



Actualización Anual 2024

Plan Maestro de
Gestión de Espectro
2022-2026



Tabla de Contenido

Tabla de Contenido	1
Listado de Siglas y Acrónimos	2
INTRODUCCIÓN	4
1. TENDENCIAS INTERNACIONALES EN EL USO Y GESTIÓN DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO	6
1.1 REVISION GENERAL DE LA NORMATIVA DE USO LIBRE DEL ESPECTRO	6
1.2 TENDENCIAS EN SEGUIMIENTO	9
1.2.1 Inteligencia Artificial (IA) para la Gestión del Espectro	9
1.2.2 Utilización de tecnologías móviles IMT en aeronaves	12
1.2.3 Utilización de anchos de banda en términos de THz	13
1.2.4 Open RAN	15
1.2.5 Interfaz de radio para aplicaciones IoT inalámbricas de área local	17
1.2.6 Evolución tecnológica de las redes de monitoreo.	19
2. TEMÁTICAS IDENTIFICADAS EN MATERIA DE VIGILANCIA Y CONTROL	20
2.1 Efectuar el análisis de viabilidad de la implementación del proyecto de investigación denominado “Análisis multidisciplinar de las causas de la clandestinidad y recomendaciones para su prevención y mitigación que puedan ser aplicadas al sector TIC con competencia sobre el uso del espectro radioeléctrico”.	20
3. PLAN DE TRABAJO PREVISTO PARA EL PERIODO 2022-2026	22
Referencias	52

Listado de Siglas y Acrónimos

3GPP	Third Generation Partnersip Project
ACMA	Autoridad Australiana de Comunicaciones y Medios
AM	Amplitud Modulada
AIN	Análisis de Impacto Normativo
ANE	Agencia Nacional del Espectro
ATIS	Alliance for Telecommunications Industry Solutions
BDEB	Base de Datos de Espacios en Blanco
CCPII	Comité Consultivo Permanente CCPII de la CITEL
CITEL	Comisión Interamericana de Telecomunicaciones
CNABF	Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias
CMR	Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones
CPM	Conference Preparatory Meeting
CRC	Comisión de Regulación de Comunicaciones
DNP	Departamento Nacional de Planeación
DRCA	Dispositivos de Radiocomunicaciones de Corto Alcance
DSIT	Department for Science, Innovation and Technology
eMMB	Enhanced Mobile Broadband
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
FAA	Federal Aviation Administration
FCC	Comisión Federal de Comunicaciones
FM	Frecuencia Modulada
GEO	Geostationary Earth Orbit
FM	Frecuencia Modulada
FWA	Fixed Wireless Access
HAPS	High Altitude Platform Systems
HIBS	HAPS IMT Base Stations
HTS	High Throughput Satellite
IMT	Telecomunicaciones Móviles Internacionales
IoT	Internet de las Cosas
ITS	Intelligent Transportation Systems
LPWAN	Low Power Wide Area Network
LEO	Low Earth Orbit
MEO	Medium Earth Orbit
LTE	Long Term Evolution
MIMO	Multiple-Input Multiple-Output
MU-MIMO	Multiple-User MIMO
MINTIC	Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
NGSO	Non-geostationary Satellite Orbit
mMTC	Massive Machine-Type Communications
NPN	Non-Public Networks
NR-U	New Radio-Unlicensed

Agencia Nacional del Espectro

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

Página 2 de 58

OFCOM	Office of Communications
PPDR	Public Protection and Disaster Relief
PRST	Proveedores de Redes y Servicios de Telecomunicaciones
PSO	Procesos de Selección Objetiva
RDS	Radio Definida por Software
SHF	Super High Frequency
TDT	Televisión Digital Terrestre
THz	TeraHertz
TIC	Tecnologías de la información y las comunicaciones
TVWS	TV White Spaces
UAV	Unmanned Aerial Vehicle
UAS	Unmanned Aircraft Systems
UHF	Ultra High Frequency
UIT	Unión Internacional de Telecomunicaciones
URLLC	Ultra-High Reliability & Low Latency
WMAS	Wireless Multi-Channel Audio Systems
VHF	Very High Frequency
VHTS	Very High Throughput Satellite



INTRODUCCIÓN

La Agencia Nacional del Espectro (ANE) y el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (Mintic) adoptaron, mediante la Resolución 2759 de 2020, la Política de espectro 2020-2024, la cual fijó como estrategia el rediseño del proceso de planeación de espectro con el fin de integrar los objetivos de maximización del bienestar social y apoyar la transformación digital de la economía. Así mismo, se definió que la planeación debe realizarse para períodos de 5 años y con revisiones anuales, en línea con las mejores prácticas internacionales y con el marco legal adoptado a través de la Ley 1978 de 2019¹.

De esta forma, dando cumplimiento a la estrategia de la Política de Espectro, se formuló un esquema para la ejecución de las actividades de planeación del recurso denominado Planeación Estratégica del Espectro, con un producto principal que es el Plan Maestro de Gestión de Espectro a 5 años, en el que se definieron múltiples necesidades de espectro a analizar, el alcance inicial de los estudios necesarios para dar atención a dichas necesidades y una propuesta de fecha de inicio para la ejecución de los mismos.

La primera versión del Plan Maestro de Gestión de Espectro, que corresponde a la vigencia 2022 – 2026, fue aprobada en febrero del 2022 y se encuentra publicada en la página web de la ANE². Posteriormente, en diciembre de 2022 se publicó en la página web de la ANE, la primera actualización del Plan Maestro de Gestión de Espectro³ luego de un periodo de comentarios por parte del sector⁴.

Durante el año 2023, se realizó un seguimiento detallado de las tendencias internacionales en la gestión y uso del espectro, así como las previamente

¹ “Por la cual se moderniza el sector de las Tecnologías De La Información y Las Comunicaciones (TIC), se distribuyen competencias, se crea un regulador único y se dictan otras disposiciones”

² El Plan Maestro de Gestión de Espectro 2022-2026 se encuentra disponible en: <https://www.ane.gov.co/SitePages/Gesti%C3%B3n%20t%C3%A9cnica/index.aspx?p=3104>

³ La primera actualización del Plan Maestro de Gestión de Espectro se encuentra disponible en: <https://www.ane.gov.co/SitePages/Gesti%C3%B3n%20t%C3%A9cnica/index.aspx?p=3104>

⁴ Los comentarios a la primera actualización al plan maestro de gestión del espectro se encuentran disponible en: <https://www.ane.gov.co/SitePages/Gesti%C3%B3n%20t%C3%A9cnica/index.aspx?p=4458>



identificadas en la primera actualización del PMGE publicada en diciembre de 2022. La Sección 1 del citado documento abordó estas tendencias, su evaluación y seguimiento.

La actualización de 2024 se enfoca principalmente en el seguimiento y cierre de proyectos, marcando las últimas etapas del actual PMGE. En esta tercera revisión anual, se actualiza la Sección 2 del PMGE, consolidando los avances en las necesidades de espectro identificadas para el periodo 2022-2026 y actualizando las actividades planeadas para el periodo 2025-2026. Esta sección incluye nuevas necesidades derivadas del proceso de vigilancia tecnológica y ajustes en las existentes, asegurando una gestión efectiva del recurso para respaldar el crecimiento de las telecomunicaciones y la digitalización del país.

Adicionalmente, esta actualización del PMGE para 2024 parte de la planeación quinquenal, enfocada en la revisión y cierre de proyectos. En esta fase, se evalúan los avances y resultados alcanzados, consolidando estudios y culminando iniciativas pendientes, teniendo como objetivo dar cumplimiento a los plazos establecidos, atender las necesidades de espectro identificadas, y facilitar la implementación de nuevas soluciones tecnológicas, promoviendo una infraestructura digital robusta y contribuyendo al cierre de la brecha digital en el país.



1. TENDENCIAS INTERNACIONALES EN EL USO Y GESTIÓN DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO

En el capítulo 2 del Plan Maestro de Gestión de Espectro 2022 – 2026⁵ se presentaron las tendencias internacionales en el uso y gestión del espectro radioeléctrico. A partir de lo anterior, en este apartado se complementa dicho capítulo, con el fin de identificar otras tendencias y cambios en las diferentes temáticas, de manera tal que se disponga de un PMGE actualizado que pueda responder a la constante evolución de las necesidades del sector TIC.

1.1 REVISION GENERAL DE LA NORMATIVA DE USO LIBRE DEL ESPECTRO

La normativa sobre el uso libre del espectro radioeléctrico en Colombia juega un papel fundamental en el acceso a tecnologías sin la necesidad de permisos específicos. Sin embargo, debido a la rápida evolución tecnológica, es pertinente revisar y actualizar periódicamente esta normativa para garantizar su alineación con las mejores prácticas internacionales y las nuevas innovaciones emergentes.

En un caso reciente, la ANE recibió una solicitud sobre un radar de cabina que opera en la banda de frecuencias de 60-64 GHz, el cual permite la detección de ocupantes, intrusos y roturas de cristales, entre otras funciones. Tras revisar las prácticas internacionales y confirmar que en otros países este tipo de radar está permitido, la agencia determinó que su uso era viable en Colombia. Esta revisión culminó con la expedición de la Resolución 153 de 2024, que establece las características técnicas que deben cumplir estos dispositivos en el país.

⁵ El Plan Maestro de Gestión de Espectro 2022-2026 se encuentra disponible en: <https://www.ane.gov.co/SitePages/Gesti%C3%B3n%20t%C3%A9cnica/index.aspx?p=3104>



En la misma línea, para el desarrollo de la Reunión 44 del Comité Consultivo Permanente CCPII de la CITEI que reúne a los diferentes países de la Región 2 de la UIT e importantes representantes de la industria TIC, fue presentado un documento consultivo sobre Sistema de Audio Inalámbrico Multicanal (WMAS). Este sistema constituye una evolución tecnología de los micrófonos inalámbricos que utiliza técnicas de transmisión digital de banda ancha que opera con anchos de banda más amplios que los sistemas tradicionales (micrófonos, PMSE ⁶) permitiendo que más micrófonos inalámbricos y sistemas de monitorización en el oído puedan funcionar haciendo un uso más eficiente del espectro, con velocidades de datos más altas para nuevas aplicaciones de audio y una arquitectura escalable para adaptarla a las diferentes necesidades. Es importante mencionar que los WMAS sirven como una opción adicional, en lugar de reemplazar los sistemas tradicionales de banda estrecha, por lo cual se observa necesario analizar las necesidades de espectro para esta nueva aplicación.

Por otra parte, la creciente adopción de tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT) también evidencia la importancia de la revisión normativa del uso libre del espectro. Según un reporte de Statista titulado "Conexiones de dispositivos IoT LPWA en todo el mundo 2022-2033, por tecnología"⁷, *"Se estima que en 2024 las conexiones de tipo mMTC (conectividad masiva de tipo máquina) 5G a redes públicas alcanzarán los 820 millones en todo el mundo. Para 2033, esta cifra superará los cuatro mil millones, mientras que las conexiones LPWA (redes de área amplia de baja potencia) tanto públicas como privadas crecerán a cerca de mil millones"*. Este incremento masivo de dispositivos conectados acentúa la necesidad de normativas flexibles que permitan la integración eficiente de nuevas tecnologías,

⁶ PMSE - Programme making and special events applications. Para más detalle ver: <https://www.cept.org/ecc/topics/programme-making-and-special-events-applications-pmse>

⁷ Al respecto ver: <https://www.statista.com/statistics/1277600/lpwa-device-connections-worldwide/>



evitando congestiones y garantizando un uso adecuado del espectro para soportar el crecimiento continuo de IoT.

Adicionalmente, se ha evidenciado que los drones (UAV) con servicios especializados, si bien comienzan a operar con permisos temporales en frecuencias aeronáuticas⁸, continúan utilizando en mayor medida bandas de uso libre, especialmente en aplicaciones comerciales y recreativas. Este uso masivo en bandas no licenciadas implica nuevos desafíos en la gestión del espectro. El mercado de este tipo de dispositivos está experimentando un crecimiento acelerado, proyectándose un incremento de USD 15,61 mil millones entre 2024 y 2028, según un informe de Technavio Research⁹.

Este crecimiento se debe a su aplicación en múltiples industrias, como la agricultura, la vigilancia, la logística y el entretenimiento, lo que conlleva un mayor uso de las bandas de frecuencia de uso libre. Así las cosas, a medida que más drones comerciales y civiles utilizan estas bandas para transmitir datos en tiempo real, realizar tareas automatizadas y mejorar la precisión en actividades críticas, se incrementa la demanda sobre el espectro no licenciado.

Los casos expuestos destacan la importancia de actualizar periódicamente la normativa de uso libre para incorporar nuevas tecnologías y dispositivos que se desarrollan a nivel global. La normativa vigente, contenida en la Resolución 105 de 2020, establece bandas de uso libre que permiten el acceso al espectro sin necesidad de permisos específicos, siempre y cuando se cumplan con los parámetros técnicos establecidos. Sin embargo, tecnologías emergentes como las antes enunciadas evidencian la necesidad

⁸ Al respecto ver: <https://www.fcc.gov/document/fcc-adopts-initial-rules-uncrewed-aircraft-use-5-ghz-band>

⁹ Al respecto ver: <https://www.technavio.com/report/small-drones-market-industry-analysis>



de continuar revisando la normativa aplicable, a fin de garantizar su operación sin interferencias y en cumplimiento con las normativas internacionales, y contribuir a una gestión eficiente del espectro.

1.2 TENDENCIAS EN SEGUIMIENTO

Para la actualización de 2024 del Plan Maestro de Gestión del Espectro (PMGE), se adelantó un seguimiento de las tendencias identificadas en la actualización de 2023, con base en los desarrollos y avances registrados en este período.

Este capítulo resume las tendencias internacionales en tecnologías y regulaciones relacionadas con la gestión del espectro que, aunque en principio no generan necesidades inmediatas para Colombia, merecen monitoreo debido a sus potenciales implicaciones futuras en el uso y la gestión del espectro.

1.2.1 Inteligencia Artificial (IA) para la Gestión del Espectro

La inteligencia artificial (IA) ha ido ganado relevancia en diversos sectores, incluyendo el sector de las telecomunicaciones, donde se ha ido aplicando cada vez más en la gestión de las redes. ATIS sugiere que la IA revoluciona la autoadministración de redes, promoviendo la eficiencia y reduciendo los costos operativos (Anderson, 2018).

Ahora bien, la Unión Europea define la IA, como la capacidad de las máquinas de emular las habilidades humanas, que propician interacciones efectivas con el entorno y con la resolución de problemas específicos (Parlamento Europeo, 2021).



En lo concerniente a la IA generativa, según IBM¹⁰, está basada en modelos de aprendizaje profundo, que faculta a los usuarios para crear contenido auténtico, desde código hasta imágenes y textos, en respuesta a sus necesidades, y en su mayor parte funciona en fases de entrenamiento, ajuste, generación, evaluación y reajuste. En consecuencia, su uso potenciara la productividad al permitir la automatización de tareas rutinarias y respaldar la toma de decisiones fundamentada en el análisis de datos.

En cuanto a su aplicación en la gestión del espectro, en una publicación de Analysys Mason¹¹ se menciona cómo el aprendizaje automático (Machine Learning) y la IA pueden mejorar la gestión del espectro, particularmente en un contexto de una creciente demanda de conectividad, de múltiples servicios, tecnologías emergentes y uso diverso de frecuencias. Al respecto, se destacan acciones tomadas por reguladores como OFCOM¹² y la FCC¹³ en cuanto nuevos enfoques y dinámicas en la gestión del espectro, como la compartición dinámica y el uso de nuevas tecnologías aplicadas en la gestión de este recurso.

