generación
AFC	Sistemas Automáticos de Coordinación de Frecuencias
AM	Amplitud Modulada
ATSC-M/H	Comité de Sistemas de Televisión Avanzada – Móvil/Portátil
CMR	Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones
D2D	Direct-to-Device (Directo al dispositivo)
DMB	Difusión Multimedia Digital
DVB-H	Difusión de Video Digital – Portátil
DVB-I	Difusión de Video Digital – por Internet
ETSI	Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones
FM	Frecuencia Modulada
FWA	Acceso Fijo Inalámbrico
GEO	Órbita Geoestacionaria
IMT	Telecomunicaciones Móviles Internacionales
ISDB-T	Servicios Integrados de Emisión Digital – Terrestre
ISP	Proveedor de Servicios de Internet
LEO	Órbita baja satelital
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
PMGE	Plan Maestro de Gestión de Espectro
ROE	Recurso Órbita Espectro
SUGERE	Sistema Único de Gestión de Espectro
TDT	Televisión Digital Terrestre
TVWS	Espacios blancos de televisión
UIT	Unión Internacional de Telecomunicaciones
UIT-R	Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

1. Introducción

La OCDE¹ afirma que los hacedores de política requieren de una brújula para navegar las múltiples consideraciones de política que confluyen en la gestión de espectro radioeléctrico. Esa brújula es una visión o estrategia de gestión de espectro nacional. Establecer una estrategia para la gestión del espectro fija objetivos claros de política que guíen a las entidades públicas en sus actividades de gestión de espectro. Adicionalmente, estos documentos de estrategia se deben actualizar frecuentemente para reflejar el panorama tecnológico y de mercado.

Colombia ha implementado múltiples estrategias de espectro desde 2012. En su versión más reciente, la Política de Gestión Espectro 2020-2024, se planteó una serie de acciones para modernizar la gestión de espectro en Colombia. A partir de los resultados de dicha política pública y el análisis de nuevas problemáticas, el MinTIC y la ANE adoptan, a través de este documento, su estrategia de gestión de espectro con una visión de cinco años. La nueva Política de Espectro para el período 2025-2029, tiene en cuenta los avances obtenidos hasta 2024, así como las tendencias y mejores prácticas internacionales en gestión de espectro y las nuevas problemáticas

En la sección 2 se hace un recuento de los elementos del marco legal que determinan el alcance y los principios asociados con la gestión del espectro en Colombia. Asimismo, se describen los lineamientos de política vigentes con base en los cuales se debe definir y estructurar esta política pública. Con este fin, se considera lo establecido en el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026, la Estrategia Nacional Digital 2023-2026, el Plan Integrado de Expansión de la Conectividad Digital adoptado por MinTIC, otros elementos de política pública relevantes para la gestión de espectro y los resultados de la Política de Gestión de Espectro 2020-2024.

En la sección 3, marco conceptual, se analizan de forma general, las tendencias en la industria de telecomunicaciones, con un especial énfasis en aquellas que tienen un efecto directo en la gestión del espectro y en las discusiones sobre la gestión de este recurso que han tenido una relevancia más alta recientemente. Para integrar la visión de experiencias y recomendaciones internacionales en la gestión de espectro, se hace un recuento de las estrategias de espectro adoptadas recientemente en cuatro países de referencia, así como los desarrollos más recientes de la Unión Europea y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). A través de este ejercicio comparativo se identifican temáticas que son relevantes para la estrategia de espectro para Colombia.

Como complemento a la sección de experiencias internacionales, en la sección 4, diagnóstico, se hace un análisis de la problemática actual, con el fin de definir acciones o estrategias que son relevantes para la gestión de espectro a 2029.

¹ OCDE (2022).

Por último, en la sección 5 se propone el plan de acción de la Política de Gestión de Espectro 2025-2029. Este plan integra todos los elementos considerados para la construcción del mismo, en el sentido que, parte del estado actual de la gestión de espectro en el país, y proyecta las acciones requeridas para evolucionar hacia la atención de las necesidades de los grupos de interés en la gestión de espectro, en línea con las tendencias en el uso de este recurso, así como experiencias y recomendaciones internacionales en su gestión. El objetivo de esta política pública es “Generar un entorno de gestión que promueva el uso más eficiente e innovador del espectro en Colombia”.

2. Antecedentes y justificación

Desde el 2010 se ha trabajado en la formulación de diversos instrumentos de política pública para la gestión del espectro. Sin embargo, en Colombia aún se identifican necesidades a nivel del conocimiento de la demanda del espectro, de los mecanismos de asignación y de la participación activa en escenarios internacionales para las concertaciones técnicas, también se conocen oportunidades de mejoras en gestión, vigilancia y control del espectro a partir del desarrollo de herramientas apoyadas en sistemas de información y tecnologías emergentes. Con este contexto, en esta sección se exponen los antecedentes de política pública desarrollados en el país respecto a la gestión del espectro radioeléctrico y de su aprovechamiento.

2.1 Marco legal

Ley 1341 de 2009

El artículo 11 de la Ley 1341 de 2009 modificado por el artículo 8 de la Ley 1978 de 2019, establece, entre otros, que los permisos del uso del espectro deben estar coordinados con las políticas del Ministerio, no generar interferencias sobre otros servicios, ser compatibles con las tendencias internacionales del mercado, no afectar la seguridad nacional y contribuir con el desarrollo sostenible. Adicionalmente en su parágrafo 3, estipula que la maximización del bienestar social en el acceso y uso del espectro radioeléctrico debe estar alineada con las prácticas internacionales y las recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones - UIT.

Así mismo el numeral 9 del artículo 18, estipula que este Ministerio debe “Ejercer la representación internacional de Colombia en el campo de las tecnologías de la información y las comunicaciones,

especialmente ante los organismos internacionales del sector, en coordinación con el Ministerio de Relaciones Exteriores y bajo la dirección del Presidente de la República”.

Con base en esto, es claro que el objetivo de la ley es aprovechar al máximo el espectro radioeléctrico para soportar los objetivos y principios del sector TIC como instrumento de cierre de brecha digital, promoción del acceso universal, el despliegue de redes y la mejora de la calidad de los servicios de comunicaciones.

Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026

Reconoce la conectividad como una de las soluciones para atender los retos socio-económicos del país y plantea la estrategia denominada “Conectividad digital para cambiar vidas” como solución para atender estos retos de orden social y regional. El alcance de la estrategia de conectividad se define en el artículo 142 de la Ley 2294 de 2023, a través de los siguientes componentes:

1. Llevar conectividad digital a zonas vulnerables y apartadas, y mejorar la cobertura y calidad de los servicios de telecomunicaciones, a través de diferentes tecnologías y compartición de infraestructura.
2. Hacer del Internet y de las tecnologías digitales un instrumento de transformación social.
3. Desplegar infraestructura para mejorar la conectividad digital del país con redes neutras, cables submarinos, fibra óptica, tecnología satelital, entre otras tecnologías, mediante diversos mecanismos, entre ellos la coinversión entre el Estado y los actores privados.
4. Promover la eliminación de barreras por parte de las entidades territoriales y/o nacionales para el despliegue de redes de telecomunicaciones.
5. Adelantar la asignación del espectro a través de esquemas y condiciones que maximicen el bienestar social y la compartición de este recurso, promoviendo su uso eficiente.
6. Fortalecer a los pequeños prestadores de los servicios de telecomunicaciones con el fin de aportar en el cierre de la brecha digital.

Estrategia Nacional Digital (END) 2023-2026

El objetivo principal de la estrategia es “desencadenar el potencial de la transformación digital para superar los desafíos que enfrenta Colombia a nivel económico, social y ambiental, a través del fortalecimiento de sus elementos habilitadores y un impulso decidido al uso y apropiación de los datos y las tecnologías digitales por parte de las personas y los hogares, las entidades públicas, y el sector productivo, abordando los retos, riesgos y daños potenciales que traen consigo la aceleración de la digitalización”².

En su eje estratégico “Conectividad digital para cambiar vidas”, está la línea de trabajo 2, relacionada con la asignación y uso del espectro radioeléctrico, que plantea dos acciones específicas relacionadas con la

² DNP (2023-2).

gestión del espectro. La primera de ellas es asignar el espectro oportunamente y promover su uso eficiente, especialmente para el despliegue de la tecnología 5G de servicios móviles, con el objetivo de maximizar el bienestar social y la compartición del espectro. Por su parte, la segunda se centra en establecer condiciones reglamentarias diferenciales para la asignación de espectro a nivel local, regional y/o para casos de uso del espectro en aplicaciones específicas, con enfoque especial en las bandas de frecuencias de 5G. La END plantea como principal reto en este aspecto el ampliar la cobertura de 4G y afianzar el despliegue, uso y adopción de 5G en todo el país.

Plan Integrado de Expansión de Conectividad Digital Visión 2033

El Plan Integrado de Expansión de Conectividad Digital adoptado por el Ministerio TIC se enfoca en la definición de la Conectividad Universal Significativa (UMC) de la UIT³. De acuerdo con el diagnóstico que hace la UIT de la evolución de la UMC en Colombia, se identificó que Colombia debe avanzar, principalmente, en resolver dos necesidades de conectividad. La primera de ellas es la conectividad a hogares, la cual usualmente se provee a través de soluciones fijas, alámbricas o inalámbricas. Y, segundo, la conectividad a escuelas.

Por su parte, el Ministerio TIC, a través de los estudios adelantados como insumo para la construcción del Plan Integrado de Expansión de Conectividad Digital diagnosticó el estado de la conectividad en el país y concluyó sobre aquellos aspectos que es necesario considerar para avanzar en el cierre de la brecha digital en el país.

1. Es crucial optimizar el uso de infraestructuras existentes y hacer más eficiente la provisión de conectividad troncal en todos los rincones del país, para lo cual se deberá promover una modernización y ampliación de las redes existentes en algunas zonas, así como complementar las redes existentes con nuevas soluciones tecnológicas. Para ello, se requiere fortalecer las redes existentes a través del cierre de anillos y el despliegue de redundancias que fortalezcan la red existente. En algunos de los tramos previstos para adelantar estas actividades se considera el uso de enlaces de radio.
2. En redes de acceso fijo se concluyó que en los últimos años ha habido un avance significativo de las conexiones en fibra óptica, principalmente impulsados por los proveedores de servicios de Internet en las regiones. En los casos de zonas más apartadas estos prestadores continúan utilizando soluciones inalámbricas como primera opción, aunque prefieran el uso de fibra cuando es técnica y económicamente viable.
3. En banda ancha móvil, a diciembre 2023 las redes existentes han alcanzado una cobertura del 92,6% de la población con tecnología 4G. Se espera que estas redes continúen expandiéndose en

³ UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES (UIT). About UMC. [En Línea]. Disponible en <<https://www.itu.int/itu-d/sites/projectumc/home/aboutumc/>>

capacidad y cobertura, para lo cual deberá finalizarse la migración tecnológica de las redes móviles de tecnologías anteriores (2G y 3G). Así mismo, a partir de la subasta adelantada en diciembre de 2023, se dio inicio al despliegue de redes 5G, las cuales abrirán oportunidades para ampliar la cantidad de usuarios del Internet móvil, así como soportar aplicaciones en sectores productivos.

4. Existen alternativas tecnológicas, tales como los sistemas satelitales, para proveer conectividad en zonas apartadas a precios que en el pasado no era viable encontrar en el mercado. El Gobierno y el sector privado deben aprovechar los beneficios que generan estas nuevas soluciones para ampliar el alcance de las redes de comunicaciones a los territorios más apartados del país y así atender las necesidades de conectividad y de acceso a los hogares que aún se encuentran desconectados.
5. Al analizar las condiciones que limitan la capacidad para que la población acceda a Internet se encontró que la apropiación y la asequibilidad son las dimensiones que requieren una atención más detallada, con el fin de promover que los hogares con menores ingresos cuenten con el apoyo requerido para acceder a Internet. Y a través de los programas de apropiación del Ministerio TIC, lograr que haya un uso efectivo del Internet.

Con base en este diagnóstico, el Ministerio TIC propuso la ejecución de 21 proyectos “para atender integralmente las problemáticas identificadas, tanto en la oferta, como en la demanda, además de acciones específicas desde el punto de vista normativo, de política pública y regulatorio que faciliten un entorno propicio para la mejora de las condiciones de conectividad”.

Dentro de los proyectos enfocados en atender las necesidades en la oferta de conectividad, vale la pena destacar el proyecto denominado “Conectividad satelital nacional”, en cual se formuló conjuntamente con la ANE y que tiene como objetivo “Determinar e implementar una solución eficiente en lo técnico y lo económico, viable jurídicamente, que permita disponer de capacidad satelital agregada que contribuya a soportar, durante un período de referencia de hasta 15 años, la demanda potencial de conectividad a Internet relacionada con programas e iniciativas del sector TIC, así como de otros sectores de la economía nacional, tales como educación y salud”. Asimismo, en el proyecto “Conectividad en Instituciones Educativas Públicas” se plantea la necesidad de atender directamente, por parte del Ministerio TIC, la conectividad a 4.362 instituciones educativas públicas que, por su ubicación geográfica, deben conectarse a través de soluciones satelitales.

En general, sobre los proyectos enfocados en la demanda de servicios y conectividad se puede concluir que en algunos casos se requerirá el uso de soluciones inalámbricas para lo que el Ministerio TIC y la ANE deberán coordinar las acciones necesarias.

Por otro lado, en el grupo de proyectos enfocados en política pública y el marco normativo y regulatorio, se plantea un proyecto denominado “Gestión eficiente del espectro para la Conectividad” que incluye las siguientes acciones:

1. Implementación de un observatorio de valoración de espectro radioeléctrico.
2. Evaluar la posibilidad de asignación de espectro para redes comunitarias e ISPs.

3. Analizar escenarios de promoción de soluciones eficientes de conectividad satelital para reducir la brecha digital en zonas apartadas, tales como mecanismos de agregación de demanda de capacidad satelital.
4. Adoptar las medidas legales necesarias para promover la implementación de mecanismos flexibles e innovadores de acceso al espectro radioeléctrico (mercados secundarios de espectro).

Documentos CONPES en ejecución

CONPES 4129 – Política Nacional de Reindustrialización⁴

El objetivo específico 1 de esta política pública es “Fortalecer las capacidades del talento humano; el uso y adopción de tecnologías; el acceso a capital y financiamiento; y la infraestructura física y digital para aumentar la eficiencia en producción de bienes y servicios y cerrar las brechas de productividad”. Específicamente en la Línea de Acción 1.4 de este objetivo se propone “Optimizar la infraestructura física y digital para promover la conectividad entre mercados locales, regionales y externos” para lo cual, el Ministerio TIC, tiene bajo su responsabilidad la siguiente actividad:

“Definir en 2024 una estrategia que promueva el uso de soluciones satelitales para extraer su máximo provecho, con respecto a acceso a internet y actividades de radiodifusión, así como observación de la tierra y navegación, que sean útiles para una diversidad de aplicaciones a nivel ambiental, productivo, social, militar, gubernamental.”

Así las cosas, el Ministerio TIC en calidad de integrante de la Comisión Colombiana del Espacio, con el soporte técnico de la Agencia Nacional del Espectro – ANE, y a través de la Unión Europea (UE), desarrolló un estudio para la identificación y caracterización de la demanda por parte de instituciones públicas, así como de la oferta de conectividad satelital existente en la actualidad sobre territorio colombiano. Con base en dichos insumos, el estudio analizó las opciones tecnológicas que se podrían implementar en el corto, mediano y largo plazo, los elementos jurídicos a tener en cuenta para viabilizar la agregación de demanda, el beneficio generado por cada una de las opciones tecnológicas disponibles y los tiempos adecuados que requeriría la implementación de estas soluciones.

⁴ DNP (2023-3).

CONPES 4144 - Política Nacional de Inteligencia Artificial⁵

El 14 de febrero de 2025, el Consejo Nacional de Política Económica y Social aprobó la política pública de Inteligencia Artificial para Colombia. En el Documento CONPES se prevé la ejecución de diversas actividades relacionadas con la gestión del espectro en el marco del objetivo específico 2 “Fortalecer la infraestructura tecnológica, así como la disponibilidad, intercambio y representatividad de datos, requerida para fomentar el desarrollo y adopción de sistemas de IA en Colombia”. Específicamente en la Línea de Acción 2.1 se definen las acciones a cargo del MinTIC y la ANE que se listan brevemente a continuación. Estas acciones están encaminadas a preparar los elementos necesarios desde el punto de vista de la utilización del espectro radioeléctrico y las comunicaciones inalámbricas para promover la Inteligencia Artificial.

1. Definición de condiciones técnicas, esquema de contraprestaciones, procedimientos de selección objetiva y condiciones regulatorias diferenciales para promover aplicaciones de IA para IoT y redes privadas, entre otros. Específicamente en redes privadas, se establece que el espectro servirá de soporte para su implementación en sectores productivos.
2. Establecer condiciones necesarias para la implementación de banda ancha inalámbrica que soporte la adopción de la IA en municipios, áreas no municipalizadas y zonas rurales o apartadas.
3. Elaborar un estudio para identificar necesidades de espectro para IA en redes de acceso y de transporte.
4. Diseñar y socializar modelos prospectivos de uso de espectro por zonas del país para servicios fijo, móvil e IMT, específicamente la implementación de tecnología 6G.
5. Definir un instrumento normativo para la implementación de obligaciones de hacer con contraprestaciones diferentes a las de espectro IMT para proveer servicios de Internet.
6. Incluir un reporte de asignación de espectro radioeléctrico en el país en el sistema Colombia TIC para promover el uso del espectro como habilitador para nuevas tecnologías digitales.

2.2 Resultados de la implementación de la Política de Gestión de Espectro 2020 -2024

Mediante Resolución 2759 de 2020, el MinTIC adoptó la Política de Espectro 2020-2024⁶ cuyo objetivo fue “Modernizar la gestión de espectro radioeléctrico para soportar la transformación digital de la economía”. En dicha política pública se planteó un plan de acción que contiene cinco (5) líneas de acción. A continuación,

⁵ DNP (2025).

⁶ Para mayor información acceder a: <https://www.mintic.gov.co/portal/inicio/Sala-de-prensa/Noticias/161217:MinTIC-y-la-Ane-publican-la-Politica-Publica-de-Espectro-2020-2024>

se describen de forma breve los aspectos más destacados en la ejecución de cada una de las líneas de acción.

Mantener procesos ajustados al marco legal

En esta línea de acción se plantearon acciones encaminadas, principalmente, a actualizar el marco normativo con base en la modificación de la Ley 1341 de 2009, realizada mediante Ley 1978 de 2019, en la cual se ordenó la transferencia de funciones entre entidades para los servicios de radiodifusión sonora y de televisión. Asimismo, se identificó la necesidad de adoptar, actualizar y simplificar procedimientos asociados con la gestión de espectro a cargo del MinTIC y la ANE, para lo cual se tomó como base la propuesta construida a partir del estudio que formuló el Nuevo Modelo de Gestión de Espectro.

De forma general, a partir del diagnóstico realizado, se concluyó que las nuevas funciones otorgadas al MinTIC y a la ANE, han sido consideradas e integradas en el accionar de cada una de estas entidades. Sin embargo, se observó que la ejecución de dichas actividades posiblemente implica la modificación de la estructura de algunas de las áreas y procesos. A la fecha, se han implementado algunas modificaciones en los procesos internos, aunque no se ha implementado un ajuste de fondo a la estructura de la ANE y el MinTIC en relación con las actividades de gestión de espectro.

La adopción y modificación de procesos y procedimientos de gestión de espectro se adelantó entre 2022 y 2023, y se realizó la documentación y adopción formal de algunos procedimientos en el transcurso de 2024.

