





Análisis y revisión

contraprestaciones económicas

ESPECTRO PARA CUBRIMIENTO Y ENLACES PUNTO MULTIPUNTO

Documento de Definición del Problema

Noviembre de 2026

Tabla de contenido

Introducción 7

1. Contexto 10

1.1 Características generales de los sistemas de cubrimiento y/o enlaces punto multipunto 10

1.2 Esquema administrativo de las asignaciones de frecuencias para cubrimiento y/o enlaces punto multipunto 19

1.3 Caracterización económica de las asignaciones de frecuencias para sistemas de cubrimiento y/o enlaces multipunto 26

1.4 Marco Normativo de las contraprestaciones por el uso de frecuencias para cubrimiento y/o sistemas punto multipunto 44

1.5 Fórmula vigente para el cálculo del valor anual de las contraprestaciones (VAC) económicas por el uso del espectro. 49

1.6 Justificación de la revisión del esquema de contraprestaciones económicas por el uso del espectro. 58

2. Análisis económico y matemático de la formula 62

2.1 Análisis territorial 62

2.2 Análisis tecnológico 69

2.3 Diagnóstico económico integrado de la fórmula vigente 75

2.4 Conclusión de análisis de la fórmula de contraprestaciones 81

3. Competencia de la ANE para abordar la temática objeto de análisis 83

4. Definición del problema 84

4.1 Causas del problema 84

4.2 Efectos del problema 96

5. Justificación de la intervención 103

6. Agentes interesados 105

7. Consulta sectorial 107

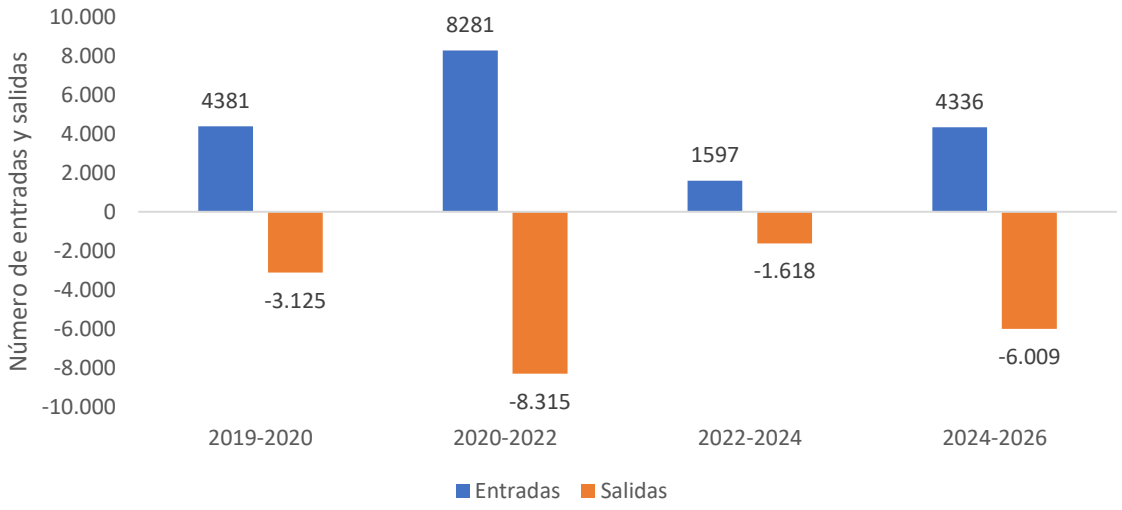
8. Bibliografía 109

Lista de tablas

Tabla 1. Ejemplo de la estructura administrativa asociada a las frecuencias para cubrimiento y/o enlaces punto multipunto. 20
Tabla 2 Evolución de las asignaciones de frecuencia, 2019–2026 38
Tabla 3 Resolución 290 de 2010 – Tabla A.3.1 Valores de N (SMMLV/MHz) 51
Tabla 4 Resolución 290 de 2010 – Tabla A.3.2 Valores del Fpe 52
Tabla 5. Ejemplo de aplicación del Fpe 53
Tabla 6 Resolución 290 de 2010 – Tabla A.3.3 Excepciones de Valor N 56
Tabla 7. Contraprestaciones pagadas por canal de 12,5 KHz bajo la Resolución 290 de 2010. 57
Tabla 8. Cuadro de evidencias sobre el hallazgo respecto al área de servicio y la cobertura 87
Tabla 9. Principales hallazgos del análisis territorial de la contraprestación económica 89
Tabla 10. Participación del total de las asignaciones de frecuencias para cubrimiento y/o enlaces punto multipunto y participación del total del VAC calculado a 2026 por el mismo concepto en las 3 bandas más representativas 90
Tabla 11. Hallazgos sobre la valoración tecnológica de la fórmula de la Resolución 290 de 2010 92
Tabla 12. Hitos asociados a la valoración de las frecuencias para cubrimiento y/o sistemas punto multipunto 92
Tabla 13. Hallazgos sobre la disponibilidad de información 94
Tabla 14. Efectos del problema (1) 97
Tabla 15. Efectos del problema (2) 98
Tabla 16. Efectos del problema (3) 99
Tabla 17. Efectos del problema (4) 100
Tabla 18. Resumen efectos del Problema 101
Tabla 19. Agentes de interés 105

Lista de figuras

Figura 1. Concepto básico de un sistema de cubrimiento bajo la Resolución MinTIC 290 de 2010 11
Figura 2. Modos de operación de sistemas de cubrimiento simplex (izquierda) y dúplex (derecha) 13
Figura 3. Esquema simplificado de un Sistema de Radio de Acceso Troncalizado 15
Figura 4. Topología red Punto Multipunto con un punto de acceso y varias terminales remotas 16
Figura 5. Esquema general de Sistemas Transmóviles del Servicio de Radiodifusión de Televisión 17
Figura 6. Diagrama conceptual de la red inalámbrica de acceso en la banda 380 - 398 MHz para las redes de seguridad pública. 19
Figura 7. Ilustración conceptual del área de servicio vs un cubrimiento real generado desde una estación base/repetidora 22
Figura 8. Ejemplo conceptual de la diferencia entre el cubrimiento real de una red de comunicaciones y el Área de servicio asignada. 23
Figura 9. Evolución de asignaciones de cubrimiento 2019 - 2026 28
Figura 10. Entradas y salidas observadas de asignaciones entre cortes, 2019–2026



Fuente: Elaboración propia con datos de SGE. Nota: Fecha de corte septiembre de 2026. 29
Figura 11. Evolución del valor agregado de contraprestación (VAC), 2019–2026 31

Figura 12. Evolución de asignatarios de frecuencias para cubrimientos y/o enlaces punto multipunto 2019 - 2026 32
Figura 13. Top 5 de operadores por asignaciones por año 33
Figura 14. Distribución de las asignaciones por sectores 2019 - 2026 34
Figura 15. Participación de asignaciones por sectores 2026 35
Figura 16. Top 5 sectorial del valor de la contraprestación 2019 - 2026 36
Figura 17 Participación de VAC por sector económico 2026 37
Figura 18 Distribución municipal de las asignaciones en las principales bandas de frecuencia a 2026 40
Figura 19 Distribución municipal de las asignaciones en las principales bandas de frecuencia 2026 42
Figura 20. Evolución de las contraprestaciones según alcance territorial 43
Figura 21. formula del VAC aplicable a las frecuencias para cubrimiento y/o enlaces punto multipunto del Decreto 1972 de 2003 46
figura 22. Fórmula contraprestación económica por uso de espectro para cubrimiento y/o enlaces fijos punto multipunto 49
figura 23. Representación gráfica del parámetro ancho de banda (AB) de acuerdo con los planes de banda del CNABF. 50
Figura 24 Fórmula para el cálculo del Factor Poblacional (Fp) 54
Figura 25 Ejemplo ilustrativo del cálculo del Factor poblacional -Fp 55
Figura 26 Problema central 84
Figura 27 Árbol de causas 86
Figura 28 Árbol de efectos 96

Lista de siglas y abreviaciones

AIN	Análisis de Impacto Normativo
ANE	Agencia Nacional del Espectro
CNABF	Cuadro Nacional de Atribución de Bandas y Frecuencias
CONPES	Consejo Nacional de Política Económica y Social
COP	Pesos colombianos
FUTIC	Fondo Único de Tecnologías de la información y las telecomunicaciones
IMT	Telecomunicaciones Móviles Internacionales (por sus siglas en inglés)
LMR	Land Mobile Radio (por sus siglas en inglés)
MinTIC	Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
QoS	Calidad del Servicio (por sus siglas en inglés)
PMR	Radio Movil Privada (por sus siglas en inglés)
PRST	Proveedores de Redes y Servicios de Telecomunicaciones
PSO	Proceso de Selección Objetiva
SGE	Sistema de Gestión del Espectro
SMLMV	Salario Mínimo Legal Mensual Vigente
TIC	Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
UIT	Unión Internacional de Telecomunicaciones
UHF	Ultra Alta frecuencia (por sus siglas en inglés)
VAC	Valor Anual de Contraprestaciones
VHF	Muy alta frecuencia (por sus siglas en inglés)

Introducción

La Agencia Nacional del Espectro - ANE, en el marco de sus funciones, ha realizado estudios encaminados a proponer al Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones - MinTIC, los parámetros de valoración por el uso del espectro, así como la estructura de contraprestaciones con el fin de que dicha entidad adopte formalmente y gestione la normativa en la materia.

En este sentido, la Agenda regulatoria 2026 – 2027 publicada por la ANE, plantea el desarrollo una propuesta técnica orientada a recomendar posibles ajustes al régimen de contraprestaciones aplicable a los sistemas punto multipunto, teniendo en cuenta criterios de eficiencia en la asignación y el uso del espectro, así como un análisis de las necesidades regionales y de las particularidades territoriales, económicas y sociales que pueden incidir en la prestación de estos servicios y que, en determinados contextos, podrían justificar tratamientos diferenciales.

Los sistemas de cubrimiento y/o enlaces punto multipunto operan dentro de un área de servicio o zona geográfica definida, en la cual el titular de un permiso de uso del espectro radioeléctrico puede utilizar una o varias frecuencias asignadas, mediante la operación de equipos destinados a la provisión de servicios de telecomunicaciones. Este tipo de sistemas representa una proporción relevante dentro del universo de asignaciones de espectro radioeléctrico y constituye una herramienta indispensable para el desarrollo de actividades de múltiples organizaciones públicas y privadas, entre ellas aquellas asociadas a la seguridad pública y privada, la logística, el transporte y la operación y mantenimiento de infraestructuras. El uso de estos sistemas contribuye, a su vez, al desarrollo socioeconómico de las regiones y al cumplimiento de funciones esenciales relacionadas con la seguridad del Estado y la salvaguarda de la vida humana.

En este contexto, el literal A.3 del Anexo de la Resolución MinTIC 290 de 2010, modificado por el artículo 12 de la Resolución MinTIC 2877 de 2011, establece la fórmula para el cálculo del Valor Anual de la Contraprestación Económica (VAC) aplicable al uso de frecuencias radioeléctricas para cubrimiento y/o enlaces punto multipunto. Dicha fórmula fue diseñada bajo el entorno tecnológico existente hace más de dos décadas, enfocándose en comunicaciones que hacen uso de anchos de banda limitados, del orden de los kilohertzios (kHz), y que no considera las eficiencias técnicas derivadas de evoluciones tecnológicas posteriores.

Respecto de esto último, dicha evolución ha dado lugar a la adopción de soluciones más eficientes, situación que no fue expresamente contemplada en el diseño original del régimen vigente. Este panorama plantea desafíos para la aplicación de la fórmula actual de contraprestación, en la medida en que fue concebida bajo supuestos técnicos asociados a sistemas de banda angosta, sin considerar en su estructura, por ejemplo; la utilización más eficiente de las frecuencias o el aprovechamiento de otras tecnologías. Por lo anterior, la ANE ha observado pertinente analizar y, de ser el caso, revisar el esquema de contraprestación económica con el fin de evaluar su adecuación frente a las particularidades de la mencionada evolución tecnológica y la eficiencia técnica en el uso del espectro.

Respecto a lo anterior, al promover el uso eficiente del espectro, se asegura que las comunicaciones para la operación industrial y comercial, así como las comunicaciones convencionales de misión crítica cuenten con el recurso necesario para continuar funcionando de manera resiliente, evitando situaciones de escasez del recurso o de acceso limitado al mismo, que puedan afectar la inversión en las regiones o limitar el desarrollo tecnológico.

De forma complementaria, el trabajo en mención, se enmarca en los lineamientos del documento del Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES) 4185, denominado "Política para el Desarrollo Integral del Pacífico", orientado a la focalización y cierre de brechas en la región del Pacífico Colombiano, cuyo texto dispone expresamente que: *"…El Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, concurrencia con la Agencia Nacional del Espectro, entre 2026 y 2027, formulará, actualizará y divulgará el marco normativo para el valor anual de contraprestación por uso del espectro radioeléctrico para enlaces punto a punto y servicios de cubrimiento punto a multipunto, para incentivar el despliegue de redes con enfoque diferencial..."*.

Así las cosas, en estricto cumplimiento de estos lineamientos, la ANE planteó como parte de su Agenda Regulatoria 2026-2027 un proyecto orientado a estructurar una propuesta integral que recomiende ajustes al régimen de contraprestaciones para este tipo de redes. Esta labor abarca la elaboración de un documento técnico que evalúa, tanto criterios de eficiencia en la asignación del espectro, como un análisis de las necesidades regionales y de particularidades territoriales, económicas y sociales que pueden justificar un tratamiento diferencial en cuanto a contraprestaciones para el uso del espectro.

Por tanto, el desarrollo del proyecto en mención constituirá un insumo clave para que el MinTIC pueda reglamentar y administrar las contraprestaciones de este tipo de redes, bajo criterios de eficiencia en el uso del espectro y coherencia con las necesidades de modernización y desarrollo de las regiones.

La Agencia Nacional del Espectro (ANE) adelanta este proyecto utilizando la metodología de Análisis de Impacto Normativo (AIN), cuyo desarrollo inicia con el contenido de este documento, en el cual se realiza la identificación del problema. Adicionalmente, es importante mencionar que la ANE viene adelantando una propuesta regulatoria para la promoción de redes privadas en las bandas de 410 MHz, 900 MHz, 3,5 GHz y 26 GHz orientada a habilitar mecanismos de acceso al espectro (incluida la valoración económica y el esquema de las contraprestaciones), con el fin de promover el acceso al recurso por parte de los sectores productivos, que actualmente ven limitado el desarrollo de este tipo de redes basadas en servicios de radiocomunicación móvil y fijo[1]. Al respecto, es importante mencionar que el objeto del análisis y el alcance del presente documento no incluye dichas bandas.