Respecto del proyecto que se adelanta en el Reino Unido¹⁴, promovido por el Departamento de Ciencia, Innovación y Tecnología (DSIT, por sus siglas en inglés), el mismo explora el uso de IA para mejorar la asignación de frecuencias y minimizar las interferencias, y tiene como objetivo identificar las tecnologías de IA más adecuadas para la gestión del espectro en el contexto británico, anticipándose a la adopción masiva de redes 6G. Además, busca analizar los beneficios y los riesgos asociados a la implementación de estas soluciones, así como los costos y colaboraciones necesarias entre las partes involucradas.

¹⁰ Al respecto ver: <https://www.ibm.com/es-es/topics/generative-ai>

¹¹ Al respecto ver: <https://www.analysismason.com/about-us/news/newsletter/ai-spectrum-management/>

¹² Ver: <https://www.ofcom.org.uk/siteassets/resources/documents/spectrum/spectrum-management/flexible-and-adaptive-spectrum-allocation/discussion-paper-flexible-adaptive-spectrum.pdf?v=329416>

¹³ Ver: <https://www.fcc.gov/document/spectrum-usage-noi>

¹⁴ Para más información ver: <https://www.techuk.org/resource/uk-spf-invitation-to-tender-ai-for-spectrum-management.html>



En el ámbito colombiano, el Gobierno Nacional ha lanzado¹⁵ un borrador de la Política Nacional de Inteligencia Artificial (CONPES IA) para impulsar la transformación social y económica del país mediante el uso ético y sostenible de esta tecnología. Dicha política establece seis objetivos estratégicos, incluyendo gobernanza y ética en IA, infraestructura tecnológica, investigación e innovación, desarrollo de talento, gestión de riesgos, y adopción en entidades públicas y territorios. El liderazgo de la citada política recae en el Ministerio TIC y el DNP, en la búsqueda de abordar desafíos sociales y económicos, fomentando la equidad y la participación ciudadana en su formulación e implementación para el periodo 2024-2030.

La ANE en el marco del estudio dentro de las actividades de la necesidad “Espectro para el desarrollo de la Inteligencia Artificial (I.A) en Colombia” identificada el año pasado en la actualización 2023 del PMGE, ha llevado a cabo la revisión de experiencias internacionales, lo cual ha permitido identificar la alineación entre las actividades de las necesidades del PMGE y algunas líneas de acción descritas en el borrador de la Política Nacional de Inteligencia Artificial (IA), en específico en relación con las siguientes necesidades: “Atender la demanda futura de espectro para el despliegue de redes de banda ancha inalámbrica IMT”, “Determinar y fijar la valoración económica del espectro de banda ancha acorde con los diversos casos de uso, aplicaciones y mercados de telecomunicaciones”, “Estimar la demanda futura de espectro de los diferentes servicios de radiocomunicaciones”, “Maximizar el uso del espectro radioeléctrico en Colombia para facilitar el acceso al recurso por parte de nuevos actores, aplicaciones, servicios y mercados de telecomunicaciones, así como promover la conectividad en zonas desatendidas del país” y “Espectro para el desarrollo de la Inteligencia Artificial (I.A) en Colombia”.

¹⁵ Al respecto ver:

https://sisconpes.dnp.gov.co/SisCONPESWeb/ctmp/Borrador_Documento_CONPESIA_comentarios_ciudadan%C3%ADa.pdf



En concreto, se observa que la IA puede optimizar la gestión del espectro mediante el análisis de datos en tiempo real, mejorando la planificación y la asignación dinámica. En todo caso, es de mencionar que, para su implementación se requiere un ecosistema con infraestructura avanzada, acceso a datos de calidad, colaboración multisectorial y marcos regulatorios adecuados, garantizando de esta forma un uso seguro y eficiente del espectro radioeléctrico.

1.2.2 Utilización de tecnologías móviles IMT en aeronaves

Desde 2008, la Comisión Europea ha establecido normas técnicas para la implementación de comunicaciones móviles a bordo de aeronaves, mediante la Decisión de Ejecución (UE) 2016/2317, la cual se ha actualizado en 2013 y 2022 para incluir las tecnologías 3G y LTE. En 2022, la Comisión Europea había anunciado una actualización para permitir el uso de frecuencias 5G en vuelo¹⁶.

Adicionalmente, el Release-17 de 3GPP aborda el desarrollo de redes 5G integrando soluciones terrestres con satélites en órbitas LEO, MEO y GEO¹⁷. La UIT también consideró el uso de estaciones en plataformas a gran altitud (HIBS) en la CMR-23 para el servicio móvil en bandas IMT inferiores a 2,7 GHz¹⁸.

Para fomentar la conectividad en vuelos y el servicio móvil marítimo en Colombia, la ANE ajustó en 2023 el Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencia (CNABF) con la nota nacional CLM 25, que habilita porciones de frecuencias en la banda Ku para el enlace descendente y ascendente en el servicio móvil aeronáutico por satélite y estaciones a bordo de barcos¹⁹.

¹⁶ Para más información ver Comisión Europea: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/news/5g-planes-wi-fi-road-commission-decision-opens-new-opportunities-innovation>

¹⁷ Para más detalles disponible en: https://www.3gpp.org/news-events/partners-news/2254-ntn_rel17

¹⁸ Al respecto ver punto 1.4 del orden del día de la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de 2023. Resolución 811 (CMR-19), disponible en: [https://www.itu.int/en/ITU-R/terrestrial/fmd/Documents/WRC-19_Resolutions/S/RES_811\(WRC-19\)-S.pdf](https://www.itu.int/en/ITU-R/terrestrial/fmd/Documents/WRC-19_Resolutions/S/RES_811(WRC-19)-S.pdf)

¹⁹ Al respecto ver Cuadro Nacional de Atribución de bandas de Frecuencias CNABF disponible en: https://portalespectro.ane.gov.co/Style%20Library/ane_master/cnabf-tecnico.aspx



A pesar de estos avances, la conectividad móvil IMT en aeronaves no se ha implementado aún en Colombia, y solo se ofrece conectividad a través de Wi-Fi. Por lo tanto, es fundamental seguir monitoreando el desarrollo de tecnologías IMT en aeronaves, ya que podrían surgir necesidades en la gestión del espectro nacional.

En cuanto a actualizaciones recientes, la Administración Federal de Aviación (FAA, por sus siglas en inglés) en EE.UU. está trabajando con la industria de la aviación y proveedores de servicios inalámbricos para garantizar que las señales de radio de las redes 5G recién activadas coexistan de manera segura con las operaciones de vuelo, al menos hasta enero de 2028. Para ello, la FAA ha emitido una Directiva de Aeronavegabilidad que exige que todas las aeronaves en EE.UU. estén equipadas con altímetros compatibles con la banda C de 5G desde febrero de 2024.²⁰

Por otro lado, en Japón se ha llevado a cabo una prueba exitosa de equipos de comunicación 5G en la banda de 38 GHz, utilizando una aeronave Cessna como estación base a una altitud de 4 kilómetros. Esta prueba forma parte de un esfuerzo por desarrollar enlaces de retroalimentación aérea con plataformas de alta altitud (HAPS) para redes 5G y 6G.²¹

Estos desarrollos internacionales subrayan la tendencia hacia la integración de tecnologías móviles IMT con soluciones satelitales y de plataformas de gran altitud, lo que tendrá impacto en la conectividad aérea y la gestión del espectro en el futuro.

1.2.3 Utilización de anchos de banda en términos de THz

En los últimos años, la industria de telecomunicaciones ha comenzado a explorar dispositivos y tecnologías que operan en frecuencias por encima de 100 GHz.

²⁰ Al respecto ver FAA disponible en: <https://www.faa.gov/5g>

²¹ Al respecto ver IEEE SPECTRUM disponible en: <https://spectrum.ieee.org/high-altitude-platform-station-5g>



Estas frecuencias podrían permitir la transferencia de grandes volúmenes de información, facilitando el desarrollo de aplicaciones como comunicaciones, detección, posicionamiento e imágenes (ACMA, 2023). Además, los avances en la industria de semiconductores han impulsado el desarrollo de dispositivos en el rango de los terahercios (THz) (ETSI, 2022).

Recientemente, investigaciones han demostrado que las comunicaciones en el rango de los THz, específicamente entre constelaciones de órbita terrestre baja (LEO) y estaciones terrestres, podrían ser clave para alcanzar un acceso global a internet. Un estudio publicado en el ITU Journal en junio de 2024, indica que frecuencias entre 100 y 300 GHz son viables para enlaces entre estaciones terrestres y satélites, con tasas de transmisión de datos que alcanzan hasta 25 Gbps bajo condiciones favorables (Flores Aguilar & Karabulut-Kurt, 2024).

El desarrollo de la tecnología 6G ha motivado el estudio de bandas de frecuencias sub-THz, en especial las comprendidas entre 102 y 275 GHz, para soportar la demanda creciente de velocidades de transmisión más rápidas y latencias más bajas. La Resolución COM6/17 de la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones 2023 (CMR-23) estableció varias áreas de frecuencia para el desarrollo de redes móviles de próxima generación, incluyendo bandas específicas para estudios de 6G.²²

En el sector, algunas empresas están liderando investigaciones en bandas como la banda D (110 GHz a 170 GHz)²³, desarrollando tecnologías y componentes esenciales para la implementación de comunicaciones en el rango de los THz en 6G. Estos avances son fundamentales no solo para comunicaciones, sino también

²² ITU Defines Frequency Bands for 6G Studies: <https://www.6gworld.com/exclusives/itu-defines-frequency-bands-for-6g-studies/>

²³ Ver: https://www.rohde-schwarz.com/es/soluciones/wireless-communications-testing/wireless-standards/6g/thz-communication/comunicacion-thz_257042.html



para aplicaciones emergentes como la comunicación holográfica y la detección y comunicación integrada²⁴.

Además, el desarrollo de antenas topológicas integradas ha permitido la creación de enlaces de comunicación inalámbrica en el rango de los THz. Estas antenas, con capacidades de dirección de haz activa y una ganancia de 12.2 dBi, representan un avance significativo para la comunicación 6G, ofreciendo tasas de datos de hasta 100 Gbps en enlaces de corta distancia (Jia, 2023)

En línea con lo anterior, administraciones como OFCOM²⁵ y la FCC²⁶ han habilitado espectro para fomentar la innovación en bandas por encima de los 100 GHz. Sin embargo, esta tendencia se encuentra en un estado temprano de desarrollo, por lo que se continuará monitoreando su evolución y las necesidades emergentes en materia de espectro.

1.2.4 Open RAN

Open RAN (Open Radio Access Network), o Red de Radio de Acceso Abierto, es un concepto de arquitectura de red enfocado en permitir flexibilidad en la elección de equipos e infraestructuras, a través de la estandarización de los elementos de la RAN, lo que permite la integración e interoperabilidad de elementos de red provenientes de diferentes proveedores.

En la revisión tecnológica de la actualización 2023 del PMGE²⁷, se destacó que la cantidad de proveedores de hardware y software que conforman las redes de telecomunicaciones se había reducido significativamente, limitando las opciones del mercado y potencialmente restringiendo la innovación, aumentando los costos

²⁴ Tecnología que combina comunicaciones inalámbricas y sensores en un mismo sistema. Lo que permite que las redes de comunicaciones actúen también como sensores, recopilando datos sobre el entorno físico. Ver: <https://www.etsi.org/technologies/integrated-sensing-and-communications>

²⁵ Para más información ver OFCOM; https://www.ofcom.org.uk/data/assets/pdf_file/0025/203767/spectrum-access-ehf-licence-guidance.pdf

²⁶ Para más información ver FCC: <https://www.fcc.gov/document/fcc-opens-spectrum-horizons-new-services-technologies-0>

²⁷ Consulta: <https://www.ane.gov.co/Sliders/ANE%202021/PMGE%20actualizacion.pdf>



y reduciendo la calidad de los servicios. En comparación, algunos agentes de la industria han estado promoviendo activamente el concepto de Open RAN, mediante esfuerzos liderados por la O-RAN Alliance, la cual reúne a compañías globales para definir especificaciones, desarrollar software y facilitar la integración de este tipo soluciones en la industria. (OFCOM, 2021)

En 2024, se ha observado un progreso notable en el desarrollo y adopción de Open RAN. Según 5G Américas, las especificaciones de Open RAN se actualizan tres veces al año, introduciendo mejoras, nuevas funcionalidades y casos de uso para despliegues. Estas actualizaciones están enfocadas en asegurar la interoperabilidad entre múltiples proveedores y garantizar estándares de seguridad alineados con los principios de "Zero Trust". Asimismo, indica que se están introduciendo iniciativas para optimizar el uso de energía y mejorar la eficiencia de las redes a través de tecnologías como Massive MIMO y MU-MIMO. (5G Americas, 2024)

Además, el uso de Open RAN está siendo explorado como una solución clave para mejorar la interoperabilidad y flexibilidad en los sistemas IoT inteligentes. Según un estudio reciente²⁸, Open RAN permite una mayor adaptabilidad en redes de próxima generación, como 5G y 6G, facilitando el uso de inteligencia artificial y aprendizaje automático para optimizar la gestión de recursos y mejorar la eficiencia operativa en áreas como el transporte, la manufactura y la salud.

Según 5G Américas, se espera que Open RAN adquiera un impulso significativo a partir de 2025, con proyecciones que indican podría alcanzar hasta 1.3 millones de sitios desplegados a nivel mundial para el final de la década. En América Latina, ya existen tres iniciativas en marcha (dos en Brasil y una en Perú), que utilizan esta arquitectura en diferentes configuraciones y escenarios, demostrando la viabilidad de su implementación en diversos contextos regionales. (5G Americas, 2024)

²⁸ Open Radio Access Networks for Smart IoT Systems: State of Art and Future Directions. Al respecto ver: <https://www.mdpi.com/1999-5903/15/12/380>



A pesar de estos avances, la ANE no ha evidenciado necesidades e implicaciones claras respecto a la gestión y utilización del espectro para esta tecnología en Colombia. Sin embargo, dado el ritmo acelerado de desarrollo y adopción de la misma, se mantendrá un seguimiento a los avances sobre la materia durante el próximo año.

1.2.5 Interfaz de radio para aplicaciones IoT inalámbricas de área local

En la actualización 2023²⁹ del PMGE, se destacó la importancia de la "Interfaz de radio para aplicaciones IoT inalámbricas de área local", un concepto que hace referencia a la interconexión de dispositivos a través de redes, tanto privadas como públicas. Las tecnologías relacionadas con IoT incluyen desde sensores hasta electrodomésticos, permitiendo que cualquier objeto se conecte a internet sin intervención humana. ETSI, en los últimos años, ha avanzado en el desarrollo del estándar de radio DECT-2020 New Radio (NR)³⁰ para aplicaciones IoT de área local. Este estándar permite comunicaciones de baja latencia y masivas de tipo máquina (mMTC), con potencial de implementación en la banda de 1900 MHz, y puede ser utilizado tanto en esquemas de uso libre como sobre frecuencias IMT. En el contexto de la Industria 4.0, esta tecnología ha sido clave para aplicaciones en automatización y redes de área local.

En 2024, la interfaz de radio para aplicaciones IoT ha mostrado avances significativos, especialmente en el contexto de las redes 5G y el uso de espectro no licenciado. La integración de bandas sub-6 GHz y milimétricas en espectro no licenciado ha facilitado el crecimiento de redes IoT en áreas locales, con

²⁹ Actualización 2023 PMGE. Consulta:

<https://www.ane.gov.co/SitePages/Gesti%C3%B3n%20t%C3%A9cnica/index.aspx?p=3104>

³⁰ Para más información consulta disponible en:

https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/103600_103699/10363601/01.03.01_60/ts_10363601v010301p.pdf



tecnologías como New Radio-Unlicensed (NR-U)³¹, que ofrecen una mayor capacidad de conexión y flexibilidad tanto en redes privadas como públicas.