En relación con el marco normativo para la gestión de espectro, se adoptaron medidas para promover la cesión y renovación de este recurso. Sin embargo, en el caso de las necesidades identificadas hace cinco años para reglamentar las contraprestaciones, aún se encuentran en trámite tres decisiones que son indispensables para promover una mayor eficiencia en el uso del espectro⁷. En este aspecto, se observa que la modernización de los criterios utilizados para el cálculo de contraprestaciones usualmente se ven limitados por el impacto que dichas modificaciones pueden generar en los ingresos del Fondo Único de TIC (FUTIC). En las propuestas más recientes que se han construido para la modificación de contraprestaciones asociadas con el uso del espectro se están considerando criterios adicionales, incluyendo la maximización del bienestar social, con los cuales se espera atender las necesidades de la industria. Finalmente, se destaca la compilación normativa asociada a los servicios de televisión adelantada entre 2024 y 2025.

⁷ Se encuentra pendiente la modificación del régimen de contraprestaciones de servicios punto-multipunto y las contraprestaciones del servicio de radiodifusión sonora en AM, así como la publicación y discusión de una propuesta para modificar las contraprestaciones para enlaces punto a punto.

Analítica de datos para la gestión del espectro

Esta línea de acción estableció un plan de actividades enfocadas en la depuración y actualización de bases de datos para contar con un inventario robusto del espectro y diseñar e implementar los sistemas de información necesarios para soportar la gestión del mismo.

Sobre el primer componente, durante el período de ejecución de la Política de Espectro 2020-2024 se identificaron retrasos que limitaron la posibilidad de contar con el inventario de espectro completamente depurado. En el transcurso de 2023 y durante 2024, se formularon planes de trabajo internos en cada una de las áreas y grupos de trabajo de la Dirección de Industria de Comunicaciones del MinTIC, con el fin de establecer las acciones requeridas para llevar a cabo la depuración de bases de datos y de los expedientes de espectro asignado. En cuanto a la depuración técnica, para diciembre de 2025, se tiene programada la entrega del desarrollo que permitirá avanzar en este proceso y en cuanto a los datos administrativos se viene desarrollando la liberación de frecuencias de solicitudes rechazadas o desistidas de los procesos de selección objetiva. Así mismo, se está revisando expedientes vencidos para la liberación de frecuencias.

En relación con la implementación del Sistema Único de Gestión de Espectro (SUGERE), se adelantó el diagnóstico de los sistemas de información existentes y se diseñó la arquitectura del sistema que requieren la ANE y el MinTIC para fortalecer la gestión de espectro. La implementación se adelantó de forma progresiva durante el período de ejecución de la política, y al finalizar 2024 se cuenta con los elementos básicos para la operación adecuada de dicho sistema.

Como complemento de estos objetivos, se avanzó en la digitalización de procesos de gestión de espectro centralizados sobre el SUGERE, lo que ha permitido simplificar los trámites y reducir los tiempos de atención de solicitudes de gestión de espectro. Sin embargo, se debe tener en cuenta que una solución de este tipo requiere de mejora continua y actualización, en línea con las tendencias y necesidades de la industria. En este sentido, se considera pertinente continuar con el trabajo en esta dimensión de la gestión de espectro hacia futuro.

Como elemento final de esta línea de acción se incluyó la adopción de una estrategia de datos para la gestión de espectro. Sobre este particular, tanto el MinTIC como la ANE avanzaron en la implementación de algunos mecanismos que soportan el gobierno de datos a través de sus oficinas de tecnologías de la información. Sin embargo, se observa que hace falta definir de manera precisa los productos de datos requeridos para soportar la planeación y gestión de espectro, por lo que se considera necesario profundizar en este aspecto con la adopción de una visión integral de las necesidades de las diferentes etapas del ciclo de gestión de espectro, visión que debe integrar las necesidades de información por parte de las áreas misionales y el apoyo tecnológico de las oficinas de TI de las dos entidades. En este sentido, la estrategia de datos debe implementarse con el trabajo conjunto de todos los grupos de trabajo involucrados en la gestión de espectro.

Planeación de espectro a largo plazo con enfoque de mercados, servicios y aplicaciones

En 2020 se consideró pertinente contar con un ejercicio de planeación de espectro en períodos de 5 años, con el fin de contar con una perspectiva más clara de los retos de la gestión de espectro en Colombia a corto y mediano plazo. Para ello, la ANE formuló y adoptó la metodología que dio origen a la adopción del Plan Maestro de Gestión de Espectro a 5 años (PMGE), que se ha venido ejecutando desde 2021, y del cual recientemente se publicó su cuarta versión correspondiente al año 2024. Este PMGE ha sido útil para la identificación de necesidades de los diferentes usuarios del espectro, la comprensión de las tendencias de la industria y la formulación de planes de acción a 5 años, los cuales responden a la cada vez mayor demanda de espectro para comunicar a los ciudadanos y soportar actividades públicas y productivas.

También se planteó como parte de esta línea de acción la reformulación de la estrategia de participación internacional. Durante 2021 y 2022 se hicieron algunas mejoras a los procedimientos asociados. Sin embargo, con base en la experiencia del MinTIC y la ANE en la preparación y participación en el Comité Consultivo Permanente II (CCPII) de la Comisión Interamericana de Telecomunicaciones (CITEL) y la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones del año 2023 (CMR23), se consideró necesario formular una estrategia integral de gestión internacional para las actividades de Colombia en el sector de radiocomunicaciones.

En este sentido, durante 2024 la ANE ha adelantado la formulación de una estrategia para coordinar y soportar la participación activa del país en instancias internacionales, a través de la cual se espera fortalecer la labor del MinTIC y la ANE en los futuros ciclos de estudios del sector de radiocomunicaciones y las demás actividades en el ámbito internacional.

En relación con la gestión del espectro para servicios móviles IMT, la Política de Espectro 2020-2024 formuló una serie de acciones tendientes a fortalecer las herramientas con que cuentan el MinTIC y la ANE para dicha gestión. Se elaboraron dos modelos de demanda, se identificó la disponibilidad de espectro para futuros procesos de asignación, se implementaron por parte de los PRST pilotos de la tecnología 5G a través del marco legal de espectro para pruebas, se modificaron los toques de espectro y se adelantó con éxito la subasta de espectro de la banda de 3500 MHz y bandas remanentes. A partir del diagnóstico, se concluyó que se requiere mayor publicidad de los estudios y avances en relación con la gestión de espectro para estos servicios debido a la importancia de los mismos y al gran interés que generan en múltiples agentes de la industria, además de un creciente interés por parte de agentes en otros sectores productivos.

También se identificaron acciones que continúan durante el 2025 y tienen relación con: la identificación de soluciones innovadoras para promover la conectividad en zonas rurales y la definición de una estrategia de gestión del ROE y promoción del uso de soluciones satelitales para conectividad y aplicaciones de otros sectores económicos. En ese sentido, y considerando que son insumos importantes para la gestión del

espectro en el país, se sugiere complementar con acciones adicionales en el período de la política pública que se formula con este documento.

En la definición de espectro para la Red Nacional de Telecomunicaciones de Emergencias y la elaboración de un Plan Técnico de Televisión (PTTV) posterior al apagón analógico, se observó que hubo algunos retrasos principalmente provenientes de la definición de acciones con agentes externos. En el caso de las frecuencias de la red de emergencias, la ANE adoptó las frecuencias para comunicaciones de banda angosta y el MinTIC está en proceso de tramitar y expedir una decisión que define aspectos requeridos para esta Red Nacional Emergencias. En relación con el apagón analógico de las redes de televisión radiodifundida, durante 2024 se adoptaron las regiones de apagado, las cuales se encuentran en planificación de fechas de ejecución.

Finalmente, con el objetivo de fortalecer la gestión del espectro de servicios aeronáuticos y marítimos se adelantó la revisión de mejores experiencias internacionales y se formuló una recomendación relativa a ejecutar estas actividades de manera conjunta con la Aeronáutica Civil (Aerocivil) y la Dirección Marítima (DIMAR), con lo cual se buscaba esclarecer las actividades a cargo del MinTIC y la ANE, así como de la Aerocivil y la DIMAR. Para esto, se consideró el marco normativo vigente y se planteó un plan de acción para ejecutar junto con la participación de estas entidades, pero no pudo ser ejecutado debido a incertidumbres jurídicas sobre delegación de funciones que no permitieron ejecutar el plan.

Mecanismos flexibles de acceso al espectro

En 2020 se concluyó que era necesario adoptar un plan de implementación de mecanismos flexibles y un marco legal que soportara la utilización de estos mecanismos, para una mayor eficiencia en la gestión del espectro.

De acuerdo con los análisis adelantados por la ANE, se decidió adoptar una metodología en la cual, como parte de la ejecución del PMGE, en cada uno de los proyectos a través de los cuales se establecen condiciones para el uso futuro del espectro, se considera como una alternativa de solución la implementación de mecanismos flexibles en paralelo con otro tipo de soluciones; como resultado de dicha metodología, se identificó, por ejemplo, que para la maximización del uso del espectro en bandas IMT en zonas apartadas, era conveniente promover un esquema de compartición. Con base en esto, se formuló un proyecto de decreto que establece las condiciones de compartición de espectro IMT entre PRST y también con terceros, con el fin de promover casos de uso que podían estar restringidos a partir de los mecanismos de asignación de espectro a nivel nacional. Este proyecto de decreto se encuentra en desarrollo.

En relación con el marco legal para promover la compartición y los mercados secundarios de espectro, como parte de los análisis realizados se concluyó que es un ejercicio de alta complejidad si no se tienen como referencia casos específicos de uso a partir de los cuales dar aplicación a las opciones de compartición o transferencia de permisos de uso de espectro entre asignatarios. En este sentido, se consideró que la

adopción de modificaciones normativas debe asociarse con casos específicos que se estén considerando a nivel nacional o internacional.

Adicionalmente, en 2020 se planteó la necesidad de evaluar las condiciones de uso de espectro para redes comunitarias. Para esto, se viene trabajando en una propuesta específica de uso de la banda de 900 MHz por su disponibilidad y características de propagación. Asimismo, se tramitó la modificación de una nota nacional en el Reglamento de Radiocomunicaciones para viabilizar el uso de una porción más grande de esta banda. La normatividad que viabilice estos esquemas específicos de gestión de espectro para la conectividad de comunidades en zonas geográficas del territorio donde no hay, es escasa o de baja calidad; la oferta de soluciones de conectividad está en proceso.

Innovación y gestión del conocimiento

Como actividad principal de esta línea de acción, se formuló la necesidad de identificar y caracterizar grupos de interés asociados con la gestión de espectro, incluyendo aquellos que usualmente no tienen relación directa con la industria de TIC. Para ello, iniciando en 2020, y durante 2021, se adelantó un ejercicio de caracterización a través de mesas de trabajo a partir del cual se consolidó un listado de grupos de interés y se definió una estrategia de relacionamiento con dichos grupos. Este ejercicio fue un buen insumo para integrar necesidades de diversos actores, que sirvió para elaborar el PMGE en sus versiones anuales. Sin embargo, como parte del diagnóstico realizado para la construcción de esta política, se identificó que no se ha evaluado de forma específica los resultados de la estrategia, así como también se ha perdido el contacto directo con algunos de los grupos de interés identificados.

En relación con la promoción de actividades de investigación, se evidenció que en el período de ejecución se formularon y ejecutaron dos estudios de investigación con universidades a nivel nacional para contar con elementos técnicos adicionales en la toma de decisiones sobre la gestión de espectro. Sin embargo, debido al presupuesto que se propone desde la ANE, no se observa un interés profundo en la realización de este tipo de estudios por parte de la academia, por lo que se considera necesario reformular los mecanismos de identificación de temáticas relevantes para investigar, y la formulación e implementación de los estudios asociados.

3. Marco Conceptual

3.1 Tendencias internacionales en la industria de telecomunicaciones

Las telecomunicaciones son el elemento base para soportar la actividad económica y social en un mundo digitalizado, éstas han adquirido un rol preponderante en la actividad humana, lo que ha implicado para los proveedores de redes y servicios de telecomunicaciones evolucionar a gran velocidad para atender la demanda de nuevas aplicaciones, usos y servicios de comunicaciones.

De acuerdo con el Banco Mundial (2024), la inversión total en redes de telecomunicaciones fue de US\$344 billones en 2021. Por su parte, PwC (2023) indica que 2022 fue el año en el que la tasa de crecimiento de la inversión en redes fijas y móviles de telecomunicaciones fue más alta (4,2%) desde 2018. Una cantidad significativa de esta inversión en los últimos años se destinó al despliegue de redes de fibra óptica y redes móviles de 5G, aunque todavía se requiere en muchos países inversión adicional en redes troncales de fibra óptica y fibra al hogar. Tanto el Banco Mundial, como PwC, estiman que en los próximos años la inversión en telecomunicaciones se estabilizará, pero estará enfocada en incrementar la capacidad y la calidad de las redes existentes, tanto fijas como móviles.

A continuación, se describen brevemente las tendencias más significativas de la industria, con especial énfasis en aquellas que tendrán un impacto en la gestión y uso del espectro en los próximos años.

Evolución de redes móviles

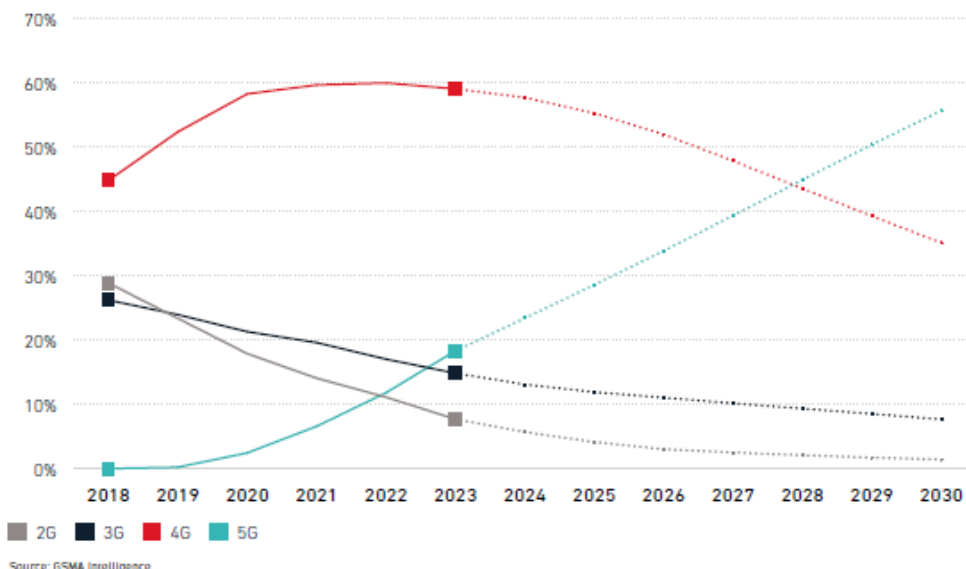
En relación con el despliegue de 5G, la Global System for Mobile Communications Association - GSMA (2025) afirma que a final de 2024 se superó la barrera de 2 billones de conexiones 5G en el mundo, y se espera que en 2028 sea la tecnología móvil predominante (Gráfico 1 Gráfico 1 Proyecciones de conexiones móviles por tecnología, 2018-2030). Sin embargo, el estado de adopción alrededor del mundo aún muestra muchas diferencias entre países y regiones. La penetración de 5G únicamente supera el 50% en Norteamérica y China. Asia-Pacífico tiene una penetración de 17%, mientras que Europa alcanza el 30% de conexiones con tecnología 5G. En el caso de América Latina, la penetración de 5G era de 9% al finalizar 2024. A diciembre de 2024 había 305 operadores en 121 países que habían lanzado el servicio de 5G. La GSMA espera que el crecimiento de 5G se intensifique en la segunda mitad de esta década, con la expectativa de que supere el 80% del total de conexiones móviles a 2030 en los mercados líderes en

despliegue. Se espera que la velocidad de adopción se incremente con la aparición de más terminales 5G de bajo costo y la asignación de espectro adicional.

Gráfico 1 Proyecciones de conexiones móviles por tecnología, 2018-2030

Evolution and forecast of mobile connections by technology

Percentage of connections



Fuente: GSMA (2024-2)

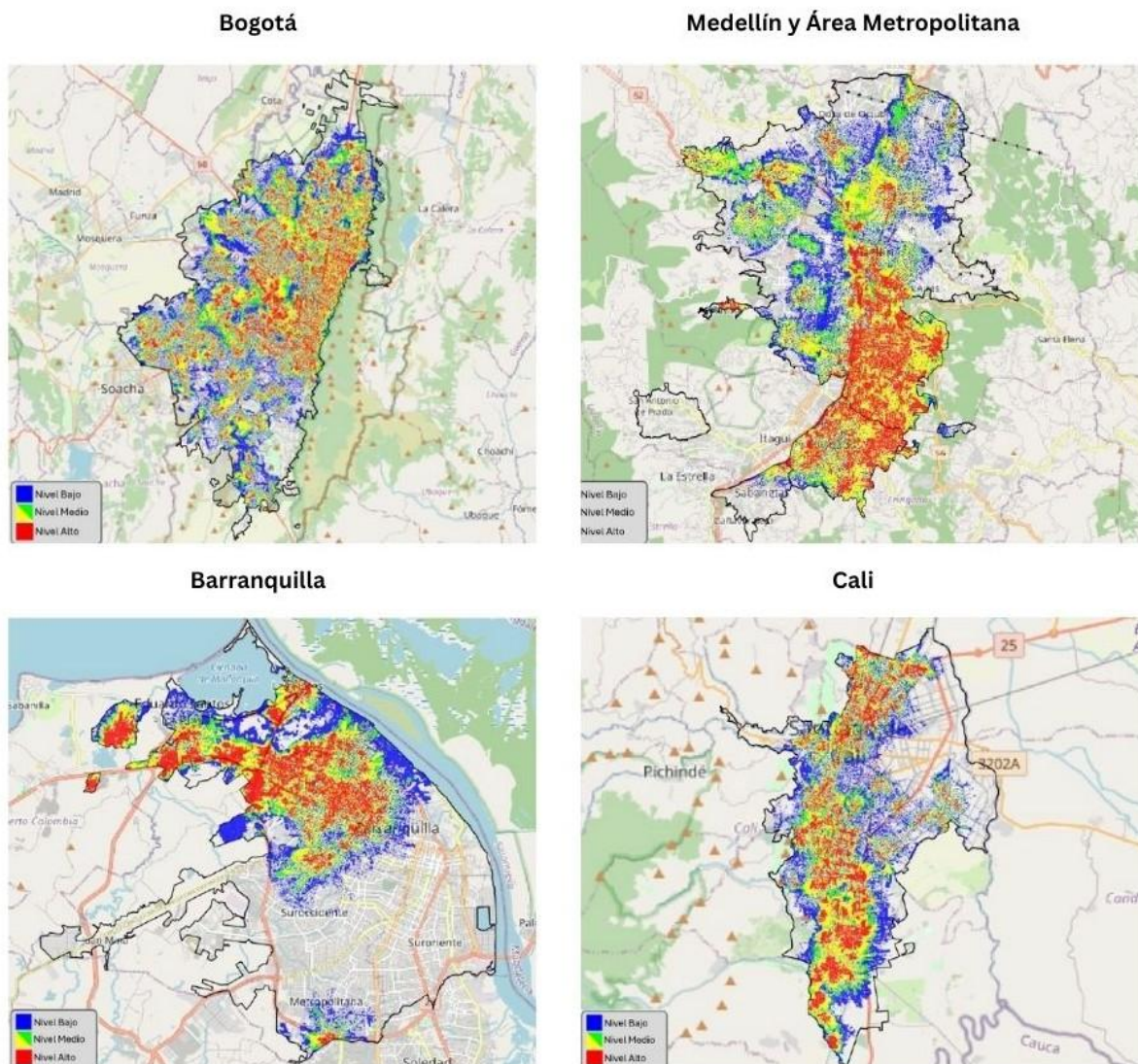
En el caso de Colombia, en diciembre de 2023 se llevó a cabo la subasta de espectro de la banda de 3.500 MHz, primera banda subastada para tecnología 5G en Colombia. La adopción de la tecnología 5G ha sido particularmente rápida, posterior al inicio de su implementación a partir de febrero de 2024. De acuerdo con las cifras de la CRC, a junio de 2025 las conexiones a internet móvil en tecnología 5G alcanzaron un total de 6,03 millones, el 12,4% del total, mientras que las conexiones con tecnología 4G representan el 80,5% del total, alcanzando 39,3 millones de accesos⁸.