El documento está organizado en cuatro partes. Inicialmente, se presenta el contexto general de la temática a tratar. Posteriormente, se identifican el problema, las causas y las consecuencias relacionadas. En una siguiente sección se justifica la necesidad de la intervención y, finalmente, se propone un cuestionario que se podrá diligenciar en línea y con el cual se busca la participación de los interesados para recopilar observaciones y sugerencias a la identificación del problema, así como ideas clave e insumos estratégicos para el desarrollo de las siguientes etapas del proyecto.

[1] Los documentos de la propuesta en mención pueden ser consultados en: <https://ane.gov.co/Sliders/Publicaciones/PropuestaRedesPrivadasTecnico.pdf>,<https://ane.gov.co/Sliders/Publicaciones/AnalisisImpacto2026004RedesPrivadasAINParte1.pdf>

1. Contexto

1.1 Características generales de los sistemas de cubrimiento y/o enlaces punto multipunto

El literal A.3 del Anexo de la Resolución MinTIC 290 de 2010 establece el esquema de contraprestaciones económicas aplicable al uso de frecuencias radioeléctricas para *cubrimiento y/o enlaces punto multipunto*. Esta denominación comprende diferentes configuraciones de red que, aunque pueden compartir determinadas características operativas, responden a conceptos distintos. Por una parte, el *cubrimiento* se relaciona con la posibilidad de establecer comunicaciones dentro de una zona geográfica determinada (MinTIC, S.f.); por otra, los *enlaces punto multipunto* describen una configuración de red en la que una estación situada en un punto fijo se comunica con varias estaciones ubicadas en otros puntos fijos (MinTIC, S.f.). En ese sentido, estos conceptos no constituyen categorías necesariamente excluyentes, pues una red punto multipunto también puede proporcionar cobertura dentro de una zona geográfica definida.

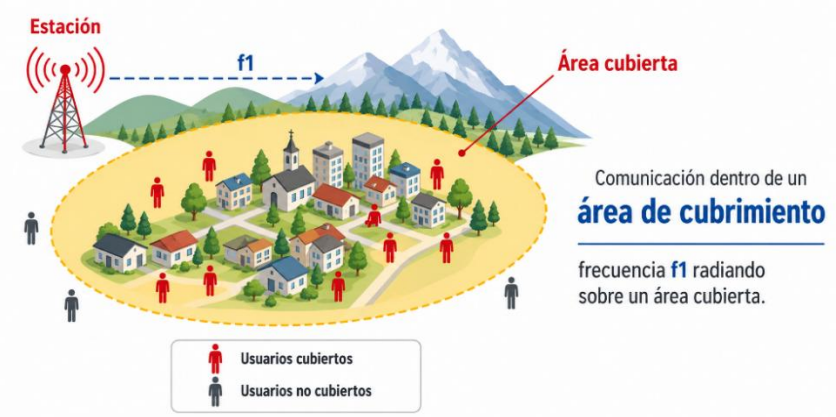
Desde el punto de vista administrativo, un elemento común es la delimitación del *área de servicio*, entendida como la zona geográfica dentro de la cual el titular de un permiso está autorizado para utilizar las frecuencias asignadas y operar los equipos de telecomunicaciones, de acuerdo con las condiciones técnicas y operativas establecidas en el respectivo acto administrativo (Resolución MinTIC 964 de 2019, artículo 2.1). Esta delimitación resulta especialmente relevante porque define la extensión territorial sobre la cual se autoriza el uso del espectro y a la vez, se relaciona con la cobertura radioeléctrica efectivamente alcanzada por las estaciones que conforman la red. Ambas dimensiones no necesariamente coinciden y pueden tener implicaciones diferentes para la disponibilidad y reutilización de las frecuencias por parte de otros interesados, dependiendo de las condiciones técnicas y de coordinación aplicables.

Bajo este marco se encuentran diversas tecnologías y aplicaciones de radiocomunicaciones. Entre ellas están los Sistemas Convencionales de Radio Móvil Terrestre, utilizados para establecer comunicaciones entre estaciones fijas, móviles y portátiles dentro de una zona de cobertura; los enlaces punto multipunto, que permiten comunicar una estación central situada en un punto fijo con múltiples estaciones terminales remotas; y los Sistemas Transmóviles empleados en actividades de televisión, entre otras aplicaciones particulares de radiocomunicaciones.

Aunque estas tecnologías y aplicaciones difieren en sus características técnicas, arquitecturas de red y finalidades, comparten un elemento relevante desde el punto de vista de la administración del espectro, el uso de las frecuencias se encuentra sujeto a un *área de servicio* geográficamente delimitada. Esta delimitación establece el ámbito territorial dentro del cual el titular del permiso está autorizado para operar, de conformidad con las condiciones técnicas, geográficas y operativas previstas en el respectivo acto administrativo.

Sin embargo, es importante distinguir entre el *área de servicio* autorizada y la cobertura radioeléctrica efectiva de las estaciones que conforman la red, pues ambas no necesariamente coinciden. Mientras la primera determina el alcance geográfico del derecho de uso, la segunda depende de las características técnicas de los equipos, su ubicación, las condiciones de propagación y la configuración de la red. La Figura 1 ilustra de manera simplificada este último concepto, mostrando el área cubierta por una estación y la distribución de usuarios dentro y fuera del alcance de su señal.

Figura 1. Concepto básico de un sistema de cubrimiento bajo la Resolución MinTIC 290 de 2010



Fuente: Elaboración propia con base en lo establecido en la Resolución MinTIC 290 de 2010. Diagramación realizada con apoyo de inteligencia artificial. Gemini [Large language model]. <https://gemini.google.com/>

Esta distinción resulta especialmente relevante para el análisis del régimen de contraprestaciones económicas, puesto que la valoración del espectro debe examinarse considerando tanto las características técnicas de las frecuencias como el alcance territorial de los permisos y las posibles restricciones que estos generan para su reutilización por terceros. Es por esto que, antes de examinar la estructura y los parámetros de la fórmula vigente, es necesario entender la diversidad de tecnologías y configuraciones de red comprendidas en este régimen, así como sus principales diferencias técnicas y operativas. A continuación, se describen las aplicaciones más representativas de esta

clasificación en Colombia, con el propósito de proporcionar los elementos necesarios para el posterior análisis de las condiciones bajo las cuales se valora económicamente el uso del espectro.

- **Sistemas de Radio Móvil terrestre (LMR).**

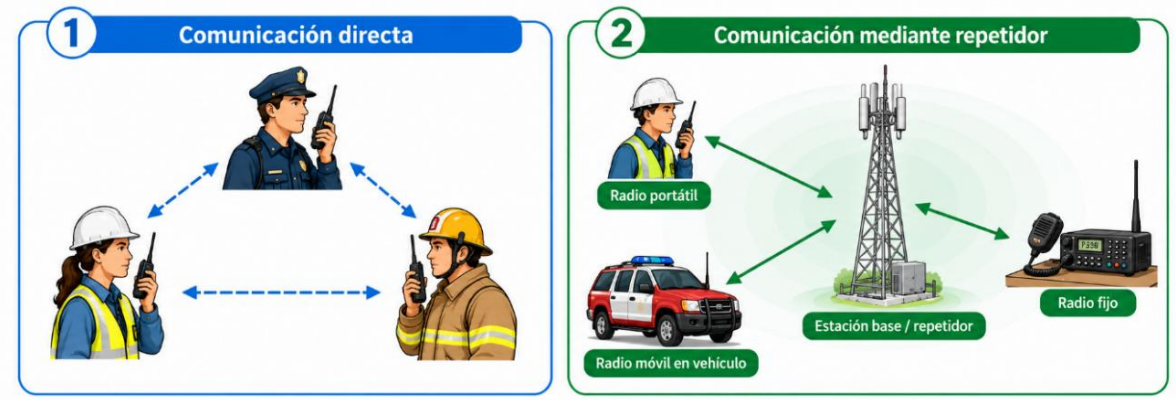
Un Sistema de Radio Móvil Terrestre (LMR por sus siglas en inglés) se refiere a un grupo de estaciones base, móviles, de control asociadas y de retransmisión fija que interactúan regularmente y están destinadas a prestar servicios de radiocomunicaciones móviles terrestres en una misma zona de operación[2] (CFR, s.f.). A nivel comercial, los sistemas LMR permiten establecer comunicación bidireccional *"push-to-talk"* de formas tanto analógica como digital siendo utilizada en comunicaciones de misión crítica, en seguridad pública y comunicaciones de operación crítica en empresas comerciales e industrias (Motorola, 2026).

Una red de configuración básica está integrada por estaciones transmisoras, que pueden ser estaciones base o repetidoras, y terminales de usuario móviles o portátiles. Estas redes permiten establecer comunicaciones de voz mediante canales de banda angosta, comúnmente de 12,5 kHz y 25 kHz y, en determinadas tecnologías digitales, de 6,25 kHz, dependiendo de las características del sistema implementado (ETSI, 2016). Según su configuración, las comunicaciones pueden realizarse en modo simplex, utilizando una misma frecuencia para transmitir y recibir de manera alternada, o en modo dúplex, mediante frecuencias diferenciadas para la transmisión y la recepción. La

[2] Definición traducida del Code of Federal Regulation. 47 CFR 90.7 "Land mobile radio system". <https://www.ecfr.gov/current/title-47/part-90/subpart-A#p-90.7(Land%20mobile%20radio%20system)>

Figura 2 presenta de manera simplificada ambas configuraciones.

Figura 2. Modos de operación de sistemas de cubrimiento simplex (izquierda) y dúplex (derecha)



Fuente: Elaboración propia. Diagramación realizada con apoyo de inteligencia artificial. Gemini [Large language model]. <https://gemini.google.com/>

Para comprender el funcionamiento de estas configuraciones, es importante distinguir los principales elementos que integran la red y las funciones que cumplen en el establecimiento de las comunicaciones:

- **Estación repetidora:** Conjunto receptor-transmisor que recibe una señal de radiofrecuencia en una frecuencia dada y la retransmite en otra. (MinTIC, S.f.) . Enlazan a los demás elementos del sistema (Estaciones base, móviles y portátiles) operando dentro de un área geográfica específica.

- **Estación base:** Conjunto de equipos, antenas y demás elementos localizados en un sitio autorizado, necesarios para la transmisión y recepción de señales radioeléctricas, de control, operación y comunicación

a los equipos terminales de usuario. (MinTIC, S.f.). En ese sentido, las Estaciones base son equipos que permanecen en una posición geográfica fija y que pueden ser: terminales receptoras de las emisiones provenientes de la estación repetidora o realizar emisiones dentro de un área geográfica para enlazar estaciones móviles y portátiles en caso de que el sistema no cuente con estación repetidora.

- **Estación móvil:** Estación de radiocomunicación del servicio móvil, destinada a ser utilizada en movimiento o mientras esté detenida en puntos no determinados (MinTIC, S.f.). Así entonces, las estaciones móviles son terminales del sistema, que se comunican con los otros elementos terminales del sistema a través de las estaciones base o repetidoras.

- **Estación Portátil:** Es la estación del servicio móvil radioeléctrico compuesta por elementos fácilmente transportables que tiene antena y fuente de energía incorporada en un mismo equipo (MinTIC, S.f.). al igual que las estaciones móviles, las portátiles se comunican con los otros elementos terminales del sistema a través de las estaciones base o repetidoras.

En Colombia, la Radio Movil Terrestre se asocia con los nombres; "sistemas de radio Convencional o monocanales de voz y/o datos" que se entienden como sistemas de radiocomunicaciones del servicio radioeléctrico fijo y móvil terrestre que operan mediante la explotación simplex, dúplex y semidúplex de uno o más canales radioeléctricos de voz y/o datos [3] y sistemas de "acceso troncalizado o trunking" que se entienden como sistemas fijos-móviles terrestres, que proporciona en sí mismos la capacidad completa para la comunicación entre usuarios y grupos de usuarios, mediante tecnologías de canales radioeléctricos múltiples compartidos de selección automática (MinTIC, 2026). Estos últimos se desarrollan principalmente bajo estándares P25, o APCO-25, Radio Troncal Terrestre (TETRA), Digital Mobile Radio (DMR) y Professional Digital Trunking (PDT) (HYTERA, 2026).

Aunque los Sistemas de Acceso Troncalizado (*trunking*) y los Sistemas de Radio Convencional comparten elementos básicos de su arquitectura de red, se diferencian principalmente en la manera en que administran los canales radioeléctricos. Mientras que en los Sistemas Convencionales las comunicaciones utilizan canales previamente definidos, los Sistemas

[3] Definición tomada del Artículo 2 del decreto 2103 de 2003, derogado por el art. 20, Decreto Nacional 2870 de 2007 "*Por medio del cual se adoptan medidas para facilitar la Convergencia de los servicios y redes en materia de Telecomunicaciones"*. Aunque el Decreto 2103 de 2003 fue derogado, esta definición no fue retomada en la norma.

Troncalizados disponen de un conjunto de canales compartidos y un controlador central que gestiona su asignación de forma automática. Cuando un usuario o grupo de usuarios solicita establecer una comunicación, el controlador identifica un canal disponible y lo asigna temporalmente; una vez finalizada la comunicación, este vuelve a quedar disponible para otros usuarios. Como se ilustra en la Figura 3, este mecanismo permite compartir dinámicamente los recursos radioeléctricos entre diferentes usuarios y grupos de comunicación, reduciendo los períodos de inactividad de los canales y favoreciendo un aprovechamiento más eficiente del espectro. De esta manera, es posible atender un mayor número de usuarios con los canales disponibles, aunque la cantidad de comunicaciones simultáneas continúa dependiendo de la capacidad de la red.

Figura 3. Esquema simplificado de un Sistema de Radio de Acceso Troncalizado



Fuente: Elaboración propia. Diagramación realizada con apoyo de inteligencia artificial. Gemini [Large language model]. <https://gemini.google.com/>

Como se detallará más adelante en este documento, las frecuencias para la operación de los Sistemas de Radio Convencional y los Sistemas de Acceso Troncalizado componen más del 99% de las frecuencias registradas con un *área de servicio* que se valoran bajo el esquema de la Resolución MinTIC 290 de 2010 para *cubrimiento* y/o *enlaces punto multipunto*.