Un ejemplo de tecnología complementaria en el ámbito del IoT de área local es Wi-Fi HaLow, certificada por Wi-Fi Alliance. De acuerdo con lo descrito por la organización, esta tecnología opera en la banda sub-1 GHz, lo que le permite ofrecer un alcance extendido de hasta 3 km, mayor eficiencia energética y mejor penetración de señal a través de obstáculos. Esta ha sido diseñada específicamente para aplicaciones de IoT que requieren bajo consumo de energía y alta capacidad de conexión. De acuerdo con WiFi Alliance, esta tecnología es capaz de soportar hasta 8191 dispositivos conectados a través de un solo punto de acceso (De Nil, 2024).

Por otra parte, los avances en la agregación de portadoras ("Carrier Aggregation") han permitido combinar frecuencias licenciadas y no licenciadas, incrementando la capacidad y flexibilidad operativa de las redes IoT. Además, las especificaciones del Release 17³² y del Release 18³³ de 3GPP incluyen mejoras clave para IoT, como el soporte a redes de baja capacidad y la optimización de redes no públicas (NPN, por sus siglas en inglés), lo que proporciona entornos seguros y personalizados para aplicaciones industriales y empresariales.

Por último, la expansión de redes NR-U y su capacidad para coexistir con otras tecnologías, ha abierto nuevas oportunidades para maximizar el uso del espectro y reducir los costos de infraestructura³⁴, lo que se traduce en una mayor expansión de las redes IoT locales. Estos desarrollos continúan siendo objeto de seguimiento, dado su potencial impacto en la gestión del espectro en Colombia.

³¹ Para más información al respecto consulta disponible en: <https://www.3gpp.org/specifications-technologies/releases/release-16>

³² Para más información al respecto consulta disponible en: <https://www.3gpp.org/specifications-technologies/releases/release-17>

³³ Para más información al respecto consulta disponible en: <https://www.3gpp.org/specifications-technologies/releases/release-18>

³⁴ Para información más detallada ver: <https://www.ashb.com/wp-content/uploads/2022/03/IS-2022-27.pdf>



1.2.6 Evolución tecnológica de las redes de monitoreo.

Como resultado de la revisión realizada de las tendencias y evolución tecnológica de las redes de monitoreo, se aprecian dos (2) escenarios:

Convergencia de datos: Actualmente la operación y gestión de las estaciones de monitoreo se realiza de manera independiente para cada una de las redes, por lo cual la generación y captura de los datos a partir de la infraestructura actual carece de un carácter holístico, generando potenciales retrasos en la captura de datos y en la generación de información. Con el propósito de aumentar la productividad, reducir los tiempos en la generación de información y de simplificar el uso de las aplicaciones destinadas a la gestión de estaciones de monitoreo, se plantea generar un entorno en donde existan servicios avanzados que integren diferentes capacidades y que enriquezcan la utilidad de estos mismos, de tal manera que se conciba como una herramienta de acceso a la información bajo la misma estructura de datos. En este escenario, se estima viable automatizar la elaboración de los productos, con miras a reducir los tiempos de respuesta y la entrega de resultados al grupo de interesados en el espectro radioeléctrico. Adicional a esto, el contar con datos de manera centralizada e inmediata facilita la trazabilidad del uso de bandas de frecuencias y del uso de canales establecidos en el Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias – CNABF.

Implementación de redes multipropósito de bajo costo: En los últimos años se han identificado nuevas tecnologías aplicables a los sistemas de monitoreo, en donde se ha buscado la reducción en el tamaño, peso, consumo y versatilidad de los equipos, sin dejar de lado la rigurosidad de sus características en la comprobación técnica de las diferentes bandas o servicios de radiocomunicaciones, permitiendo de esta manera una mejor gestión en el flujo de datos obtenido, la articulación con los sistemas de información existentes, la atención de las necesidades particulares de los organismos de control y la posibilidad de reubicar dichos sistemas de una manera más eficiente (tiempos reducidos y menores costos).



Bajo esta figura, se facilita la potencial ampliación de la cobertura de monitoreo, incluyendo bandas/servicios adicionales a un menor costo, al mismo tiempo que se podrá realizar el procesamiento de los datos generados y recolectados en el mismo lugar para la posterior entrega de información a los agentes involucrados. Una de las tecnologías identificadas que podría ser habilitador de este escenario es la radio definida por software – RDS, que se define como un sistema de radiocomunicaciones en donde los componentes que normalmente se implementan de manera física (Hardware) son susceptibles a implementarse a través de software.

2. TEMÁTICAS IDENTIFICADAS EN MATERIA DE VIGILANCIA Y CONTROL

2.1 Efectuar el análisis de viabilidad de la implementación del proyecto de investigación denominado “Análisis multidisciplinar de las causas de la clandestinidad y recomendaciones para su prevención y mitigación que puedan ser aplicadas al sector TIC con competencia sobre el uso del espectro radioeléctrico”.

Existe un gran porcentaje de clandestinidad en Colombia que se ha logrado identificar a través de los distintos años en los que la Agencia Nacional del Espectro ha desempeñado sus funciones. Este fenómeno ha logrado afectar a los proveedores de redes y servicios que cumplen con las obligaciones legales previstas, sin que se haya logrado identificar de manera precisa las causas que dan origen al mismo.

Dado lo anterior, la ANE consideró necesario realizar un análisis general con énfasis en áreas multidisciplinarias sobre las causas que originan la clandestinidad, y a partir de ello obtener recomendaciones para su prevención y mitigación. Para tal fin, en 2024 se suscribió el Convenio Especial de Cooperación No. 170, entre la Agencia Nacional del Espectro y



la Universidad Externado de Colombia, cuyo objeto consiste en desarrollar el proyecto de investigación denominado *"Análisis multidisciplinar de las causas de la clandestinidad y recomendaciones para su prevención y mitigación que puedan ser aplicadas al sector TIC con competencia sobre el uso del espectro radioeléctrico"*.

En el marco del citado convenio, se busca profundizar en las causas que dan origen al uso clandestino del espectro radioeléctrico en Colombia, a través de un análisis multidisciplinario que abarca componentes sociales, jurídicos, técnicos y económicos, identificando las mejores prácticas internacionales asociadas a la mitigación del fenómeno de la clandestinidad que puedan ser aplicables en Colombia e igualmente, formular recomendaciones para la prevención y mitigación de la clandestinidad que puedan ser aplicadas en por las entidades del sector TIC.

Bajo este entendido, a partir de los resultados obtenidos en el último año, durante la vigencia 2025 se tiene previsto adelantar análisis que permitan determinar la viabilidad de la implementación de los resultados del estudio descrito, particularmente, de las recomendaciones e instrumentos sugeridos por la Universidad Externado para la prevención y mitigación del fenómeno de la clandestinidad que puedan ser aplicadas por las entidades del sector TIC, con competencia sobre el uso del espectro radioeléctrico.

En específico, se observa importante buscar distintas estrategias en las cuales se pueda lograr llegar a las poblaciones de forma más directa, promoviendo una vigilancia y control del espectro más preventivo que sancionatorio, de acuerdo con el nuevo modelo implementado sobre esta materia, para poder así brindar soluciones más eficientes a la ciudadanía en corto, mediano y largo plazo. Es importante tener en cuenta que existen desarrollos normativos generales en la Ley 1341 de 2009 y Decreto 1078 de 2015; con todo, la administración analizará la viabilidad de la implementación estrategias normativas que permitan disminuir los altos índices de clandestinidad.



3. PLAN DE TRABAJO PREVISTO PARA EL PERIODO 2022-2026

En este capítulo se describe el plan de trabajo para el periodo 2022-2026, producto de la nueva planeación diseñada por la ANE, compuesta por cuatro etapas básicas: I) Recopilación de insumos, II) Identificación de temas relevantes, III) Adopción y Ejecución del Plan de Espectro a 5 años, y IV) Seguimiento expost de las medidas adoptadas. Cabe recordar en este punto que el desarrollo de cada una de estas etapas se describe en el documento *Plan Maestro de Gestión de Espectro 2022 - 2026*³⁵.

Como se indicó en el numeral 1, el Plan Maestro de Gestión de Espectro 2022 – 2026, debe ser un documento flexible durante su ejecución, para que en este se incorporen los adelantos tecnológicos, necesidades de los sectores productivos y la política pública. Así las cosas, dicho documento está diseñado para adaptarse al entorno cambiante de la gestión del espectro radioeléctrico, y atender las tendencias y desarrollos tecnológicos internacionales, el resultado del relacionamiento con sectores económicos del país y la visión de la administración sobre los temas más relevantes en relación con la planeación futura del espectro radioeléctrico.

Visto lo anterior, a continuación se presenta de forma general, el avance ejecutado de las necesidades del Plan Maestro de Gestión del Espectro 2022 – 2026 que fueron priorizadas para desarrollarse en los años 2022, 2023 y 2024.

Tabla 1. Avance sobre las necesidades priorizadas durante los años 2022, 2023 y 2024

Necesidad Priorizada	Descripción Avance
Maximizar el uso del espectro radioeléctrico en Colombia para facilitar el acceso de nuevos actores, aplicaciones,	Se desarrolló la propuesta que reglamenta el Régimen de Acceso Compartido al Espectro IMT el cual corresponde a la implementación de la alternativa de solución seleccionada de la necesidad de maximizar el uso del espectro mediante la tecnología de AIN. Así mismo, se elaboró el proyecto de Decreto que define este Régimen, el cual fue publicado para comentarios del sector por el MinTIC. Finalmente, se dio respuesta a los comentarios recibidos al proyecto de Decreto y se efectuaron los ajustes pertinentes. Enlace publicación proyecto decreto compartición:

³⁵ El documento puede ser consultado en el enlace <https://www.ane.gov.co/SitePages/Gesti%C3%B3n%20t%C3%A9cnica/index.aspx?p=24>



Necesidad Priorizada	Descripción Avance
<i>servicios y mercados de telecomunicaciones, así como promover la conectividad en zonas desatendidas del país</i>	https://www.mintic.gov.co/portal/inicio/Sala-de-prensa/Noticias/333602:MinTIC-publica-para-comentarios-el-borrador-de-decreto-que-reglamenta-el-acceso-al-uso-compartido-del-espectro-radioelectrico
<i>Identificar espectro disponible para el transporte de datos de alta capacidad (Backhaul)</i>	Se avanzó en la elaboración de material para la realización de cursos sobre los mecanismos de acceso al espectro y las tecnologías de radiocomunicaciones. Adicional a lo anterior, se estructuró una propuesta de modificación de la valoración para el cálculo de la contraprestación por el acceso y uso al espectro para enlaces fijos microondas punto a punto, que servirá de base para avanzar en las siguientes etapas de discusión.
<i>Identificar y hacer disponible espectro de banda ancha para soportar la transformación digital de sectores productivos y satisfacer la demanda de conectividad inalámbrica de nuevos actores, aplicaciones y mercados de telecomunicaciones</i>	Se elaboró el material de gestión del conocimiento relacionado con mecanismos de acceso al espectro y tecnologías de radiocomunicaciones. Adicionalmente, se realizó a finales de 2024 la propuesta final de espectro para redes privadas y recomendaciones de obligaciones de hacer para asignaciones de espectro IMT para los operadores móviles comerciales. La propuesta se encuentra actualmente en etapa de revisión interna.
<i>Disponibilidad de espectro para atender el crecimiento futuro y la masificación de aplicaciones IoT</i>	En relación con la estrategia de gestión de conocimiento se está trabajado en el diseño e implementación del micrositio de IoT, el cual tiene como objetivo presentar información relevante para la implementación de este tipo de aplicaciones en el país. Como resultado de la identificación de la alternativa seleccionada como la mejor opción para atender el problema identificado en el estudio, la identificación de espectro para redes privadas se está atendiendo desde la temática " <i>Identificar y hacer disponible espectro de banda ancha para soportar la transformación digital de sectores productivos y satisfacer la demanda de conectividad inalámbrica de nuevos actores, aplicaciones y mercados de telecomunicaciones</i> ".
<i>Determinar y fijar la valoración económica del espectro de banda ancha acorde con los diversos casos de uso, aplicaciones y mercados de telecomunicaciones</i>	Se avanzó en la implementación de nuevos análisis geográficos que permiten identificar oportunidades de uso en sectores productivos, en sectores tales como Minería, el sector Industrial y AgroTec, entre otros. Al analizar esta información en conjunto con la infraestructura de telecomunicaciones existente y la distribución poblacional, se hace posible identificar de manera precisa las necesidades de conectividad específicas de cada área según la región y el sector productivo, lo que contribuye a una planificación más eficiente. A partir de lo anterior, se facilita la simulación de soluciones de conectividad acordes a las demandas particulares de cada sector y a la vez brinda insumos adicionales que se pueden utilizar para los ejercicios de valoración económica del espectro.

Agencia Nacional del Espectro

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

Página 23 de 58



Necesidad Priorizada	Descripción Avance
<i>Estimar la demanda futura de espectro de los diferentes servicios de radiocomunicaciones</i>	Se adelantaron las acciones para facilitar la simulación de soluciones de conectividad acordes a las demandas particulares de cada sector (URLLC para aplicaciones críticas en tiempo real, eMMB para mayor ancho de banda, mMTC para comunicaciones masivas entre dispositivos, y FWA para acceso inalámbrico fijo). Este enfoque posibilita que los recursos de telecomunicaciones se desplieguen estratégicamente, maximizando su impacto y mejorando la eficiencia en cada contexto productivo y geográfico.
<i>Disponibilidad de espectro para Sistemas de Transporte Inteligente (ITS)</i>	Se elaboró un documento de diagnóstico respecto de las condiciones de uso del espectro para Sistemas de Transporte Inteligente (ITS), el cual se tiene previsto publicar en 2025.
<i>Establecer las condiciones técnicas para limitar las emisiones no deseadas del Sistema PLC (Power Line Communications).</i>	Se definieron condiciones técnicas para limitar las emisiones no deseadas del Sistema PLC (Power Line Communications) y se dispusieron mediante la Resolución 153 de 2024 "Por medio de la cual se adiciona el capítulo 2 al título 4 de la Resolución No. 105 de 2020 y se dictan otras disposiciones". Documento disponible en: https://www.ane.gov.co/Sliders/ANE%202024/Resolución%20000153%20de%2026032024.pdf
<i>Identificar las mejores prácticas internacionales en la gestión del espectro atribuido a los servicios aeronáuticos y marítimos</i>	Se adelantaron sesiones conjuntas de trabajo con MINTIC para evaluar las alternativas de gestión derivadas de los análisis llevados a cabo por la ANE. Como resultado de este ejercicio, se prevé estructurar la alternativa seleccionada entre ambas entidades, para posterior discusión con Aerocivil y DIMAR.
<i>Identificar y hacer disponible espectro para soportar las actividades de misión crítica, protección pública, operaciones de socorro y atención de desastres (PPDR) y proponer a Mintic las condiciones requeridas para la asignación</i>	Se definió el árbol de problema y se plantearon los objetivos del análisis, a partir de lo cual se publicó lo correspondiente para discusión sectorial. Documento disponible en: https://www.ane.gov.co/SitePages/Gesti%C3%B3n%20t%C3%A9cnica/index.aspx?p=5531 Teniendo en cuenta el documento antes mencionado y los comentarios recibidos durante la consulta pública, especialmente en cuanto a la falta de competencia de la ANE para dar solución a las causas que generan el problema planteado, y con el ánimo de que a futuro se pueda continuar con el desarrollo del presente estudio y poder definir el espectro requerido por los organismos que atienden situaciones de emergencias y desastres, la ANE publicará un documento diagnóstico con las respectivas conclusiones y recomendaciones.
<i>Identificar acciones para soportar la futura demanda de espectro por parte de las estaciones de servicio de Radiodifusión sonora (Estudios para el</i>	Se socializaron con MINTIC los resultados de los estudios realizados por la ANE sobre radio digital terrestre. Asimismo, se hizo entrega formal a dicha entidad de los siguientes insumos: 1. Estudios económicos y técnicos que le permitan a la ANE formular recomendaciones al MINTIC para la definición y adopción de la política nacional sobre el servicio de radiodifusión sonora digital. 2. Propuesta para la definición del estándar de radiodifusión sonora digital terrestre en Colombia. 3. Evaluación de los estándares de radio digital terrestre IBOC y DRM con el objetivo de identificar el que mejor se integre a la actual planificación del espectro radioeléctrico en las bandas de A.M. y F.M.