En cuanto al despliegue de infraestructura de redes con tecnología 5G, de acuerdo con cifras del Ministerio de TIC, a junio de 2025 había 1.915 estaciones base de tecnología 5G desplegadas en el país. A nivel geográfico, a finales de 2024 los sitios en operación de tecnología 5G estaban presentes en 43 ciudades de 25 departamentos. Como ejemplo de esto, en la Gráfico 2 **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se puede observar la cobertura de 5G en cuatro de las principales ciudades del país⁹.

⁸ CRC, Data Flash Internet Móvil 2025-012, 2025, Pág. 11. Descargado de: <https://www.postdata.gov.co/file/5201/download?token=Pinx70BC>.

⁹ CRC, Data Flash Infraestructura de Redes Móviles 2025-009, 2025, Pág. 11. Descargado de: <https://www.postdata.gov.co/file/5618/download?token=KdEhQFDV>

Gráfico 2. Cobertura 5G en algunas ciudades a diciembre 2024



Fuente: Elaboración propia con base en CRC, Data Flash Infraestructura de redes móviles 2025-009, 2025, Págs. 19 a 23

La mayoría de los despliegues de 5G hasta el momento se han implementado en la modalidad non-standalone (NSA), que permite hacer uso de los despliegues existentes de tecnología 4G y utiliza el core de 4G para complementar con funcionalidades de 5G. Sin embargo, las características de funcionamiento de la tecnología 5G únicamente serán aprovechables al máximo con los despliegues standalone (SA). En enero

de 2024, 47 operadores alrededor del mundo ofrecían servicios comerciales de 5G en redes SA, principalmente en Europa y Asia-Pacífico¹⁰.

Teniendo en cuenta las múltiples oportunidades que ofrece 5G, y las posibilidades de la tecnología para adaptarse a distintos tipos de entornos, la nueva tendencia en despliegue de redes 5G tiene que ver con lo que se ha llamado 5G-Advanced, versión de esta tecnología que logra mejoras en las velocidades, maximizando la cobertura y mejorando la movilidad y la eficiencia de potencia¹¹. Adicionalmente, dentro del Release 17 de 3GPP se introdujo la versión 5G RedCap (Reduced Capability) para terminales móviles que requieren conectividad IoT con mayor eficiencia en energía y costos, las aplicaciones más comunes tienen que ver con Smart Grids, wearables y sensores para ciudades inteligentes.

Todos estos desarrollos de nuevas funcionalidades, aplicaciones y usos de la tecnología 5G posiblemente van a seguir estando presentes en la medida en que se identifican las posibilidades de utilizarlos en diversos entornos productivos y aplicaciones diarias. Sin embargo, la industria móvil ha tenido dificultades monetizando las inversiones que se han hecho en 5G, la GSMA (2024) indica que los despliegues de redes en las modalidades avanzadas no se han realizado en los tiempos esperados y que lo mismo se espera sobre 5G-Advanced y 5G SA.

Acceso Fijo Inalámbrico (FWA) sobre 5G

Una de las oportunidades que ha generado el despliegue de 5G para los operadores de telecomunicaciones es la provisión de conexiones de banda ancha al hogar mediante tecnología de acceso fijo inalámbrico (FWA). Múltiples operadores alrededor del mundo están rentabilizando las inversiones en tecnología 5G a través de este tipo de conexiones, ya que han demostrado ser competitivas con la fibra óptica en términos de las prestaciones para el usuario. Aún con una baja penetración (3,7%), el FWA tuvo un rápido crecimiento (64%) de junio 2020 a junio 2023, comparable con fibra óptica (56%)¹². De acuerdo con Ericsson, el 80% de los operadores con oferta de paquetes de servicios móviles incluye oferta de soluciones FWA, 53% de ellos (128 operadores) con oferta sobre redes 5G¹³.

Cifras de Deloitte (2024) indican que el 90% de las nuevas conexiones de banda ancha al hogar adicionadas en 2022 en Estados Unidos correspondieron a soluciones FWA sobre 5G, y se estima que estas últimas podrían representar el 18% del total de conexiones de banda ancha fija en 2029¹⁴.

¹⁰ GSMA (2024-3).

¹¹ Ibid.

¹² OCDE (2024).

¹³ Ericsson (2024).

¹⁴ Ericsson (2024)

Nuevas atribuciones de bandas de frecuencias para IMT

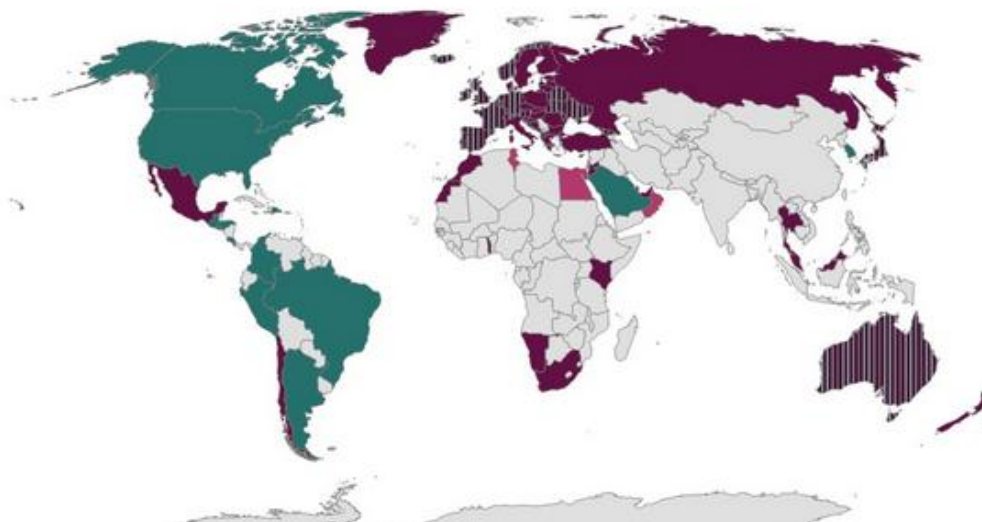
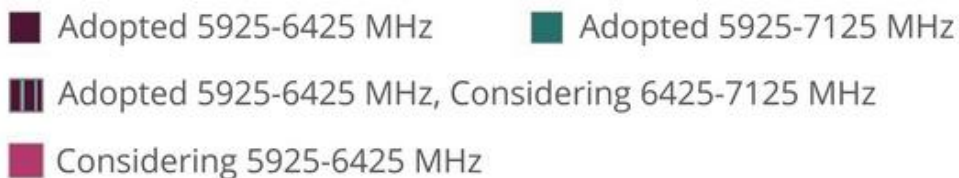
La industria móvil está constantemente buscando nuevas bandas de frecuencias que puedan ser utilizadas para ampliar la capacidad y cobertura de las redes existentes. La banda con mayor relevancia en los últimos años ha sido la de 3,5 GHz (3,5 GHz incluye el rango de 3,3 a 3,8 GHz) debido a que fue la primera banda que se consideró para el despliegue masivo de la tecnología 5G. Hasta hace poco no se tenía armonización en algunas regiones en el mundo sobre esta banda. sólo hasta la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de 2023 (CMR23) logró dicha armonización. La CMR23 logró ampliar la identificación de la banda en la totalidad del rango de frecuencias descrito para su utilización en redes móviles de manera que en este momento dicha banda está armonizada en 150 países¹⁵. Esta decisión genera beneficios en términos de economías de escala de nivel mundial, tanto para equipos terminales como para equipos de red.

Por otra parte, la banda de frecuencias que más tuvo discusión durante el transcurso de la CMR23 fue la de 6 GHz (6.425-7.125 MHz). Durante los últimos años ha sido uno de los temas más activos en la discusión internacional sobre la destinación de bandas de frecuencias para ciertas aplicaciones y usos como las redes de área local inalámbricas (WLAN) y las Telecomunicaciones Móviles Internacionales (IMT). Desde hace varios años los fabricantes de dispositivos identificaron esta banda como una de las promesas más grandes para ampliar la capacidad de las aplicaciones sobre WiFi que actualmente operan en las bandas de 2,4 GHz y 5 GHz. Debido al uso masivo de esta tecnología a nivel mundial, los niveles de congestión de estas bandas de uso no licenciado han ido en aumento, de ahí la necesidad de encontrar rangos adicionales de frecuencias sobre los que sea posible poner a disposición de los usuarios una gran cantidad de dispositivos en los próximos años.

Con base en lo anterior, durante la CMR23 se observó una discusión fuerte en la que los fabricantes de dispositivos, por un lado, buscaban mantener el espacio alcanzado en cuanto a la destinación por parte de varios países para uso no licenciado y, por otro, la industria móvil con la intención de posicionar la misma banda de frecuencias para ser identificada para las IMT.

¹⁵ GSMA (2024-4).

Gráfico 3. Países que han habilitado banda de 6 GHz para WiFi



Fuente: WiFi Alliance. Consultado en: <https://www.wi-fi.org/countries-enabling-wi-fi-in-6-ghz-wi-fi-6e>

Como resultado de la discusión en la CMR23, algunas regiones identificaron la banda para su posible uso por parte de las IMT. En el caso de la Región 2 – Américas, se mantuvo la tendencia a destinar la banda completa para uso no licenciado y por ahora sólo México y Brasil manifestaron su interés en utilizar una porción de la banda para redes móviles. En este sentido, los próximos años serán relevantes para evidenciar las tendencias en el uso de esta banda, con posibles procesos de subasta en la segunda mitad de la década.

Es de resaltar que en 2022 Colombia estableció las condiciones técnicas de operación para permitir el uso no licenciado de la banda completa para aplicaciones de baja potencia en interiores, y en septiembre de 2024 publicó para consulta pública una propuesta de ajuste normativo para permitir también el uso no licenciado por aplicaciones de baja potencia y potencia estándar en exteriores.

Finalmente, en relación con las actividades continuas de la UIT en la identificación de posibles bandas adicionales para las IMT, el ciclo de estudios que llevará a las decisiones de la CMR en 2027 está considerando como foco principal las bandas de 4400-4800 MHz, 7.125-8.400 MHz y 14,8-15,35 GHz para ampliar la cobertura y capacidad de redes 5G y para el despliegue de la tecnología 6G.

En relación con esta dinámica entre distintos usos de espectro, el Banco Mundial¹⁶ recomienda a los países agilizar los procesos de asignación de espectro para redes móviles, al mismo tiempo que debe considerar el rol del espectro sin licencia, de tal manera que haya una aproximación balanceada sobre la destinación de bandas de frecuencias.

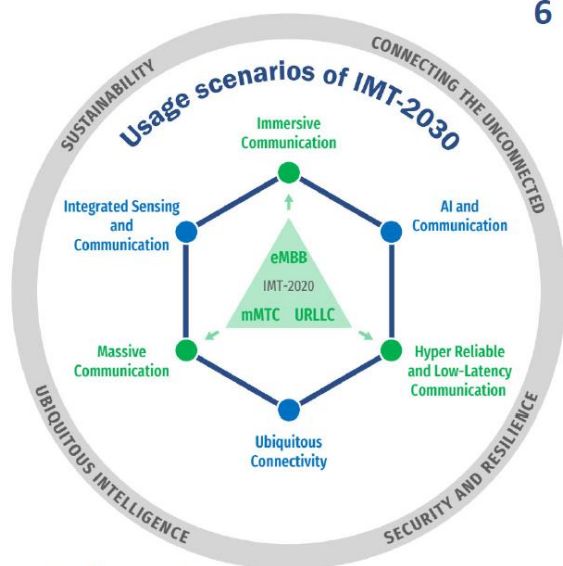
Nuevas tecnologías móviles (Estándares para 6G)

De acuerdo con el anuncio¹⁷ hecho por la UIT en el marco de la CMR23, se adoptó la Recomendación UIT-R M.2160 que establece el marco de adopción de la tecnología 6G denominado “Marco de las IMT-2030”. Con base en esto, se espera tener el conjunto de estándares de la tecnología aprobados en 2030.

Los escenarios de uso de la tecnología 6G se han definido a partir de los escenarios que se propusieron en su momento para la tecnología 5G, de forma que la UIT y la industria esperan construir sobre las ventajas y beneficios de la 5G para la siguiente evolución tecnológica.

Gráfico 4. Escenarios de uso de la tecnología 6G

Usage scenarios



So called "Wheel diagram"

6 Usage scenarios

Extension from IMT-2020 (5G)

- eMBB → Immersive Communication
- mMTC → Massive Communication
- URLLC → HURLLC (Hyper Reliable & Low-Latency Communication)

New

Ubiquitous Connectivity
AI and Communication
Integrated Sensing and Communication

4 Overarching aspects:

act as design principles commonly applicable to all usage scenarios

Sustainability, Connecting the unconnected,
Ubiquitous intelligence, Security/resilience

Fuente: UIT, 2023. Consultado en: <https://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg5/rwp5d/imt-2030/Pages/default.aspx>

¹⁶ Banco Mundial (2024).

¹⁷ UIT (2023).

Permisos tecnológicamente neutrales y transición tecnológica

Tanto la GSMA (2024)¹⁸, como el Banco Mundial (2024), afirman que los gobiernos deben trabajar en lograr mayores eficiencias en el despliegue y uso de las redes móviles a través de: i) aplicar neutralidad tecnológica al uso del espectro para servicios móviles, así como, ii) promover la migración tecnológica con el fin de apagar las redes de tecnologías previas, cuya operación y mantenimiento es costosa y generan menores ingresos. De acuerdo con la GSMA (2024), 143 redes 2G y 3G van a ser apagadas entre 2023 y 2030. África es la región que más retrasos tiene en el apagado de redes debido a la gran cobertura que tienen estas y a la baja adopción de teléfonos inteligentes.

Evolución de soluciones satelitales

Otra de las tendencias más significativas de los últimos años es la evolución de la oferta de sistemas satelitales para diversos tipos de aplicaciones. De acuerdo con un informe reciente de la Oficina de Presupuesto del Congreso (CBO) de los Estados Unidos¹⁹, a enero de 2022 había cerca de 5.000 satélites operacionales en órbita, muchos de ellos como parte de constelaciones. Sin embargo, se espera que esta cantidad crezca significativamente en la próxima década debido al lanzamiento de múltiples constelaciones comerciales de gran tamaño, principalmente en órbitas de baja altitud (LEO).

En la actualidad, la mayoría de satélites pertenecen a una de tres categorías: i) observación de la Tierra: utilizados en monitoreo de fenómenos ambientales como el clima o incendios, en la recolección de imágenes a través de telescopios instalados en el satélite, o en la vigilancia de la actividad de países con fines de inteligencia militar, ii) navegación: tienen múltiples aplicaciones; ofrecen posicionamiento y sincronización temporal crítica para sectores como transporte terrestre, fluvial y marítimo, agricultura de precisión, logística y monitoreo ambiental. iii) comunicaciones: los cuales soportan la prestación de servicios de telefonía, radiodifusión (sonora y de televisión), y acceso a Internet, con diversos usos en actividades públicas y privadas.

La evolución tecnológica, la reducción de los costos de lanzamiento, y la presencia de una mayor cantidad de empresas dedicadas a esta actividad, han generado una reducción general del costo de fabricación, la producción en masa y puesta en órbita de satélites, lo que ha impulsado en los últimos años una tendencia creciente en el despliegue de grandes constelaciones en órbita baja (LEO). En observación de la Tierra, por ejemplo, las imágenes capturadas por satélites en órbita LEO son de mejor calidad por la cercanía con la

¹⁸ GSMA (2024).

¹⁹ CBO (2023).

superficie terrestre. En soluciones de comunicaciones se puede obtener una menor latencia, lo que promueve su uso en una mayor cantidad de aplicaciones que van desde acceso a Internet hasta el control de aeronaves no tripuladas.

En contraposición a las ventajas se encuentran algunos inconvenientes que generan las grandes constelaciones de satélites que están siendo puestas en órbita en la actualidad. Una mayor cantidad de satélites puede generar más desechos espaciales, que representan una amenaza para la operación de los satélites aún en funcionamiento. Asimismo, estas grandes constelaciones pueden tener un efecto en la actividad humana en la Tierra y en los satélites en diferentes órbitas debido a la reflexión de los rayos solares, así como un posible efecto ambiental generado por los desechos ya mencionados al finalizar la vida útil de los satélites²⁰.

Durante la CMR23, hubo discusión intensa entre las administraciones en relación con el efecto que este tipo de sistemas satelitales puede generar a futuro y será uno de los asuntos planteados para tratar en la agenda de la siguiente CMR a celebrarse en 2027 (CMR27). Otro de los asuntos a discutir en la CMR27 es la implementación de soluciones Direct-to-Device (D2D), a través de las cuales se está buscando hacer uso del componente satelital de las IMT para proveer conectividad desde el satélite directamente a los dispositivos de usuario. Este tipo de soluciones promete proveer conectividad en zonas remotas y apartadas en donde las redes terrestres no son viables desde lo técnico o lo económico. De acuerdo con el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el mercado de conectividad por satélite en América Latina y el Caribe será el segundo en el mundo en 2029²¹.

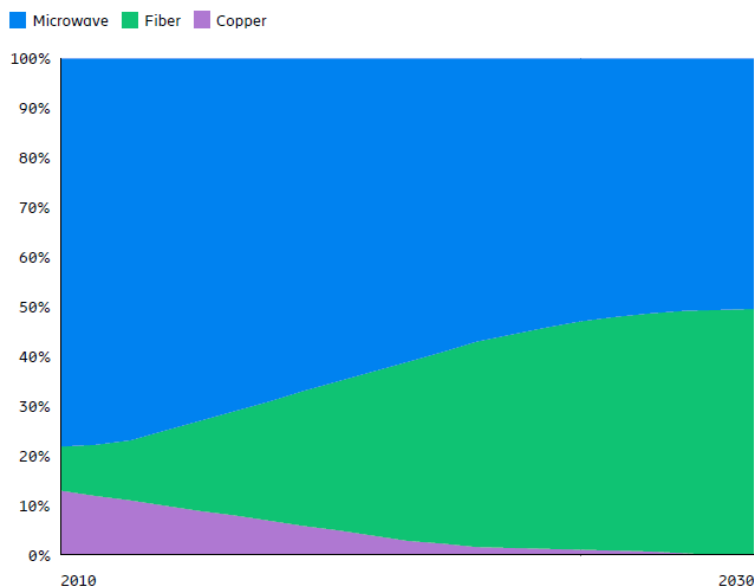
De acuerdo con un reporte de Ericsson²², para las redes de backhaul los enlaces microondas seguirán siendo uno de sus principales componentes. Se espera que para 2030, con el despliegue de tecnologías móviles 6G, el 50% de las macroceldas serán conectadas a través de enlaces microondas, lo que demuestra la gran importancia de la adecuada gestión de las frecuencias en las que operan.

²⁰ CBO (2023).

²¹ BID (2023).

²² Ericsson (2023).

Gráfico 5. Predicción de distribución de redes de backhaul por tecnología



Fuente: Ericsson (2023)

Una de las bandas de mayor desarrollo en tecnologías punto-punto en los últimos años ha sido la Banda E (70/80 GHz), debido a la gran cantidad de espectro disponible, lo que permite anchos de banda lo suficientemente amplios para soportar la gran cantidad de tráfico de redes móviles, incluso para tecnología 5G.

A futuro, se espera que las redes de microondas sigan soportando gran parte de la conectividad de redes móviles en todo el mundo, haciendo uso de las bandas de frecuencias tradicionales, por ejemplo, aquellas ubicadas en el rango 6 – 42 GHz, se profundizará el uso de Banda E, y se espera que para los despliegues de 5G y 6G finalizando la década, se abran rangos adicionales de frecuencias en 92 – 175 GHz (Banda W y Banda D)²³.

Radiodifusión sonora y de televisión

En cuanto los servicios de radiodifusión terrestre, de manera general se observa que estas industrias han tenido múltiples retos en los últimos años debido al consumo cada vez mayor de contenidos por internet a través de plataformas digitales. De acuerdo con Media Tool²⁴, el mercado de radiodifusión y tecnología de medios a nivel global alcanzó los US\$53,44 billones en 2023. Una de las tendencias más marcadas en la

²³ Ericsson (2022).