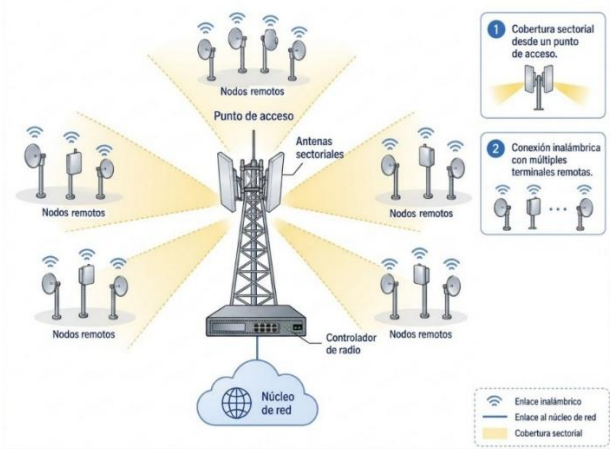
➢ Enlaces Punto Multipunto

Los *Enlaces Punto Multipunto* (o punto a zona)[4], están estructurados a partir de puntos de acceso que irradian señal a través de antenas para brindar cobertura

[4] La comunicación punto a zona es la proporcionada por enlaces entre una estación situada en un punto fijo determinado y cualquier estación o estaciones situadas en puntos no especificados de una zona dada que constituye la zona de cobertura de la estación situada en un punto fijo. (MinTIC, S.f.)

sectorial. Estos puntos se conectan de manera inalámbrica con múltiples nodos o terminales remotas fijas distribuidas a lo largo del área cubierta. Toda la información proveniente de los terminales se consolida en el punto de acceso y es gestionada por un controlador de radio que agrega y enruta el tráfico hacia el núcleo central de la red (ver Figura 4). Esta topología resulta útil para proveer conectividad en redes de "backhaul", implementar puntos de acceso en redes inalámbricas tipo Wi-Fi o habilitar redes privadas de alta capacidad. Los equipos *Punto Multipunto* actuales permiten la asignación dinámica del ancho de banda entre los distintos terminales remotos según los parámetros de Calidad de Servicio (*QoS*) configurados (CBNL, 2017).

Figura 4. Topología red Punto Multipunto con un punto de acceso y varias terminales remotas



Fuente: Elaboración propia con base en información de (CBNL, 2017). Diagramación realizada con apoyo de inteligencia artificial. Gemini [Large language model]. <https://gemini.google.com/>

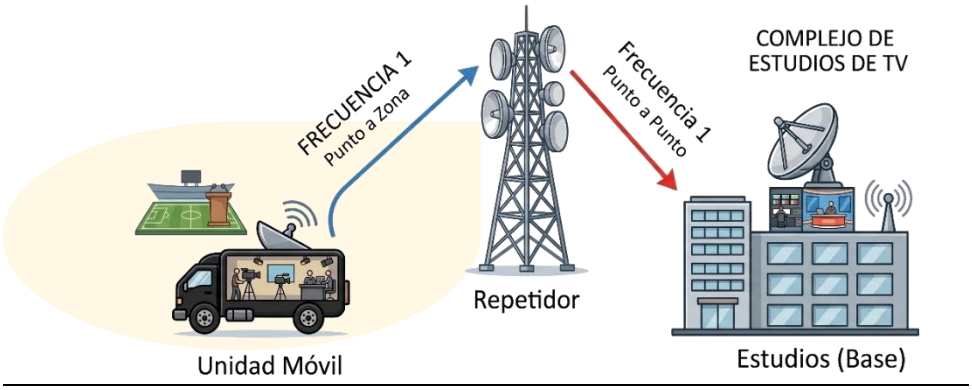
➢ Enlaces Transmóviles del Servicio de Televisión

Los *Enlaces Transmóviles de Televisión* permiten enviar contenidos audiovisuales desde el lugar en el que son captados hasta los estudios de televisión u otras estaciones fijas por medio de *estaciones transmisoras móviles* que pueden desplazarse y operar temporalmente desde distintos puntos dentro de una zona determinada. Estas estaciones se emplean, por ejemplo, para cubrir eventos deportivos, conciertos, manifestaciones, emergencias o transmisiones periodísticas realizadas fuera de los estudios.

La comunicación se realiza mediante una configuración punto a zona entre una estación repetidora que puede estar ubicada en un punto geográfico conveniente

como un cerro en donde se reciben las señales para ser retransmitidas, y una o varias estaciones transmisoras móviles situadas en diferentes lugares dentro del área de cobertura (Ver Figura *5*). Estas estaciones móviles pueden corresponder, entre otros casos, a unidades móviles de televisión, vehículos de transmisión, cámaras inalámbricas o equipos portátiles utilizados por los equipos periodísticos para enviar las señales de audio y video hacia la infraestructura fija del servicio. La estación repetidora se conecta (mediante comunicación punto a punto, por ejemplo) a una base, central o estudio donde se reciben los contenidos y se realiza la emisión.

Figura 5. Esquema general de Sistemas Transmóviles del Servicio de Radiodifusión de Televisión



Fuente: Elaboración propia. Diagramación realizada con apoyo de inteligencia artificial. Gemini [Large language model]. <https://gemini.google.com/>

Las frecuencias destinadas a la operación de los Sistemas Transmóviles del servicio de radiodifusión de televisión se encuentran diferenciadas de forma específica dentro del esquema de valoración de la Resolución MinTIC 290 de 2010, como se presentará más adelante cuando se analice dicho esquema.

- **Frecuencias utilizadas para el acceso a redes de seguridad pública.**

Además de los Sistemas Convencionales de Radio Móvil Terrestre y de Acceso Troncalizado descritos anteriormente, existen otras aplicaciones de radiocomunicaciones que utilizan frecuencias asignadas dentro de un *área de servicio* autorizada. Entre ellas se encuentran las Redes Locales de Comunicaciones, que pueden apoyar actividades de seguridad pública, atención de emergencias y gestión del riesgo de desastres mediante la transmisión de

voz, datos y video. A diferencia de los sistemas tradicionales de banda angosta, estas redes permiten desarrollar aplicaciones que requieren mayores capacidades de transmisión, como videovigilancia, intercambio de información en tiempo real y coordinación de operaciones en campo.

En Colombia, el artículo 1.2.2 de la Resolución ANE 105 de 2020 estableció un **Plan de Banda para el segmento de 380 a 398 MHz**, destinado a la implementación de redes locales privadas de comunicaciones móviles, con canalizaciones de 3, 5 y 10 MHz y operación mediante duplexación por división de tiempo (TDD) (ANE, 2026). Este plan permite desarrollar redes locales de comunicaciones, siempre que su finalidad sea distinta de la prestación de servicios de telecomunicaciones a terceros[5]. Su establecimiento se relaciona con los desarrollos internacionales en materia de radiocomunicaciones para protección pública y atención de desastres, entre ellos la Recomendación UIT-R M.2015-2, que recoge disposiciones de frecuencias para estas aplicaciones y promueve su armonización internacional (UIT, 2018).

Como parte de este desarrollo, el MinTIC publicó en 2020 una guía dirigida a los entes territoriales para facilitar la implementación de redes de uso privado orientadas a fortalecer los servicios de seguridad en ciudades y municipios, sobre banda ancha móvil[6]. El documento identifica aplicaciones relacionadas con la videovigilancia, las comunicaciones entre grupos de trabajo y el intercambio de información para apoyar las actuaciones de las autoridades (MinTIC, 2020). Este caso resulta relevante para el análisis del régimen de contraprestaciones económicas, pues evidencia la coexistencia de aplicaciones con necesidades de ancho de banda y características operativas diferentes dentro de las asignaciones asociadas a *áreas de servicio*. Por tanto, permite examinar cómo responde la metodología vigente de valoración a tecnologías que requieren canales de varios MHz, frente a los sistemas convencionales que utilizan canales de banda angosta.

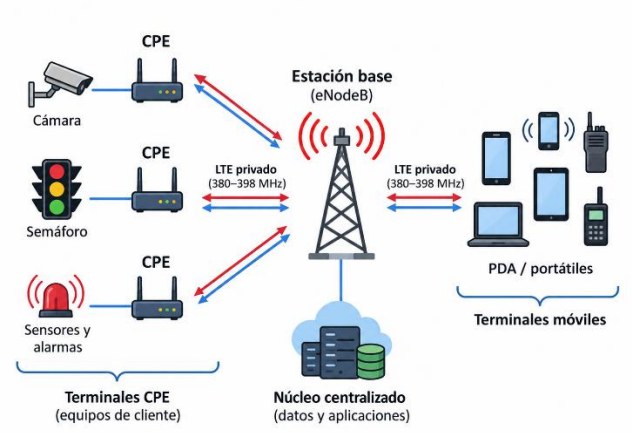
El funcionamiento de estas redes se basa en la tecnología LTE (Long Term Evolution), cuya arquitectura integra diferentes componentes para permitir la transmisión de voz, datos y video dentro de un *área de cobertura* determinada. Un diagrama de la aplicación descrita se ilustra en la Figura 6, las estaciones base proporcionan conectividad inalámbrica a los terminales de usuario, entre los que se encuentran dispositivos móviles y portátiles, así como equipos de cliente CPE (Customer Premises Equipment), que permiten conectar cámaras de videovigilancia, sensores, alarmas y otros dispositivos. Estos elementos se

[5] Plan de banda para servicios de comunicaciones móviles de banda ancha en 380 MHz, Adoptado por el Artículo 1.2.2. de la Resolución ANE 105 de 2020, disponible en: <https://www.ane.gov.co/SitePages/normatividad/index.aspx?p=741>
[6] Para más información consultar: <https://mintic.gov.co/portal/715/articles-146317_ciudades_seguras.pdf>

comunican mediante la red de acceso radioeléctrico con un núcleo centralizado, encargado de gestionar las conexiones, el intercambio de información y el acceso a las aplicaciones y servicios de la red.

Esta arquitectura permite integrar diferentes fuentes de información y facilitar su transmisión hacia centros de control y operación, lo que resulta especialmente útil para aplicaciones de seguridad pública, atención de emergencias y gestión del riesgo de desastres. Adicionalmente, al tratarse de redes privadas, es posible implementar mecanismos de control de acceso, autenticación y seguridad de la información, de acuerdo con las necesidades operativas y los requisitos de protección de los datos de cada organización.

Figura 6. Diagrama conceptual de la red inalámbrica de acceso en la banda 380 - 398 MHz para las redes de seguridad pública.



Fuente: Elaboración propia. Diagramación realizada con apoyo de inteligencia artificial. Gemini [Large language model]. <https://gemini.google.com/>

En la práctica, la capacidad operativa de esta solución permite buscar interacciones y tiempos de respuesta oportunos por parte de las distintas entidades de seguridad como, por ejemplo, la policía, bomberos, tránsito y los servicios de ambulancias. Los anchos de banda permitidos en el CNABF son de 3, 5 y 10 MHz, los cuales permiten soportar servicios multimedia que abarcan desde comunicaciones de voz grupales y envío de datos, hasta la consulta de sistemas de información geográfica, esquemas de videovigilancia e interconexión de cámaras fijas para el monitoreo de espacios urbanos.

El MinTIC abrió procesos para la asignación de estas frecuencias en los años 2022 y 2023[7], en los cuales se asignaron solo cuatro (4) frecuencias a entidades públicas municipales[8]. Dichas asignaciones continúan vigentes.

1.2 Esquema administrativo de las asignaciones de frecuencias para cubrimiento y/o enlaces punto multipunto

En este apartado, se describe de forma general, el esquema que desde el punto de vista administrativo se ha empleado en Colombia, para realizar las asignaciones de frecuencias para cubrimiento el cual permite dar contexto a la formulación y los parámetros de valoración económica que define la resolución 290 de 2010 que se examinarán con detalle en más adelante en el presente documento.

De acuerdo con los conceptos que ya se presentaron en la sección 2.1, las frecuencias para cubrimiento y de enlaces punto multipunto, están relacionadas con una *"Área de Servicio"* geográfica dentro de la cual pueden operar los equipos destinados a la telecomunicación, bajo un permiso y con unos parámetros técnicos de operación autorizados.

Por tanto, el MinTIC acompaña las resoluciones de asignación de espectro con Cuadros de Características Técnicas de Red (CCTRs) los cuales son el instrumento que permite ver de forma organizada cada una las frecuencias que son asignadas a los Proveedores de Redes y Servicios de Telecomunicaciones (PRSTs) y las áreas de servicio autorizadas así como los diferentes parámetros técnicos y administrativos asociados a ellas, como por ejemplo; la cantidad de elementos físicos de una red; (Estaciones repetidoras, Radiobases, dispositivos móviles y portátiles), su ancho de banda de operación, ubicación geográfica, altura sobre el nivel del terreno, potencias radiadas, ganancias de las antenas entre otros.

En este sentido, MinTIC cuenta con expedientes administrativos que recopilan la información de las asignaciones de frecuencias a los PRST en Colombia. Dentro de los expedientes se encuentran enumeradas un determinado número de redes y cada red tiene asociadas un grupo de frecuencias con parámetros técnicos de operación y un área de servicio definida a través de la codificación de la división

[7] Proceso de Selección Objetiva 001 de 2022 y Proceso de Selección Objetiva 001 de 2023. Más información disponible en: <https://www.mintic.gov.co/portal/inicio/Micrositios/Seleccion-Objetiva-Asignacion-de-Espectro/Historico/>

[8] Información de la base de datos de SGE obtenida en febrero de 2026. Se encuentran asignaciones para entes municipales en Chia y en Pereira.

política administrativa de Colombia – DIVIPOLA diseñada por el DANE[9]. La siguiente tabla presenta un ejemplo de esta clasificación:

Tabla 1. Ejemplo de la estructura administrativa asociada a las frecuencias para cubrimiento y/o enlaces punto multipunto.

Operador	Expediente	Red	Frecuencia (MHz)	Ancho de Banda (kHz)	Área de Servicio autorizado (Código DANE)
PRST1	97001111	1	157,925	12,5	00
		2	443,2375	12,5	05001, 05360, 05266
		3	440,4875 445,4875	12,5	13001

Fuente: Elaboración propia.

Para el ejemplo de referencia, el asignatario "PRST1" cuenta con un expediente catalogado 97001111 dentro del cual se registraron 3 redes;

- La red número 1 opera con la frecuencia 157,925 MHz que tiene un ancho de banda de 12,5 KHz y tiene autorizada la operación a nivel nacional (00).

- La red número 2 opera con la frecuencia 443,2375 MHz con ancho de banda de 12,5 KHz y tiene autorizada su área de servicio en Medellín (00), Itagüí (05360) y Envigado (05266).

- La red número 3 opera con las frecuencias 440,4875 MHz y 445,4875 MHz con ancho de banda de 12,5 KHz. Dichas frecuencias pueden operar en Cartagena (13001) de acuerdo con su área de servicio autorizada.

Se anota que cada red cuenta con otras características técnicas e información administrativa asociadas que no se muestran en la tabla del ejemplo para facilitar la comprensión.