Necesidad Priorizada	Descripción Avance
<i>desarrollo de la Radio digital)</i>	
<i>Mitigar los efectos causados por las fugas de señal de sistemas cableados a los servicios de telecomunicaciones que hacen uso del espectro radioeléctrico</i>	Se realizó un análisis del marco normativo, tanto nacional como internacional, relacionado con despliegue de sistemas de telecomunicaciones cableados y lo relacionado con fugas de radiofrecuencia en estas redes. Igualmente se realizó un análisis y benchmarking con el fin de identificar las mejores prácticas para mitigar los efectos causados por las fugas de señal de sistemas cableados, realizando algunas recomendaciones producto de la información analizada. Documento disponible en: https://www.ane.gov.co/SitePages/planeacion-investigacion-desarrollo/index.aspx?p=905
<i>Identificación de los servicios que hacen uso de frecuencias en bandas de uso libre y puedan requerir de un control para mitigar la generación de interferencias</i>	Se realizó un análisis, a nivel internacional, de los servicios y bandas destinadas para uso libre, y se elevaron consultas a otras administraciones a nivel regional con respecto a aquellas bandas y/o servicios que podrían generar interferencias sobre servicios licenciados, según su experiencia. Por otro lado, se adelantó una consulta y se realizó una revisión de los casos reportados a la ANE por interferencias de dispositivos que hacen uso de las frecuencias de libre utilización. Como resultado de lo anterior y de la investigación realizada, se busca determinar la necesidad de implementar controles adicionales.
<i>Atender la demanda futura de espectro para el despliegue de redes de banda ancha inalámbrica IMT</i>	Se elaboró el documento que contiene la investigación y el análisis de las disposiciones técnicas establecidas para cada una de las bandas de frecuencia identificadas en Colombia para IMT y que pueden llegar a surgir las necesidades futuras de espectro para el despliegue de redes de comunicaciones móviles de banda ancha inalámbrica. Este estudio, junto con un cuestionario de consulta pública, fue puesto en consideración del sector y el público en general durante el mes de septiembre con el propósito de recibir retroalimentación e insumos para la planeación oportuna y adecuada de las diferentes bandas de frecuencia. Enlace del documento de consulta pública: ane.gov.co/Sliders/ANE2024/Documento%20de%20Consulta%202024_%20Bandas%20IMT.pdf Las respuestas al cuestionario fueron publicadas en la página web de la ANE en el siguiente enlace: https://www.ane.gov.co/SitePages/Gesti%C3%B3n%20t%C3%A9cnica/index.aspx?p=5631 En cuanto al estudio de convivencia para la protección de los radio altímetros que operan en el segmento 4200 MHz – 4400 MHz ante el despliegue de servicios en bandas IMT, durante el 2023 se llevó a cabo un estudio junto con la Universidad Pontificia Bolivariana UPB para la definición de las medidas y criterios necesarios para la protección de dichos dispositivos cerca de aeropuertos (definidos por la Aerocivil) ante las emisiones de estaciones base IMT 5G en la banda de 3500 MHz, estas medidas fueron dispuestas en la Resolución 3947 de 2023 por la cual se establecen las condiciones generales de las Subasta 5G en Colombia.

Agencia Nacional del Espectro

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

Página 25 de 58



Necesidad Priorizada	Descripción Avance
<i>Evaluar la futura implementación de sistemas de muy baja potencia VLP y de potencia estándar SP bajo la modalidad de uso libre en la banda de 6 GHz</i>	Se realizó el estudio de viabilidad de adopción de aplicaciones VLP y SP en la banda de frecuencias de 6 GHz, y se estructuró un borrador de resolución. Ambos documentos fueron sometidos a discusión sectorial, y pueden ser consultados en los siguientes enlaces: https://www.ane.gov.co/Sliders/ANE%202024/VlpSpBanda6Ghz.pdf https://www.ane.gov.co/Sliders/ANE%202024/ProyectoResolucionVlpSp6Ghz.pdf Los comentarios recibidos en la consulta pública vienen siendo analizados, y se adelantaron mesas de trabajo durante 2024, con el fin de determinar los pasos a seguir sobre la materia.
<i>Identificar acciones para soportar la futura demanda de espectro por parte de las estaciones del servicio de Radiodifusión sonora – Migración de Emisoras AM a la banda FM</i>	Se avanzó en el desarrollo del proyecto orientado a "<i>Caracterizar el estado actual del uso del espectro radioeléctrico atribuido al servicio de radiodifusión sonora para soportar una futura migración de las estaciones AM a la banda de FM (88 MHz a 108 MHz)</i>". Al cierre del presente año, se remitirá al MinTIC un documento integral que incluirá: 1. Experiencias internacionales: Un análisis de los procesos de migración de estaciones AM a FM implementados en otros países. 2. Análisis normativo: Un estudio de la legislación colombiana para identificar los caminos jurídicos que puedan facilitar dicha migración en el contexto nacional. 3. Caracterización del espectro: Un informe sobre el grado de ocupación y disponibilidad del espectro en diferentes zonas del país. Este documento busca ser una herramienta clave para orientar las decisiones y acciones que permitan avanzar en la migración de las estaciones AM a la banda de FM en Colombia.
<i>Identificar acciones para soportar la futura demanda de espectro de sistemas de telecomunicaciones asociados al servicio móvil terrestre (diferente a IMT)</i>	Se elaboró un Benchmarking internacional a partir de información de entes regulatorios y organismos internacionales. Así mismo, se adelantó un análisis sobre las necesidades nacionales. El documento final con el análisis de la necesidad se encuentra actualmente en etapa de revisión interna.
<i>Espectro para el desarrollo de la Inteligencia Artificial (I.A) en Colombia</i>	Se adelantó una investigación sobre experiencias internacionales sobre la materia, con el fin de identificar iniciativas relacionadas con la misma. Asimismo, se llevó a cabo la revisión de hoja de ruta de IA (MINCIENCIAS), así como también de los avances asociados al documento CONPES de IA (DNP). Se está trabajando en un documento de diagnóstico que permita identificar si se requiere espectro para la IA en el país, el cual se tiene previsto publicar en 2025.



Necesidad Priorizada	Descripción Avance
<i>Adelantar las acciones necesarias para poder definir las posiciones de Colombia frente a las próximas Conferencias Mundiales de Radiocomunicaciones</i>	Se realizó un ejercicio de priorización de temáticas para la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones 2027 (CMR-27), aplicando una metodología de evaluación multicriterio, teniendo en cuenta criterios clave tales como la promoción de la conectividad universal, el fortalecimiento de pequeños ISPs, la defensa de la soberanía y la seguridad, y la transformación digital. Para este ejercicio, se documentaron y clasificaron 19 puntos de agenda en categorías como servicios satelitales, fijo-móvil, radiolocalización y temas científicos. Adicionalmente, se viene trabajando activamente en el desarrollo de las posiciones a nivel regional en el ámbito del Comité Consultivo Permanente II (CCP.II), donde se presentaron puntos de vista preliminares sobre los puntos de agenda 1.7 y 1.13 de la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones 2027 (CMR-27). También se participó en la construcción de las resoluciones del CCP.II que definen la estructura, el plan de trabajo, el mecanismo de construcción de propuestas comunes, y la forma de trabajo del grupo a cargo de representar a la región para la CMR-27. En esta construcción se definieron los roles que jugará Colombia en el establecimiento y defensa de las posturas regionales en la CMR-27. Finalmente, y en paralelo a las actividades mencionadas, se ha participado del trabajo en las comisiones de estudio y los grupos de trabajo de la UIT a cargo de los temas de la siguiente CMR-27 y de la Asamblea de Radiocomunicaciones a realizarse en 2027. De esta participación se han obtenido los planes de trabajo para cada punto de la agenda, así como los documentos para dar respuesta a los estudios solicitados.
<i>Impulso a la innovación asociada a la utilización del espectro</i>	Se elaboró documento de estudio interno, con la propuesta de condiciones generales necesarias desde la gestión del espectro para desarrollar un sandbox regulatorio sectorial bajo el decreto 1448 de 2022 y también se revisaron casos de uso de tecnologías asociados con el espectro que podrían llegar a desarrollarse a través de un sandbox regulatorio
<i>Identificar la necesidad de espectro para la futura operación de las estaciones terrenas satelitales de alta (HTS) y muy alta capacidad (VHTS)</i>	Se elaboró Benchmarking internacional donde se plasma la investigación realizada a los entes regulatorios de administraciones, organismos internacionales y operadores de servicios satelitales. Con base en la información recopilada, se evidenció la situación actual de cada banda según la entidad que realiza el análisis, con el fin de identificar las bandas susceptibles para una futura aplicación y uso de la tecnología Direct to Device.
<i>Análisis multidisciplinar de las causas de la clandestinidad y recomendaciones para su prevención y mitigación</i>	Se suscribió un convenio con la UNIVERSIDAD EXTERNADO DE COLOMBIA, cuyo objeto se centra en adelantar un "Análisis multidisciplinar de las causas de la clandestinidad y recomendaciones para su prevención y mitigación que puedan ser aplicadas al sector TIC con competencia sobre el uso del espectro radioeléctrico." En el marco de lo anterior, se realizó la recolección, preparación y análisis de fuentes primarias, así como también de datos secundarios, a partir de los cuales se busca contextualizar el fenómeno de la clandestinidad en el ámbito nacional e internacional. De forma complementaria, se recopilaban datos de fuentes como artículos científicos y libros especializados, así como de informes técnicos y documentos oficiales, identificando investigaciones, hallazgos y recomendaciones sobre la clandestinidad en el uso del espectro radioeléctrico. Asimismo, se compararon y contrastaron experiencias y prácticas observadas en Colombia con las de otros países para identificar similitudes, diferencias y lecciones aprendidas. Actualmente el proyecto se encuentra en ejecución y su primer entregable ya ha sido aprobado, se está trabajando en la fase de final esto es en las últimas versiones de las buenas prácticas internacionales en la materia y recomendaciones para la mitigación del fenómeno. El objetivo del proyecto para el año 2025, será analizar el insumo entregado y con base en ello determinar su implementación.



Necesidad Priorizada	Descripción Avance
<i>Identificar oportunidades producto de aplicar técnicas de analítica de datos en la gestión de la información contenida en el banco de mediciones de la Subdirección de Vigilancia y Control.</i>	Se identificó el universo de datos del banco de mediciones y se realizaron indagaciones sobre las técnicas de analítica de datos teniendo en cuenta las tendencias actuales sobre la materia. En paralelo, se avanzó en la consulta sobre técnicas de analítica de datos, con miras a tener durante la vigencia 2024 una primera aproximación para la aplicación de analítica de datos a los recursos del citado banco, inicialmente con un enfoque exploratorio.

En la Tabla 2 se presentan las necesidades identificadas en el documento publicado del Plan Maestro de Gestión del Espectro 2022 - 2026, así como la descripción general de los estudios que permitirán atender dicha necesidad y las actividades en desarrollo en el 2024. Adicionalmente, en la tabla se incluye una columna en la cual se indica si se realizó una modificación en la fecha de inicio de la necesidad. De igual forma, se presentan necesidades transversales identificadas que complementan la matriz, que aplican de manera transversal para todas las temáticas de la gestión del espectro y se constituyen como criterios generales para considerar durante la ejecución de los proyectos dispuestos dentro del Plan Maestro. Al final de la Tabla 2, se resumen los ajustes y cambios producto de la actualización del PMGE.

Cabe anotar que si bien la Tabla 2 propone fechas estimadas de inicio del trabajo asociado a cada una de las necesidades identificadas, el cronograma planteado puede estar sujeto a cambios dado que las prioridades en la demanda de espectro y los recursos disponibles pueden cambiar en el tiempo. En caso de que sean necesarios cambios en las fechas de inicio, se incorporarán los ajustes correspondientes a través de los documentos futuros de actualización del PMGE.



Tabla 2. Matriz de Necesidades identificadas

Temática	Subtemática	Necesidad	Descripción necesidad y estudios estimados	Se mantiene la fecha de inicio Si/No O es una nueva necesidad	Año de Inicio	¿Puede requerir mecanismos flexibles de acceso al espectro? ³⁶
SERVICIOS INALÁMBRICOS DE BANDA ANCHA	Panorama de conexiones IMT (Bandas bajas, medias y altas)	1. Atender la demanda futura de espectro para el despliegue de redes de banda ancha inalámbrica IMT.	De acuerdo con la investigación, los pronósticos indican un crecimiento en la demanda de espectro IMT para respaldar nuevas aplicaciones de alto consumo de datos móviles (p, ej., reproducción de videos de alta definición, Realidad Virtual/Realidad Aumentada, cámaras de alta definición, Juegos en línea, monitoreo y control remoto, etc.). Así mismo este crecimiento involucra la demanda para respaldar nuevos casos de uso tales como IoT masivo y crítico, Acceso Fijo Inalámbrico-FWA, Redes de Misión Crítica, Redes para Verticales, etc. En el caso de IoT, se pronostica que las conexiones IoT estarán cerca de duplicarse y llegar a 24 mil millones de conexiones para el 2025 usando tanto bandas IMT como bandas de uso libre, por lo que este aumento de conexiones se va a ver reflejado, en gran parte, en la cantidad de espectro requerido para IMT para que proveedores puedan incluir este servicio dentro de su portafolio de servicios. Así las cosas, esta necesidad se enfoca en llevar a cabo estudios de ingeniería, específicamente relacionados con el análisis, planificación y establecimiento de condiciones técnicas y operativas de bandas de frecuencias que han sido identificadas en Colombia para el futuro desarrollo de las IMT antes de que estas sean asignadas en el país. Para ello, se requiere un seguimiento al comportamiento del ecosistema de equipos, despliegue de redes de telecomunicaciones en el mundo y análisis de casos de uso en bandas de frecuencias identificadas para la futura operación de las IMT, con el propósito de identificar y ejecutar las acciones necesarias para la disponibilidad oportuna del espectro que sea definido por el modelo de demanda de espectro IMT. Así mismo, es necesario llevar a cabo la revisión periódica de dicho modelo de demanda IMT, así como de la Planificación de bandas IMT, en aras de contar con información actualizada, acorde con los cambios que puedan producirse en el sector. Finalmente, también es necesario realizar la revisión de los topes de espectro vigentes, una vez se realice la subasta 5G que adelanta el Ministerio TIC en Colombia	No	2024	Si

³⁶ Corresponde a necesidades identificadas que podrían requerir, como solución viable, la implementación de mecanismos flexibles de acceso al espectro. Esta identificación se deriva de un proceso metodológico que adelantó la ANE y que responde a la actividad 5.3.4.1 del documento de política pública de espectro 2020-2024, en relación con el diseño de un plan de implementación de mecanismos flexibles de acceso al espectro.