²⁴ Media Tool (2024).

industria es la mezcla de los canales tradicionales, como la radio y la televisión, con plataformas digitales, como plataformas de streaming y redes sociales, lo que ha permitido llegar a nuevas audiencias.

De acuerdo con RGB²⁵ Broadcasting las tendencias que mayor impacto generan en los servicios de radiodifusión sonora son: el cambio hacia las plataformas digitales y de streaming y la adopción del estándar DAB+ de radio digital, entre otras tendencias relacionadas específicamente con el consumo de contenidos de forma digital.

En relación con la adopción de estándares de radio digital, existen tres opciones principales: HD Radio, DAB/DMB (Digital Audio Broadcasting / Digital Media Broadcasting) y DRM (Digital Radio Mondiale)²⁶. La adopción de estos estándares se ha dado a nivel de cada país, con decisiones que en algunos casos tienden a estar armonizadas a nivel regional. En el caso de la región de América, Estados Unidos, México y Brasil adoptaron el estándar HD Radio, mientras que otros países de la región han hecho pruebas con distintos estándares durante varios años sin adoptar una decisión final sobre el estándar preferido.

En general, para el caso de radio digital, no se evidencia una tendencia clara hacia la adopción de un estándar específico, o sobre la necesidad clara de migrar de forma definitiva hacia la radio digital. Sin embargo, en los últimos meses los concesionarios y licenciarios del servicio de radiodifusión sonora en AM han manifestado su interés en migrar a frecuencias en FM, principalmente debido a los costos asociados con la operación y mantenimiento de las estaciones de transmisión.

En cuanto a la televisión radiodifundida, por el contrario, debido al alto interés que se tenía por las bandas de frecuencias utilizadas por este servicio, en las décadas pasadas se adelantó la migración a estándares de televisión digital terrestre (TDT) a nivel mundial y, en la medida de lo posible, se finalizaron los planes de apagado de emisiones en tecnología analógica.

Los retos actuales de la industria se están enfrentando a través de acciones encaminadas a la digitalización, principalmente la integración de contenidos en plataformas digitales, así como en la adopción de estándares para transmisión de televisión a través de los canales más frecuentados por los usuarios que hacen uso del Internet.

En este sentido, algunos hablan de un mercado de televisión (TV) móvil, teniendo en cuenta que el consumo principal de contenidos se realiza a través de estos dispositivos. GIS (Global Insight Services)²⁷, define el mercado de TV móvil como aquel que comprende la distribución de contenido de televisión vía dispositivos móviles haciendo uso de desarrollos en tecnología de streaming y de redes móviles. De acuerdo con GIS, se espera que el mercado de TV móvil se expanda de US\$10,5 billones en 2023, a US\$22,8 billones en 2033.

En relación con el uso de servicios de televisión radiodifundida, en las últimas dos décadas se han desarrollado estándares para la provisión de la televisión digital terrestre a través de redes móviles. Dentro

²⁵ RGB Broadcasting (2023), Key Trends: Where is the Radio Industry headed in 2023

²⁶ Gates Air.

²⁷ GIS (2024).

de estos estándares se encuentran: DVB-H, ATSC-M/H, ISDB-T, DMB, y más recientemente, el estándar DVB-I. La especificación técnica del estándar DVB-I fue publicada por ETSI en septiembre 2024²⁸ como un estándar abierto para que opere con cualquier tipo de dispositivo y que pueda consolidar señales radiodifundidas o transmitidas por Internet. Se han realizado pruebas en diferentes países en Europa. Por el momento existe un solo fabricante de dispositivos receptores de la tecnología y se espera que continúen las pruebas de implementación.

Adicionalmente, durante los últimos años 3GPP ha trabajado en el desarrollo de las especificaciones técnicas de 5G Broadcast, estándar de radiodifusión terrestre de ámbito global soportado en redes móviles, que permite transmitir contenido multimedia directamente al dispositivo. Además de contenido multimedia, se ha considerado como mecanismo para la transmisión de alertas de emergencia, transmisión de actualizaciones de software, y otros tipos de notificaciones para conocimiento simultáneo por parte de la ciudadanía.

Tendencias en gestión de espectro.

Los modelos de gestión de espectro han evolucionado en el tiempo, en los años 90 se hacía uso de mecanismos de comando y control, en los cuales se fijaban reglas para el uso de todas y cada una de las bandas de frecuencias, había usos exclusivos por parte de operadores de comunicaciones con el objetivo de proveer servicios específicos, y se otorgaban permisos a través de procedimientos administrativos como los concursos de belleza, enfocados en el logro de los objetivos de conectividad de la administración. Entre finales de los 90s y la década del 2000 se empezó a utilizar mecanismos de mercado tales como subastas para el otorgamiento de permisos exclusivos o individuales. Para 2010, se dio inicio a la implementación de mecanismos flexibles de acceso al espectro incluyendo la compartición²⁹ y, en algunos casos, mercados secundarios³⁰. Asimismo, debido a las necesidades cambiantes de espectro para atender aplicaciones o usos diferentes, se requirió hacer modificaciones en la atribución (re-atribución) y destinación (re-destinación) de bandas de frecuencias, lo que implicó fijar condiciones para trasladar a los operadores establecidos a nuevas bandas de frecuencias.

Recientemente, los rápidos cambios que ha tenido la industria de comunicaciones y el desarrollo de las tecnologías de comunicación inalámbrica presentan un reto para los reguladores nacionales, en el sentido de lograr un balance entre flexibilizar, para promover la innovación de la industria, y generar algún nivel de

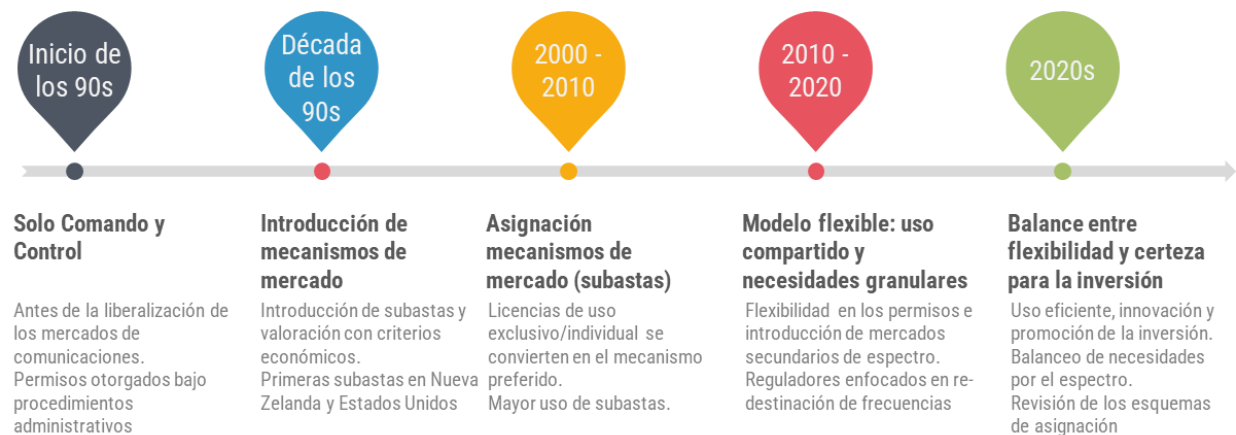
²⁸ Proyecto DVB.

²⁹ La compartición de espectro optimiza el uso de las frecuencias o canales inalámbricos de comunicación mediante permitir que múltiples categorías de usuarios compartan las mismas bandas de frecuencias de forma segura. Traducido de “Spectrum sharing”, NIST, <https://www.nist.gov/spectrum-sharing>

³⁰ Los mercados secundarios de espectro o la comercialización secundaria de espectro es el intercambio de derechos de uso de espectro o licencias entre los asignatarios iniciales y los compradores o arrendadores. Con base en UIT, <https://datahub.itu.int/data/?i=100058&e=SYR>

certeza para que los prestadores de servicios de comunicaciones cuenten con la confianza necesaria para invertir en nuevas soluciones tecnológicas³¹.

Gráfico 6. Evolución de los mecanismos de gestión de espectro



Fuente: Elaboración propia con base en OCDE (2022).

La OCDE publicó en octubre de 2022 su más reciente documento sobre tendencias de gestión de espectro para servicios de comunicaciones en el que afirma que los esquemas de balance entre flexibilidad y certeza para la inversión son aquellos que dominarán la gestión de espectro en la década que inició en 2020.

Por otro lado, la gestión de espectro debe promover la transformación digital de la economía. Con base en esto, la OCDE afirma categóricamente que “en la actualidad y hacia futuro, los reguladores a cargo de la gestión de espectro son los protagonistas de la transformación digital de nuestras sociedades”. Ninguno de los sectores se puede quedar atrás, por lo que se hace necesario identificar la mejor forma de atender las necesidades de distintos tipos de agentes teniendo presente los retos y necesidades de la digitalización. Con base en esta tendencia, por ejemplo, se está observando un nuevo tipo de demanda de espectro para aplicaciones como vehículos autónomos, drones, servicios de alta confiabilidad y ciudades inteligentes, entre otras. La rápida evolución de tecnologías y arquitecturas de red ha promovido esta multiplicidad de aplicaciones y casos de uso que es necesario analizar y considerar en la toma de decisiones de gestión de espectro.

Otros temas que destaca la OCDE como tendencias que impactan las decisiones de los gobiernos sobre la gestión de espectro, incluyen, en primer lugar, la importancia de las actividades públicas soportadas en el uso del espectro, actividades como seguridad, defensa, provisión de servicios públicos, atención de emergencias, entre otros. Así mismo, la resiliencia de las redes y de los servicios públicos soportados en este tipo de comunicaciones deben ser consideradas dentro de dicha gestión, con el fin de garantizar la disponibilidad y la operación continua de estos sistemas, incluso en casos de emergencia.

³¹ OCDE (2022).

En segundo lugar, teniendo en cuenta el reto global que representa el cambio climático para la vida humana, la gestión del espectro resulta fundamental para una serie de aplicaciones de sistemas de comunicaciones inalámbricos que soportan actividades científicas, meteorología, observación de la Tierra, entre otras, que son de gran utilidad para el análisis y definición de posibles soluciones a esta problemática de orden global. En este sentido, debe considerarse el rol que tiene el uso del espectro en estos sistemas y propender por fortalecer las capacidades de las entidades públicas que están a cargo.

En resumen, la OCDE propone cinco objetivos asociados con la gestión de espectro para atender estas tendencias:

1. Balancear la demanda de espectro por parte de sistemas de comunicaciones en competencia por este recurso.
2. Entender claramente las necesidades de usos y aplicaciones por parte de los diversos usuarios del espectro.
3. Promover la innovación en sistemas inalámbricos, a la par que se garantiza la certidumbre necesaria para la inversión.
4. Flexibilizar el marco de otorgamiento de permisos de espectro a través de la gestión adecuada de las interferencias perjudiciales.
5. Aprovechar los beneficios de la armonización internacional y regional, a la par que se asegura un marco flexible de gestión de espectro.

3.2 Experiencias y recomendaciones internacionales en gestión de espectro

A continuación, se plantea una descripción breve de tendencias internacionales en gestión de espectro, específicamente las políticas públicas o estrategias adoptadas por otros países para promover marcos de gestión de espectro alineados con las necesidades nacionales y el entorno de la industria de telecomunicaciones, destacando los elementos más relevantes y que son un insumo para la construcción de la política de espectro radioeléctrico para Colombia.

Estrategia Nacional de Espectro 2025 – Arabia Saudita³²

Estrategia adoptada por el regulador de industria, Comisión de Comunicaciones y Tecnologías de la Información (CITC). La visión planteada por el regulador para esta estrategia es “Desencadenar el potencial de las radiocomunicaciones en Arabia Saudita para un futuro más inteligente y seguro”, y el objetivo principal es “Ofrecer a todos los usuarios el espectro que necesitan para innovar y crecer a través de gestionar el espectro efectiva y eficientemente en estrecha colaboración con nuestros grupos de interés”.

El cumplimiento de estos objetivos se estructura a partir de dos pilares y una serie de habilitadores de la gestión de espectro. El primer pilar tiene que ver con garantizar que se esté atendiendo la demanda de espectro por parte de todos los grupos de interés. Para ello, CITC plantea una serie de acciones para este pilar enfocadas en tres dimensiones: optimizar el espectro legado, promover usos comerciales e innovadores y salvaguardar el acceso nacional. La dimensión de optimizar el espectro legado tiene un enfoque dirigido a evaluar de forma integral los usos de espectro que no son eficientes o que están limitando la armonización internacional con el fin de promover la introducción de nuevas tecnologías o nuevos usos de espectro. Para esto, propone revisar 5,4 GHz de espectro en total y eliminar las ineficiencias identificadas.

Para promover usos comerciales e innovadores, CITC propone enfocarse en la asignación oportuna de espectro para 5G y promover las redes privadas para verticales. Adicionalmente, se traza el objetivo de destinar más espectro de uso no licenciado y el espectro que soporte tecnologías como IoT y las estaciones de plataformas de gran altitud (HAPS) para aplicaciones de conectividad rural, usos científicos, meteorológicos y radioastronomía. Como complemento a esto, sugiere una actualización del espectro para radio y televisión a través de hacer más eficiente el uso del espectro por parte de estos servicios teniendo en cuenta la popularidad decreciente de la radiodifusión terrestre.

En relación con la salvaguarda del acceso nacional al espectro, se plantea el objetivo de asegurar la disponibilidad de espectro para entidades gubernamentales y de protección civil. La primera línea de trabajo, a partir de las tendencias de la industria, es habilitar el espectro satelital como un apoyo para la Comisión Saudí del Espacio. En este aspecto identifica como uno de los elementos más relevantes el trabajo coordinado con la UIT, así como la integración de soluciones satelitales en el despliegue de 5G. Por otro lado, propone una línea de trabajo para empoderar a las industrias, iniciando con la eliminación de interferencias y congestión en servicios aeronáuticos y marítimos. Asimismo, propone destinar espectro para usos en transporte y el desarrollo de la Industria 4.0.

La última línea de trabajo de esta dimensión está enfocada en mejorar la seguridad pública, destinando espectro para las actividades de atención de emergencias, seguridad y defensa nacional con sistemas de mayor capacidad, confiabilidad y robustez. También propone el desarrollo de redes nacionales destinadas a este tipo de aplicaciones, que hagan uso de redes compartidas para una mayor eficiencia.

³² CITC (2020).

El segundo pilar está enfocado en la oferta de espectro, con acciones específicas a cargo del regulador, estructuradas en tres dimensiones: adoptar mecanismos de regulación adaptativos, facilitar el acceso y las inversiones, y acoger mecanismos de mercado para la gestión de espectro. En la primera dimensión plantea una serie de acciones para simplificar procedimientos y reducir tiempos de procesamiento de solicitudes. Asimismo, optimizar el uso del espectro a través de auditorías de espectro, mejorar la calidad de los datos almacenados en la base de datos de espectro asignado y redestinar espectro de usos públicos que esté siendo utilizado de forma ineficiente. Como complemento a esto, sugiere formular alianzas con la academia y la industria para actividades de innovación y desarrollo en el uso del espectro, junto con la implementación de tecnologías como blockchain e Inteligencia Artificial para la gestión de bases de datos de espectro y la promoción del acceso dinámico al espectro.

Desde el punto de vista de facilitar el acceso y las inversiones por parte de los agentes de industria, propone actividades específicas relativas a la valoración de espectro, la cual debe estar alineada con la situación del mercado y la competencia, y la reducción de la carga de los pagos asociados con espectro, para lo cual sugiere una revisión periódica de los mecanismos de valoración utilizados. Esto lo complementa con la adopción de un proceso de planeación con visión de futuro, que cuente con mecanismos de evaluación de impacto y proyecciones de demanda de espectro para múltiples usos y servicios.

En relación con la adopción de mecanismos de mercado, CITC se propone adelantar pilotos de compartición de espectro y experimentar con asignaciones descentralizadas a través de otorgar permisos de uso de espectro a servicios específicos o grupos de usuarios de espectro que estén organizados en agencias sectoriales o asociaciones de industria, en una especie de mercado secundario en el que estas agencias o asociaciones gestionan el espectro entre sus afiliados.

Para cumplir con estos objetivos, los habilitadores de CITC se enmarcan en tres dimensiones: vincular al ecosistema de actores, expandir las herramientas de gestión de espectro y desarrollar capacidades.

Para vincular al ecosistema de actores de la gestión de espectro, CITC plantea como objetivos contar con herramientas de comunicaciones efectivas que integren a todos los grupos de interés a través de la mejora de contenidos y métodos de atraer a estos actores, así como generar un entendimiento claro de la demanda de espectro y la importancia de la gestión de este recurso por parte de múltiples grupos de interés. Uno de los enfoques que le da CITC a esta dimensión, es el fortalecimiento de la capacidad del país de influir en las decisiones internacionales a través del desarrollo de capacidades de negociación y de avance de intereses nacionales en instancias internacionales y la formulación de alianzas con organizaciones multilaterales, asociaciones de industria, fabricantes de equipos y proveedores de soluciones.

Las herramientas de gestión de espectro más utilizadas por CITC son las de monitoreo de espectro y los sistemas de información que soportan la gestión de espectro. Sobre los sistemas de monitoreo se pone la meta de conocer el uso del espectro en tiempo casi-real, modernizar los sistemas de monitoreo y atender los problemas e ineficiencias en el control de uso del espectro. En relación con los sistemas de información, plantea mejoras en las interfaces de usuarios y en la experiencia de los usuarios en el uso de los mismos,

así como implementar soluciones de analítica de datos para trabajar con los datos recopilados por los sistemas de monitoreo y extraer información relevante sobre el uso del espectro.

Las capacidades a desarrollar por el CITC se enfocan en reformular y simplificar procesos, y menciona específicamente la necesidad de reducir el tiempo de atención de quejas de interferencia a menos de seis (6) horas, y proveer una solución completa en menos de dos (2) días. Asimismo, propone la realización de entrenamientos y eventos para promover el conocimiento a nivel nacional sobre la gestión de espectro.

Estrategia Nacional de Espectro – Estados Unidos³³

La estrategia de espectro de Estados Unidos fue desarrollada por la Administración Nacional de Telecomunicaciones e Información (NTIA) .

La Estrategia Nacional de Espectro se estructura en cuatro pilares, la NTIA destaca un elemento indispensable para la implementación de la estrategia, cual es la creación y ejecución de un *marco nacional para la colaboración en política de espectro*, indicando que los Estados Unidos necesitan un proceso consistente para atraer los sectores público y privado para trabajar en mejorar el acceso al espectro, incluyendo mecanismos dinámicos de acceso al mismo.

Los cuatro pilares de la estrategia son:

1. Pilar Uno: un “pipeline” de espectro para asegurar el liderazgo de los Estados Unidos en tecnologías avanzadas y emergentes.
2. Pilar Dos: Planeación de largo plazo colaborativa para atender la evolución de las necesidades de espectro de la nación.
3. Pilar Tres: Innovación, Acceso y Gestión de espectro sin precedentes a través del desarrollo tecnológico.
4. Pilar Cuatro: Conocimiento expandido y conciencia amplia sobre el espectro a nivel nacional.

El pilar uno se enfoca en atender las necesidades de espectro de usos gubernamentales y públicos, asegurar disponibilidad de espectro para la innovación del sector privado y mantener el “pipeline” de espectro a través del establecimiento de principios y mejores prácticas para la gestión de espectro. En este pilar se identifica la necesidad de mejorar los procesos de gestión de espectro y la identificación de nuevas bandas de frecuencias teniendo en cuenta la gran demanda de espectro por parte de usos públicos y privados, así como la baja disponibilidad de nuevas frecuencias para destinar a los nuevos usos y aplicaciones. Por ejemplo, describe una explosión en la demanda de servicios prestados por sistemas satelitales. En este sentido, propone analizar una serie de bandas de frecuencias que pueden ser útiles para destinar a usos por parte del sector privado, así como verificar la eficiencia del uso por parte de los usuarios

³³ NTIA (2023).

gubernamentales. El adecuado funcionamiento del “pipeline” de espectro requiere la existencia de datos relativos al uso del espectro y procesos que utilicen esos datos para una adecuada planeación del recurso. Igualmente, se requiere de análisis técnicos, científicos y económicos que soporten la toma de decisión sobre la destinación de las bandas de frecuencias bajo estudio. En muchos casos será necesario adelantar procesos de redestinación de bandas de frecuencia para nuevos usos, lo que implica aplicar mejores prácticas para gestionar estas modificaciones y asegurar el cumplimiento de los cronogramas de implementación.