[9] DIVIPOLA es una nomenclatura estandarizada, diseñada por el DANE para la identificación de Entidades Territoriales (departamentos, distritos y municipios), Áreas No Municipalizadas y Centros Poblados, mediante la asignación de un código numérico único a cada una de estas unidades territoriales (DANE, 2026). Mas información disponible en: https://www.dane.gov.co/index.php/sistema-estadistico-nacional-sen/normas-y-estandares/nomenclaturas-y-clasificaciones/nomenclaturas/codificacion-de-la-division-politica-administrativa-de-colombia-divipola

Cabe destacar que la codificación de las áreas de servicio, de acuerdo con la división política administrativa de Colombia; permite definir los parámetros de valoración de las contraprestaciones asociados a las frecuencias de cubrimientos de la Resolución 290 de 2010, cuya formula, como ya se mencionó, se detallará más adelante en este documento, esta definición ocurre en dos sentidos:

- Las áreas de servicio bajo la norma citada se clasifican en; municipal, regional municipal (grupos de municipios), departamental, regional departamental (grupos de departamentos) o Nacional. También se da un carácter diferencial a Bogotá como área de servicio en particular. En este sentido la Codificación de DIVIPOLA permite asociar dicha clasificación.

- La población en Cantidad de habitantes que se relaciona bajo la formulación de la citada resolución de acuerdo con el área de servicio autorizada, se define por las proyecciones de población que realiza el DANE.

Ahora bien, es importante tener en cuenta que el cubrimiento real de un sistema radiante está determinado por la física de la propagación de las Ondas sobre el terreno geográfico, por las características técnicas del sistema radiante y de la red, más no por la división política administrativa territorial. Por lo tanto, el concepto de "área de servicio", no considera el cubrimiento real de un sistema, sino el área geográfica administrativa de "interés" para el PRST en donde dicho sistema puede operar. En la Figura 8 se ilustra este concepto, presentando un ejemplo hipotético de una radiobase que opera generando una mancha de cobertura (área en amarillo) que abarca parcialmente tres municipios (MUNICIPIO A, MUNICIPIO B y MUNICIPIO C). Aunque en este caso la mancha no cubre exactamente el área completa de los tres municipios, la administración podría indicar que el área de servicio son los tres municipios.

Figura 7. Ilustración conceptual del área de servicio vs un cubrimiento real generado desde una estación base/repetidora

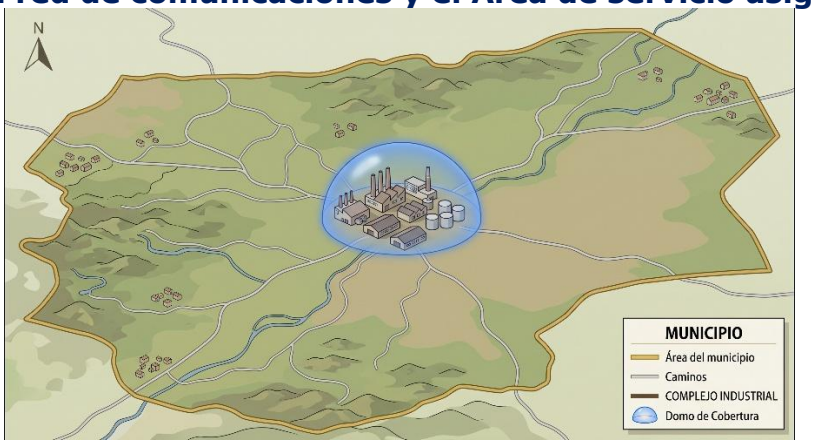


Fuente: Imagen generada con inteligencia artificial. Gemini [Large language model]. <https://gemini.google.com/>

También es importante considerar que, bajo este esquema administrativo, el mínimo nivel de granularidad geográfica posible para una solicitud de frecuencias es el área municipal, Por lo tanto; considerando que en la práctica existe una divergencia entre la clasificación político-administrativa y la huella física real de propagación de diversas tecnologías, se puede presentar el caso en el cual, el área de cubrimiento físico efectivo que permite un caso de uso específico o una tecnología, es menor comparada con el área del municipio que alberga el sistema.

Un caso de uso para ilustrar esta divergencia es el despliegue de un sistema de Radio Móvil Terrestre – LMR, destinado exclusivamente a las comunicaciones dentro de un complejo industrial. Para este ejemplo, la red es diseñada a la medida utilizando radios de baja potencia con el propósito de confinar la señal radiada a los límites del área operativa de la empresa (por ejemplo; algunas hectáreas o kilómetros cuadrados) para evitar interferencias y garantizar la seguridad de las comunicaciones (Figura 9).

Figura 8. Ejemplo conceptual de la diferencia entre el cubrimiento real de una red de comunicaciones y el Área de servicio asignada.



Fuente: Imagen generada con inteligencia artificial. Gemini [Large language model]. <https://gemini.google.com/>

Para el ejemplo citado, aunque el área de cubrimiento físico efectivo es pequeña en comparación con la extensión total del municipio que la alberga, el esquema de asignación vigente puede catalogar administrativamente como área de servicio mínima la municipal, sobrestimando geográficamente el uso real del recurso. Esta situación administrativa podría presentarse para el caso de otras tecnologías como, por ejemplo; las redes inalámbricas de área local (WLAN) basadas en estándares 3GPP para LTE/5G donde se utilizan micro celdas para cubrimientos pequeños sobre locaciones específicas[10] o enlaces fijos de microondas punto multipunto en bandas altas con distancias de enlace cortas[11]. Cabe señalar que la administración en Colombia reconoce parcialmente este tipo de confinamientos radioeléctricos mediante el esquema de contraprestaciones específico para "Recintos Cerrados"; el cual establece un valor diferencial de las contraprestaciones para la cobertura radioeléctrica comprendida exclusivamente al interior de inmuebles, conjuntos cerrados o edificaciones[12]. Sin embargo, para

[10] El *Reporte UIT-R M.2412-0: Directrices para la evaluación de las tecnologías de interfaz radioeléctrica para las IMT-2020;* detalla los entornos de prueba para las redes 5G. Define los entornos de microceldas densas (*Dense Urban-eMBB*) y puntos de acceso (*Indoor Hotspot*), incluyendo distancias entre sitios de entre 20 m y 200 m y en el caso de entornos rurales (*Rural-eMBB)* se presentan escenarios de hasta 6Km entre sitios. Reporte disponible en: <https://www.itu.int/pub/R-REP-M.2412-2017>

[11] Las distancias de operación de los radioenlaces dependen de las bandas de frecuencias, características técnicas asociadas a los equipos, infraestructura y la física de la propagación de las ondas. Un ejemplo de sistemas punto multipunto en bandas entre 10.5 y 26 GHz se expone en la Recomendación ITU-R F.755-2 donde se presentan rangos operativos mayores a 2 Km en la banda de 26 GHz y mayores a 10 Km en banda de 10.5 GHz. Reporte disponible en: <https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/f/r-rec-f.755-2-199905-i!!pdf-e.pdf>

[12] Las definiciones de la valoración del espectro para recintos cerrados se pueden consultar a través de la Resolución MinTIC 290 de 2010, disponible en: <https://normograma.mintic.gov.co/mintic/compilacion/docs/resolucion_mintic_0290_2010.htm>

aquellas redes para comunicaciones privadas, que operan en instalaciones abiertas y no cumplen con la definición estricta de recinto cerrado, sigue existiendo la diferencia técnica entre la delimitación administrativa del área de servicio municipal y la cobertura real de la tecnología.

Por otra parte, a través de una solicitud de frecuencias ante el Mintic, los interesados también pueden solicitar el área de servicio de su interés, y la Administración del espectro realiza los análisis técnicos respectivos para dar viabilidad técnica a esta solicitud, independientemente del cubrimiento real generado por el sistema radiante. Por lo tanto, el área de servicio solicitada no necesariamente guarda correspondencia con el cubrimiento real.

En este sentido, no solamente existe una diferencia entre el concepto administrativo de Área de servicio y el cubrimiento real, sino que también puede existir diferencia entre el Área de servicio solicitada y el área de cubrimiento bajo la cual efectivamente pueden operar las frecuencias asignadas.

2.2.1. Los Procesos de selección Objetiva PSO para la asignación del espectro.

El acceso al espectro radioeléctrico parte de la regla prevista en el artículo 11 de la Ley 1341 de 2009, modificado por el artículo 8 de la Ley 1978 de 2019, conforme a la cual su uso requiere permiso previo y expreso otorgado por el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC). Para el otorgamiento de estos permisos se contempla la aplicación de mecanismos de selección objetiva, previa convocatoria pública, orientados a fomentar la inversión en infraestructura y maximizar el bienestar social derivado del uso del recurso, regla que se complementa con lo previsto en el artículo 72 de la misma ley, en el que se exige verificar previamente la existencia de pluralidad de interesados en la respectiva banda de frecuencias y, cuando esta se presente, adelantar el correspondiente proceso de selección objetiva.

Lo anterior conlleva que la selección objetiva constituye, por tanto, el mecanismo ordinario para propiciar que el acceso al espectro se produzca bajo condiciones previamente definidas y verificables, en consonancia con su naturaleza de bien público escaso sometido a la gestión y control del Estado; esta finalidad fue examinada por la Corte Constitucional en la Sentencia C-403 de 2010, en la que, al analizar el régimen de asignación previsto en la Ley 1341 de 2009, se destacó la necesidad de preservar la igualdad de oportunidades en el acceso al recurso y se restringieron las hipótesis que permitían acudir a la asignación directa como regla general.

El procedimiento correspondiente se encuentra desarrollado en los artículos 2.2.2.1.1.1 y siguientes del Decreto 1078 de 2015 y, para los segmentos atribuidos a los servicios radioeléctricos fijo y móvil terrestre, en la Resolución MinTIC 1075 de 2020, modificada por la Resolución MinTIC 3214 de 2026. En este marco, antes de la apertura del proceso debe determinarse la existencia de pluralidad de interesados respecto de las frecuencias o bandas que se pretende asignar y, una vez verificada esta condición, el MinTIC puede ordenar su apertura mediante acto administrativo motivado, en el cual se identifican, entre otros aspectos, las frecuencias objeto de asignación, su localización geográfica, los usos o aplicaciones permitidos, las contraprestaciones aplicables, los requisitos técnicos, los criterios de selección y el cronograma, para posteriormente evaluar las solicitudes y otorgar los permisos que correspondan.

En lo que concierne a las frecuencias para cubrimiento y enlaces punto multipunto objeto de este análisis, actualmente los Procesos de selección Objetiva que adelanta MinTIC consideran segmentos atribuidos a los servicios radioeléctricos fijo y móvil terrestre en VHF, dentro del rango de 138 MHz a 174 MHz, y en UHF, dentro de los rangos de 412 MHz a 420 MHz, 422 MHz a 430 MHz y 440 MHz a 470 MHz, con las exclusiones previstas para determinados segmentos y para las frecuencias que se encuentran en estado de reserva del Sistema Nacional de Telecomunicaciones de Emergencias (SNTE)[13].

Así mismo, para la operación de enlaces de comunicación punto multipunto y sistemas de cubrimiento se contempla el rango SHF de 10 GHz a 10,6 GHz, todo ello sujeto a la atribución, los planes de banda y los planes de distribución de canales contenidos en el Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias (CNABF).

Ahora bien, la selección objetiva constituye el mecanismo ordinario para el otorgamiento de permisos de uso del espectro, sin perjuicio de que el ordenamiento contemple situaciones en las que puede prescindirse de este procedimiento, como en el caso del artículo 2.2.2.1.2.4 del Decreto 1078 de 2015, en el que se prevé esta excepción respecto de las frecuencias o canales que el MinTIC estime necesario reservar para la operación de redes y servicios de telecomunicaciones con fines estratégicos para la defensa nacional, la atención y prevención de situaciones de emergencia y la seguridad pública. Así mismo, en los artículos 2.2.2.1.2.1 a 2.2.2.1.2.3 se regula el otorgamiento directo de permisos temporales cuando resulte necesario garantizar la continuidad en la prestación del servicio, por el término estrictamente necesario para adelantar el correspondiente proceso de selección objetiva.

[13] Para más información consultar: <https://www.mintic.gov.co/portal/inicio/Micrositios/Seleccion-Objetiva-Asignacion-de-Espectro/>

1.3 Caracterización económica de las asignaciones de frecuencias para sistemas de cubrimiento y/o enlaces multipunto

Antes de caracterizar la estructura, evolución y distribución económica de las asignaciones de frecuencias para cubrimiento y/o enlaces Punto–Multipunto (PMP), es necesario definir con precisión la unidad sobre la cual se construirá el análisis. Esta definición es particularmente relevante porque la información disponible proviene de asignaciones registradas en el Visor de Espectro asociados al servicio de cubrimiento, por tanto, un registro de la base no necesariamente corresponde de manera directa a una red, una estación, una empresa o una decisión económica independiente.

Para efectos de esta caracterización se construye una unidad de análisis a partir de la siguiente combinación:

Asignación = Expediente + Red + Frecuencia + Área de Servicio

Esta combinación permite agrupar los registros administrativos alrededor de cuatro dimensiones que, conjuntamente, aproximan una decisión de utilización del espectro: el expediente bajo el cual se encuentra registrada la asignación, la red a la cual pertenece, la frecuencia utilizada y el área geográfica donde dicha frecuencia presta el servicio.

Desde una perspectiva económica, la asignación puede interpretarse como una aproximación a una unidad de demanda de espectro dentro de una determinada configuración de red y territorio. En otras palabras, la asignación permite identificar situaciones en las que un agente dispone de una frecuencia específica, dentro de una red determinada, para prestar el servicio en un área de servicio particular.

El expediente funciona principalmente como identificador administrativo y permite asociar las asignaciones con el marco bajo el cual fueron registradas o autorizadas. Por sí solo, no constituye una unidad económica, dado que un mismo expediente puede contener múltiples redes, frecuencias o áreas de servicio.

La red aproxima la estructura técnica u operacional dentro de la cual se utiliza el espectro. Su inclusión permite diferenciar usos que, aunque pertenezcan al mismo expediente u operador, corresponden a configuraciones distintas de prestación del servicio.

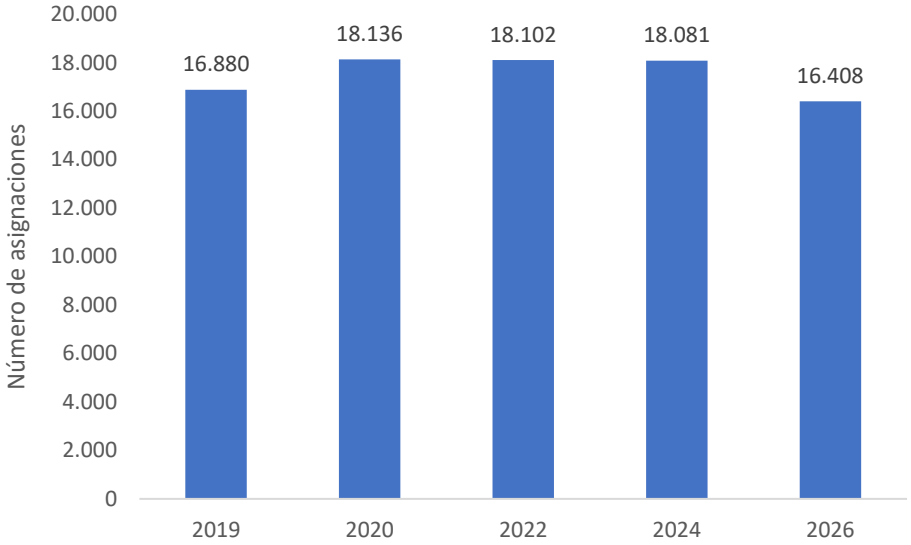
La frecuencia representa directamente una dimensión del recurso escaso administrado por el Estado. Su incorporación es fundamental porque dos configuraciones idénticas en términos de expediente, red y territorio pueden representar decisiones diferentes de utilización del espectro cuando operan en frecuencias distintas.