Temática	Subtemática	Necesidad	Descripción necesidad y estudios estimados	Se mantiene la fecha de inicio Si/No O es una nueva necesidad	Año de Inicio	¿Puede requerir mecanismos flexibles de acceso al espectro? 36
			y considerando el espectro que se encuentre disponible para desarrollo de las IMT.			
	Redes de Transporte de Banda Ancha	2. Identificar espectro disponible para el transporte de datos de alta capacidad (Backhaul) FINALIZADOS LOS ESTUDIOS. EN EJECUCIÓN PROYECTO PARA IMPLEMENTACIÓN	Esta necesidad surge como complemento y soporte a los despliegues de redes de acceso, donde es necesario llevar la conectividad a cada uno de los puntos donde va a existir una estación base o una pequeña celda, y para ello se requiere desplegar redes de backhaul inalámbricas masivamente. Ahora, dado los pronósticos de crecimiento de las redes de acceso IMT se pronostica igualmente un aumento significativo en la capacidad del espectro de soporte necesario para el desarrollo de 4G y 5G, donde se van a requerir soluciones que soporten anchos de banda amplios en el caso de 5G. Aunque la fibra es una alternativa de solución, no siempre está disponible en todos los lugares donde se requiere ofrecer banda ancha móvil, por lo que se espera que el 65% del mercado mundial de backhaul de microondas entre 2021 a 2027 esté conformado por enlaces inalámbricos. Las redes de backhaul están evolucionando a bandas altas las cuales admiten canales de ancho de banda más amplios. Al respecto la industria ya está trabajando y analizando la posibilidad de usar los rangos de frecuencia de 92-114,5 GHz (conocida como banda W) y 141-174,8 GHz (conocida como banda D) que permitirían anchos de canal superiores a 2 GHz. Ahora, se conoce a nivel mundial que existen otras bandas del espectro por encima de los 30 GHz también disponibles para enlaces fijos como soporte de redes IMT, no obstante, es necesario consultar con fabricantes e identificar la disponibilidad de equipos de comunicaciones comerciales para algunas de estas bandas de frecuencias y con ello crear, habilitar o modificar los planes de distribución de canales que se requieran en el CNABF. Así las cosas, esta necesidad se enfoca en llevar a cabo estudios de ingeniería para determinar la viabilidad técnica, así como definir las condiciones técnicas y los mecanismos adecuados para el acceso y uso de bandas altas del espectro para el funcionamiento de redes de transporte de alta capacidad.	Si	2022	Si

Temática	Subtemática	Necesidad	Descripción necesidad y estudios estimados	Se mantiene la fecha de inicio Si/No O es una nueva necesidad	Año de Inicio	¿Puede requerir mecanismos flexibles de acceso al espectro? 36
	Acceso Fijo Inalámbrico (FWA) en bandas IMT	3. Identificar y hacer disponible espectro de banda ancha para soportar la transformación digital de sectores productivos y satisfacer la demanda de conectividad inalámbrica de nuevos agentes, aplicaciones y mercados de telecomunicaciones	De acuerdo con las tendencias internacionales, la futura disponibilidad de espectro IMT no va a estar enfocada en atender únicamente requerimientos de los operadores móviles comerciales. Por el contrario, dada la evolución y las nuevas características de las tecnologías IMT (caso específico como el de 5G), nuevos agentes, aplicaciones y mercados de telecomunicaciones están viendo en las IMT una oportunidad para hacer parte de este nuevo ecosistema digital, como por ejemplo industrias, servicios públicos, comunidades buscando a través de redes comunitarias brindar soluciones de conectividad en zonas apartadas, pequeños proveedores con nuevos modelos de negocio interesados en prestar servicios de acceso fijo inalámbrico, redes locales, redes de misión crítica e IoT, entre otros. Esta necesidad obedece a una tendencia internacional y a un requerimiento por parte de los sectores económicos en Colombia para acceder a los nuevos casos de uso, aplicaciones y servicios de banda ancha que están emergiendo con la tecnología 5G. Así las cosas, esta necesidad se enfoca en llevar a cabo estudios de ingeniería, económicos, normativos y de bienestar para evaluar la viabilidad técnica, económica y social del uso del espectro IMT por parte de sectores productivos, así como de nuevos agentes y mercados de telecomunicaciones, incluidos los Sistemas de Acceso Fijo Inalámbrico y redes verticales, interesados en desplegar redes o prestar servicios de telecomunicaciones a través de redes locales de banda ancha inalámbrica en Colombia. Este estudio plantea considerar de manera integral el análisis de algunas bandas de frecuencias (en diferentes rangos del espectro: bandas bajas, medias y altas) que se han mostrado como tendencia mundial, permitiendo con ello lograr economías de escala y atender las futuras necesidades de los distintos agentes de interés. Así mismo, este estudio prevé considerar aspectos como: análisis de costo-beneficio; la cantidad de espectro necesario; los mecanismos de acceso y uso del espectro más adecuados para los potenciales usuarios (p.ej. reservas exclusivas, accesos compartidos o de uso libre); los tipos de permisos de acuerdo con el área de cobertura (p.ej. indoor, locales, municipales, departamentales); el establecimiento de los parámetros técnicos de uso de las bandas de frecuencias; y finalmente la valoración adecuada del espectro para este tipo de redes.	Si	2022	Si
	Redes Locales en bandas IMT					
	Redes de banda ancha para atención de emergencias					
		ACTIVIDAD FINALIZADA EN LA ELABORACIÓN DEL AIN. SE ENCUENTRA EN EJECUCIÓN PROYECTO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA				
		4. Identificar y hacer disponible espectro para	El planteamiento de esta necesidad de espectro para soportar la gestión adecuada de la infraestructura crítica, así como las actividades de protección pública y	Si	2023	Si



Temática	Subtemática	Necesidad	Descripción necesidad y estudios estimados	Se mantiene la fecha de inicio Si/No O es una nueva necesidad	Año de Inicio	¿Puede requerir mecanismos flexibles de acceso al espectro? 36
		soportar las actividades de misión crítica, protección pública, operaciones de socorro y atención de desastres (PPDR) y proponer a Mintic las condiciones requeridas para la asignación ACTIVIDAD EN EJECUCIÓN	atención de desastres surge de la identificación de esta, por parte de diferentes actores del sector. En este sentido, la necesidad se enfoca en llevar a cabo los estudios necesarios para identificar el espectro que permitirá soportar las operaciones de misión crítica, seguridad pública, operaciones de socorro y atención de desastres. Así como también, proponer al Mintic las condiciones para el otorgamiento de permisos de uso del espectro para misión crítica, protección pública, operaciones de socorro y atención de desastres (PPDR)			
	5G BROADCAST	5. Uso de nuevas tecnologías de banda ancha inalámbrica para la radiodifusión de contenido multimedia (5G Broadcast)	Esta necesidad surge dadas las siguientes situaciones: 1. Avance tecnológico para mejorar la forma como se ofrecen los contenidos multimedia, incluyendo a los dispositivos móviles dentro de los usuarios finales. 2. Manifestaciones de algunos PRST y fabricantes para comenzar con los análisis de viabilidad del uso de esta tecnología en Colombia teniendo en cuenta los nuevos hábitos de consumo de contenidos en el mundo, donde la tendencia de los usuarios es a utilizar cada vez más los dispositivos móviles para el consumo de medios. A través del uso de tecnologías IMT, se abre una oportunidad para que los operadores de Televisión puedan difundir contenido multimedia también a dispositivos móviles a través de la tecnología 5G Broadcast, por lo cual esta necesidad se enfoca en estudios de ingeniería para revisar en detalle las condiciones técnicas de operación del estándar y la disponibilidad comercial de equipos, así como comenzar una discusión para identificar inicialmente si existe una necesidad e interés por parte de los operadores de TV ya que habría que realizar una inversión en infraestructura. Adicionalmente habría que revisar si se requieren cambios técnicos o regulatorios para la adopción de dicha tecnología en el país.	Si	2026	Si

Temática	Subtemática	Necesidad	Descripción necesidad y estudios estimados	Se mantiene la fecha de inicio Si/No O es una nueva necesidad	Año de Inicio	¿Puede requerir mecanismos flexibles de acceso al espectro? 36
	Valoración de Espectro de Banda Ancha	6.Determinar y fijar la valoración económica del espectro de banda ancha acorde con los diversos casos de uso, aplicaciones y mercados de telecomunicaciones ACTIVIDAD EN EJECUCIÓN	A través de la Mesa de Trabajo entre el Mintic y la ANE se evidenció la necesidad de realizar un estudio para identificar y elaborar un modelo económico parametrizable que considere las bandas IMT disponibles que se ha identificado en Colombia y que aún no han sido asignadas, teniendo en cuenta las variables necesarias para valorar su costo, las características técnicas, áreas de interés, así como los nuevos casos de uso, aplicaciones, agentes y mercados de Telecomunicaciones emergentes. En este sentido, la necesidad se enfoca en llevar a cabo dicho estudio.	Si	2022	No
PANORAMA DE CONEXIONES IoT	Internet de las Cosas (IoT) sobre bandas de uso libre	7.Disponibilidad de espectro para atender el crecimiento futuro y la masificación de aplicaciones IoT FINALIZADOS LOS ESTUDIOS. EN EJECUCIÓN PROYECTO PARA IMPLEMENTACIÓN	De acuerdo con la investigación se identificó que más de la mitad de las empresas en el mundo consideran la tecnología IoT como un transformador potencial de las compañías y de la Industria en general. La pandemia puso de relieve la importancia del IoT para restablecer la producción económica debido a la fácil adopción de soluciones empresariales destinadas a la transformación digital. Se pronostica que las conexiones IoT estarán cerca de duplicarse y llegar a 24 mil millones de conexiones para el 2025 usando tanto bandas IMT como bandas de Uso libre. Basado en lo anterior, este aumento de conexiones se va a ver reflejado, por una parte, en la cantidad de espectro requerido para IMT para que proveedores puedan incluir este servicio dentro de su portafolio de servicios, y por otra, en la demanda de espectro de uso libre. Por lo anterior, una de las maneras de impulsar esta tecnología desde la administración es evaluando la disponibilidad adicional de espectro de uso libre, ya que en el mercado existe una variedad de estándares y tecnologías maduras enfocadas a ofrecer servicios IoT en bandas exentas de licencia. Muchos de los usuarios de IoT sobre bandas de uso libre son empresas o sectores productivos que ven en esta tecnología una alternativa de conectividad de sus sensores o máquinas sobre todo en lugares remotos donde operadores privados no les ofrecen servicios. Adicionalmente, otro elemento de interés para estos usuarios es que son bandas exentas de contraprestaciones con lo cual los costos se reducen y se eliminan las barreras de acceso al espectro. En consecuencia, una de las alternativas preliminarmente identificada desde la administración, es la de evaluar la ampliación del segmento de 928-935	Si	2022	Si

Temática	Subtemática	Necesidad	Descripción necesidad y estudios estimados	Se mantiene la fecha de inicio Si/No O es una nueva necesidad	Año de Inicio	¿Puede requerir mecanismos flexibles de acceso al espectro? 36
			MHz para incrementar la disponibilidad del espectro radioeléctrico de uso libre para dispositivos IoT a través de redes de Baja Potencia y Área Amplia (LPWAN). Al respecto uno de los países referentes en el mundo en el uso de IoT en dicha banda es Australia quien se encuentra llevando una discusión al respecto y planteando una propuesta de ampliación del segmento. Así las cosas, esta necesidad se enfoca en estudios de ingeniería.			
MECANISMOS DE GESTIÓN Y USO FLEXIBLE DEL ESPECTRO	Modelos de Gestión del Espectro No Tradicionales	8. Maximizar el uso del espectro radioeléctrico en Colombia para facilitar el acceso al recurso por parte de nuevos actores, aplicaciones, servicios y mercados de telecomunicaciones, así como promover la conectividad en zonas desatendidas del país FINALIZADOS LOS ESTUDIOS. EN EJECUCIÓN PROYECTO PARA IMPLEMENTACIÓN	Esta es una temática que está tomando una gran relevancia en el mundo debido a dos puntos principalmente: 1. La necesidad que se ha visto de una mayor y mejor conectividad en zonas suburbanas y rurales. Al respecto, a nivel internacional ya se reconoce que existe una abundancia de espectro en zonas remotas, y como consecuencia la tendencia mundial es a mirar la gestión del espectro desde otra perspectiva y reconceptualizar esa forma de cómo se está asignando el espectro en pro de un beneficio social. 2. La baja posibilidad que tienen actualmente nuevos actores del ecosistema digital, como lo son pequeños operadores, empresas, redes comunitarias o sectores económicos, de acceder al espectro debido a que las bandas están generalmente en uso por diferentes servicios de radiocomunicaciones y los procesos de liberación en algunos casos son complejos y demorados. El objetivo con esta necesidad es precisamente buscar alternativas a través de modelos de gestión de espectro no tradicionales para maximizar el uso del recurso, sobre todo en zonas donde los índices de conectividad son muy bajos. A nivel internacional se recomienda promover la flexibilización en el uso del recurso con el fin de que el mismo sea fácilmente asequible por parte de usuarios que generen el mayor valor económico y social del mismo. Esta necesidad se enfoca en llevar a cabo estudios de ingeniería, económicos, legales y de bienestar con el propósito de revisar, analizar y evaluar la viabilidad de implementación de nuevos mecanismos, tecnologías o técnicas de uso flexible del espectro que permitan el acceso oportuno al recurso para nuevos agentes de interés. Así mismo el estudio deberá evaluar su posible implementación en distintas bandas de frecuencia del espectro.	Si	2022	Si

Temática	Subtemática	Necesidad	Descripción necesidad y estudios estimados	Se mantiene la fecha de inicio Si/No O es una nueva necesidad	Año de Inicio	¿Puede requerir mecanismos flexibles de acceso al espectro? 36
	Asignación ágil	9.Dinamizar los sistemas de asignación de frecuencias en bandas del servicio fijo FINALIZADA	Otro mecanismo de uso flexible del espectro es la asignación ágil del espectro, a través del cual se busca dinamizar los procesos de asignación y en general de toda la cadena de valor de los Procesos de Selección Objetiva (PSO). Una de las acciones que encontró la Política de Espectro 2020-2024, es precisamente la simplificación a través de la cual se busca eliminar las cargas para los usuarios del espectro, así como la reducción de los tiempos de ejecución de las actividades requeridas para la asignación del espectro, con el fin de que el recurso esté disponible de la manera más expedita para su uso. En este sentido, la administración determinó la necesidad de realizar el análisis e implementación de mecanismos de asignación ágil tomando como ejemplo el caso ya aplicado para la asignación de enlaces en Banda E, con el fin de replicar los mecanismos que han resultado efectivos a otras bandas de frecuencias. En consecuencia, esta necesidad se enfoca en llevar a cabo estudios de ingeniería, legales y económicos para determinar la viabilidad técnica, económica y normativa de establecer mecanismos de asignación ágil en algunas de las bandas de frecuencias del servicio fijo por encima de 10 GHz.	No	2023	Si
	Uso Libre del Espectro	10.Disponibilidad de espectro para Sistemas de Transporte Inteligente (ITS) ACTIVIDAD EN EJECUCIÓN	Esta necesidad surge como una tendencia internacional para modernizar, innovar y hacer uso de las TIC en aplicaciones de sistemas de transporte inteligente destinadas a mejorar la gestión del tráfico y la conducción segura. Existe una banda armonizada para los sistemas de transporte inteligente en la Región 2 que corresponde a la banda de 5,9 GHz, y en CITEL se encuentra en curso un proyecto de recomendación para armonizar el segmento de frecuencias de 5850-5925 MHz con el fin de generar un ecosistema de equipos. Esta necesidad se enfoca en llevar a cabo los estudios para garantizar la disponibilidad del espectro necesario para las diferentes tecnologías que permitirán el desarrollo de ITS en Colombia.	No	2023	Si
		11.Disponibilidad de espectro para Sistemas de Transmisión Inalámbrica de Potencia (TIP)	Esta necesidad surge de la revisión de desarrollos tecnológicos de dispositivos de corto alcance y baja potencia que utilizan el espectro de uso libre. Esta es una tecnología que se utiliza para cargar de forma inalámbrica dispositivos móviles y portátiles. Adicionalmente, este tema viene siendo impulsado desde CITEL, donde específicamente en la última reunión del Comité Consultivo Permanente II se presentaron contribuciones para alcanzar una	Si	2026	Si