Los objetivos estratégicos del pilar dos están encaminados a establecer un proceso de planeación de espectro que perdure en el tiempo y que esté guiado por datos, desarrollar y documentar una metodología de toma de decisiones sobre gestión de espectro a nivel nacional y definir los requerimientos e implementar las capacidades para capturar datos e información sobre el uso del espectro. El primer elemento constitutivo de este pilar es el marco colaborativo que se propone para adelantar las acciones de planeación de espectro, iniciando por una modificación de las estructuras de trabajo conjunto utilizadas hasta el momento a través de comités asesores. Por otro lado, la metodología de toma de decisiones para la gestión de espectro propuesta está soportada en análisis rigurosos y sistemáticos y uno de sus insumos principales será la estimación del valor que genera el espectro para la sociedad a través de determinar beneficios directos e indirectos de sus distintos usos. Estos estudios de carácter técnico y económico serán soportados por datos y deberán contar, para su validación, con la participación de todos los grupos de interés.

El tercer objetivo de este pilar se enfoca específicamente en el desarrollo de requerimientos e implementación de capacidades internas en las entidades a cargo de esta función para capturar datos e información esencial sobre el uso del espectro que soporte todas las decisiones de gestión de espectro a nivel nacional. Se destaca en este punto la importancia que le da la estrategia a los datos, afirmando que “La gestión de espectro se soporta en datos confiables”. Describe la necesidad de contar con, por ejemplo, datos relativos a: tiempo de uso, frecuencias utilizadas, área de operación, tipo de uso, propósito del uso. Con estos datos, y los análisis profundos sugeridos, la toma de decisiones será mucho más precisa y se obtendrá la mayor cantidad de beneficios.

El pilar tres de la estrategia dirigido a la innovación en el acceso y la gestión de espectro, plantea tres objetivos estratégicos: mejorar la eficiencia en el uso del espectro y favorecer la coexistencia facilitando inversiones en nuevas tecnologías, comprometerse a entender el funcionamiento de forma colaborativa a través de investigación y desarrollo, y adoptar políticas de espectro que maximicen el uso flexible del mismo, integren nuevas tecnologías e identifiquen nuevas oportunidades para expandir el acceso al espectro. El tema principal de este pilar es proveer todas las herramientas y procesos requeridos para hacer uso de mecanismos flexibles de acceso al espectro. Plantea esquemas de colaboración de agencias federales, usuarios comerciales, industria, academia, y desarrolladores de tecnología para promover la compartición de espectro, modernizar el marco regulatorio y desarrollar e implementar herramientas automatizadas de gestión y análisis de espectro. La importancia de la compartición de espectro para la estrategia es tal que afirma se requiere un cambio de mentalidad de todos los grupos de interés, con especial énfasis en las entidades a cargo de la gestión de espectro.

Se proponen estudios y actividades detalladas en compartición de espectro basados en modelamiento estadístico y de analítica, así como un escenario de pruebas nacional para compartición dinámica de espectro³⁴ con una visión amplia de bandas de frecuencias y que aplique el principio de neutralidad tecnológica. También se sugiere considerar sandbox regulatorios³⁵ o destinar áreas geográficas para pruebas de este tipo de esquemas flexibles.

Por último, el pilar cuatro se enfoca en el desarrollo de capacidades y transmisión de conocimiento sobre la importancia de la gestión de espectro. Para ello, considera indispensable atraer, entrenar e incrementar el equipo actual y futuro de profesionales dedicados a la gestión de espectro a través de un plan específicamente destinado a lograr este objetivo. En segundo lugar, propone generar un entendimiento más claro sobre los asuntos relativos a la gestión y uso del espectro por parte de los hacedores de política con el fin de que las decisiones de instancias superiores de la administración estén alineadas con los objetivos trazados. Y, por último, incrementar el entendimiento del público en general del rol del espectro radioeléctrico a través de hacer visibles los usos y aplicaciones que tiene en, por ejemplo, actividades de misión crítica de entidades públicas.

Estrategia de Gestión de Espectro para los 2020s – Reino Unido³⁶

La visión propuesta por Ofcom para esta estrategia tiene cuatro componentes:

1. Mejoras continuas en comunicaciones inalámbricas.
2. Empresas, sector público y otras organizaciones con necesidades específicas tienen la posibilidad de hacer uso de las opciones adecuadas de comunicaciones inalámbricas y de espectro.
3. Flexibilidad adicional en el uso del espectro para soportar la innovación.
4. Mejoras constantes en eficiencia.

Esta visión se aplica bajo un esquema de balance entre mecanismos de mercado e imposición de medidas regulatorias cuando son necesarias. Adicionalmente, plantea tres (3) áreas de trabajo que proporcionan el enfoque principal de la estrategia y una serie de actividades que soportan la gestión de espectro, así:

³⁴ La compartición dinámica de espectro es el uso, tanto de marcos de licenciamiento innovadores y aquellos que permiten acceso oportunístico al espectro, como de herramientas automatizadas de gestión de espectro para coordinar asignaciones de permisos, incrementar la eficiencia y expandir el acceso al espectro para un amplio rango de nuevos usuarios y al mismo tiempo proteger las operaciones incumbentes. Traducido de IEEE, “Dynamic Spectrum Sharing”, <https://techblog.comsoc.org/category/dynamic-spectrum-sharing/>

³⁵ Hace referencia a una forma limitada de excepción regulatoria o flexibilidad para que las firmas reguladas puedan probar nuevos modelos de negocio con obligaciones regulatorias reducidas. Usualmente se organizan y gestionan caso a caso por parte de la autoridad regulatoria. Con base en OCDE, “The role of sandboxes in promoting flexibility and innovation in the digital age”, https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2020/06/the-role-of-sandboxes-in-promoting-flexibility-and-innovation-in-the-digital-age_ddcd3d40/cdf5ed45-en.pdf

³⁶ Ofcom (2021).

Gráfico 7. Estrategia de gestión de espectro UK



Fuente: Elaboración propia con base en Ofcom (2021)

Para soportar la innovación inalámbrica en el Reino Unido, Ofcom propone promover más mecanismos de acceso flexible al espectro, lo cual implica tanto trabajar en desarrollar opciones técnicas, como mantener la habilidad de cambiar, ya que la implementación de estos mecanismos reta los modelos tradicionales de gestión de espectro. Por otro lado, soportar la innovación en el desarrollo de nuevas tecnologías implica para el regulador influenciar en el desarrollo de recomendaciones y estándares internacionales, lo que conlleva trabajar conjuntamente con organizaciones internacionales y tomar un rol de liderazgo en las decisiones sobre el uso futuro del espectro.

El tercer componente de esta línea de trabajo de innovación tiene que ver con lograr que los usos de espectro impacten otros sectores. En ese sentido, se indica claramente que el espectro debe soportar la transformación digital y propone la realización de talleres y trabajo conjunto con verticales para entender sus necesidades y buscar soluciones a las mismas de forma coordinada. Adicionalmente, propone generar hojas de ruta y reportes dirigidos a sectores productivos en donde se indique espectro disponible, mecanismos de compartición y opciones de asignación de espectro. Para soportar estas actividades se requiere modernizar la plataforma de otorgamiento de permisos de espectro, publicar la información de uso de espectro recopilada en las actividades de monitoreo y desarrollar APIs para proveer acceso a los datos de gestión de espectro.

En cuanto al licenciamiento ajustado a servicios locales y nacionales, la línea de trabajo promueve considerar opciones de espectro localizado geográficamente cuando se realicen nuevas asignaciones. El acceso local al espectro puede atender diferentes necesidades por parte de actores que no tienen alcance nacional, principalmente por parte de empresas y organizaciones, así como industrias que necesitan el espectro para adelantar sus procesos de transformación digital. Una aplicación específica de estos

mecanismos de asignación son las redes privadas, promovidas principalmente por la tecnología 5G, debido a las funcionalidades y posibilidades de configuración que permite la tecnología.

Por último, la línea de trabajo de compartición de espectro se fundamenta en que es una de las mejores formas de asegurar incrementos en eficiencia en el uso del espectro. Para implementar la compartición, Ofcom sugiere múltiples aproximaciones: uso de mejores datos y análisis más sofisticados para la convivencia de sistemas de comunicaciones; considerar la implementación de sistemas más resilientes a interferencias, principalmente los receptores, con el fin de incrementar las posibilidades de compartición con otro tipo de sistemas de comunicaciones; e implementar un balance entre protección de interferencias y flexibilidad para generar una mayor oportunidad de múltiples usos de una misma banda de frecuencias bajo el supuesto de que se pueden presentar interferencias aceptables.

Desarrollos en Gestión de Espectro para Servicios de Comunicaciones – OCDE

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) publicó en 2022 un estudio³⁷ que analiza las tendencias en gestión de espectro y propone lineamientos de política pública teniendo en cuenta las tendencias en la industria de comunicaciones y las mejores prácticas internacionales. Como insumo para la consolidación de recomendaciones, la OCDE parte de las estrategias de espectro de los países miembros de la organización, y destaca los aspectos que considera más relevantes para cada una de las temáticas incluidas en la consolidación de asuntos relevantes para la gestión de espectro.

Para la OCDE, los objetivos generales de la gestión de espectro son:

1. Promover el uso eficiente del espectro.
2. Evitar interferencias perjudiciales.
3. Atender la demanda creciente de servicios inalámbricos.
4. Incrementar el acceso asequible a los servicios de comunicaciones.
5. Alcanzar objetivos sociales y culturales a través de soportar la provisión de servicios públicos y de radiodifusión.
6. Impulsar la innovación inalámbrica.

Ahora bien, en vista de las tendencias actuales en la industria, y su relación con la gestión y uso del espectro, la OCDE sugiere cinco objetivos para la definición de políticas públicas o estrategias de gestión de espectro expresados en forma de variables sobre las cuales se hace necesario encontrar un balance, así:

1. Obtener un balance entre requerimientos de espectro que están compitiendo por las mismas bandas de frecuencias.

³⁷ OCDE (2022).

2. Entender la multiplicidad y diversidad de necesidades de espectro en la actualidad.
3. Alentar la innovación en soluciones inalámbricas mientras se promueve la certeza sobre las inversiones.
4. Adicionar flexibilidad en el marco de otorgamiento de permisos, gestionando adecuadamente las interferencias perjudiciales.
5. Maximizar los beneficios que produce la armonización regional e internacional, asegurando marcos de gestión de espectro flexibles.

Sobre los mecanismos específicos para lograr estos objetivos, la OCDE sugiere una serie de actividades que son el resultado del análisis de experiencias de los países miembros de la organización. A continuación, se mencionan las ideas principales para algunos de los temas más relevantes, con el fin de complementar los resultados de la revisión de las experiencias internacionales que se describen en esta sección.

- Sobre la atribución de espectro

Se debe llevar a cabo el análisis de los beneficios sociales y económicos de la destinación del espectro para los múltiples usos que están en competencia por bandas de frecuencias. El análisis, entonces, debe incluir elementos como la compatibilidad de las soluciones con el marco regulatorio vigente y la posibilidad de compartir espectro con otros tipos de usos. En la medida de lo posible, se deben estimar esos beneficios sociales y económicos, y para ello se debe considerar, por ejemplo, la línea de tiempo para contar con un ecosistema de equipos desarrollados para cada tipo de solución de comunicación propuesta, así como las potenciales economías de escala que se pueden alcanzar a través de la armonización. También se debería considerar los riesgos asociados con el uso o la aplicación específica que se esté considerando para evitar impactos negativos, por ejemplo, en otros sistemas de comunicaciones.

- Sobre la asignación y el otorgamiento de permisos

La OCDE recomienda considerar la multiplicidad de esquemas utilizados en los países miembros como ejemplos de posibles opciones para el logro de los objetivos mencionados. A partir de casos de algunos países se presentan opciones como el licenciamiento ligero, los casos en los que se puede aplicar espectro no licenciado, o prácticas como el “class licensing”³⁸, donde se tiene mucha más apertura para el uso del espectro sin necesidad de contar con licencias donde se especifiquen parámetros técnicos de las estaciones.

Como parte de las opciones que se debe considerar en la definición de los mecanismos de asignación de permisos, está la especificación del alcance geográfico de los mismos. La asignación estos para servicios móviles a nivel regional es una de las tendencias más recientes. Este tipo de permisos puede implicar la necesidad de coordinar interferencias. Sin embargo, provee mayor flexibilidad para el tipo de usos que se están observando en el mercado. Adicionalmente, considera la posibilidad de otorgar permisos con fines sociales, como es el caso de México, Australia y Estados Unidos.

³⁸ Se destaca el caso de Australia. Para más información consultar: <https://www.acma.gov.au/class-licences>

Por otra parte, se debe considerar de qué forma el otorgamiento de permisos atiende los múltiples casos de uso de sectores económicos. Existe diversidad de soluciones para la atención de las necesidades de digitalización de la industria en sectores productivos. Tanto redes privadas como públicas pueden proveer soluciones, pero posiblemente deba existir una combinación de alternativas propuestas por el regulador de espectro, de forma tal que sea posible adaptarlo a las necesidades que imponen los casos de uso y aplicaciones específicas. En algunos casos se requerirá la definición de obligaciones de acceso mayorista o esquemas de coordinación compartida, como es el caso de CBRS en los Estados Unidos³⁹.

- Sobre compartición de espectro

El principal reto para la compartición de espectro es controlar la interferencia perjudicial entre los sistemas de comunicaciones que hagan uso compartido de las frecuencias. Uno de los elementos indispensables para controlar dicha interferencia es el comportamiento de los equipos de transmisión y recepción utilizados, los cuales deben contar con altas exigencias técnicas. De forma particular, se ha visto que varios países están considerando analizar y definir especificaciones técnicas de los receptores para mejorar las opciones de compartición en los casos en los que se ha encontrado necesario.

Por otra parte, la compartición se dificulta si no se tiene información precisa y actualizada sobre el uso del espectro en términos geográficos, por parte de qué servicios, en qué condiciones técnicas, así como los requerimientos de protección de los sistemas que lo estén utilizando. Esta información debe almacenarse en bases de datos y también debe ser pública, con el fin de que fabricantes, investigadores y proveedores de servicios puedan llevar a cabo los estudios pertinentes sobre las posibilidades de uso compartido.

La compartición de espectro impone también la necesidad de analizar los mecanismos de otorgamiento de permisos de uso de espectro que promuevan la compartición del espectro por parte de múltiples servicios. La OCDE sugiere dos aproximaciones: marcos de compartición (permisos simplificados) y acceso compartido concurrente (derechos de uso no exclusivo), y menciona el caso de Reino Unido como una de las referencias a nivel internacional.

La implementación del espectro compartido requiere, adicionalmente, el desarrollo de sistemas de información que soporten adecuadamente su puesta en funcionamiento. La OCDE menciona Sistemas de Acceso al Espectro (SAS) y Sistemas de gestión dinámica del espectro compartido como ejemplos observados en algunos países.

Finalmente, una de las consideraciones a tener en cuenta en la implementación de las soluciones de espectro compartido es el tiempo de diseño, definición de condiciones operativas, desarrollo de soluciones tecnológicas y puesta en funcionamiento. Como ejemplo cita el caso de CBRS en Estados Unidos, el cual tardó 8 años en su implementación.

- Sobre uso no licenciado

³⁹ Para mayor información consultar: <https://www.fcc.gov/wireless/bureau-divisions/mobility-division/35-ghz-band/35-ghz-band-overview>

Este tipo de mecanismo para la gestión de espectro ofrece múltiples beneficios para reducir barreras de entrada, y las condiciones de uso son usualmente adoptadas a través de organismos de estandarización. Dependiendo del alcance del uso que se quiera hacer de bandas de frecuencias para espectro no licenciado, se requerirá, por ejemplo, la implementación de sistemas de información para coordinar el uso, tales como las bases de datos de geolocalización para TVWS⁴⁰ o los sistemas automáticos de coordinación de frecuencias (AFC), utilizados en Estados Unidos para la banda de 6 GHz.

Se plantea el caso de la banda de 6 GHz como el más relevante en la actualidad y hacia futuro en el espectro no licenciado, teniendo en cuenta las decisiones adoptadas por administraciones en distintas latitudes. Esto, complementado con las decisiones adoptadas en la última CMR, es posiblemente uno de los temas de mayor relevancia a tener en cuenta por parte de reguladores en los próximos años.

- Otras tendencias a futuro

Dentro de los temas a considerar en los próximos años, la OCDE hace mención a la implementación de casos de uso innovadores en el uso del espectro, lo que demandará de los reguladores aplicar mecanismos regulatorios igualmente novedosos. Dentro de estos incluye, sandbox regulatorios, permisos temporales para pruebas y pilotos y la implementación de bancos de pruebas para desarrollo de nuevos modelos de negocio.

También se consideran soluciones de gestión de espectro para aeronaves no tripuladas (UAV), estaciones en plataformas de gran altitud (HAPS) y nuevas aplicaciones en el rango de los Terahertz para soluciones de sostenibilidad ambiental. Sobre estos últimos se sugiere la coordinación interinstitucional del regulador de espectro con otras entidades gubernamentales.








En relación con el auge de los sistemas no-geoestacionarios, la OCDE plantea la necesidad de considerar la multiplicidad de usos y aplicaciones, tanto en soluciones de conectividad, como en observación de la Tierra. Uno de los elementos principales a considerar será la depuración y simplificación de procedimientos de autorización a nivel nacional.

Resumen de temáticas extraídas de prácticas y recomendaciones internacionales recientes

Al ejercicio de revisión de las recomendaciones de la OCDE y de las prácticas más recientes sobre gestión de espectro en los países presentados en la sección anterior se adicionaron Australia, Suecia y la Unión Europea y se identificaron las temáticas abordadas en ellos las cuales se presenta en el siguiente cuadro, indicando los países en los que se contempla su implementación.

⁴⁰ Espacios Blancos de Televisión – TVWS.

Gráfico 8 9. Comparativo de temáticas consideradas en experiencias y recomendaciones internacionales

Tendencias y prácticas recientes en gestión del espectro							
Implementar esquemas flexibles de uso de espectro	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Flexibilización en tipos de permisos (Nivel de obligaciones - ámbito geográfico regional/local/nacional - Usos privados)	✓		✓	✓	✓		✓
Monitoreo e indicadores de uso (modernización sistemas/ medición/ recopilación datos)		✓	✓	✓	✓		✓
Parámetros técnicos de transmisores y receptores (Minimizar interferencias)	✓	✓	✓				✓
Fortalecer herramientas, sistemas y procesos (Automatización)		✓	✓	✓	✓	✓	✓
Procesos alimentados por datos / Analítica de datos		✓	✓	✓	✓		
Esquemas innovadores de gestión (Investigación, pilotos, pruebas, sandbox)		✓	✓	✓		✓	✓
Promover sistemas satelitales (Reglamento, procedimientos autorización) y sus aplicaciones		✓	✓	✓	✓	✓	✓
Considerar impacto en medio ambiente (Promover aplicaciones y usos de espectro con este enfoque)			✓	✓			✓
Fortalecer identificación/estimaciones de demanda	✓	✓	✓	✓		✓	✓
Estimación valor social del uso del espectro	✓	✓					✓
Revisar y actualizar esquemas de valoración				✓			
Revisión periódica de la política y del impacto de la gestión		✓		✓			
Esquemas de colaboración con múltiples agentes / Relacionamiento con grupos de interés		✓	✓	✓			
Generar mayor visibilidad de la gestión del espectro		✓		✓			
Promover mayor armonización / Fortalecer participación en instancias internacionales	✓		✓	✓	✓	✓	✓
Caracterizar y optimizar usos públicos / Usos tradicionales y analógicos (TV, radio)	✓	✓	✓	✓	✓		✓
Garantizar espectro para seguridad pública, emergencias, protección de la vida	✓	✓		✓	✓		✓

Fuente: elaboración propia

Del cuadro anterior se pueden identificar entre las principales tendencias internacionales de política de gestión de espectro: Implementar esquemas flexibles de uso de espectro, fortalecer herramientas sistemas y procesos, promover sistemas satelitales y sus aplicaciones, fortalecer las estimaciones de demanda, promover mayor armonización con la participación en instancias internacionales, caracterizar y optimizar el uso del espectro radioeléctrico por parte de las entidades públicas.