Finalmente, **el área de servicio** incorpora la dimensión territorial de la asignación. Económicamente, este componente permite reconocer que el valor y la función de una frecuencia dependen también del espacio geográfico en el cual puede ser utilizada.

Por tanto, la interacción de estos cuatro componentes permite aproximar una unidad que responde simultáneamente a las dimensiones administrativa, tecnológica, espectral y territorial del servicio de punto multipunto.

La caracterización histórica se realiza con base en la información disponible para los años 2019, 2020, 2022, 2024 y 2026. En consecuencia, no se dispone de observaciones para 2021, 2023 y 2025, por lo que la evolución presentada corresponde a cortes disponibles y no a una serie anual continua. Esta restricción debe tenerse en cuenta al interpretar los cambios observados entre periodos.

Figura 9. Evolución de asignaciones de cubrimiento 2019 - 2026



Fuente: Elaboración propia con datos de SGE. **Notas**: Fecha de corte septiembre de 2026.

Entre los cortes disponibles se observa un cambio en la trayectoria de las asignaciones. El número de registros aumenta de 16.880 en 2019 a 18.136 en 2020, máximo del periodo analizado, con un crecimiento cercano al 7,4 %. Entre

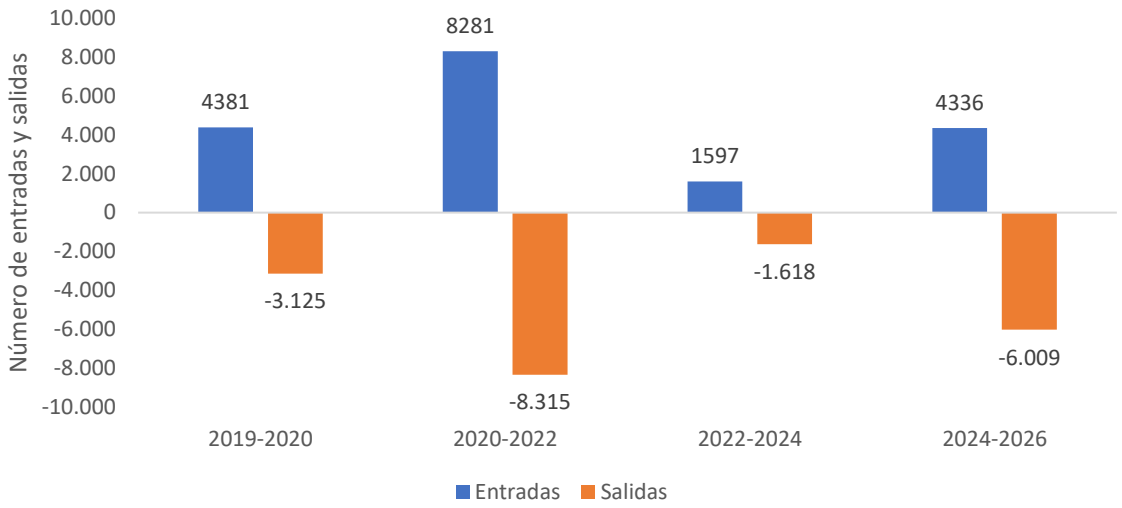
2020 y 2024 el número de asignaciones se mantiene prácticamente estable, alrededor de 18.100 registros (18.102 en 2022 y 18.081 en 2024). En 2026 desciende a 16.408, nivel aproximadamente 9,4 % inferior al registrado en 2022 y 2,8 % inferior al de 2019. Esta evolución no debe interpretarse como una reducción anual continua, dado que no se dispone de observaciones para 2021, 2023 y 2025; en particular, la disminución se concentra entre los cortes de 2024 y 2026. Asimismo, la variación del stock corresponde al saldo entre configuraciones que permanecen, aparecen o dejan de observarse entre cortes, por lo que no equivale directamente a un número de nuevos permisos, devoluciones o cancelaciones administrativas. Para precisar la dinámica subyacente, se analizan a continuación las permanencias, entradas y salidas de asignaciones entre los diferentes periodos.

Para realizar esta descomposición se hizo seguimiento a cada asignación mediante la unidad de análisis definida previamente como la combinación de expediente, red, frecuencia y área de servicio. Para los cortes de 2019 a 2024, la dimensión territorial se identificó mediante la variable DANE, mientras que para 2026 se utilizó su variable equivalente de área de servicio. Una asignación se considera permanente cuando la misma combinación se encuentra en ambos cortes; se clasifica como entrada cuando aparece en el corte posterior y no se encontraba en el anterior, y como salida cuando estaba presente en el corte inicial, pero deja de observarse en el siguiente. En consecuencia, para cada intervalo se cumple que el stock final corresponde al stock inicial más las entradas menos las salidas. Lo anterior se puede expresar como:

$$Stock_{t+1} = Stock_t + Entradas - Salidas$$

La descomposición muestra que la evolución del stock oculta movimientos considerablemente mayores que los cambios netos observados entre periodos. Entre 2019 y 2020 se identifican 4.827 entradas y 3.136 salidas, lo que genera un saldo positivo de 1.691 asignaciones. Este resultado explica el crecimiento observado en el stock durante la primera parte del periodo y muestra que la expansión no estuvo exenta de salidas, sino que las nuevas configuraciones superaron a aquellas que dejaron de observarse.

Figura 10. Entradas y salidas observadas de asignaciones entre cortes, 2019–2026



Fuente: Elaboración propia con datos de SGE. **Nota**: Fecha de corte septiembre de 2026.

Entre 2019 y 2020 se registran 4.381 entradas, equivalentes al 26,0 % del stock inicial, frente a 3.125 salidas (18,5 %), lo que produce un aumento neto de 1.256 asignaciones y una tasa de permanencia del 81,5 %. Es el único intervalo en el que las entradas superan claramente a las salidas.

El comportamiento entre 2020 y 2022 es particularmente relevante. Aunque el número total de asignaciones disminuye apenas en 34, se identifican 8.281 entradas y 8.315 salidas. En otras palabras, la aparente estabilidad del *stock es el resultado de dos flujos de magnitud similar que prácticamente se compensan. Además, solo el 54,2 % de las asignaciones observadas en 2020 permanece con la misma configuración en 2022, lo que evidencia una elevada recomposición interna del universo analizado.*

Entre 2022 y 2024 los flujos son mucho menores y casi se equilibran: se registran 1.597 entradas frente a 1.618 salidas, con una reducción neta de solo 21 asignaciones. La tasa de permanencia alcanza el 91,1 %, la más alta de los periodos an*alizados, por lo que este intervalo corresponde a una etapa de estabilidad, con baja intensidad de movimientos.*

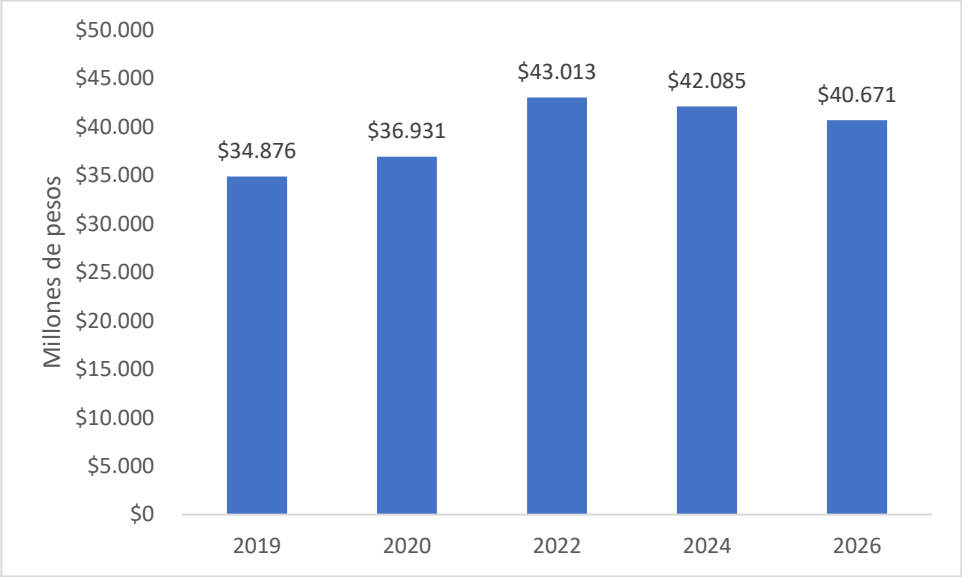
La contracción se concentra entre 2024 y 2026. Durante este intervalo se identifican 4.336 entradas, equivalentes al 24,0 % del stock inicial, frente a 6.009 salidas, correspondientes al 33,2 %. Como resultado, las salidas superan a las entradas en 1.673 asignaciones. Sin embargo, la existencia de un flujo de entrada equivalente a casi una cuarta parte del stock inicial muestra que continúa existi*endo demanda por nuevas configuraciones de uso del espectro.*

La reducción neta observada debe interpretarse, por tanto, como un proceso de recomposición en el que las salidas superan a las entradas, y no como evidencia suficiente de pérdida de utilidad o desaparición de la demanda por el servicio.

En síntesis, la trayectoria del periodo muestra tres etapas: una expansión entre 2019 y 2020; una fase de estabilidad del stock entre 2020 y 2024, primero con una intensa recomposición interna y luego con baja rot*ación; y una contracción neta entre 2024 y 2026 que coexiste con un flujo relevante de nuevas configuraciones.*

La dinámica observada entre cortes corresponde al universo de asignaciones vigentes identificado en la información disponible y no exclusivamente a permisos otorgados mediante Procesos de Selección Objetiva. En consecuencia, las entradas identificadas en esta caracterización deben interpretarse como configuraciones que aparecen entre dos cortes de información y no necesariamente como nuevos permiso*s originados mediante un único mecanismo de otorgamiento. De igual forma, las salidas corresponden a configuraciones que dejan de observarse entre cortes y no deben interpretarse automáticamente como cancelaciones administrativas.*

Figura 11. Evolución del valor agregado de contraprestación (VAC), 2019–2026



Fuente: Elaboración propia con datos de SGE. **Nota**: Fecha de corte septiembre de 2026.

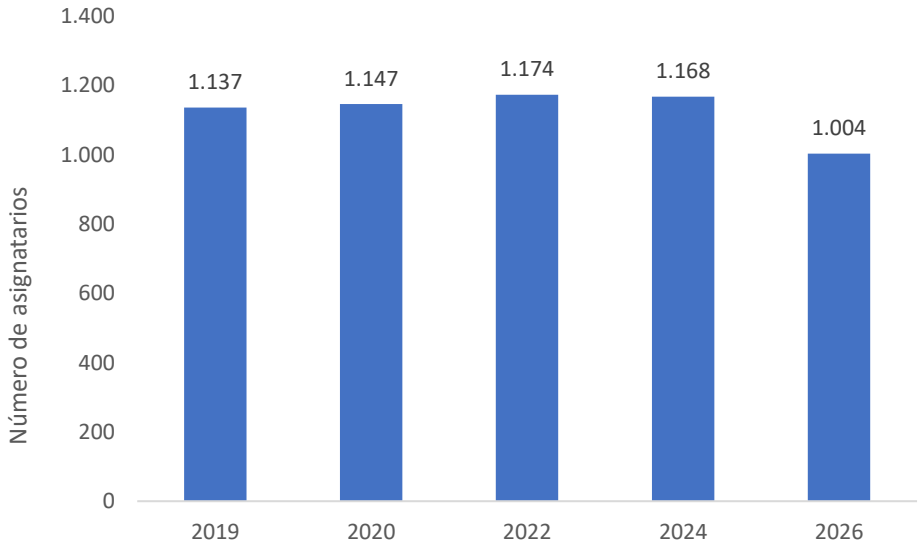
Al contrastar estas tres etapas con la evolución del VAC, expresado en pesos constantes de 2026, se observa que cantidad y valor no siempre se mueven en la misma dirección. Durante la expansión entre 2019 y 2020 ambas series crecen: las asignaciones 7,4 % y el VAC real 5,9 %, al pasar de $34.875 millones a $36.932 millones.

En la fase de estabilidad del stock el comportamiento difiere entre 2020 y 2022, mientras el número de asignaciones se mantiene prácticamente constante, el VAC real aumenta cerca de 16,5 % y alcanza $43.013 millones, alcanzando su máximo del periodo, pese a que entre 2022 y 2024 se reduce levemente (2,2 %). En la contracción entre 2024 y 2026, el VAC real disminuye 3,4 %, hasta $40.671 millones, una caída menor que la de las asignaciones (9,3 %).

Esta diferencia también se refleja en el VAC real promedio por asignación, que pasa de aproximadamente $2,07 millones en 2019 a $2,38 millones en 2022 y $2,48 millones en 2026, en pesos constantes de 2026. Se trata de un aumento acumulado cercano al 20 %, la mayor parte del cual ocurre entre 2020 y 2022. Este resultado no implica que cada asignación haya aumentado individualmente su contraprestación en esa proporción, pero sí muestra que las asignaciones vigentes representan, en promedio, un mayor valor real.

La combinación de menos asignaciones en la etapa reciente y un VAC real que disminuye en menor proporción plantea entonces si la contracción observada corresponde únicamente al número de configuraciones de uso del espectro o si también involucra una reducción en los agentes que participan en el servicio.