Temática	Subtemática	Necesidad	Descripción necesidad y estudios estimados	Se mantiene la fecha de inicio Si/No O es una nueva necesidad	Año de Inicio	¿Puede requerir mecanismos flexibles de acceso al espectro? 36
			armonización regional en el uso de espectro por parte de dispositivos móviles y portátiles con capacidad de carga mediante sistemas de transmisión inalámbrica de potencia (TIP) en beneficio de los usuarios y la industria. Esta necesidad se enfoca en llevar a cabo estudios de ingeniería para evaluar la adopción de la tecnología de Transmisión inalámbrica de Potencia (TIP) bajo el mecanismo de uso libre del espectro. El estudio deberá contemplar las posibles frecuencias de operación, las condiciones técnicas y operativas u otras medidas necesarias para su adopción dentro de la normatividad colombiana.			
		12. Disponibilidad de espectro para Sistemas Móviles de Proximidad Cercana	De igual forma, esta necesidad surge como parte de la revisión de desarrollos tecnológicos de dispositivos de corto alcance y baja potencia que usan el espectro de uso libre. Desde la UIT, el Grupo de Trabajo 5A ha reconocido la importancia de aplicaciones como los sistemas de descarga con transmisión de datos de alta velocidad (p.ej. aplicaciones de descarga de películas y música para reemplazar sistemas de conexión ópticos o sistemas de comunicaciones inalámbricos en data centers para reemplazar conexiones cableadas; en fin, aplicaciones que pueden resultar atractivas en Colombia. Ahora, debido a la cantidad de tráfico y la proximidad que se requiere entre el transmisor y el receptor, los anchos de banda que manejan este tipo de aplicaciones normalmente van desde 2 hasta 100 GHz, razón por la cual su implementación se debe realizar en frecuencias altas donde se disponga ampliamente de espectro, por lo general, estas aplicaciones operan desde los 275 hasta 450 GHz. Esta necesidad se enfoca en llevar a cabo estudios de ingeniería para evaluar la viabilidad técnica de la adopción de los Sistemas Móviles de Proximidad Cercana bajo el mecanismo de uso libre del espectro. El estudio deberá contemplar las posibles frecuencias, las condiciones técnicas y operativas u otras medidas necesarias para su adopción dentro de la normatividad colombiana.	Si	2026	Si
		13. Establecer las condiciones técnicas para limitar las emisiones no deseadas del Sistema PLC (Power Line Communications)	Esta necesidad surge como iniciativa del sector eléctrico, donde, a través de los talleres virtuales realizados en el 2020, los ponentes mencionaron la necesidad de habilitar el uso de la tecnología PLC en Colombia con el propósito de apoyar el despliegue de soluciones de medición avanzada (AMI, por sus siglas en inglés) que utilizarían la misma red eléctrica como canal de datos para la medición remota de contadores inteligentes usando un ancho de banda reducido debido al tamaño	Si	2023	No

Temática	Subtemática	Necesidad	Descripción necesidad y estudios estimados	Se mantiene la fecha de inicio Si/No O es una nueva necesidad	Año de Inicio	¿Puede requerir mecanismos flexibles de acceso al espectro? 36
		FINALIZADA	de la información, lo que se conoce en el mundo como Narrow Band PLC (NB-PLC). Ahora, aunque el despliegue de la tecnología PLC es una alternativa de solución para soportar los servicios de telecomunicaciones del sector eléctrico, este sistema presenta un inconveniente y es que puede recibir o causar interferencias a otros sistemas de radio que operan en bandas bajas del espectro, debido a que la red eléctrica, por sus características físicas, radia parte de su señal al medio radioeléctrico. En vista de lo anterior, desde el año 2019, la ANE ha venido llevando a cabo estudios para revisar las posibles interferencias que se presentarían, especialmente sobre el servicio de radiodifusión sonora AM. No obstante, aunque hay unos resultados preliminares, aún no se ha procedido a establecer las condiciones técnicas de emisiones fuera de banda para proteger servicios de radiocomunicaciones, y con ello habilitar el uso en Colombia de esta tecnología. Esta necesidad se enfoca en estudios de ingeniería para evaluar las condiciones técnicas y los límites de emisiones no deseadas, así como otras medidas técnicas que se deban tener en cuenta para garantizar la operación sin interferencias entre el servicio de Radiodifusión Sonora AM y las emisiones no deseadas del sistema PLC.			
		14. Disponibilidad de espectro para Cables Radiantes que operan dentro y fuera de estructuras subterráneas	Esta necesidad surge como iniciativa del sector minero, donde a través de los talleres virtuales realizados en el 2020, manifestaron la necesidad de que en Colombia se destine espectro para la operación de cables radiantes o cables con fugas que se despliegan dentro de los túneles de minería y hasta los centros de control. Actualmente la normatividad de uso libre permite el uso de cualquier frecuencia a cualquier potencia desde que se use en espacios confinados, no obstante, estos sistemas alcanzan a radiar una potencia de hasta 0,5 Watts en espacios alrededor de la mina, con lo cual esta necesidad se enfoca en llevar a cabo estudios de ingeniería para determinar la viabilidad técnica del uso de esta tecnología, así como las posibles frecuencias de operación y el mecanismo de uso más adecuado.	No	2026	No
		15. Analizar la disponibilidad de espectro para el uso de Espacios en Blanco de Televisión (TVWS)	Esta necesidad surgió como una iniciativa de los análisis y estudios que se han realizado al interior de la entidad, donde posteriormente a un estudio realizado por la ANE en el 2020, se identificó que, a pesar de haberse adoptado esta tecnología en el país, la disponibilidad de canales TVWS se podría ver limitada a futuro dado que el segmento de 614-698 MHz (canales 38-51) se va a destinar para las IMT y la asignación para TDT deberá ajustarse teniendo en cuenta la liberación de la banda	No	2026	Si

Temática	Subtemática	Necesidad	Descripción necesidad y estudios estimados	Se mantiene la fecha de inicio Si/No O es una nueva necesidad	Año de Inicio	¿Puede requerir mecanismos flexibles de acceso al espectro? 36
			de 600MHz y el cese de emisiones analógicas de televisión. En este sentido, esta necesidad se enfoca en llevar a cabo estudios de ingeniería para determinar la viabilidad técnica del uso de otras frecuencias atribuidas al Servicio de Radiodifusión de Televisión para el uso de la tecnología TVWS, así como realizar una revisión de disponibilidad comercial de equipos. Dentro de este estudio, y en caso de ser viable, se deberán establecer las condiciones técnicas y operativas, así como llevar a cabo las acciones necesarias para incluir las modificaciones respectivas en la Base de Datos de Espacios en Blanco (BDEB) de la ANE.			
		16. Evaluar la futura implementación de sistemas de muy baja potencia VLP y de potencia estándar SP bajo la modalidad de uso libre en la banda de 6 GHz FINALIZADA	Posterior a la expedición de la Resolución ANE 737 de 2022 "Por medio de la cual se modifica la Resolución 105 de 2020 y se actualiza el Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias" a través del cual se destinó el rango 5925 – 7125 MHz para uso libre en interiores, por parte de aplicaciones de acceso inalámbrico WAS bajo las condiciones descritas en la Tabla 1.2 del numeral 2 del Anexo 1 de la Resolución 105 de 2020, se debe continuar con el monitoreo de la decisión a nivel global y regional a fin de evaluar la implementación en Colombia de sistemas de muy baja potencia VLP y de potencia estándar SP bajo la modalidad de uso libre. En este sentido, esta necesidad se enfoca en llevar a cabo estudios de ingeniería para evaluar la viabilidad técnica de la implementación de sistemas VLP y SP. El estudio deberá contemplar análisis de convivencia con los servicios fijo y fijo por satélite.	Si	2024	Si
		17. Revisión general de la normativa de uso libre del espectro	Se requiere evaluar la pertinencia de actualizar la normatividad colombiana de uso libre del espectro radioeléctrico. Lo anterior de acuerdo con la evolución de las tecnologías de radiocomunicaciones, la aparición de nuevas aplicaciones de radiocomunicaciones y la masificación de dispositivos inalámbricos, y con el fin de promover el uso eficiente del espectro, el despliegue de la infraestructura de redes de telecomunicaciones y la transformación digital del país. Se plantea el monitoreo específico de algunos usos del espectro, entre otros, los asociados a Internet de las Cosas (IoT, por sus siglas en inglés), Vehículos Aéreos no Tripulados (UAV, por sus siglas en inglés), Sistemas Inalámbricos de Audio Multicanal (WMAS, por sus siglas en inglés) y radares vehiculares de cabina. Para tal fin, se tiene previsto identificar las mejores prácticas internacionales para la implementación de aplicaciones de radiocomunicaciones que requieren de acceso al espectro bajo la modalidad de uso libre con el fin de reconocer casos de uso, tendencias, tecnologías y	Nueva necesidad	2025	No

Temática	Subtemática	Necesidad	Descripción necesidad y estudios estimados	Se mantiene la fecha de inicio Si/No O es una nueva necesidad	Año de Inicio	¿Puede requerir mecanismos flexibles de acceso al espectro? 36
			condiciones técnicas de los sistemas de radiocomunicaciones, de manera tal que se evalúe su posible adopción en Colombia y, de ser necesario, propongan modificaciones a la normatividad en esta materia.			
COMUNICACIONES SATELITALES DE BANDA ANCHA	Redes Satelitales de alta capacidad	18. Identificar la necesidad de espectro para la futura operación de las estaciones terrenas satelitales de alta (HTS) y muy alta capacidad (VHTS)	Esta necesidad surgió como una solicitud de la agremiación satelital interesados en garantizar el acceso actual y futuro al espectro para poder desplegar satélites de alta capacidad (HTS) y muy alta capacidad (VHTS). A nivel internacional los satélites son considerados una parte integral de las futuras ofertas de servicios de 5G, incluido el Internet de las Cosas ("IoT"). Los operadores satelitales están buscando precisamente operar en bandas altas del espectro para tener acceso a grandes anchos de banda y poder ofrecer capacidades similares a las de las redes terrestres 5G. Así mismo, a nivel mundial los reguladores reconocen el rol fundamental que tendrán los satélites en la extensión de la conectividad a zonas desatendidas. En este sentido, esta necesidad se enfoca en llevar a cabo los estudios necesarios para; - Identificar las bandas de frecuencia, condiciones de convivencia necesarios entre servicios y en frontera que permitirán el desarrollo del componente no terrestre de las redes móviles en Colombia - Evaluar las medidas técnicas y operativas necesarias que permitan la convivencia entre las estaciones terrestres IMT y las estaciones terrenas del Servicio Fijo por Satélite (Gateways o terminales de usuario), donde se evidencie la necesidad de compartición o convivencia entre estos servicios radioeléctricos. - Revisar la viabilidad técnica y normativa del uso del espectro atribuido al Servicio Móvil por satélite para el despliegue del Componente Terrestre Complementario (CTC). Una vez se defina la viabilidad técnica, y en caso de ser procedente, se deberán estudiar y establecer las condiciones técnicas y legales del uso del sistema CTC en Colombia.	No	2024	Si
	Reglamentación de otros servicios por satélite diferentes al fijo, móvil y radiodifusión	19. Estudiar la pertinencia de definir condiciones para la operación de otros servicios por satélite diferentes al fijo, móvil y radiodifusión	Durante las discusiones entre el Mintic y la ANE se evidenció la necesidad de evaluar la pertinencia de definir condiciones para la operación de otros servicios por satélite ya que normalmente las disposiciones reglamentarias para permitir el desarrollo de servicios de radiocomunicaciones por satélite en los distintos países se establecen principalmente para servicios de tipo fijo, móvil, radiodifusión y aficionados. No obstante, existen otros servicios por satélite que requieren una gestión del recurso. Estos servicios por ejemplo son: radionavegación por satélite, radiodeterminación por	Si	2025	Si

Temática	Subtemática	Necesidad	Descripción necesidad y estudios estimados	Se mantiene la fecha de inicio Si/No O es una nueva necesidad	Año de Inicio	¿Puede requerir mecanismos flexibles de acceso al espectro? 36
			satélite, exploración de la Tierra por satélite, ayuda a la meteorología por satélite, investigación espacial, radioastronomía, entre otros, algunos de ellos usados por universidades y centros de investigación en Colombia. En este sentido, esta necesidad se enfoca en llevar a cabo estudios de ingeniería, económicos y normativos sobre la pertinencia de una gestión del espectro para los servicios satelitales diferentes al servicio fijo, móvil y de radiodifusión por satélite, así como evaluar las disposiciones para la operación de las estaciones terrenas asociadas a dichos servicios.			
PLANES FUTUROS PARA LA RADIODIFUSIÓN SONORA	Estudios para desarrollo de la Radio Digital	20. Identificar acciones para soportar la futura demanda de espectro por parte de las estaciones del servicio de Radiodifusión sonora ACTIVIDAD EN EJECUCIÓN	De los análisis llevados a cabo al interior de la entidad se pudo constatar que las manifestaciones de interés en el servicio de radiodifusión sonora superan en más de cinco veces el número de emisoras autorizadas para la prestación de dicho servicio en Colombia. Ahora, en los estudios de planificación de canales realizados para los procesos de selección objetiva, la ANE identificó que en la banda de FM la disponibilidad del espectro en 10 departamentos del país, los cuales concentran el 62,8% de la población nacional, es baja. Por ello, en el corto y mediano plazo no será posible planificar de manera adecuada canales para futuras asignaciones del espectro radioeléctrico para la prestación del servicio de radiodifusión sonora en FM. En consecuencia, y a modo de conclusión se podría decir que la demanda de espectro en FM supera la oferta disponible.	No	2023	No
	Extensión de la banda FM		Así las cosas, esta necesidad se enfoca en llevar a cabo estudios de ingeniería, económicos, legales y de bienestar para evaluar las posibles acciones a tomar para incrementar la oferta de espectro para el servicio de radiodifusión sonora en F.M.	No	2026	No
	Migración de Emisoras AM a la banda FM		En este sentido, dentro de las actividades asociadas a esta necesidad, la ANE apoyará al Mintic en los estudios técnicos que se requieran para la adopción y transición de la radio digital terrestre en Colombia. Así mismo se desarrollarán los estudios que tengan lugar respecto a la extensión de la banda FM y a la migración de las emisoras AM a la banda FM	No	2024	No

Temática	Subtemática	Necesidad	Descripción necesidad y estudios estimados	Se mantiene la fecha de inicio Si/No O es una nueva necesidad	Año de Inicio	¿Puede requerir mecanismos flexibles de acceso al espectro? 36
GESTIÓN DE OTROS SERVICIOS DE RADIOCOMUNICACIONES	Acciones en servicio móvil convencional	21. Identificar acciones para soportar la futura demanda de espectro de sistemas de telecomunicaciones asociados al servicio móvil terrestre (diferente a IMT) ACTIVIDAD EN EJECUCIÓN	Esta necesidad surge luego de unos análisis preliminares realizados a la base de datos de ocupación del espectro tanto en bandas bajas como altas del espectro (VHF, UHF y SHF), en donde se pudo constatar que ya existen bandas de cobertura (caso como el de la banda de 450 MHz) que se encuentran en un alto porcentaje de ocupación en algunas zonas importantes del país. En este sentido, esta necesidad se enfoca en realizar estudios de ingeniería para evaluar las alternativas que se deberán tomar en el corto y mediano plazo para garantizar la oferta futura de segmentos de frecuencias de cobertura (diferente a IMT) que actualmente se encuentran en estado de congestión.	No	2024	Si
	Notificaciones de estaciones de frontera ante la UIT	22. Definir las condiciones técnicas de estaciones radioeléctricas en frontera para procesos de coordinación internacional FINALIZADA	A través de la Mesa de Trabajo entre el Mintic y la ANE se evidenció la necesidad de adelantar un estudio de ingeniería para determinar las distancias de coordinación de estaciones de frontera en Colombia de acuerdo con el servicio de radiocomunicación y la banda de frecuencias de operación de las estaciones, para que posteriormente este insumo sirva como base para la notificación e inscripción de las estaciones que se definan dentro del Registro Internacional de Frecuencias (MIFR).	Si	2023	No
	Gestión del espectro para servicios Aeronáuticos y Marítimos	23. Revisar las condiciones de gestión del espectro atribuido a los servicios aeronáuticos y marítimos y proponer modificaciones, en caso de que se requieran ACTIVIDAD EN EJECUCIÓN	A través de la mesa de trabajo entre el Mintic y la ANE se consideró pertinente adelantar un estudio para revisar internacionalmente como se gestiona el espectro radioeléctrico atribuido a los servicios aeronáuticos y marítimos, para que esta información sirva como insumo para proponer al Mintic modificaciones en la gestión de espectro atribuido a dichos servicios. Finalmente, atendiendo una solicitud de la Aerocivil, otro componente de esta actividad se enfoca en llevar a cabo los estudios que permitan, de ser necesaria, la protección para la operación sin interferencia perjudicial de los altímetros radioeléctricos utilizados en la radionavegación aeronáutica que operan en el segmento 4200 MHz – 4400 MHz ante el despliegue de servicios en bandas IMT.	Si	2023	No