4. Diagnóstico

A pesar de los logros en materia de gestión del espectro, que dan cuenta de la adecuada planeación, la visión de demanda futura, la promoción del espectro disponible para diferentes servicios, la participación y resultados obtenidos en las conferencias mundiales de radio y otros espacios internacionales; además de otros aspectos como la transparencia y el trabajo articulado con las partes interesadas, con los análisis realizados se ha encontrado que la gestión de espectro puede quedarse estancada y generar ineficiencias en el acceso y uso del espectro si no se tiene en cuenta la evolución tecnológica y de los servicios de comunicaciones, las herramientas tecnológicas que la soportan, y las tendencias y mejores prácticas en gestión de espectro a nivel mundial. Teniendo en cuenta que la gestión del espectro es un proceso dinámico que depende del comportamiento de la demanda de los servicios y de las tecnologías desarrolladas para ello a continuación, se presentan aspectos que deben ser resueltos para no causar el estancamiento en la gestión del espectro ni generar ineficiencias en el acceso y uso de este.

4.1 Necesidad de fortalecer los análisis de demanda de espectro para diferentes tecnologías y usos.

El resultado del mayor uso del espectro como herramienta para el despliegue de redes y la provisión de servicios de comunicaciones, es el crecimiento de la demanda de espectro por parte de diversos agentes, lo que implica una gestión más eficiente por parte de los reguladores.

Para los reguladores de espectro esto representa retos adicionales en términos de estimar con mayor certeza las necesidades de espectro en sus países, teniendo en consideración las particularidades nacionales. Por ello, de la revisión de experiencias internacionales se identificó como uno de los temas más relevantes el fortalecer la identificación de necesidades de distintos tipos de agentes, así como las estimaciones de demanda futura de espectro para diferentes usos.

En el caso de Colombia, además de estas dinámicas globales, se identifican los siguientes aspectos en los que se considera se tienen falencias que es necesario atender:

1. La ANE cuenta en la actualidad con modelos de estimación de demanda de espectro para tres tipos de usos: redes de acceso móvil, redes de backhaul (microondas) y uso no licenciado. Sin embargo, estos modelos deben ser actualizados pues los resultados de las estimaciones realizadas con dichos modelos en los últimos meses se empiezan a alejar de la realidad del mercado por razones

como la devolución de espectro, el interés por permisos de uso de espectro de menor duración, el régimen de contraprestaciones, entre otros.

2. Además de los modelos de demanda con que cuenta la ANE, se considera necesario analizar la disponibilidad, ocupación, uso del espectro y nivel de congestión de bandas de frecuencias para otros usos diferentes a IMT, redes de soporte y uso no licenciado y de ser pertinente desarrollar modelos adicionales. Por ejemplo, de manera preliminar el MinTIC ha identificado que se tiene baja disponibilidad de espectro para redes de cobertura en la región del Valle del Cauca.
3. Como parte de la ejecución de la Política de Espectro 2020-2024 se implementaron procedimientos internos encaminados a estandarizar los mecanismos y criterios a través de los cuales se adelantan los trámites de asignación, renovación, cancelación y modificación de permisos de uso de espectro para IMT. Asimismo, se ejecutaron estudios de disponibilidad y de análisis de condiciones técnicas para el futuro uso de bandas identificadas para IMT. Sin embargo, se considera que dichos documentos no tuvieron una divulgación suficiente como insumo para la discusión pública de los criterios y condiciones para la posible asignación futura. Adicionalmente, los organismos de control han manifestado al MinTIC en diversas oportunidades la importancia de que los procesos de asignación de espectro tengan un nivel adicional de publicidad con el fin de garantizar la transparencia.
4. Del diagnóstico del Plan Integral de Expansión de Conectividad Digital se identifica que, en algunas zonas del país, una de las razones más importantes para la baja adopción de Internet es la falta de infraestructura de conectividad. Dado que el despliegue de redes alámbricas representa mayores costos y complejidades, las tecnologías inalámbricas constituyen una alternativa viable para llevar conectividad a usuarios finales. Se conoce que las bandas de uso no licenciado están siendo utilizadas como mecanismo de conectividad en zonas rurales, pero no se tiene caracterizado dicho uso de forma precisa; en este sentido, se considera necesario analizar alternativas tecnológicas adicionales para promover mayor conectividad en zonas rurales.
5. El Cese de Emisiones Analógicas del servicio de Televisión radiodifundida liberará frecuencias en las bandas VHF (54 a 88 MHz y 174 a 216 MHz) y UHF (470 a 698 MHz) que deben ser gestionadas de manera eficiente para la prestación de diferentes servicios. En paralelo, podrán implementarse soluciones inalámbricas para llevar los contenidos de este servicio mediante otras tecnologías y soluciones de comunicaciones contribuyendo a la equivalencia de cobertura analógica y digital e incluso superando la cobertura actual. Sin embargo, para ello debe actualizarse la información de cobertura de TDT y la identificación de las tecnologías disponibles para su atención en los municipios que se identifiquen como sin servicio de TV abierta.

4.2 Uso limitado de mecanismos de asignación de espectro

El país enfrenta retos en ampliación de cobertura de conectividad, en el caso de las cabeceras municipales la cobertura 4G está por encima del 99% y para los casos de cobertura en 5G esta apenas llega al 2.46% (Colombia TIC 2025-I)⁴¹. Sin embargo, existen zonas rurales y apartadas sin ningún tipo de conectividad, es así como la estadística de tecnología e innovación del DANE⁴² muestra que hay un 4.4% de hogares que no acceden a una conexión de Internet porque no hay cobertura en la zona. Por tanto, se debería impulsar el despliegue de redes de comunicaciones como generador de oportunidades, riqueza, igualdad y productividad en estas zonas que cuentan con una cobertura deficiente o sin cobertura.

Dado que el espectro es un recurso finito, está la necesidad de compartir las bandas o bloques de frecuencias que en décadas pasadas podían destinarse a un uso exclusivo. Todas las referencias internacionales hacen mención a la necesidad de flexibilizar el acceso y uso del espectro. El objetivo es hacer más eficiente el uso de cada MHz y aprovechar al máximo la innovación tecnológica en sistemas de comunicaciones

En Colombia la gestión de espectro se ha realizado mayormente siguiendo el modelo de comando y control, por ejemplo, en el caso de los permisos para uso del espectro radioeléctrico de los proveedores de redes y servicios de telecomunicaciones móviles actualmente se otorgan para una cobertura nacional, pero por factores técnicos, económicos, sociales, de densidad poblacional, etc. no es rentable para el PRST brindar estos servicios en el 100% del territorio nacional; en otros casos las limitaciones están relacionadas con la cantidad de espectro disponible y de sus posibles usos, limitaciones basadas en la utilización de modelos tradicionales de gestión de espectro y la falta de desarrollos tecnológicos. Un ejemplo de esto son las asignaciones bajo comando y control de los planes de distribución de canales de servicios fijo y móvil de banda de 400 MHz en donde se limita la coexistencia de los sistemas actuales con los de banda ancha IMT debido a la falta de utilización de mecanismos flexibles de asignación de espectro.

En respuesta a lo anterior, se deberían revisar nuevos mecanismos de asignación de espectro que podrían ayudar a alcanzar los objetivos de promover la competencia en la prestación de los servicios y a su vez incrementar la cobertura en zonas donde no haya conectividad. Así mismo, la tendencia internacional desde hace varios años en la gestión del espectro ha sido hacia la implementación de este tipo de mecanismos. Casos de Australia y Nueva Zelanda.

Así, se hace necesario compartir rangos de frecuencias por parte de múltiples sistemas de comunicaciones, revisar nuevos mecanismos de asignación, revisar la posibilidad de mercado secundario y de compartición de espectro adicional a las pruebas piloto, banco de prueba y sandbox que se puedan realizar.

⁴¹ Disponible en: <https://colombiatic.mintic.gov.co>

⁴² Disponible en: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/tecnologia-e-innovacion>

4.3 Oportunidades de articulación entre las entidades públicas para la toma de decisiones

La actividad en la gestión del espectro para seguridad, defensa, protección, prevención de desastres, servicios públicos se ha desarrollado atendiendo las solicitudes y requerimientos específicos realizados por los interesados utilizando los rangos de frecuencias previamente atribuidos para los servicios radioeléctricos. Por lo anterior, hay desconocimiento oportuno sobre las necesidades nuevas de uso del espectro radioeléctrico en los componentes de capacidades tecnológicas para el desarrollo de las actividades relacionadas con estos grupos de interés.

La actividad en la gestión del espectro para seguridad, defensa, protección, prevención de desastres, servicios públicos se ha desarrollado atendiendo las solicitudes y requerimientos específicos realizados por los interesados utilizando los rangos de frecuencias previamente atribuidos para los servicios radioeléctricos. Por lo anterior, hay desconocimiento oportuno sobre las nuevas necesidades de uso del espectro radioeléctrico en los componentes de capacidades tecnológicas para el desarrollo de las actividades relacionadas con estos grupos de interés.

En esta línea, existe una problemática adicional para conocer las necesidades de uso del espectro radioeléctrico debido a la dispersión existente de los interesados. En estos grupos se tiene una diversidad de necesidades y de actividades de los diferentes grupos de interés, por ejemplo: seguridad del estado: Comando General de las Fuerzas Militares CGFM; vigilancia: empresas privadas; protección de la vida: secretarías de salud, redes de emergencia; actividades públicas: Empresa de acueducto, Energía.

Un ejemplo para considerar es la Red Nacional de Telecomunicaciones de Emergencia – RNTE, que debe contar con cobertura nacional y para esto se debe utilizar de una manera eficiente y efectiva el espectro radioeléctrico. Para lo cual, se determinó que se requiere establecer una asistencia técnica que involucre todas las entidades y organizaciones que la integran, observando prácticas internacionales al respecto, de tal manera que la red sea interoperable, resiliente y de acceso permanente. Por lo anterior, se hace necesario articular a entidades públicas, privadas y comunitarias, como: MinTIC, la Comisión de Regulación de Comunicaciones (CRC), la Agencia Nacional del Espectro (ANE), la Policía, Fuerzas Armadas, Cruz Roja, Defensa Civil, Parques Nacionales, entidades ambientales, proveedores de redes y servicios de telecomunicaciones (PRST), concesionarios de radio y televisión y redes de radioaficionados, entre otros. En este orden de ideas, uno de los principales objetivos de la gestión del espectro es soportar usos y aplicaciones acorde a las necesidades de estos grupos de interés de manera eficiente conociendo sus necesidades.

Ahora bien, puntualmente en los casos de la Unidad Administrativa Especial de la Aeronáutica Civil y la Dirección General Marítima estos grupos de interés tienen a su cargo la gestión de rangos de frecuencias particulares para sus actividades sin que se tenga reporte actualizado de los mismos en los sistemas de

gestión de espectro del Ministerio, por lo que se hace necesario coordinar el manejo de dicha información y que se pueda gestionar de una manera más eficiente el espectro.

4.4 Necesidad de participación de Colombia en escenarios internacionales para defensa de los intereses nacionales.

En los diferentes escenarios internacionales como la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones - CMR y el Comité Consultivo Permanente CCPII se establecen tendencias y se concentran los estudios técnicos relacionados con la compatibilidad y convivencia de los distintos servicios radioeléctricos (servicios móviles, terrestres, por satélite, de radionavegación aeronáutica y marítima, radiodifusión, entre otros) para garantizar el correcto funcionamiento de diferentes tecnologías, el uso eficiente del espectro como recurso escaso y de valor estratégico para las naciones y para soportar el desarrollo e introducción de nuevas tecnologías de radiocomunicaciones, convirtiéndose en el principal insumo para la planificación y gestión del espectro en Colombia.

Adicionalmente, permiten la identificación de bandas de frecuencias para las Telecomunicaciones Móviles Internacionales (IMT), como se realizó para la banda de 700 MHz y 3.5GHz, las cuales fueron subastadas en Colombia en los años 2019 y 2023. Es de resaltar que lo establecido en la CMR es vinculante para las naciones, es decir, debe ser respetado y adoptado por los países miembros.

En los 117 años transcurridos desde 1906, año en que se firmó el tratado internacional sobre radiocomunicaciones, el Reglamento de Radiocomunicaciones ha sufrido 38 revisiones y se ha ampliado a un acuerdo de cuatro volúmenes con más de 2000 páginas.

Para dar una idea de la magnitud e impacto que tienen las Conferencias Mundiales de Radiocomunicaciones, en la última CMR realizada en el 2023, 3986 participantes asistieron, incluyendo delegados de 163 Estados Miembros de la UIT y Miembros del Sector de Radiocomunicaciones de la UIT, en representación de organizaciones internacionales, fabricantes de equipos, operadores de redes que asistieron como observadores. Se revisaron 1091 documentos, se aprobaron 43 nuevas resoluciones, revisaron 56 existentes y se suprimieron 33.

En el caso de Colombia, el promedio de delegados en la CMR ha sido de 13, el cual, debido a la política de austeridad del Gobierno, en el 2023 se redujo la delegación a 5 participantes para atender todos los temas

que impactan en gran medida a Colombia. Dichos delegados tienen la responsabilidad de defender la posición de Colombia y lo acordado en CITELE como región en los grupos de estudio respectivos, necesarios para consolidar la posición de Colombia y defender los intereses de la Nación.

Una débil o insuficiente participación va a incurrir en dos problemas, uno técnico, teniendo en cuenta las posibles interferencias que se presentarían frente a la ausencia de una coordinación con países de frontera, y un problema económico, ya que la industria no podría manejar economías de escala, viéndose afectado el costo de acceso a los servicios de telecomunicaciones y la implementación de diferentes aplicaciones y tecnologías en Colombia.

Adicionalmente, frente a la magnitud de documentos y reuniones que se generan de los grupos de estudio, es importante contar con un equipo que participe activamente en los grupos de estudio durante los 4 años que dura el ciclo de preparación para cada CRM, y en las reuniones de los CCPII para garantizar la articulación del país con las demás administraciones de la región Américas.

En términos de actores que se verían afectados ante la ausencia o insuficiente participación en este tipo de escenarios internacionales por Colombia, podrían verse afectados 6.3 Millones de hogares que no tienen conectividad de internet, así como 1020 Proveedores de Redes y Servicios de Telecomunicaciones - PRST que tienen permisos de uso de espectro radioeléctrico en Colombia.

Adicionalmente, teniendo en cuenta que desde diferentes sectores de la industria se han recibido contribuciones y documentos con argumentación técnica en el CCPII y los grupos de estudio de la UIT, es relevante la realización de pilotos o pruebas que pueda hacer el Ministerio junto la ANE con la Industria, para reforzar una posición como administración durante los escenarios internacionales, con el fin de contar con una normatividad acorde y consistente con las normas, acuerdos y tendencias internacionales.

4.5 Debilidades normativas y de capacidades técnicas para facilitar la conectividad en el país por medio de tecnologías satelitales.

Al 2024, la tasa de penetración de internet en zonas rurales es del 41,9 % de acuerdo con la Encuesta de Calidad de Vida - ECV de 2024 publicada por el DANE, y si bien en los últimos 10 años, los accesos de internet fijo satelital han aumentado de 6377 en el primer trimestre de 2015 a 118.142⁴³ al primer trimestre

⁴³ Boletines trimestrales de TIC- Mintic

de 2025, evidenciando un mayor incremento a partir del 2023, fecha en la cual el Ministerio otorgó un mayor número de permisos para uso de espectro de radiocomunicaciones satelitales bajo la Resolución 376 de 2022, se requiere revisar los resultados de esta regulación, con el fin de continuar incentivando el desarrollo de la tecnología satelital en el país para facilitar el acceso a internet en zonas en donde es más difícil llegar con otras tecnologías, lo que contribuye a cerrar la brecha digital y a enfocar esfuerzos hacia la maximización del bienestar social.

Dada la importancia de la tecnología satelital en el país por su geografía compleja, caracterizada por regiones selváticas, montañosas y de frontera que dificultan el despliegue de infraestructura de telecomunicaciones tradicional, Colombia ha trazado distintas líneas de política pública orientadas a definir su rol en la exploración y uso estratégico del espacio ultraterrestre. Si bien los esfuerzos han sido intermitentes, distintos documentos de política discutidos en el Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES) han intentado sentar las bases para una visión nacional en materia satelital, ya sea mediante la evaluación de alternativas tecnológicas, el fortalecimiento de capacidades institucionales.

De acuerdo con el estudio de la Unión Europea⁴⁴ Colombia cuenta con una necesidad de capacidad satelital en el corto plazo de 47.07Gbps, capacidad que proyecta incrementos anuales con una capacidad en mediano y largo plazo de 69,19 Gbps, identificando diversas soluciones tecnológicas que podrían atender las necesidades de conectividad en el corto, mediano y largo plazo, lo cual requiere el desarrollo de un plan de acción para asumir mayores desafíos en el aprovechamiento del espacio exterior con fines estratégicos, incluyendo la conectividad en regiones apartadas.

Igualmente, el Informe de la Unión Europea resalta la importancia de avanzar en soberanía tecnológica a través del fortalecimiento de capacidades nacionales. Por ejemplo, se debe impulsar alianzas de transferencia tecnológica, fomentar centros nacionales de operación satelital, habilitar gateways en el territorio, y consolidar la gestión del recurso órbita-espectro (ROE) bajo procedimientos de la UIT.

⁴⁴ UNIÓN EUROPEA: Informe de Soluciones de conectividad Satelital en Colombia. 2025.

4.6 Se identifican mejoras, nuevos desarrollos y necesidades de evolución tecnológica en los sistemas de información que soportan la gestión del espectro.

Durante el período de implementación de la Política de Espectro 2020-2024 se adelantaron múltiples actividades para modernizar los sistemas de información que soportan la gestión de espectro y consolidar un Sistema Único de Gestión de Espectro (SUGERE). Dentro de los logros más importantes se encuentra la implementación del proceso de asignación de frecuencias para Emergencia y Seguridad Pública y el de Estaciones Terrenas para Radiocomunicaciones Satelitales, y la optimización de la gestión de trámites y procesos administrativos. En el ámbito de radiodifusión sonora, se desarrolló un módulo para la actualización de planes técnicos nacionales sincronizado con ICS Manager, además de la gestión de modificaciones de parámetros técnicos, asignación de frecuencias para emisoras de interés público y procesos de terminación o cancelación de concesiones. Para 2024 se integró información técnica en el Front Office, se desarrolló la automatización de visitas y actuaciones administrativas de vigilancia, inspección y control, se desarrollaron herramientas para análisis de cobertura y asignación de frecuencias en bandas bajas y se mejoró esta herramienta para bandas altas. Asimismo, se adoptó un nuevo modelo de gestión de espectro con el que se documentaron y adoptaron formalmente procedimientos para la gestión de espectro a cargo de la ANE y el MinTIC.