Figura 12. Evolución de asignatarios de frecuencias para cubrimientos y/o enlaces punto multipunto 2019 - 2026

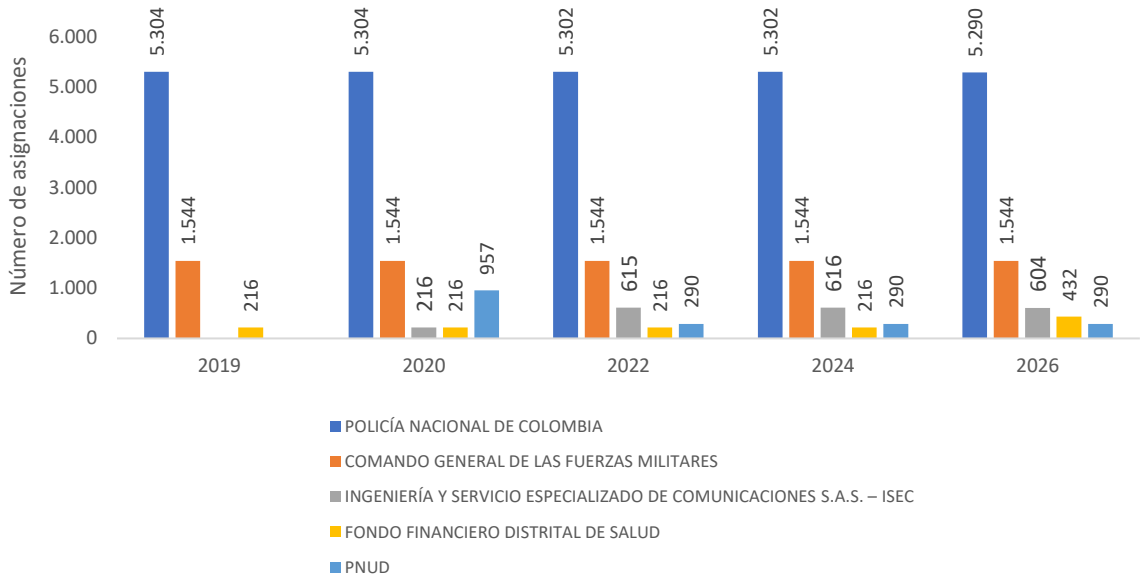


Fuente: Elaboración propia con datos de SGE. **Nota**: Fecha de corte septiembre de 2026.

El número de operadores presenta una trayectoria consistente con la observada en las asignaciones. Entre 2019 y 2022 aumenta de 1.137 a 1.174 operadores y posteriormente disminuye hasta 1.004 en 2026, lo que representa una reducción aproximada del 14,5 % frente a 2022. La contracción reciente comprende, por tanto, tanto una reducción en las asignaciones como una disminución en el número de agentes participantes.

La disminución de operadores es superior a la de asignaciones, por lo que la relación pasa de 15,4 asignaciones por operador en 2022 a 16,3 en 2026. Aunque la diferencia es moderada, permite examinar si el ajuste se concentra principalmente en operadores de menor escala mientras los mayores demandantes mantienen su presencia.

Figura 13. Top 5 de operadores por asignaciones por año

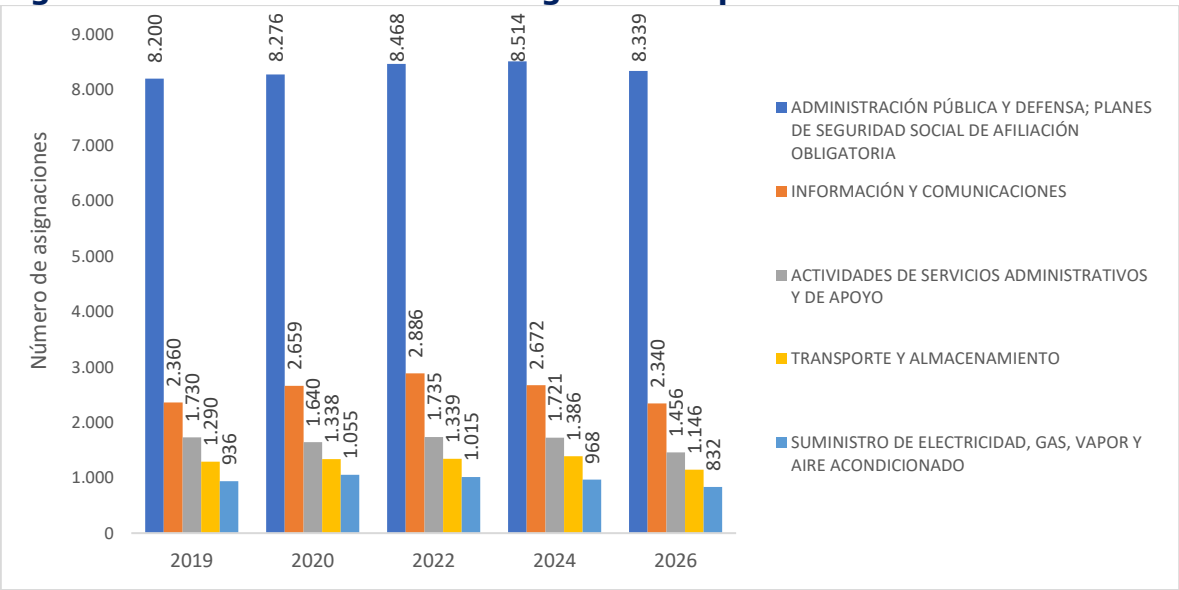


Fuente: Elaboración propia con datos de SGE. **Nota**: Fecha de corte septiembre de 2026.

La evolución de los principales operadores muestra que la contracción no se distribuye de manera homogénea. La Policía Nacional mantiene alrededor de 5.300 asignaciones durante todo el periodo, mientras el Comando General de las Fuerzas Militares conserva 1.544. Esta estabilidad se mantiene incluso entre 2022 y 2026, cuando disminuyen tanto el número total de asignaciones como el número de operadores.

Como resultado, los cinco principales operadores aumentan su participación dentro del total de asignaciones, al pasar de aproximadamente 41,8 % en 2019 a 49,7 % en 2026. Entre 2022 y 2026, las asignaciones de estos cinco operadores aumentan de 7.967 a 8.160, mientras que las del resto pasan de 10.135 a 8.248, una reducción cercana al 18,6 %. La reducción reciente se concentra, por tanto, fuera del núcleo de mayores demandantes. La permanencia de estos agentes plantea si el ajuste también presenta diferencias según la actividad económica a la que pertenecen.

Figura 14. Distribución de las asignaciones por sectores 2019 - 2026



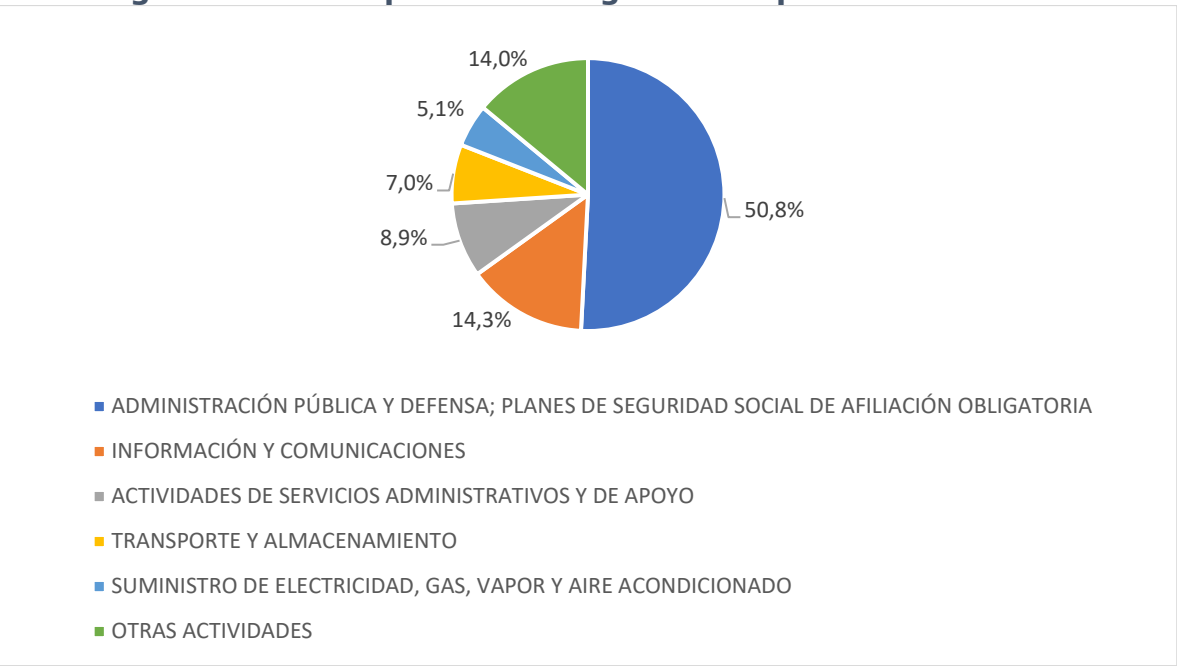
Fuente: Elaboración propia con datos de SGE. **Nota**: Fecha de corte septiembre de 2026.

La evolución sectorial confirma que la contracción tampoco se distribuye de manera uniforme entre actividades económicas. Administración pública y defensa mantiene un volumen relativamente estable, al pasar de 8.200 asignaciones en 2019 a 8.339 en 2026, con una reducción de apenas 1,5 % entre 2022 y 2026, comportamiento consistente con la permanencia de la Policía Nacional y del Comando General de las Fuerzas Militares entre los principales operadores.

Información y comunicaciones presenta una trayectoria diferente. Sus asignaciones aumentan de 2.360 en 2019 a 2.886 en 2022 y posteriormente disminuyen a 2.340 en 2026, una reducción cercana al 19 % desde el máximo. Los demás sectores principales presentan ajustes de magnitud similar entre 2022 y 2026: actividades de servicios administrativos y de apoyo (−16,1 %), transporte y almacenamiento (−14,4 %) y suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado (−18,0 %).

Estas trayectorias modifican la composición sectorial del servicio y hacen necesario observar cómo queda distribuido el universo de asignaciones al final del periodo.

Figura 15. Participación de asignaciones por sectores 2026

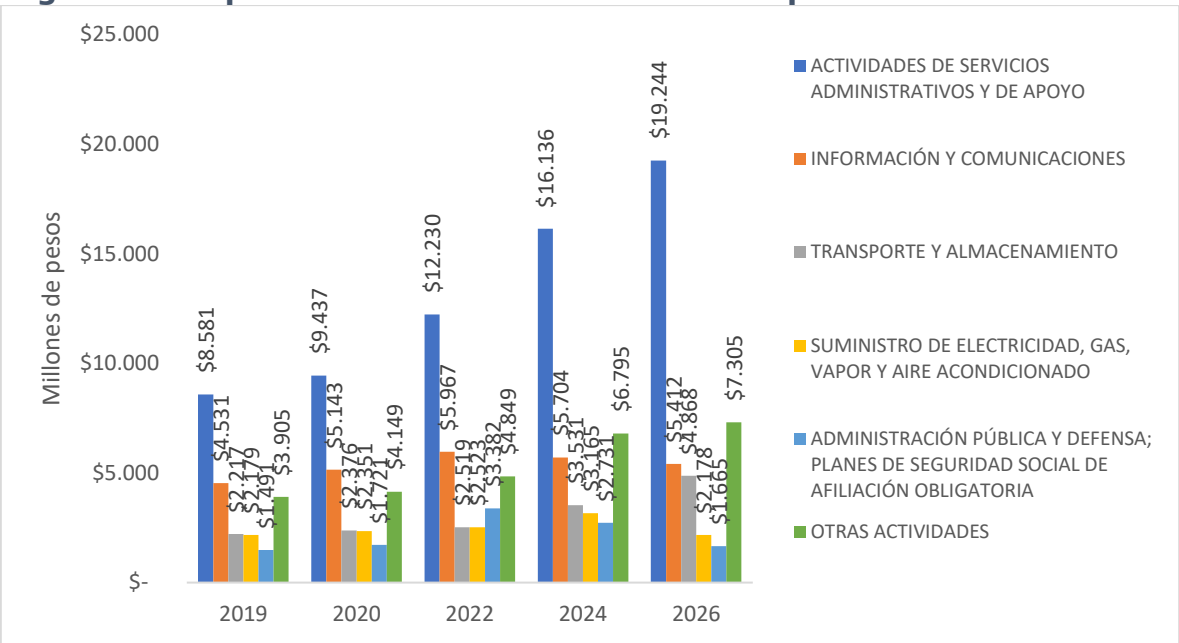


Fuente: ANE (septiembre, 2026), Cálculos propios.

A 2026, Administración pública y defensa concentran el 50,8 % de las asignaciones; Información y comunicaciones, el 14,3 %; actividades de servicios administrativos y de apoyo, el 8,9 %; transporte y almacenamiento, el 7,0 %; y suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado, el 5,1 %. En conjunto, estos cinco sectores representan aproximadamente el 86,1 % del total, lo que evidencia una elevada concentración sectorial de la demanda de frecuencias para cubrimiento.

Sin embargo, la participación en el número de asignaciones no necesariamente refleja la importancia económica de cada sector. Para establecer si ambas estructuras coinciden, es necesario contrastar esta composición con la evolución sectorial del valor de la contraprestación.

Figura 16. Top 5 sectorial del valor de la contraprestación 2019 - 2026



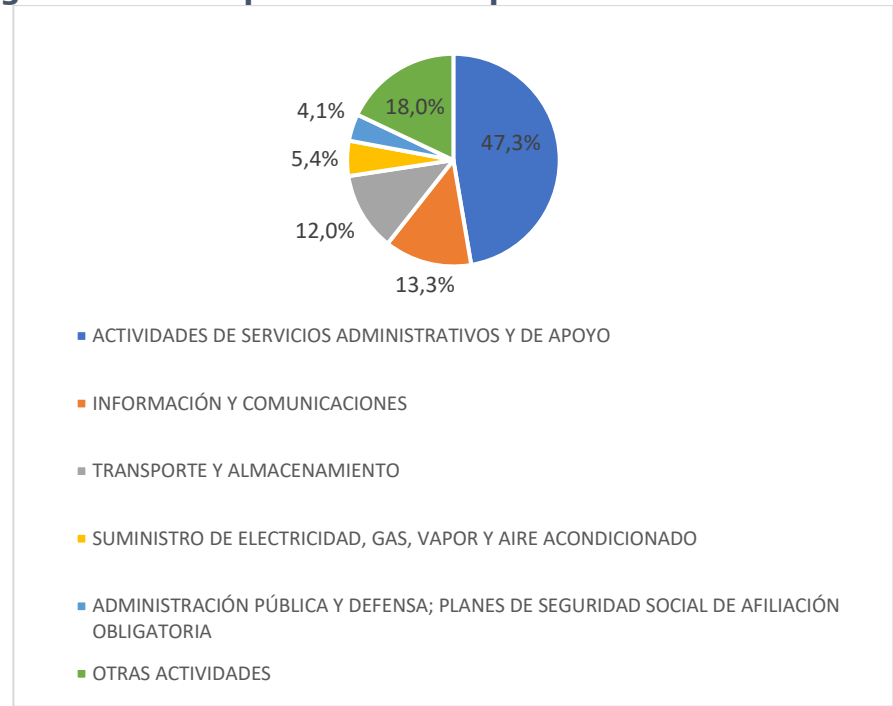
Fuente: ANE (septiembre, 2026), Cálculos propios.