Temática	Subtemática	Necesidad	Descripción necesidad y estudios estimados	Se mantiene la fecha de inicio Si/No O es una nueva necesidad	Año de Inicio	¿Puede requerir mecanismos flexibles de acceso al espectro? 36
	Condiciones de uso del espectro radioeléctrico atribuido a título secundario	24.Reglamentar y establecer las condiciones de uso del espectro radioeléctrico atribuido a título secundario en Colombia	A través de la mesa de trabajo entre el Ministerio TIC y la ANE se consideró pertinente realizar un estudio para proponer las condiciones técnicas, económicas y legales del uso del espectro radioeléctrico atribuido a título secundario en Colombia, así como también proponer las condiciones para su asignación, identificando las necesidades respecto a dicho uso, de acuerdo con la realidad del sector. En ese sentido, se adelantará una revisión preliminar para determinar la necesidad de reglamentar el uso secundario de espectro de acuerdo con la realidad actual del sector.	No	2025	Si
	Modelos de demanda de espectro	25.Estimar la demanda futura de espectro de los diferentes servicios de radiocomunicaciones ACTIVIDAD EN EJECUCIÓN	Esta necesidad surge como un requerimiento de la administración para estimar la demanda futura de espectro (ya sea de forma cualitativa o cuantitativa) de otros servicios de radiocomunicaciones diferentes al móvil IMT.	Si	2022	No
Vigilancia y control	Revisión normativa para el despliegue y mantenimiento o de infraestructura para operadores de sistemas cableados, para prevenir fugas de RF	26. Mitigar los efectos causados por las fugas de señal de sistemas cableados a los servicios de telecomunicaciones que hacen uso del espectro radioeléctrico FINALIZADA	En el ejercicio de las funciones de vigilancia y control, en particular la comprobación técnica de emisiones y la localización de fuentes interferentes, se han identificado numerosos casos de interferencias que impactan la operación de servicios como IMT, redes privadas de telecomunicaciones, redes de corto alcance, entre otras, a causa de fugas de RF generadas por técnicas deficientes de instalación, malos mantenimientos o deterioro en los diferentes componentes de redes cableadas, como, por ejemplo, las redes de televisión por cable. Se observa que otras administraciones han enfocado su trabajo en el monitoreo del cumplimiento de parámetros de red y límites o criterios referentes a las fugas mencionadas, además del establecimiento de estándares técnicos y buenas prácticas en las actividades de implementación, despliegue y mantenimiento de las redes cableadas; con el objetivo de prevenir las afectaciones por fugas de radiofrecuencia. Con respecto a Colombia, se observó que existía una normativa nacional basada en el Código de Regulación Federal Subparte K, sección 76.605, que regulaba las fugas de radiofrecuencia en sistemas de televisión, cuya competencia recaía en otras entidades y fue posteriormente derogada, sin que en la actualidad exista una regulación puntual al respecto.	Si	2023	No

Temática	Subtemática	Necesidad	Descripción necesidad y estudios estimados	Se mantiene la fecha de inicio Si/No O es una nueva necesidad	Año de Inicio	¿Puede requerir mecanismos flexibles de acceso al espectro? 36
			Teniendo en cuenta que no es competencia de la ANE el regular o reglamentar a los proveedores de redes y servicios de telecomunicaciones que no hacen uso del espectro radioeléctrico, sin embargo, en caso de generarse una fuga de RF, se podrían producir interferencias sobre el espectro radioeléctrico, por lo que surge la necesidad de generar estrategias que permitan, de manera preventiva, evitar o mitigar dichas fugas. A partir de la necesidad descrita, se deben analizar las mejores prácticas y recomendaciones, que ayuden a mitigar las interferencias por fugas de RF en redes cableadas, con base en el estudio de las normas internacionales, trabajando de forma articulada con las demás entidades con funciones de vigilancia e inspección como la CRC y el Mintic.			
	Identificación de los servicios que hacen uso de frecuencias en bandas de uso libre y puedan requerir de un control para mitigar la generación de interferencias	27. Analizar las bandas y/o los servicios, que podrían causar interferencias, tras la masificación de los dispositivos que hacen uso de las frecuencias de libre utilización, con el fin de establecer la necesidad de controles adicionales. FINALIZADA	En la actualidad se cuenta con una gran cantidad de aplicaciones que emplean dispositivos que hacen uso de las frecuencias no licenciadas o de uso libre, sin embargo, este es hasta ahora el comienzo de un proceso de masificación de este tipo de dispositivos, aunado al desarrollo de nuevas tecnologías, lo cual trae consigo un reto para los entes reguladores frente a la vigilancia y control del espectro radioeléctrico empleado, con el fin de evitar interferencias sobre aplicaciones que cuenten con el permiso de uso del espectro otorgado por el Ministerio TIC. Una de las características propias de estos dispositivos es que operan con bajas potencias o incluso son de operación itinerante, lo cual dificulta la identificación de una fuente de interferencia, ya sea por parte de una red de monitoreo remoto o por verificación en sitio. De acuerdo con la revisión efectuada, se observa que la tendencia a nivel internacional para dicho control está enfocada a los dispositivos de radiocomunicaciones de corto alcance DRCA, entre otros, y que como parte de las estrategias utilizadas para mitigar las interferencias que puedan ser causadas por estos dispositivos, se encuentra por ejemplo la homologación, registro de equipos o pruebas de compatibilidad por parte del fabricante, Teniendo en cuenta lo anterior, esta necesidad se enfocará en realizar un estudio o benchmarking a nivel internacional e interno, para identificar las bandas y/o los servicios, que podrían causar interferencias, tras la masificación de los dispositivos que hacen uso de las frecuencias de libre utilización, con el fin de establecer la necesidad de controles adicionales, de acuerdo con las aplicaciones que hayan sido priorizadas por el estudio.	Si	2023	Si

Temática	Subtemática	Necesidad	Descripción necesidad y estudios estimados	Se mantiene la fecha de inicio Si/No O es una nueva necesidad	Año de Inicio	¿Puede requerir mecanismos flexibles de acceso al espectro? 36
	Clandestinidad	28. <i>Análisis multidisciplinar de las causas de la clandestinidad y recomendaciones para su prevención y mitigación</i> FINALIZADA	Existe un gran porcentaje de clandestinidad en Colombia que se ha logrado identificar a través de los distintos años en los que la Agencia Nacional del Espectro ha desempeñado sus funciones. Este fenómeno ha logrado afectar a los proveedores de redes y servicios que cumplen con las obligaciones legales previstas. A pesar de la ocurrencia de este fenómeno en el país aún no se ha realizado un estudio que logre identificar las causas que dan origen al mismo. Por tanto, se considera necesario revisar las tendencias internacionales para extraer las mejores prácticas, realizar un análisis general con énfasis en áreas multidisciplinarias sobre las causas que originan la clandestinidad y a partir de ello formular recomendaciones para su prevención y mitigación.	Si	2024	Si
		29. <i>Viabilidad de la implementación de medidas derivadas del "Análisis multidisciplinar de las causas de la clandestinidad y recomendaciones para su prevención y mitigación que puedan ser aplicadas al sector TIC con competencia sobre el uso del espectro radioeléctrico"</i>	En la vigencia 2024 se adelantó un proyecto de investigación orientado al conocimiento de las causas de la clandestinidad y a la obtención de recomendaciones para su prevención y mitigación. A partir de dichos elementos, se busca profundizar en la viabilidad de dichas medidas, con el fin de contribuir a la disminución de este tipo de prácticas en el país.	Nueva necesidad	2025	Si
	Análítica de datos	30. <i>Identificar oportunidades producto de aplicar técnicas de analítica de datos en la gestión de la información contenida en el banco de mediciones de la Subdirección de Vigilancia y Control.</i> FINALIZADA	Teniendo en cuenta el avance de las radiocomunicaciones, son cada vez más los dispositivos que se encuentran desplegados a nivel mundial para garantizar a la ciudadanía el acceso a los servicios con la calidad requerida. Lo anterior, representa un desafío para las entidades encargadas de la vigilancia, inspección y control del espectro radioeléctrico, particularmente en lo referente al monitoreo de estos dispositivos, ya que es cada vez mayor la información recolectada durante los procesos de medición y por tanto se hace más complejo el procesamiento de esta. Considerando esta realidad y los proyectos internos de la Subdirección de Vigilancia y Control, con los que se busca automatizar el proceso de recolección de la información con los diferentes sistemas de monitoreo	Si	2024	No



Temática	Subtemática	Necesidad	Descripción necesidad y estudios estimados	Se mantiene la fecha de inicio Si/No O es una nueva necesidad	Año de Inicio	¿Puede requerir mecanismos flexibles de acceso al espectro? 36
			con los que se cuenta, se hace necesario buscar técnicas de analítica de datos para el procesamiento de esta información, tales como Big Data o Inteligencia Artificial, entre otras. Por tanto, se busca realizar una evaluación de alternativas que permitan definir las opciones que se ajusten más a las necesidades de la subdirección para capturar, gestionar y analizar los datos referentes al espectro radioeléctrico, utilizando las técnicas mencionadas anteriormente.			
NECESIDADES COMPLEMENTARIAS	Estimación del beneficio social	31. Definir una metodología para realizar la estimación del beneficio social generado por el uso del espectro radioeléctrico FINALIZADA	A través de la mesa de trabajo entre el Mintic y la ANE se consideró pertinente realizar un estudio que permita definir una metodología para realizar la estimación del beneficio social generado por la asignación y uso del espectro y la forma de estimar sus efectos sobre el bienestar social. El objetivo de este estudio es revisar experiencias internacionales para que sumado a un análisis del entorno nacional se puedan lograr insumos que sirvan para la toma de decisiones.	SI	2022	No
	Estudios preparatorios para las CMR	32. Adelantar las acciones necesarias para poder definir las posiciones de Colombia frente a las Conferencias Mundiales de Radiocomunicaciones	La atención de esta necesidad abarca el trabajo de preparación para la próxima conferencia mundial de radiocomunicaciones, con base en el primer informe de Conference Preparatory Meeting - CPM de la UIT, así mismo también abarca, la atención de las definiciones de las actas finales de la CRM-23. En este sentido, las actividades relacionadas con esta necesidad incluyen la revisión de los puntos de la agenda de las siguientes conferencias mundiales de radiocomunicaciones y así mismo; el trabajo de priorización, la definición de stakeholders públicos y privados, así como la estimación de los recursos necesarios para adelantar dichas actividades. Por otra parte, dentro de las actividades relacionadas con esta necesidad también se encuentran los estudios y análisis pertinentes sobre las bandas identificadas en la CMR-23, con la finalidad de estimar y definir las acciones necesarias desde la administración del espectro al respecto de estas.	Si	2024	No

Agencia Nacional del Espectro

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

Temática	Subtemática	Necesidad	Descripción necesidad y estudios estimados	Se mantiene la fecha de inicio Si/No O es una nueva necesidad	Año de Inicio	¿Puede requerir mecanismos flexibles de acceso al espectro? 36
	Inteligencia Artificial	33. Espectro para el desarrollo de la Inteligencia Artificial (I.A) en Colombia	Diferentes organizaciones y fabricantes reconocen el potencial de la I.A para hacer operaciones de las redes de telecomunicaciones más eficientes, mejorar la calidad de los servicios y la experiencia de los usuarios. Estas aplicaciones se encuentran en estado de desarrollo a nivel mundial, por lo cual aún no se han determinado las necesidades relacionadas en cuanto a la gestión y uso del espectro. Sin embargo, en el Marco de la política 2023 – 2026 del Ministerio TIC, se plantea un bloque ecosistemas de innovación dentro del cual se aborda el empleo de iniciativas de inteligencia artificial, por lo cual, esta necesidad se enfoca en realizar un estudio para identificar las iniciativas que liderará el Ministerio TIC relacionadas con la Inteligencia Artificial y determinar si se requiere espectro para su desarrollo, así como los mecanismos adecuados de acceso y uso del recurso.	Si	2024	Si
NECESIDADES TRANSVERSALES	El papel del espectro frente al cambio climático y el desarrollo sostenible	34. Considerar el impacto de las medidas en la gestión del Espectro frente al cambio climático y el desarrollo sostenible	Esta necesidad se encuentra alineada con las tendencias internacionales en cuanto a políticas de gestión del espectro, encontrando que diferentes organizaciones están considerando dentro de sus lineamientos y planes, los análisis respecto al papel que puede llegar a jugar la gestión del espectro para combatir el cambio climático, así como también se comienza a considerar el desarrollo de tecnologías inalámbricas con un componente de sostenibilidad ambiental. Sin embargo, el espectro radioeléctrico puede ser relevante en relación con los esfuerzos que se hagan no solamente para reducir las emisiones de carbono, sino también para aportar al desarrollo sostenible del país y a su resiliencia frente al cambio climático, dado que el espectro es un insumo importante para la operación de los diferentes organismos de atención de emergencias, y para el monitoreo de las condiciones climáticas y medioambientales entre otras funciones asociadas. Por lo anterior, desde la gestión del espectro se debe apoyar la disponibilidad del recurso libre de interferencias para el adecuado desarrollo de dichas funciones. En este sentido, la atención de esta necesidad se aborda en tres líneas potenciales identificadas de manera preliminar: • Un diagnóstico respecto de las necesidades asociadas al uso del espectro por parte de los organismos encargados de las ciencias del clima y la prevención de los riesgos frente al cambio climático en Colombia. • La estructuración de una propuesta específica sobre las medidas que se requerirían para asegurar dicho espectro (de identificarse su necesidad). • Su aplicación transversal en las distintas iniciativas y estudios de la entidad, constituyéndose en	Si	2025	No aplica

<i>Temática</i>	<i>Subtemática</i>	<i>Necesidad</i>	<i>Descripción necesidad y estudios estimados</i>	<i>Se mantiene la fecha de inicio Si/No O es una nueva necesidad</i>	<i>Año de Inicio</i>	<i>¿Puede requerir mecanismos flexibles de acceso al espectro?</i> 36
			un componente a evaluar en desarrollo de los análisis de impacto y análisis necesarios en la ejecución de los estudios que realiza la Agencia			
	<i>La Innovación y la gestión del espectro</i>	<i>35. Impulso a la innovación asociada a la utilización del espectro</i>	Esta necesidad se plantea para considerar las iniciativas innovadoras sobre tecnologías inalámbricas y el uso del espectro, que potencialmente podrían solventar las necesidades plasmadas a través del Plan Maestro de Gestión del Espectro (Por Ejemplo, esquemas redes inalámbricas o nuevos dispositivos en etapa de desarrollo temprano). Sin embargo, producto del ejercicio de vigilancia tecnológica efectuado para desarrollar el Plan Maestro de Gestión de Espectro, se identificó que los mecanismos de sandbox regulatorios pueden ser útiles para promover la innovación dado que permiten explorar nuevas tendencias y desarrollos. En este sentido, Las actividades asociadas a esta necesidad abarcan dos componentes: Primero: Evaluar las condiciones que desde la gestión del espectro radioeléctrico permitan habilitar el desarrollo de los esquemas de sandbox regulatorios que realiza el Mintic y la CRC. Segundo: Evaluación de forma transversal, a través de los elementos a considerar para desarrollar los estudios necesarios para la ejecución del Plan Maestro de Gestión del espectro. Este componente se puede abordar de las siguientes formas: - Recopilación de información acerca de iniciativas de innovación relacionadas con la temática de los estudios que adelanta la ANE. - A través del análisis de impacto a las alternativas de solución identificadas, se evalúa si estas permiten la promoción de desarrollos innovadores. - A través de los talleres o espacios públicos de co-creación que se habilitan en el marco de la ejecución de los estudios, en los cuales, con la participación de los agentes interesados se busca la identificación y formulación de alternativas de solución a las problemáticas que se planteen.	Si	2024	No



Como se observa, en la tabla anterior se incluyen nuevas necesidades y se realiza el ajuste en el alcance de otras, como producto de la revisión realizada en 2024 para la tercera actualización del Plan Maestro de Gestión de Espectro.