Como en toda plataforma tecnológica orientada a la gestión de procesos, continuamente se identifican mejoras y nuevos desarrollos que deben implementarse, así como la necesidad de evolucionar hacia tecnologías de software más avanzadas, soportadas en arquitecturas modernas que permitan optimizar aspectos críticos como la experiencia e interfaz de usuario, la velocidad y eficiencia en el procesamiento, la interoperabilidad entre sistemas, la escalabilidad para almacenamiento y manejo de datos masivos (Big Data), así como capacidades de analítica avanzada (Business Intelligence) e integración de modelos de Inteligencia Artificial (IA). Dentro de los requerimientos identificados una vez evaluados los resultados de la Política de Espectro 2020-2024, se encuentran el proceso de asignación de espectro de uso compartido para IMT, Proceso de Selección Objetiva Liger (PSO-L) para IMT, ampliación de sistemas de gestión de garantías, mejoras funcionales en los trámites de radiodifusión sonora, migración de la información de BDU+ al nuevo Sistema de Gestión de Información Administrativa (SGIA).

4.7 Se hace necesario revisar el curso que han de seguir los instrumentos de monitoreo usados por la ANE y determinar su evolución en función de las necesidades de vigilancia, inspección y control.

A partir de la revisión de experiencias y mejores prácticas internacionales se identificaron algunos elementos claves para la vigilancia, inspección y control de espectro. Tal es el caso de Arabia Saudita, que ha planteado como meta fortalecer de forma general los mecanismos de control y las herramientas para cumplir con esta función, reducir los tiempos de atención de casos de interferencia, así como integrar la analítica de datos para extraer información relevante sobre el uso del espectro.

En complemento a esto, Estados Unidos, Reino Unido y Australia incluyen en sus estrategias de gestión de espectro profundizar en acciones relativas a fortalecer el monitoreo y estimar indicadores del uso del espectro, para lo que proponen modernización de los sistemas utilizados para la medición, así como la recopilación de datos, ya que los mismos son relevantes para soportar decisiones sobre la gestión de espectro. La OCDE también menciona este aspecto como lineamiento relevante para los reguladores de espectro.

En relación con la analítica de datos, Estados Unidos, Reino Unido y Australia, por su parte, plantean acciones para profundizar en el uso de esta herramienta como una de las más útiles para la gestión de espectro. Su implementación implica una adecuada recolección desde los sistemas de medición, procesamiento de los datos recopilados, y análisis para producir información relevante.

Por otra parte, de acuerdo con lo presentado anteriormente sobre la ejecución de la Política de Espectro 2020-2024, se identifica que, si bien en el marco de dicha política pública, mediante Resolución ANE 348 de 2024 se adoptó un ajuste al modelo de vigilancia, inspección y control en el sentido de incluir requerimientos de información de tipo general y específico como instrumento adicional para el ejercicio de las funciones de la Agencia Nacional del Espectro, no hubo desarrollos significativos en las actividades relacionadas con la vigilancia, inspección y control de espectro.

Adicionalmente, del diagnóstico interno realizado por la ANE se han identificado cuatro problemáticas a resolver.

1. Aunque el ciclo de gestión de espectro integra la actividad de vigilancia, inspección y control como una de las etapas que hacen parte de la actividad continua de los reguladores de espectro, en el caso de la ANE se detecta una débil relación de esta etapa con las demás que conforman el ciclo.

En el marco de la evaluación de la implementación de criterios de gestión de riesgos, durante 2025 se adelantó un diagnóstico de los mecanismos y criterios aplicados en la ejecución de estas funciones por parte de la Subdirección de Vigilancia y Control (SVC) de la ANE. Allí se concluyó que, por ejemplo, la SVC no

participa en la ejecución de los proyectos regulatorios que ejecuta la Subdirección de Gestión y Planeación Técnica (SGP) en el marco del Plan Maestro de Gestión de Espectro (PMGE). De este diagnóstico se evidenció, por ejemplo, que en la toma de decisiones sobre la implementación de acciones de los proyectos del PMGE, en general, no se está considerando como insumo los resultados de las mediciones realizadas por la SVC o la experiencia y conocimiento del equipo de la SVC sobre el funcionamiento y operación de los sistemas de comunicaciones monitoreados y vigilados como insumo para la toma de decisiones de gestión y planeación de espectro.

2. Como complemento a lo anterior, la SVC ha implementado en los últimos años un repositorio de datos en el cual se consolidan los resultados de todas las mediciones ejecutadas por la SVC en cumplimiento de su función de vigilancia, inspección y control.

Aunque se tiene esta base de datos de la cual sería posible extraer información relevante para la gestión técnica o planeación de espectro, los productos de datos que hasta el momento se han generado no están siendo utilizados para la formulación o ejecución del PMGE o para las demás actividades de gestión técnica y planeación de espectro a cargo de la SGP o la Dirección General.

3. Para 2025, se adelantó un diagnóstico de los distintos procesos, procedimientos, herramientas y actividades ejecutadas por la Subdirección de Vigilancia y Control con el fin de determinar acciones e iniciativas que permitieran fortalecer el ejercicio de sus funciones encontrando:

a) Las acciones adelantadas en la actualidad por la SVC son la agregación de actividades que han sido implementadas desde el inicio de la entidad en 2010, aquellas que se han identificado como necesarias en el transcurso de los últimos años con una visión de mayor eficiencia e innovación, y las que se adoptaron con las modificaciones al modelo de inspección, vigilancia y control adoptado en 2024. Eso genera una sobrecarga de actividades y se pierde claridad sobre los asuntos de mayor importancia, dado que no se ha hecho una evaluación del impacto de las mismas a través del tiempo.

b) En general, se puede decir que se tienen funcionando en paralelo tres esquemas distintos: i) vigilancia y control tradicional a partir de atención de solicitudes y mediciones de los servicios que más incumplimientos o clandestinidad generan; ii) actividades preventivas como herramienta para promover cumplimiento; y iii) requerimientos generales y específicos para recabar información directamente de los vigilados.

c) No se cuenta con indicadores o mecanismos para evaluar el impacto de las acciones implementadas, por lo que no se cuenta en la actualidad con herramientas para determinar cuál de los esquemas utilizados podría ser el más eficiente y adecuado a las capacidades de la Subdirección. d)

En los últimos años se ha mejorado la estructuración de los planes de vigilancia (PAV) e inspección (PAI), y en la actualidad reflejan la planificación anual de actividades en cada una de estas dimensiones de la actividad de la Subdirección. Sin embargo, se ejecutan en un esquema exclusivamente operativo que limita la capacidad de innovar e identificar eficiencias en la ejecución.

e) Aunque se cuenta con un Banco de Mediciones que almacena todos los datos recopilados de distintas fuentes, aún no existe una integración clara de los productos generados con estos datos y la información requerida para profundizar en acciones de gestión y planeación de espectro ejecutadas por la Subdirección de Gestión y Planeación Técnica.

f) Se identifica la analítica de datos como la herramienta más poderosa para evolucionar en la función de vigilancia, inspección y control a futuro, se debe analizar qué tipo de herramientas, infraestructura y equipos son necesarios para privilegiar ese enfoque.

4. Desde el inicio del cumplimiento de sus funciones, la ANE orientó sus esfuerzos a contar con un sistema de monitoreo del espectro lo suficientemente robusto que pudiera suplir las necesidades de vigilancia de uso del espectro radioeléctrico en la mayor parte del territorio colombiano. Es así como en el año 2011 adquirió sus primeras 11 estaciones fijas y una unidad móvil para distribuir las en las principales ciudades, lo cual le permitiría monitorear gran parte del espectro (9 kHz- 3 GHz).

Con el propósito de ampliar la cobertura del sistema de monitoreo, en el año 2016 la ANE adquirió 13 estaciones transportables las cuales también aumentaban el rango de frecuencias de monitoreo hasta 6 GHz. Por otro lado, para el monitoreo de campos electromagnéticos en los años 2012 y 2014 la ANE puso en operación un total de 70 sondas de monitoreo.

En el año 2019, en virtud de la expedición de la Ley 1978 de 2019, el MinTIC decidió entregar a la ANE los elementos con los que la extinta Autoridad Nacional de Televisión - ANTV llevaba a cabo las funciones de verificación de cobertura y calidad de la prestación del servicio de televisión. En total la ANE recibió 39 unidades de monitoreo remoto de TV, varios elementos portátiles para monitoreo y una unidad móvil especializada en monitoreo del servicio de TV. Lo anterior sumado a los instrumentos portátiles que ha adquirido la ANE para las visitas de inspección ha llevado a que se cuente con un número importante de elementos afectos a la vigilancia y control del espectro.

Con base en el análisis realizado hasta el momento se tienen las siguientes conclusiones:

- a. Las estaciones de monitoreo adquiridas en 2011 ya tienen más de 13 años en operación por lo cual se debe evaluar su vida útil y analizar los costos de mantenimiento.
- b. La garantía extendida de las estaciones adquiridas en 2016 termina en el año 2025 por lo cual desde el año siguiente se debe pagar su mantenimiento.
- c. La mayor parte de las sondas del sistema de monitoreo continuo de campos electromagnéticos se han dado de baja por obsolescencia.
- d. La evolución tecnológica de los instrumentos en el mercado para el monitoreo en aspectos como Radio Definida por Software - SDR, uso de drones y redes multipropósito compuestas por sensores de bajo costo, genera oportunidades para hacer más eficiente la vigilancia, inspección y control del espectro.

e. Hay nuevos sistemas o aplicaciones de radiocomunicaciones que implican la verificación de otros parámetros de operación o configuración de esquemas de monitoreo del espectro alternativos.

Por los aspectos mencionados, se hace necesario revisar el curso que han de seguir los instrumentos de monitoreo usados por la ANE y determinar su evolución en función de las necesidades de vigilancia, inspección y control.

4.8 Bajo conocimiento y participación de los grupos de interés en relación con la gestión y promoción del uso del espectro.

Actualmente no se cuenta con una caracterización actualizada de cuáles son los grupos de interés que están interesados en la gestión y uso del espectro, de igual manera se carece de información que evidencie cuáles son los intereses y necesidades que tienen estos grupos en relación con las tendencias internacionales del uso del espectro. Actualmente no se cuenta con una caracterización actualizada de cuáles son los grupos de interés que están interesados en la gestión y uso del espectro, de igual manera se carece de información que evidencie cuáles son los intereses y necesidades que tienen estos grupos en relación con las tendencias internacionales del uso del espectro.

Además, no se cuenta con información que dé cuenta de la importancia de la gestión y el uso del espectro en el sector económico y el desarrollo del país, así como el impacto de las decisiones públicas del MinTIC y la ANE en relación con el espectro del país.

Finalmente, la ausencia de una instancia nacional que articule la colaboración entre los distintos grupos de interés genera importantes limitaciones para la gestión eficiente y eficaz del espectro. Sin un espacio formal de participación, se dificultan la coordinación interinstitucional, la identificación temprana de necesidades y la incorporación de perspectivas técnicas, industriales y sociales en la toma de decisiones. Esto puede derivar en políticas poco alineadas con la realidad del mercado, mayor riesgo de conflictos entre usuarios del espectro, menor transparencia en los procesos y retrasos en la adopción de tecnologías innovadoras que dependen de un uso óptimo del recurso. En consecuencia, el país pierde oportunidades de desarrollo, competitividad y crecimiento digital.

5. Definición de la política

5.1 Objetivo General

Generar un entorno de gestión que promueva el uso más eficiente e innovador del espectro

Este objetivo se implementará a través de **ocho (8) objetivos específicos**, detallados a través de líneas de acción que buscan promover la ejecución de actividades específicas de parte de la ANE y el MinTIC para avanzar en el logro de los mismos. En cada una de las líneas de acción descritas, se describen unos plazos de implementación con base en los cuales se establece el plan de acción integral de esta política pública.

Gráfico 10. Esquema general de la Política de Espectro 2025-2029



5.2 Objetivo específico 1 – Fortalecer la identificación y estimación de demanda de espectro

5.2.1 Se adelantará una revisión integral de los tres modelos de demanda de espectro con que cuenta en la actualidad la ANE (espectro IMT, redes de backhaul y espectro de uso no licenciado) que

considere la reformulación de las variables y supuestos utilizados, así como las tendencias en el uso del espectro para cada uno de los modelos existentes. Se deberá partir de la identificación del comportamiento de la asignación de espectro en el tiempo y la caracterización detallada de la demanda a través de información que reposa en los sistemas de información que soportan la gestión de espectro, así como a través de la consulta de necesidades específicas con los grupos de interés y las tendencias en los servicios de comunicaciones que soportan estas bandas de frecuencias, entre otros insumos que se consideren relevantes para esta actividad. Asimismo, se establecerá un mecanismo de revisión y actualización periódica de los modelos y estimaciones de demanda para ser utilizados a futuro. La revisión de necesidades de ajustes de los modelos de demanda se realizará durante el primer semestre de 2026, y los modelos ajustados deberán tenerse listos en 2027.

- 5.2.2 La ANE evaluará durante el segundo semestre de 2026 la necesidad de contar con nuevos modelos de estimaciones de demanda para otros servicios de comunicaciones adicionales a los caracterizados con los tres modelos de demanda con que hoy cuenta y en caso de ser necesario se adelantará su desarrollo e implementación en la vigencia 2027. Para ello, se establecerá aquellos servicios en los que se demuestre congestión a nivel geográfico y/o de frecuencias, o sobre los cuales se hayan recibido una cantidad de requerimientos de nuevas asignaciones que lleven a considerar la reformulación de los criterios y procesos de asignación actuales.
- 5.2.3 En relación con la planeación y atención de la demanda de espectro IMT, se adoptará un reporte de planificación que visibilice la disponibilidad y posible asignación de espectro para servicios móviles, que se actualizará periódicamente. Adicionalmente, se anunciará públicamente la destinación de nuevas bandas de frecuencias para IMT y la necesidad de implementar procesos de despeje y re-destinación de las frecuencias para asegurar su disponibilidad. Este reporte será público, en un portal de espectro IMT que implementarán conjuntamente la ANE y el MinTIC. La primera publicación del reporte deberá realizarse en el primer semestre de 2026 y sus actualizaciones de forma periódica por lo menos cada 2 años.
- 5.2.4 En línea con lo establecido en el Plan Integral de Expansión de Conectividad Digital del MinTIC, se deberán analizar de forma detallada las tecnologías disponibles para soportar la implementación de soluciones inalámbricas de conectividad en zonas rurales y apartadas. Como insumo inicial de esta actividad se realizará un estudio que caracterice y documente ejemplos de tecnologías y soluciones de comunicaciones innovadoras para atender la demanda de conectividad de la población ubicada en zonas rurales y apartadas a nivel nacional en otros países. Con base en esto, se recomendarán posibles mecanismos de implementación por parte de ISPs regionales y comunidades organizadas a nivel nacional. En segundo lugar, se definirán las condiciones de asignación y uso de las bandas de frecuencias identificadas como posibles opciones para la implementación de este tipo de soluciones. En este análisis se considerarán bandas de uso no licenciado, incluyendo la banda de 6 GHz, y las distintas modalidades de uso de la misma en ambientes internos y externos. El estudio mencionado se adelantará en el primer semestre de 2026, y la definición de condiciones de uso y asignación a más tardar en el segundo semestre de 2026.
- 5.2.5 Para aumentar o complementar la cobertura digital del servicio de televisión radiodifundida, se actualizará la caracterización de la cobertura digital actual, incluyendo la cobertura lograda por RTVC con la implementación de las fases de implementación de TDT pública, identificando los municipios sin servicio de TV abierta antes y luego del cese de emisiones analógicas. A partir de lo

anterior, se estudiarán tecnologías y soluciones de comunicaciones con la capacidad de atender esta demanda entre las que se incluirán Direct To Home (DTH), Over The Top-(OTT) y 5G Broadcast y se definirán las condiciones de asignación y uso de las bandas de frecuencias identificadas como posibles opciones para la implementación de este tipo de soluciones. Estas acciones se adelantarán por parte de la ANE y el MinTIC en el segundo semestre de 2026, y la definición de las condiciones de uso y asignación a más tardar en el primer semestre de 2027 teniendo en cuenta que el Plan de Gestión de cese de emisiones analógicas está en actualización y establece la ejecución del cese de emisiones analógicas a partir de junio de 2027.

5.3 Objetivo específico 2 – Identificar nuevos esquemas en la gestión y uso del espectro

- 5.3.1 Se implementará un observatorio de mecanismos flexibles de acceso y uso del espectro en el cual se haga seguimiento a mejores prácticas observadas en otros países, así como a casos prácticos de implementación, con el fin de complementar los mecanismos de análisis de este tipo de soluciones que hasta el momento se han implementado en Colombia. Adicionalmente, en cuanto a la aplicabilidad de estas prácticas en el país, se debe analizar los mecanismos prácticos de implementación, los ajustes o adaptaciones a las actividades de vigilancia y control, y los casos más complejos de convivencia entre sistemas de comunicaciones en aquellas bandas donde se presenta mayor demanda.

Este observatorio deberá definir una agenda de trabajo para el período de la política, identificar casos de uso, publicar anualmente resultados y proponer acciones concretas para incluir mecanismos flexibles en las decisiones de gestión de espectro. Como parte del análisis se debe considerar: mecanismos de asignación, tipos de permisos, contraprestaciones asociadas, tipos de sistemas compartiendo frecuencias, especificaciones técnicas adoptadas, herramientas de monitoreo de uso de espectro requeridas, entre otros. La estructura, la agenda de trabajo inicial y el funcionamiento de este observatorio se formularán e implementarán durante el primer semestre de 2026. La primera publicación de avances se realizará en el primer semestre de 2027.

- 5.3.2 La ANE y el MinTIC promoverán un entorno apropiado para desarrollar iniciativas de innovación en la gestión y uso del espectro a través de la implementación de mecanismos regulatorios innovadores para la gestión del espectro, tales como: sandbox regulatorios, pilotos de pruebas de nuevas tecnologías, bancos de pruebas para casos de uso de aplicaciones y servicios que hacen uso del espectro, pilotos de aplicaciones industriales y de usos públicos de 5G, radio digital y otras tecnologías a través de redes comerciales y privadas. Esto implicará la formulación de una estrategia en la que la ANE y el MinTIC, promuevan la identificación de posibles casos de uso con diferentes grupos de interés, públicos y privados, junto con quienes se identificarán los mecanismos regulatorios innovadores aplicables a distintos tipos de necesidades asociadas con el acceso al espectro por parte de dichos actores. Los resultados de la implementación de estos casos de uso se documentarán con el fin de alimentar las actividades del observatorio de mecanismos flexibles,

y facilitar la toma de decisiones sobre posibles modificaciones al marco legal y regulatorio para la gestión del espectro. La estrategia para la promoción e implementación de este tipo de mecanismos regulatorios se definirá a más tardar en el primer semestre de 2027.

- 5.3.3 En relación con los mercados secundarios de espectro, se realizará un estudio del marco constitucional y legal existente en Colombia, con el fin de determinar posibles ajustes requeridos para viabilizar este tipo de mecanismos flexibles en Colombia. Los resultados del estudio se tendrán a más tardar en el tercer trimestre de 2026, de forma tal que las recomendaciones del mismo se puedan implementar a más tardar en el primer semestre de 2027.
- 5.3.4 Se adelantará una revisión de mecanismos de asignación que provean a los PRST, operadores, concesionarios y licenciarios una mayor flexibilidad en el acceso y uso del espectro en el sentido de promover un uso más intensivo del mismo, simplificar las condiciones y obligaciones asociadas con los permisos para ciertos tipos de usos, así como la posibilidad de asignar frecuencias en zonas de distinto alcance geográfico (licenciamiento ligero, simplificación de requisitos, asignación local y regional). El objetivo de esta revisión será facilitar la implementación de modelos de negocio innovadores y de nuevos casos de uso del espectro asociados con las necesidades de sectores productivos para promover la transformación digital. El resultado de este análisis y la implementación de los mecanismos identificados para el logro de este objetivo se dará a más tardar en el primer semestre de 2027.

5.4 Objetivo específico 3 – Coordinar la gestión del espectro que es utilizado por las entidades públicas para la prestación de servicios de seguridad, defensa, protección de la vida, prevención de desastres, servicios públicos, entre otros.