La evolución del VAC confirma que la reducción en el número de asignaciones no implica necesariamente una disminución equivalente en su valor económico. Las actividades de servicios administrativos y de apoyo constituyen el caso más representativo: sus asignaciones disminuyen de 1.730 en 2019 a 1.456 en 2026, mientras el VAC aumenta de aproximadamente $8.581 millones a $19.244 millones. Transporte y almacenamiento presenta una trayectoria similar, al reducir sus asignaciones de 1.290 a 1.146 y, simultáneamente, aumentar su VAC de $2.217 millones a $4.868 millones.

Información y comunicaciones presenta una evolución más moderada. El VAC aumenta hasta $5.967 millones en 2022, posteriormente disminuye y se ubica en $5.412 millones en 2026, mientras sus asignaciones también se reducen después de 2022. Administración pública y defensa, por su parte, mantiene el mayor volumen de asignaciones del servicio, pero su VAC alcanza aproximadamente $1.665 millones en 2026, lo que anticipa una diferencia importante entre participación en cantidad y participación en valor económico.

Estas trayectorias muestran que la posición de un sector dentro del servicio cambia dependiendo de la dimensión utilizada para medirlo. Por esta razón, la comparación de las participaciones sectoriales en asignaciones y en VAC permite observar con mayor claridad la diferencia entre volumen y valor económico.

Figura 17 Participación de VAC por sector económico 2026



Fuente: ANE (septiembre, 2026), Cálculos propios.

La comparación entre ambas distribuciones muestra una diferencia marcada entre volumen y valor económico. Administración pública y defensa concentra el 50,8 % de las asignaciones, pero representa apenas el 4,1 % del VAC. En contraste, las actividades de servicios administrativos y de apoyo reúnen el 47,3 % del VAC, pese a representar solo el 8,9 % de las asignaciones. Transporte y almacenamiento también incrementa su peso relativo cuando la comparación se realiza en términos de contraprestación, al pasar del 7,0 % de las asignaciones al 12,0 % del VAC, mientras que información y comunicaciones mantiene una participación similar en ambas dimensiones (14,3 % y 13,3 %). La estructura económica, por tanto, no depende únicamente del número de asignaciones, sino también de las características técnicas y regulatorias que determinan su valor.

La primera dimensión técnica para considerar es la banda de frecuencia en la que se encuentran las asignaciones. Su distribución permite identificar si la demanda PMP se concentra en determinados segmentos del espectro y establecer posteriormente si esta concentración coincide con la distribución del valor de la contraprestación.

Tabla 2 Evolución de las asignaciones de frecuencia, 2019–2026

Grupo	Rango (MHz)	Número de asignaciones					Recaudo VAC (Millones de pesos)				
		2019	2020	2022	2024	2026	2019	2020	2022	2024	2026
Sistemas de radio convencional UHF	406 - 470 MHz	5512	5928	6459	6602	5736	$10,782	$12,860	$15,657	$21,235	$24,854
Acceso troncalizado	806 - 869 MHz	5463	5291	5291	5188	5354	$1,118	$946	$1,074	$735	$523
Sistemas de radio convencional VHF	138 - 174 MHz	5669	6694	6167	6146	5289	$8,660	$9,121	$10,213	$13,187	$14,662
Otras frecuencias: Redes locales privadas de banda ancha para seguridad, Sistemas de Organismos Seguridad y defensa del Estado, Sistemas de radio convencional, Sistemas Transmóviles de televisión, Sistemas específicos de Entes territoriales	280–290 MHz 291–295 MHz 380–398 MHz 2025–2110 MHz 4000–5000 MHz 9000–10000 MHz 10000–11000 MHz 35000–40000 MHz	236	223	185	145	29	$2,345	$2,251	$4,526	$2,905	$632

Fuente: ANE (septiembre, 2026), Cálculos propios.

La distribución por bandas de frecuencia muestra una estructura altamente concentrada en tres segmentos. En 2026, aproximadamente el 32,2 % de las asignaciones se localiza entre 138–174 MHz, rango asociado principalmente a sistemas de radio convencional VHF; el 35,0 % se concentra entre 406–470 MHz, correspondiente principalmente a sistemas de radio convencional UHF; y el 32,6 % se ubica entre 806–869 MHz, asociado a sistemas de acceso troncalizado. En conjunto, estos tres rangos representan cerca del 99,8 % de las asignaciones analizadas, mientras las restantes frecuencias tienen una participación inferior al 1 % y corresponden a usos específicos, entre ellos sistemas de seguridad y defensa, sistemas transmóviles de televisión y otras asignaciones puntuales de menor presencia.

Esta distribución relativamente equilibrada en términos de cantidad contrasta con su peso económico. En 2026, UHF concentra alrededor del 61,1 % del VAC y VHF cerca del 36,1 %, mientras el acceso troncalizado representa apenas el 1,3 %. En conjunto, VHF y UHF concentran aproximadamente el 97,2 % del VAC, pese a representar alrededor del 67,2 % de las asignaciones.

Esta diferencia se acentúa al observar la evolución reciente. Entre 2022 y 2026, las asignaciones UHF disminuyen aproximadamente 11,2 %, al pasar de 6.459 a 5.736, mientras su VAC aumenta cerca de 58,7 %, de $15.657 millones a $24.854 millones. En VHF, las asignaciones se reducen alrededor de 14,2 %, de 6.167 a 5.289, pero el VAC aumenta aproximadamente 43,6 %, de $10.213 millones a $14.662 millones. El acceso troncalizado presenta el comportamiento opuesto: sus asignaciones aumentan levemente, cerca de 1,2 %, al pasar de 5.291 a 5.354, pero su VAC disminuye alrededor de 51,3 %, al pasar de $1.074 millones a $523 millones.

Las demás frecuencias, que agrupan usos como sistemas de seguridad y defensa del Estado, redes locales privadas de banda ancha para la seguridad territorial y sistemas transmóviles de televisión, reúnen en 2026 solo 29 asignaciones (0,2 % del total) y $632 millones de VAC (1,6 %). Este grupo es el que presenta la mayor contracción del periodo: entre 2022 y 2026 sus asignaciones se reducen cerca de 84,3 % y su VAC cerca de 86,0 %. Estas diferencias muestran que la participación en el número de asignaciones no guarda una relación proporcional con el peso económico de cada grupo de frecuencia.

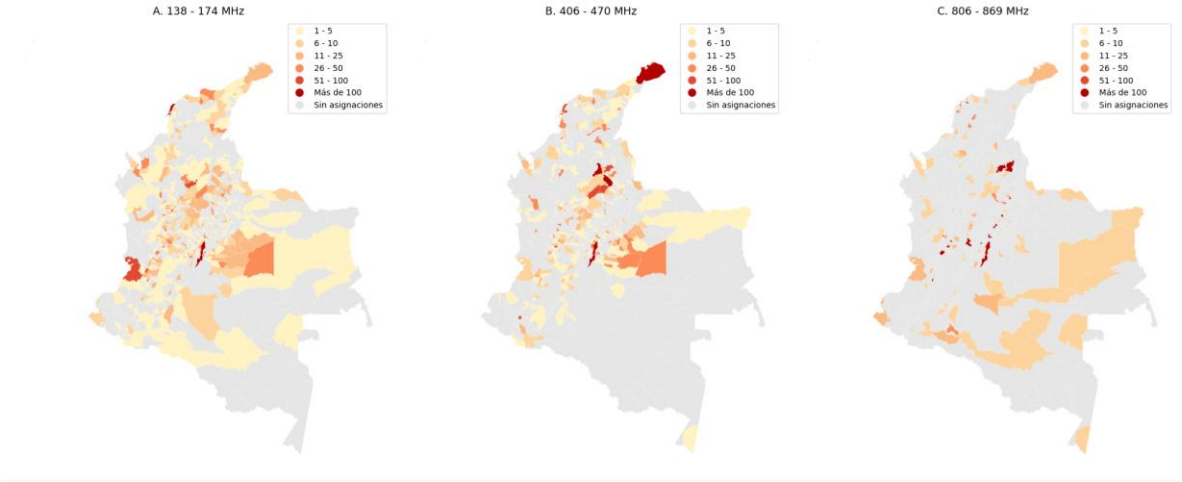
La comparación por grupos de frecuencia permite precisar la divergencia identificada entre cantidad y valor. Aunque los rangos VHF y UHF reducen su número de asignaciones después de 2022, ambas incrementan su participación en el VAC, mientras el acceso troncalizado mantiene un volumen elevado de asignaciones, pero representa una proporción considerablemente menor del VAC. La frecuencia utilizada constituye, por tanto, una primera dimensión para

explicar por qué la reducción de asignaciones no se traduce en una disminución equivalente del valor económico del servicio.

La comparación entre bandas debe considerar, además, que las asignaciones no necesariamente responden a condiciones homogéneas de otorgamiento. Algunos segmentos y usuarios están sujetos a tratamientos particulares desde la etapa de asignación, especialmente aquellos vinculados con funciones de seguridad y defensa del Estado. En consecuencia, la presencia de asignaciones en la banda de 806–869 MHz debe interpretarse dentro de la caracterización general del servicio, aun cuando determinadas asignaciones de este rango puedan requerir un tratamiento diferenciado cuando el análisis se restringe a mecanismos específicos de otorgamiento, como los PSO.

La similitud en el número de asignaciones de las principales bandas no implica, sin embargo, que su utilización presente la misma distribución territorial. Para identificar estas diferencias, se analiza la localización municipal de las asignaciones en los rangos 138–174 MHz, 406–470 MHz y 806–869 MHz bajo un criterio homogéneo, considerando tanto el número de municipios en los que se identifican asignaciones como su nivel de concentración territorial.

Figura 18 Distribución municipal de las asignaciones en las principales bandas de frecuencia a 2026[14]



Fuente: ANE (septiembre, 2026), cálculos propios.

La distribución territorial evidencia diferencias sustanciales entre las tres bandas, aun cuando sus volúmenes de asignaciones son relativamente similares.

[14] El análisis geográfico considera las asignaciones para las cuales fue posible identificar de manera inequívoca un código DANE municipal. Las asignaciones registradas a escalas territoriales diferentes no fueron imputadas artificialmente a municipios. Los intervalos de asignaciones son homogéneos para las tres bandas con el fin de garantizar su comparabilidad

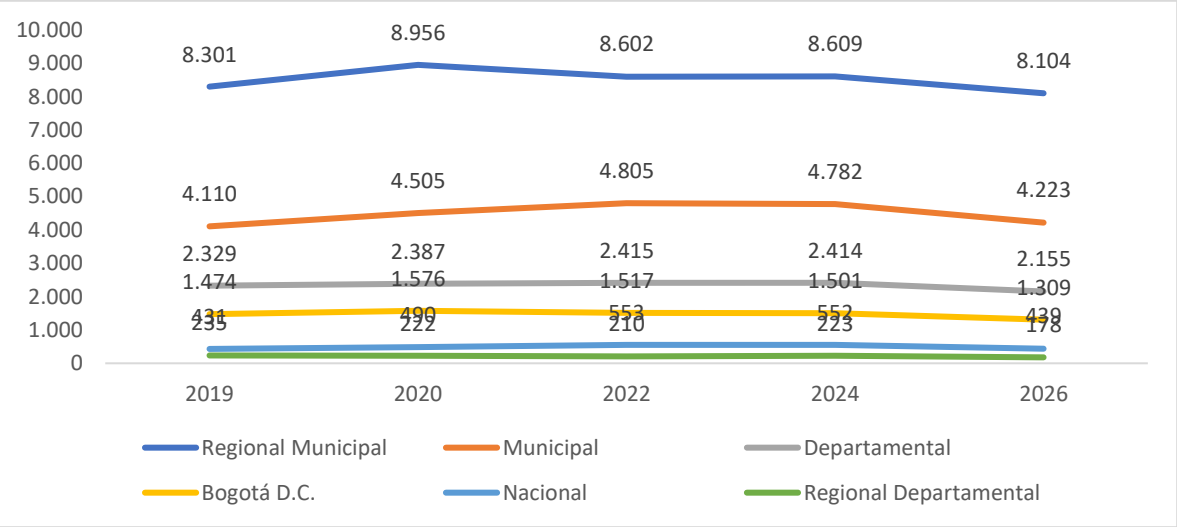
El análisis considera las asignaciones que pueden localizarse a escala municipal, que corresponden al 78,4 % del total en 138–174 MHz, al 73,2 % en 406–470 MHz y al 97,9 % en 806–869 MHz; las restantes tienen áreas de servicio de alcance departamental, regional o nacional.

En 138–174 MHz, las 4.148 asignaciones se distribuyen en 470 municipios, con un promedio cercano a 9 por municipio, y los diez municipios con mayor número de registros concentran apenas el 19,1 %. En 406–470 MHz, las 4.196 asignaciones se ubican en 294 municipios y la participación de los diez principales aumenta al 35,2 %. La concentración es considerablemente mayor en 806–869 MHz: 5.240 asignaciones se localizan en solo 117 municipios, con un promedio cercano a 45 por municipio, y el 58,7 % se concentra en los diez municipios con mayor número de registros.

La comparación muestra, por tanto, que un volumen similar de asignaciones puede corresponder a patrones de ocupación territorial significativamente diferentes. El rango de 138–174 MHz presenta la mayor dispersión municipal, lo que es coherente con las características de propagación de las frecuencias más bajas, que favorecen coberturas amplias; 406–470 MHz exhibe una estructura intermedia, y 806–869 MHz concentra su utilización en un conjunto mucho más reducido de municipios. La frecuencia utilizada no solo diferencia el volumen y el valor económico de las asignaciones, sino también la extensión y concentración territorial con que se utiliza el espectro.

Este patrón contrasta con la distribución del valor económico. La banda con mayor concentración territorial, 806–869 MHz, es la que menor proporción del VAC aporta (1,3 %), mientras que la de mayor dispersión, 138–174 MHz, aporta el 36,1 %. Como la presión sobre el recurso tiende a ser mayor donde se concentran las asignaciones, este contraste sugiere que la contraprestación no refleja la intensidad territorial de uso. Sin embargo, la concentración de registros no demuestra por sí sola la existencia de congestión, lo que requeriría mediciones de ocupación del espectro.