En específico, y a manera de referencia, las nuevas necesidades incluidas corresponden a las siguientes:

- **17. Revisión general de la normativa de uso libre del espectro.**
- **30. Análisis de viabilidad de la implementación del proyecto de investigación denominado “Análisis multidisciplinar de las causas de la clandestinidad y recomendaciones para su prevención y mitigación que puedan ser aplicadas al sector TIC con competencia sobre el uso del espectro radioeléctrico”**

Así mismo, las necesidades del PMGE que tienen una modificación en su alcance o en la fecha de inicio en su ejecución, se presentan a continuación, con la justificación del ajuste realizado:

- **Necesidad 14. Disponibilidad de espectro para Cables Radiantes que operan dentro y fuera de estructuras subterráneas.** Se cambia el año de inicio de la actividad para el 2025, ya que si bien fue una necesidad identificada en 2020-2021, no se han recibido comentarios al respecto en la últimas actualizaciones. Así mismo, por ser una tecnología que se despliega principalmente en sectores específicos como el minero o en túneles (uso libre), donde el uso libre en exteriores no sería posible debido a las potencias empleadas, se ha evidenciado también el uso de otras tecnologías de redes privadas potencialmente aplicables (Ej: Fibra, LTE, 5G). Por lo tanto, se plantea adelantar un diagnóstico preliminar en 2025, para evaluar si esta tecnología se sigue utilizando en el país y si persiste a la fecha una necesidad de espectro para este fin.



- **Necesidad 15. Analizar la disponibilidad de espectro para el uso de Espacios en Blanco de Televisión (TVWS)** Se cambia el año de inicio de la actividad para el 2025, teniendo en cuenta que no se ha evidenciado un incremento en el uso de las frecuencias de TVWS en el último año en Colombia. Para lo anterior, es también relevante tener en cuenta que se encuentra en proceso el desarrollo del plan general de Cese de las Emisiones Analógicas de Televisión Terrestre Radiodifundida³⁷ por parte del Ministerio TIC³⁸.
- **Necesidad 20. Identificar acciones para soportar la futura demanda de espectro por parte de las estaciones del servicio de Radiodifusión sonora.** Teniendo en cuenta que la subtemática denominada "*Migración de Emisoras AM a la banda FM*", que originalmente estaba prevista para tener inicio en 2025 fue adelantada en 2024, se plantea que la subtemática "*Extensión de la banda FM*" se inicie en 2025.
- **Necesidad 24. Reglamentar y establecer las condiciones de uso del espectro radioeléctrico atribuido a título secundario en Colombia.** Se ajusta el alcance de las actividades asociadas a esta necesidad para enfocar las acciones, iniciando con una actividad de diagnóstico para evaluar la viabilidad de las condiciones en Colombia.
- **Necesidad 34. Considerar el impacto de las medidas en la gestión del espectro frente al cambio climático y el desarrollo sostenible.** Se ajusta el alcance de las actividades asociadas a esta necesidad, incorporando una nueva actividad de diagnóstico sobre el uso del espectro por parte de los organismos responsables.

³⁷ Al respecto ver: <https://www.mintic.gov.co/portal/inicio/Sala-de-prensa/Noticias/276900:MinTIC-publica-la-segunda-version-del-Plan-General-de-Cese-de-Emisiones-Analogicas-PGCEA-de-Colombia>

³⁸ Al respecto ver: Resolución Mintic 4672 de 2022 "Por la cual se modifica el artículo 8 y deroga el parágrafo 1 del artículo 9 del Acuerdo CNTV 002 de 2012" disponible en: https://www.mintic.gov.co/portal/715/articles-273767_recurso_1.pdf



El desarrollo de dichas actividades se dará a partir del año 2025.

Así mismo, se suprimió de la matriz de necesidades la correspondiente **"Identificar las mejores prácticas internacionales en la gestión del espectro para Drones"**; esto dado que se identificó que el espectro para Drones en Colombia se encuentra disponible, en las bandas de uso libre y en las bandas del servicio aeronáutico que gestiona la Aerocivil. Por lo que, se dispuso abordar esta temática en la necesidad *"Revisión general de la normativa de uso libre del espectro"*, actividad con inicio en 2025.

A partir de lo anterior, la siguiente lista resume las actividades proyectadas a ejecutar en el año 2025 atendiendo las necesidades priorizadas en el PMGE. Estas actividades se llevarán a cabo utilizando recursos internos de la entidad.

- *Atender la demanda futura de espectro para el despliegue de redes de banda ancha inalámbrica IMT*
- *Identificar espectro disponible para el transporte de datos de alta capacidad (Backhaul)*
- *Identificar y hacer disponible espectro de banda ancha para soportar la transformación digital de sectores productivos y satisfacer la demanda de conectividad inalámbrica de nuevos agentes, aplicaciones y mercados de telecomunicaciones*
- *Identificar y hacer disponible espectro para soportar las actividades de misión crítica, protección pública, operaciones de socorro y atención de desastres (PPDR) y proponer a Mintic las condiciones requeridas para la asignación*
- *Determinar y fijar la valoración económica del espectro de banda ancha acorde con los diversos casos de uso, aplicaciones y mercados de telecomunicaciones*
- *Disponibilidad de espectro para atender el crecimiento futuro y la masificación de aplicaciones IoT*
- *Maximizar el uso del espectro radioeléctrico en Colombia para facilitar el acceso al recurso por parte de nuevos actores, aplicaciones, servicios y mercados de telecomunicaciones, así como promover la conectividad en zonas desatendidas del país*



- *Disponibilidad de espectro para Sistemas de Transporte Inteligente (ITS)*
- *Revisión general de la normativa de uso libre del espectro*
- *Identificar la necesidad de espectro para la futura operación de las estaciones terrenas satelitales de alta (HTS) y muy alta capacidad (VHTS)*
- *Estudiar la pertinencia de definir condiciones para la operación de otros servicios por satélite diferentes al fijo, móvil y radiodifusión*
- *Identificar acciones para soportar la futura demanda de espectro por parte de las estaciones del servicio de Radiodifusión sonora*
- *Identificar acciones para soportar la futura demanda de espectro de sistemas de telecomunicaciones asociados al servicio móvil terrestre (diferente a IMT)*
- *Revisar las condiciones de gestión del espectro atribuido a los servicios aeronáuticos y marítimos y proponer modificaciones, en caso de que se requieran*
- *Reglamentar y establecer las condiciones de uso del espectro radioeléctrico atribuido a título secundario en Colombia*
- *Estimar la demanda futura de espectro de los diferentes servicios de radiocomunicaciones*
- *Análisis de viabilidad de la implementación del proyecto de investigación denominado "Análisis multidisciplinar de las causas de la clandestinidad y recomendaciones para su prevención y mitigación que puedan ser aplicadas al sector TIC con competencia sobre el uso del espectro radioeléctrico"*
- *Adelantar las acciones necesarias para poder definir las posiciones de Colombia frente a las Conferencias Mundiales de Radiocomunicaciones*
- *Espectro para el desarrollo de la Inteligencia Artificial (I.A) en Colombia*
- *Considerar el impacto de las medidas en la gestión del Espectro frente al cambio climático y el desarrollo sostenible*



Referencias

- 3GPP. (1 de julio de 2022). *NTN & Satellite in Rel-17 & 18*. Obtenido de 3GPP: <https://www.3gpp.org/news-events/partner-news/ntn-rel17>
- 3GPP. (s.f.). *Releases*. Obtenido de 3GPP: <https://www.3gpp.org/specifications-technologies/releases>
- 5G Americas. (23 de Enero de 2024). *Open RAN continúa progresando para brindar nuevas funcionalidades y beneficios*. Obtenido de BRECHA CERO: <https://brechacero.com/open-ran-continua-progresando-para-brindar-nuevas-funcionalidades-y-beneficios/>
- ACMA. (2022). *Five-Year Spectrum Outlook 2021-2026*. Obtenido de <https://www.acma.gov.au/publications/2021-09/plan/five-year-spectrum-outlook-2021-26>
- ACMA. (2023). *Five-year spectrum outlook 2023–28 and 2023–24 work program. Draft for consultation*. Melbourne: Commonwealth of Australia (Australian Communications and Media Authority) . Obtenido de <https://www.acma.gov.au/>
- Agencia Nacional del Espectro - ANE. (febrero de 2022). *Plan Maestro de Gestión de Espectro 2022-2026*. Obtenido de <https://www.ane.gov.co/SitePages/Gesti%C3%B3n%20t%C3%A9cnica/index.aspx?p=3104>
- Agencia Nacional del Espectro - ANE. (diciembre de 2022). *Primera actualización del Plan Maestro de Gestión de Espectro*. Obtenido de <https://www.ane.gov.co/SitePages/Gesti%C3%B3n%20t%C3%A9cnica/index.aspx?p=3104>
- Agencia Nacional del Espectro - ANE. (diciembre de 2023). *Actualización anual 2023 Plan Maestro de Gestión de Espectro* . Obtenido de



<https://www.ane.gov.co/SitePages/Gesti%C3%B3n%20t%C3%A9cnica/index.aspx?p=42>

Agencia Nacional del Espectro - ANE. (2020 de marzo de 27). *Resolución 105 de 2020*.
Obtenido de
https://normograma.mintic.gov.co/mintic/docs/resolucion_ane_0105_2020.htm

Anderson, T. (19 de Septiembre de 2018). *Alliance for Telecommunications Industry Solutions (ATIS)*. Obtenido de Alliance for Telecommunications Industry Solutions (ATIS): <https://www.atis.org/the-role-of-artificial-intelligence-in-telecom/>

Calabrese, M. (2023). *SOLVING THE SPECTRUM CRUNCH*. Dynamic Spectrum Management Systems. Obtenido de
<https://www.dynamicspectrumalliance.org/solving-the-spectrum-crunch.pdf>

Castor, C. (2024). *ITU Defines Frequency Bands for 6G Studies*. Obtenido de 6G WORLD: <https://www.6gworld.com/exclusives/itu-defines-frequency-bands-for-6g-studies/>

Congreso de la Republica de Colombia. (30 de julio de 2009). *Ley 1341 de 2009*.
Obtenido de
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=36913>

Congreso de la Republica de Colombia. (25 de julio de 2019). *Ley 1978 de 2019*.
Obtenido de
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=98210#28>

De Nil, M. (29 de abril de 2024). *CERTIFICACIÓN Wi-Fi HaLow™: redefiniendo la conectividad para la era del IoT*. Obtenido de The Beacon WI-FI Alliance: <https://www.wi-fi.org/beacon/michael-de-nil/wi-fi-certified-halow-redefining-connectivity-for-the-iot-era>

Departamento Nacional de Planeación - DNP. (2023). *Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026*. Obtenido de <https://www.dnp.gov.co/plan-nacional-desarrollo/pnd-2022-2026/>



- Departamento Nacional de Planeación - DNP; Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones; Otras entidades. (agosto de 2024). *POLÍTICA NACIONAL DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL*. Obtenido de https://sisconpes.dnp.gov.co/SisCONPESWeb/ctmp/Borrador_Documento_CONPESIA_comentarios_ciudadan%C3%ADa.pdf
- ETSI. (2021). *ETSI TS 103 636-1*. Obtenido de European Telecommunications Standards Institute - ETSI: https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/103600_103699/10363601/01.03.01_60/ts_10363601v010301p.pdf
- ETSI. (2022). *ETSI* . Obtenido de ETSI: <https://www.etsi.org>
- European Commission. (noviembre de 2022). *5G on planes, Wi-Fi on the road – Commission decision opens up new opportunities for innovation*. Obtenido de Shaping Europe’s digital future: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/news/5g-planes-wi-fi-road-commission-decision-opens-new-opportunities-innovation>
- FAA. (24 de octubre de 2023). *5G and Aviation Safety*. Obtenido de Federal Aviation Administration - FAA: <https://www.faa.gov/5g>
- FCC. (21 de marzo de 2019). *FCC Opens Spectrum Horizons for New Services & Technologies*. Obtenido de Federal Communications Commission - FCC: <https://www.fcc.gov/document/fcc-opens-spectrum-horizons-new-services-technologies-0>
- FCC. (2023). *Auctions*. (Federal Communications Commission - FCC) Recuperado el Octubre de 2023, de <https://www.fcc.gov/auctions>
- FCC. (4 de agosto de 2024). *FCC Launches Technical Inquiry Into Spectrum Usage Data*. Obtenido de <https://www.fcc.gov/document/spectrum-usage-noi>
- Flores Aguilar, E., & Karabulut-Kurt, G. (3 de junio de 2024). A study on THz communications between Low Earth Orbit constellations and Earth Stations. *ITU Journal on Future and Evolving Technologie*, 5(2), 260-287. doi:10.52953/EGLA6604



- IBM. (22 de marzo de 2024). *¿Qué es la IA generativa?* . Obtenido de Generative AI: <https://www.ibm.com/es-es/topics/generative-ai>
- ITU. (2024). *Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones (CMR-23)*. Obtenido de Final Acts WRC-23: <https://www.itu.int/wrc-23/es/documents/>
- Jia, R. K. (1 de noviembre de 2023). *Valley-conserved topological integrated antenna for 100-Gbps THz 6G wireless*. doi:126/sciadv.adi850
- Musa, A. A., Hussaini, A., Qian, C., Guo, Y., & Yu, W. (2023). Open Radio Access Networks for Smart IoT Systems: State of Art and Future Directions. *Future Internet*, 15(12). doi:10.3390/fi15120380
- OFCOM. (2 de July de 2021). *OFCOM, Making communications work for everyone*. Obtenido de <https://www.ofcom.org.uk/news-centre/2021/what-is-open-ran>
- OFCOM. (2022). *Spectrum Roadmap Delivering Ofcom's Spectrum Management Strategy - Discussion document*. OFCOM. Obtenido de https://www.ofcom.org.uk/__data/assets/pdf_file/0021/234633/spectrum-roadmap.pdf
- OFCOM. (2023). *Opportunities for dynamic or adaptive*. Obtenido de <https://www.ofcom.org.uk/siteassets/resources/documents/spectrum/spectrum-management/flexible-and-adaptive-spectrum-allocation/discussion-paper-flexible-adaptive-spectrum.pdf?v=329416>
- Parlamento Europeo. (26 de Marzo de 2021). *Qué es la inteligencia artificial y cómo se usa?* Obtenido de Parlamento Europeo: <https://www.europarl.europa.eu/topics/es/article/20200827STO85804/que-es-la-inteligencia-artificial-y-como-se-usa>
- Rohde & Schwarz. (2024). *Comunicación en el rango de los terahercios*. Obtenido de Rohde & Schwarz: https://www.rohde-schwarz.com/es/soluciones/wireless-communications-testing/wireless-standards/6g/thz-communication/comunicacion-thz_257042.html
- Statista. (2024). *Number of Low Power Wide Area (LPWA) IoT device connections worldwide from 2022 to 2033, by technology*. Obtenido de



<https://www.statista.com/statistics/1277600/lpwa-device-connections-worldwide/>

techUK. (1 de agosto de 2024). *UK SPF Invitation to Tender: AI for spectrum management*. Obtenido de techUK reports: <https://www.techuk.org/resource/uk-spf-invitation-to-tender-ai-for-spectrum-management.html>