- 5.4.1 Se instalará una mesa de trabajo con entidades públicas que hagan uso de servicios de comunicaciones inalámbricas para sus actividades y que presten servicios públicos como educación, seguridad, transporte, servicios públicos domiciliarios, etc., con el fin de fortalecer el relacionamiento interinstitucional y como instancia para la identificación de necesidades de espectro y coordinación de acciones gubernamentales para la gestión eficiente de espectro para actividades públicas. En su creación se deberán definir los mecanismos de trabajo y las agendas de temas a discutir con el fin de promover la participación activa de todos los miembros de la mesa. La primera sesión de la mesa, que será también la de instalación, se llevará a cabo en el primer semestre de 2026.

- 5.4.2 Identificar y caracterizar el uso actual del espectro por parte de entidades públicas a través de sistemas inalámbricos que soportan la prestación de servicios públicos (educación, seguridad, transporte, servicios públicos domiciliarios, etc). Para esto, se sugiere trabajar de la mano con las entidades a cargo de estos sistemas de comunicaciones para actualizar, en caso de ser necesario, la base de datos de espectro asignado, así como adelantar el monitoreo de la ocupación y uso de estas bandas de frecuencias. Asimismo, se identificarán las tecnologías utilizadas y sus expectativas de modernización en el corto y mediano plazo. Se elaborará un reporte con las conclusiones del estudio en el cual se determinará, en caso pertinente, la posibilidad de lograr eficiencias en el uso del espectro por parte de estos sistemas de comunicaciones, y la posibilidad de reorganizar o recuperar frecuencias. Este reporte finalizará a más tardar en el segundo semestre de 2027.
- 5.4.3 Se adelantará un estudio que incluirá el estado actual del sistema nacional de telecomunicaciones de emergencia - SNTE y la red nacional de telecomunicaciones de emergencia – RNTE, un comparativo con otros países, proveyendo información sobre las mejores prácticas en el manejo de telecomunicaciones de emergencia en la categoría Autoridad – Autoridad y finalmente la recomendaciones y hoja de ruta para implementar en Colombia la RNTE en la categoría Autoridad - Autoridad. Este se adelantará durante el 2026 y se finalizará en el primer semestre de 2027.
- 5.4.4 Con base en el trabajo adelantado con la Aeronáutica Civil y la Dirección Marítima previo a la expedición de esta política pública, se establecerán e implementarán los mecanismos adecuados (Delegaciones, coordinación interinstitucional, reportes, interoperación de sistemas de información, etc.) que sean requeridos para la gestión conjunta del espectro con dichas entidades. La definición del esquema de trabajo coordinado con estas dos entidades se definirá a más tardar en el segundo semestre de 2026, y la implementación de acciones asociadas se priorizará para contar con todas las herramientas necesarias para la gestión conjunta del espectro en el segundo semestre de 2027.

5.5 Objetivo específico 4 – Integrar a Colombia de una manera más activa en las discusiones internacionales de la gestión de espectro y promover una mayor armonización del espectro

- 5.5.1 Se fortalecerá la participación de Colombia en instancias internacionales de gestión de espectro, con un especial énfasis en el Comité Consultivo Permanente II (CCP.II) de la Comisión Interamericana de Telecomunicaciones (CITEL) y las Comisiones de Estudio y Grupos de Trabajo del sector de radiocomunicaciones de la UIT (UIT-R) y de normalización (UIT-T). Este objetivo se

- logrará a través de la implementación de la Estrategia de gestión internacional espectro. Esta estrategia se adoptará en el primer semestre de 2026.
- 5.5.2 Se definirá e implementará una metodología de priorización de puntos de agenda de trabajo para la participación en escenarios internacionales (CMR, CCPII, etc.), que atienda las necesidades estratégicas del país, los lineamientos legales, de política pública, y los planes vigentes en el sector. Esta metodología considerará la participación de grupos de interés relevantes, la asignación existente y mediciones en campo, entre otros. La definición se dará en primer semestre de 2026 y para su implementación se realizarán los estudios técnicos necesarios.
 - 5.5.3 Se promoverá la adopción de acuerdos de frontera con países vecinos, mediante la identificación de prioridades de coordinación y la formulación de una hoja de ruta en 2026 y su implementación a más tardar en 2027.
 - 5.5.4 El MinTIC y la ANE formularán una estrategia de participación del país en los esfuerzos internacionales tendientes a establecer los criterios técnicos para la utilización del componente satelital de las IMT a través de soluciones Direct-to-Device (D2D). Como parte de esta estrategia se deberá considerar la posibilidad de posicionar a Colombia como administración facilitadora de la realización de pruebas de la tecnología Direct-to-Device (D2D) dentro del ciclo de estudios de la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones CMR-27. Esta estrategia se definirá iniciando 2026.

5.6 Objetivo específico 5 – Generar un entorno que promueva mayor oferta de servicios y aplicaciones soportados en tecnologías satelitales

- 5.6.1 El MinTIC analizará posibles modificaciones requeridas en el régimen contenido en la Resolución MinTIC 376 de 2022, con el fin de actualizar los criterios y procedimientos de asignación de permisos de uso de espectro que atiendan los intereses nacionales en esta materia. Como parte de este análisis se identificará la demanda actualmente existente en territorio nacional. Esta modificación se realizará durante 2026. Igualmente, el MinTIC realizará una evaluación de resultados de la implementación de la Resolución MinTIC 376 de 2022.
- 5.6.2 En línea con lo establecido en el Documento CONPES 4129 de 2023 - Política Nacional de Reindustrialización, el MinTIC, definirá un plan de acción que promueva el uso de soluciones satelitales para facilitar el acceso a Internet, con base en las necesidades de este tipo de uso a nivel nacional, lo cual se realizará durante 2026.
- 5.6.3 Como complemento del punto anterior, el MinTIC, y la ANE, desarrollarán capacidades internas para realizar una efectiva coordinación del ROE colombiano vigente ante la UIT, y la posible necesidad de solicitar ROE adicional para atender las necesidades nacionales a futuro. Esta línea de acción se ejecutará durante los años 2026 y 2027.

5.7 Objetivo específico 6 – Optimizar la gestión del espectro a través de la mejora continua e innovación en las tecnologías de la información que la soportan

A partir del estado actual de las arquitecturas de tecnologías de la información con que cuenta la ANE y el MinTIC y dada la necesidad de contar con sistemas de información actualizados en tecnología e información con los cuales se pueda atender de manera eficiente los requerimientos relacionados con el Proceso de asignación de ERE de uso compartido para IMT, el proceso de Selección Objetiva Ligeró (PSO-L) para IMT, la ampliación de sistemas de gestión de garantías, las mejoras funcionales en los trámites de radiodifusión sonora, migración de la información de BDU+ al nuevo Sistema de Gestión de Información Administrativa (SGIA) entre otras, se adelantarán las siguientes acciones

- 5.7.1 Se propondrán ajustes a la arquitectura de TI que soporta la gestión de espectro, que considere el estado actual de evolución de las arquitecturas de tecnologías de la información con que cuenta la ANE y el MinTIC, para coordinar las acciones entre las dos entidades, en línea con las necesidades que se identifiquen en el corto y mediano plazo. Esta propuesta deberá formularse durante 2026 y la implementación de las acciones requeridas iniciarán a más tardar en 2027.
- 5.7.2 En línea con los avances en la implementación del Sistema Único de Gestión de Espectro (SUGERE) adelantados en el período 2020-2024, la ANE y el MinTIC formularán conjuntamente, durante 2026, un plan de digitalización de procesos y herramientas que soportan la gestión de espectro con una visión de 5 años. Se definirá de forma detallada el alcance específico de productos a entregar en cada vigencia de ejecución de esta política pública.
- 5.7.3 Se deberá formular e implementar una estrategia de gobernanza de datos para la gestión de espectro de manera conjunta entre la ANE y el MinTIC, enfocada en generar información relevante para la toma de decisiones en las diversas etapas de la gestión del espectro. Esta estrategia de gobernanza de datos deberá formularse durante 2026 luego de lo cual se dará inicio a su implementación
- 5.7.4 La ANE y el MinTIC identificarán oportunidades de innovación en las herramientas de TI para la gestión de espectro e implementarán las soluciones más adecuadas para el cumplimiento de las actividades de dicha gestión. La primera iteración de este ejercicio lo adelantará la ANE en 2026 considerando soluciones como analítica de datos, Inteligencia Artificial, machine learning, blockchain entre e otras tecnologías emergentes. Este ejercicio se repetirá por lo menos cada dos vigencias

5.8 Objetivo específico 7 – Fortalecer las capacidades de vigilancia, inspección y control para promover el uso efectivo y eficiente del espectro

- 5.8.1 Las Subdirecciones de Gestión y Planeación y de Vigilancia y Control de la ANE, en el primer semestre de 2026, definirán de manera conjunta los mecanismos de coordinación interna para alinear las actividades de vigilancia e inspección con las necesidades de información relevante sobre el uso del espectro para otras etapas que hacen parte de la gestión de este recurso en el sentido de identificar necesidades de información sobre el uso del espectro para los distintos tipos de servicios de comunicaciones. Asimismo, se definirá la periodicidad con la que se genere información relevante a través del uso de los datos generados de la vigilancia e inspección para alinear estas actividades con las demás actividades de gestión de espectro a cargo de la ANE y el MinTIC. (Relevante)
- 5.8.2 Para dar el mejor uso al Banco de Mediciones establecido en el Modelo de Vigilancia y Control adoptado por la ANE en 2024, se definirá una versión inicial de los productos de datos que soporten las necesidades recurrentes de información para la formulación y elaboración anual del Plan Maestro de Gestión de Espectro (PMGE), los análisis requeridos en la preparación y definición de posiciones de país de acuerdo con la priorización de puntos de agenda para el ciclo de estudios de la CMR-27, la evaluación de mecanismos de compartición de espectro que se consideren necesarios en el marco de las actividades del observatorio de mecanismos flexibles y las demás actividades de gestión de espectro. Posteriormente se deberá hacer este ejercicio de forma recurrente. Esta actividad se definirá en conjunto con la descrita en el numeral 6.5.1 anterior.
- 5.8.3 La ANE formulará las adiciones, modificaciones o mejoras requeridas en el Modelo de Vigilancia y Control de la entidad y con un enfoque de gestión de riesgos. Aquí se analizarán tecnologías y metodologías de medición, prioridades de la vigilancia, caracterización de uso del espectro por parte de nuevas tecnologías, entre otros elementos. Este estudio se iniciará en el primer semestre de 2026 y la modificación, ajuste y complementación del Modelo de Vigilancia y Control se definirán a más tardar antes de finalizar 2027. Como parte de este análisis de la oferta actualmente existente en territorio nacional y las perspectivas de ampliación de dicha oferta a futuro.
- 5.8.4 En línea con las acciones de este objetivo específico, se identificará la necesidad de modernizar y/o fortalecer las herramientas con que cuenta la ANE para la inspección, vigilancia y control del espectro, así como de los sistemas de información utilizados para visualizar y procesar los datos recopilados a partir de la actividad de la ANE. Esta actividad se adelantará entre 2026 y el primer semestre de 2027, y la implementación de las soluciones identificadas se realizará a más tardar en 2028.

5.9 Objetivo específico 8 – Hacer visible la importancia del espectro para la actividad del Estado, el sector privado y la ciudadanía - Establecer un Marco de Colaboración y Coordinación Nacional para la Gestión de Espectro

- 5.9.1 Se actualizará la caracterización de grupos de interés adelantada entre 2020 y 2021 con el fin de identificar la evolución de intereses y necesidades de cada uno de dichos grupos, en línea con las tendencias del uso del espectro. Este ejercicio de caracterización se realizará en el primer semestre de 2026.
- 5.9.2 Se formulará e implementará la estructura del marco de colaboración y coordinación nacional para la gestión de espectro a partir del establecimiento de instancias de coordinación e interacción con los diversos grupos de interés. Este marco de colaboración deberá considerar actores públicos, privados, de sectores productivos, de sociedad civil y de la academia. Como parte de ese marco de colaboración, se tendrán en cuenta tanto la Mesa de Trabajo con Entidades Públicas descrita en la actividad 5.4.1, como las instancias que se consideren necesarias para fortalecer la interacción con los diversos grupos de interés. Este marco de colaboración y coordinación deberá estar en funcionamiento iniciando 2027.
- 5.9.3 Se diseñará una estrategia para visibilizar el impacto en términos de beneficios económicos y sociales de la gestión y uso del espectro. Esta metodología contendrá un primer análisis que demuestre la relevancia de la gestión y el uso del espectro para la actividad económica y social del país, así como un mecanismo de evaluación periódica del impacto de las decisiones adoptadas por la ANE y el MinTIC en materia de espectro, con el fin de contar con insumos claros que visibilicen la importancia de esta actividad a cargo de las dos entidades y la relevancia de una gestión eficiente del espectro. La primera etapa se finalizará a más tardar en el segundo semestre de 2026 y las mediciones periódicas de impacto se ejecutarán de acuerdo con la metodología de evaluación periódica que se defina.
- 5.9.4 Se formulará un plan de relacionamiento y divulgación con grupos de interés sobre la importancia de la gestión del espectro, el impacto de esta actividad para el desarrollo económico y social y la relevancia de la integración activa del país en instancias internacionales. Esta estrategia se implementará a partir de 2026 y se reformulará periódicamente en línea con la evolución del relacionamiento con estos grupos de interés.

Referencias

ACMA (2024), 2024–29 draft five-year spectrum outlook. Descargado de: <https://www.acma.gov.au/sites/default/files/2024-04/Draft%20FYSO%202024-29.pdf>

Banco Mundial (2024), *Digital Progress and Trends Report 2023*, The World Bank, 2024. Descargado de: https://bit.ly/Digital_Progress_and_Trends_Report_2023

BID (2023), How new technologies are transforming telecommunications in Latin America and the Caribbean, 2023. Descargado de: <https://idbinvest.org/en/download/21322>

Broadcast Collective (2024), Introduction to 5G Broadcast: Direct-to-mobile, 2024. Descargado de: <https://gsacom.com/download.php?id=18431>

CBO (2023), Large Constellations of Low-Altitude Satellites: A Primer, Congressional Budget Office (CBO), Mayo, 2023. Descargado de: <https://www.cbo.gov/system/files/2023-05/58794-satellite-primer.pdf>

CITC (2020), Estrategia Nacional del Espectro 2025. Descargado de: https://www.cst.gov.sa/ar/services/spectrum/Documents/National%20Spectrum%20Strategy_E.pdf

CRC (2025), Data Flash Internet Móvil 2025-012, 2025, Pág. 11. Descargado de: <https://www.postdata.gov.co/file/5201/download?token=Pinx70BC>

CRC (2025-2), Data Flash Infraestructura de Redes Móviles 2025-009, 2025, Pág. 11. Descargado de: <https://www.postdata.gov.co/file/5618/download?token=KdEhQFDV>

Deloitte (2024), 2024 Telecom industry Outlook, Deloitte, 2024. Descargado de: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/technology-media-telecommunications/2024-telecom-industry-outlook.pdf>

DNP (2023), Bases Plan Nacional de Desarrollo, Pág. 96. Descargado de: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/portalDNP/PND-2023/2023-05-04-bases-plan-nacional-de-inversiones-2022-2026.pdf>

DNP (2023-2), Estrategia Nacional Digital, 2023. Consultado en: <https://www.dnp.gov.co/LaEntidad/subdireccion-general-prospectiva-desarrollo-nacional/direccion-desarrollo-digital/Paginas/estrategia-nacional-digital-de-colombia.aspx>

DNP (2023-3), Documento CONPES 4129, Política Nacional de Reindustrialización, 2023. Descargado de: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/4129.pdf>

DNP (2025), Documento CONPES 4144, Política Nacional de Inteligencia Artificial, 2025. Descargado de: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/4144.pdf>

Ericsson (2022), Ericsson Microwave Outlook Report, 2022. Descargado de: <https://www.ericsson.com/4a81b8/assets/local/reports-papers/microwave-outlook/2022/ericsson-microwave-outlook-report-2022.pdf>

Ericsson (2023), Ericsson Microwave Outlook Report, 2023. Descargado de: <https://www.ericsson.com/4a8056/assets/local/reports-papers/microwave-outlook/2023/ericsson-microwave-outlook-report-2023.pdf>

Ericsson (2024), Fixed Wireless Access outlook. Consultado en: <https://www.ericsson.com/en/reports-and-papers/mobility-report/dataforecasts/fwa-outlook>

Gates Air, Digital Radio – A global perspective. Descargado de: <https://gatesair.com/documents/papers/Redmond-Digital-Radio-A-Global-Perspective.pdf>

GIS (2024), Resumen - Reporte de TV móvil, 2024. Consultado en: <https://www.globalinsightservices.com/reports/mobile-tv-market/>

GSMA (2024), The telecoms industry in 2024: trends to watch, GSMA, 2024. Descargado de: <https://data.gsmainelligence.com/signin?returnPath=/research/research/research-2024/the-telecoms-industry-in-2024-trends-to-watch>

GSMA (2024-2), State of 5G 2024, 2024. Descargado de: <https://data.gsmainelligence.com/api-web/v2/research-file-download?id=79791087&file=210224-The-State-of-5G-2024.pdf>

GSMA (2024-3), The Mobile Economy 2024, 2024. Descargado de: <https://www.gsma.com/mobileeconomy/wp-content/uploads/2024/02/260224-The-Mobile-Economy-2024.pdf>

GSMA (2024-4), For the benefit of billions: the impact of WRC-23 decisions on spectrum policy in 2024, 2024. Consultado en: <https://www.gsma.com/spectrum/for-the-benefit-of-billions-the-impact-of-wrc-23-decisions-on-spectrum-policy-in-2024/>

GSMA (2025), The Mobile Economy 2025, 2025. Descargado de: <https://www.gsmainelligence.com/research/the-mobile-economy-2025>

Media Tool (2024), Broadcast Media Trends In The Digital Age, 2024. Consultado en: <https://mediatool.com/blog/broadcast-media>

NTIA (2023), Estrategia Nacional de Espectro, NTIA, 2023. Consultado en: <https://www.ntia.gov/issues/national-spectrum-strategy>

OCDE (2022), Developments in spectrum management for communication services, 2022. Descargado de: https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2022/10/developments-in-spectrum-management-for-communication-services_ae18e03f/175e7ce5-en.pdf

OCDE (2024), OECD broadband statistics update, 2024. Consultado en: <https://www.oecd.org/en/about/news/press-releases/2024/03/broadband-statistics-update.html>

Ofcom (2021), Supporting the UK's wireless future. Our spectrum management strategy for the 2020s, 2021. Descargado de: <https://www.ofcom.org.uk/siteassets/resources/documents/consultations/category-1-10-weeks/208745-supporting-the-uks-wireless-future/associated-documents/spectrum-strategy-statement.pdf>

Proyecto DVB, DVB-I Timeline. Consultado en: <https://dvb-i.tv/timeline/>

PwC (2023), *Perspectives from the Global Telecom Outlook 2023–2027, The future on the line, The global telecom industry seeks growth in the face of rising demands*, PwC, 2023. Descargado de: https://www.pwc.com/gx/en/industries/entertainment-media/outlook/downloads/PwC-GTO-2023-PDF_V06.0-Accessible.pdf

PTS (2024), The Swedish Post and Telecom Authority's Spectrum Policy, 2024. Descargado de: <https://www.pts.se/contentassets/d5ec269637ff4f5586213c4c4dbf668a1/pts-spectrum-policy.pdf>

RGB Broadcasting (2023), Key Trends: Where is the Radio Industry headed in 2023? Consultado en: <https://www.rgbbroadcasting.com/blog/key-trends-where-is-the-radio-industry-headed-in-2023/>

UIT (2023), ITU advances the development of IMT-2030 for 6G mobile technologies, UIT, 2023. Consultado en: <https://www.itu.int/en/mediacentre/Pages/PR-2023-12-01-IMT-2030-for-6G-mobile-technologies.aspx>

UE (2024), Study on Radio Spectrum Policy Programme: taking stock and discussing future scenarios, 2024. Consultado en: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/study-radio-spectrum-policy-programme-taking-stock-and-discussing-future-scenarios>



Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
2025

 [ministerio_tic](#)

 [@ministerio_tic](#)

 [@ministerio_tic](#)

 [@Ministerio_TIC](#)

 [MinisterioTIC.Colombia](#)

 [@ministeriotic](#)