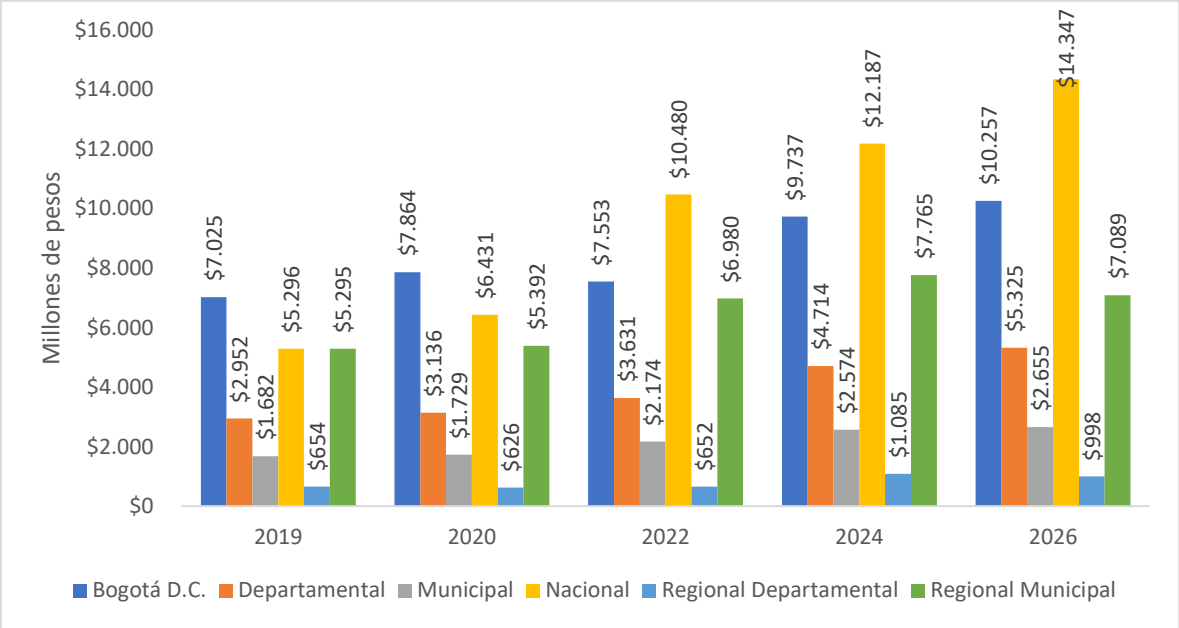
Figura 19 Distribución municipal de las asignaciones en las principales bandas de frecuencia 2026



Fuente: ANE (septiembre, 2026), Cálculos propios.

Al incorporar esta dimensión territorial, se observa una estructura altamente concentrada en términos de cantidad. En 2026, Regional Municipal reúne 8.104 asignaciones, equivalentes al 49,4 % del total, mientras Municipal concentra 4.223, correspondientes al 25,7 %. En conjunto, ambas modalidades representan aproximadamente el 75,1 % de las asignaciones. Sin embargo, esta concentración territorial en cantidad no permite establecer por sí sola cuál es su importancia económica, por lo que resulta necesario contrastarla con la distribución del VAC según el mismo alcance territorial.

Figura 20. Evolución de las contraprestaciones según alcance territorial



Fuente: ANE (septiembre, 2026), Cálculos propios.

La comparación entre ambas distribuciones muestra una divergencia marcada entre cantidad y valor económico. La modalidad Nacional representa apenas el 2,7 % de las asignaciones en 2026, con 438 registros, pero concentra aproximadamente el 35,3 % del VAC, equivalente a $14.347 millones. Bogotá D.C. presenta una relación similar: reúne alrededor del 8,0 % de las asignaciones, pero genera cerca del 25,2 % del recaudo. En conjunto, Nacional y Bogotá D.C. concentran únicamente el 10,6 % de las asignaciones, pero representan aproximadamente el 60,5 % del VAC.

El comportamiento es inverso en las modalidades con mayor presencia en términos de cantidad. Regional Municipal concentra el 49,4 % de las asignaciones, pero representa alrededor del 17,4 % del VAC, mientras Municipal reúne el 25,7 % de las asignaciones y apenas el 6,5 % del recaudo. Departamental presenta una relación más equilibrada, con participaciones cercanas al 13,1 % tanto de las asignaciones como del VAC.

La divergencia también se mantiene en la evolución reciente. Entre 2022 y 2026 disminuye el número de asignaciones en todas las modalidades territoriales analizadas, mientras el VAC aumenta en cada una de ellas. En Nacional, por ejemplo, las asignaciones disminuyen cerca de 21 %, mientras el VAC aumenta aproximadamente 37 %. En Bogotá D.C. las asignaciones caen alrededor de 14

%, pero el recaudo aumenta cerca de 36 %. Incluso en Municipal, donde las asignaciones disminuyen aproximadamente 12 %, el VAC aumenta alrededor de 22 %. El alcance territorial aparece, así como otra dimensión relevante para explicar por qué una reducción en la cantidad de asignaciones no se traduce necesariamente en una disminución de su valor económico.

1.4 Marco Normativo de las contraprestaciones por el uso de frecuencias para cubrimiento y/o sistemas punto multipunto

La utilización de frecuencias radioeléctricas para sistemas de cubrimiento y/o enlaces punto multipunto se enmarca en el régimen constitucional y legal aplicable al espectro electromagnético que, conforme a lo dispuesto en el artículo 75 de la Constitución Política, ostenta la naturaleza de bien público inenajenable e imprescriptible, sujeto a la gestión y control del Estado. Esta disposición se complementa con lo previsto en los artículos 101 y 102 de la Carta, en cuanto reconocen que el espectro electromagnético hace parte de Colombia y que el territorio, con los bienes públicos que de él forman parte, pertenece a la Nación.

En desarrollo del marco constitucional anteriormente descrito, la Ley 1341 de 2009 establece el marco general para el sector de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones y regula, entre otros aspectos, la gestión del espectro radioeléctrico, las condiciones para su utilización y el régimen de contraprestaciones económicas asociado a su uso. Así mismo, define las competencias de las autoridades del sector para la administración de este recurso y las funciones asignadas para el cumplimiento de los fines previstos por el legislador.

Dentro de los principios orientadores previstos en el artículo 2 de la Ley 1341 de 2009, para el presente análisis adquieren especial relevancia el uso eficiente de la infraestructura y de los recursos escasos y la promoción de la inversión; el primero dispone que el Estado debe promover el óptimo aprovechamiento de los recursos escasos con el propósito de generar competencia, calidad y eficiencia en beneficio de los usuarios, en tanto que el segundo establece que las autoridades del sector deben incentivar el desarrollo de la industria TIC y contribuir a la ampliación de la cobertura y al mejoramiento en la prestación de los servicios.

En este contexto, los artículos 10 y 11 de la Ley 1341 de 2009, modificados por los artículos 7 y 8 de la Ley 1978 de 2019, establecen que la habilitación general para la provisión de redes y servicios de telecomunicaciones no comprende el derecho al uso del espectro radioeléctrico, el cual requiere permiso previo y

expreso, otorgado por el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC).

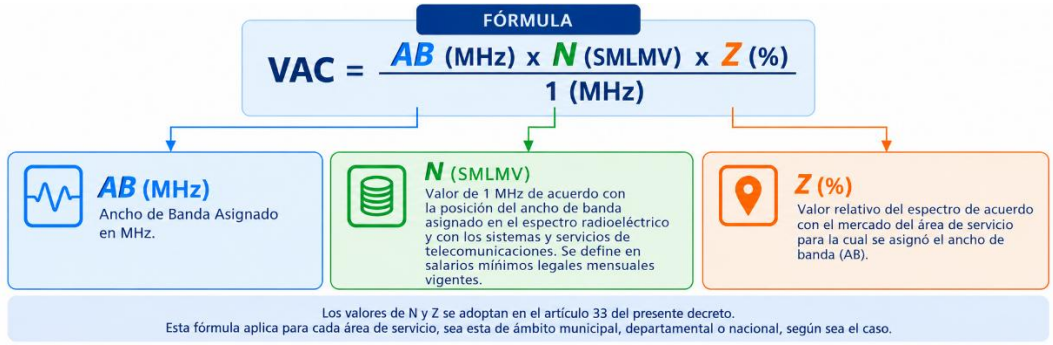
Por su parte, el artículo 13 de la Ley 1341 de 2009, modificado por el artículo 10 de la Ley 1978 de 2019, dispone que la utilización del espectro radioeléctrico por parte de los proveedores de redes y servicios de telecomunicaciones da lugar al pago de una contraprestación económica a favor del Fondo Único de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (FUTIC), cuyo importe debe ser fijado mediante resolución expedida por el MinTIC, con fundamento en criterios de fomento a la inversión, maximización del bienestar social, estado del cierre de la brecha digital, ancho de banda asignado, número de usuarios potenciales, disponibilidad del servicio, planes de expansión y cobertura, demanda por el espectro radioeléctrico, disponibilidad del recurso y cualquier otro parámetro técnico que sirva como indicador del valor que debe recibir el Estado por su utilización.

Con fundamento en lo dispuesto en la Ley 1341 de 2009, el MinTIC expidió la Resolución MinTIC 290 de 2010, mediante la cual fijó el monto de las contraprestaciones previstas en los artículos 13 y 36 de dicha Ley. En el anexo de este acto administrativo se establecieron los valores anuales aplicables a los diferentes usos del espectro radioeléctrico, entre los cuales se encuentran los sistemas de cubrimiento y/o enlaces punto multipunto.

Posteriormente, mediante la Resolución MinTIC 2877 de 2011, el Ministerio modificó varias de las disposiciones contenidas en la Resolución MinTIC 290 de 2010 y sustituyó integralmente su Anexo. En particular, en el literal A.3 del Anexo vigente se regula el valor anual de la contraprestación por la utilización de frecuencias radioeléctricas para sistemas de cubrimiento y/o enlaces punto multipunto y se establece la metodología para su cálculo.

Cabe mencionar que la metodología prevista en el literal A.3 tiene un antecedente directo en el Decreto 1972 de 2003, mediante el cual se estableció el Régimen Unificado de Contraprestaciones aplicable en materia de telecomunicaciones. En efecto, el numeral 32.2 de su artículo 32 disponía que el valor anual por el uso de frecuencias radioeléctricas para cubrimiento y/o enlaces punto multipunto se calculaba a partir del ancho de banda asignado (AB), el valor de un megahercio según la posición del ancho de banda en el espectro y los sistemas y servicios de telecomunicaciones (N), expresado en salarios mínimos legales mensuales vigentes, y el valor relativo del espectro de acuerdo con el mercado del área de servicio autorizada (Z); a su vez, el artículo 33 establecía los valores correspondientes a N y Z y señalaba que la fórmula debía aplicarse independientemente para cada área de servicio de ámbito municipal, departamental o nacional.

Figura 21. formula del VAC aplicable a las frecuencias para cubrimiento y/o enlaces punto multipunto del Decreto 1972 de 2003



Fuente: Elaboración ANE con base en el Decreto 1972 de 2003.

Este régimen unificado de contraprestaciones tenía como objetivos: a) Promover el desarrollo de los servicios públicos de telecomunicaciones, b) Promover la competencia y garantizar la igualdad y acceso para los distintos usuarios del espectro radioeléctrico, c) Promover el uso racional y eficiente del espectro radioeléctrico, d) Cumplir con los acuerdos y convenios internacionales, así como propender a la convergencia y globalización de las redes y servicios de telecomunicaciones en igualdad de condiciones, e) Facilitar liquidaciones, cobros, pagos y procesos expeditos de recaudo, f) Evitar la evasión de las contraprestaciones e incrementar los ingresos del Fondo de Comunicaciones del Ministerio de Comunicaciones, y g) Propiciar el desarrollo de la red de telecomunicaciones del Estado.

Sobre esa base, el Decreto 2925 de 2005 incorporó una excepción para los sistemas de distribución punto a punto y punto multipunto destinados al acceso de banda ancha inalámbrica en la banda de 3400 a 3600 MHz y fijó para estos un valor de N igual a 270; posteriormente, el Decreto 1928 de 2006 estableció valores excepcionales sujetos al cumplimiento de determinadas condiciones de instalación y operación.

A su turno, el Decreto 4975 de 2007 mantuvo para esta banda el valor general de N igual a 270 y contempló un valor excepcional de 30 para las anualidades comprendidas entre 2007 y 2010, sujeto al cumplimiento de las condiciones previstas para cada vigencia; además, estableció, a partir del 1 de enero de 2011, un valor de N entre 270 y 140 para los operadores de área de servicio departamental que excedieran las proyecciones contenidas en los planes presentados con sus solicitudes, de conformidad con la reglamentación que expidiera el entonces Ministerio de Comunicaciones. Estos ajustes estuvieron orientados a continuar la masificación de los servicios soportados en banda

ancha inalámbrica y maximizar el uso de las tecnologías que operaban en la banda de 3,5 GHz, de acuerdo con los lineamientos del Documento CONPES 3371 de 2005; así mismo, el decreto derogó expresamente el Decreto 1928 de 2006.

En 2009, el artículo 33 del Decreto 4350 modificó nuevamente el numeral 33.1 del artículo 33 del Decreto 1972 y mantuvo valores diferenciados para determinados usos de frecuencias de cubrimiento y/o enlaces punto multipunto, entre ellos los aplicables a los servicios de telefonía pública básica conmutada local, local extendida o móvil rural que utilizaran dichas frecuencias para el acceso fijo inalámbrico o para conectar radiobases de acceso fijo inalámbrico con centros de conmutación. Posteriormente, el Decreto 4995 de 2009 modificó las excepciones previstas en esa disposición y precisó que las correspondientes a la banda de 3400 a 3600 MHz, destinadas a sistemas de distribución punto a punto y punto multipunto para acceso de banda ancha inalámbrica, continuarían sujetas a lo establecido en el Decreto 4975 de 2007. Tanto los Decretos 4350 y 4995 expedidos en 2009, tenían como objetivo principal incluir en el régimen unificado de las contraprestaciones todo aquello relacionado con concepto de concesiones, autorizaciones, permisos, licencias y registros que se otorguen en materia de servicios de radiodifusión sonora, así como los trámites para su liquidación, cobro, recaudo y pago.

Con la expedición de la Ley 1341 de 2009 cambió el marco legal aplicable al sector y, en desarrollo de sus disposiciones, el Gobierno nacional expidió el Decreto 1161 de 2010, cuyo artículo 19 derogó expresamente el Decreto 1972 de 2003, sin perjuicio de las reglas de transición previstas en sus artículos 15, 16 y 17 para determinadas situaciones sometidas al régimen anterior. En ese contexto, el literal A.3 del anexo de la Resolución MinTIC 290 de 2010 adoptó una metodología integrada por el ancho de banda asignado (AB), el valor de un megahercio según el rango de frecuencias en el que se ubicara la asignación (N), el factor de población (Fp) y el factor de ponderación de uso del espectro (Fpe). El análisis de la formulación del literal A.3 del anexo de la Resolución MinTIC 290 de 2010 se describen en detalle en la siguiente sección del presente documento. De esta forma, la nueva metodología mantuvo como componentes el ancho de banda asignado y el factor N, eliminó el factor Z e incorporó Fp y Fpe; el primero relaciona la población comprendida en el área de servicio autorizada con la población total del territorio nacional, en tanto que el segundo asigna valores diferenciados según el ámbito territorial del cubrimiento.

No obstante, los considerandos de la Resolución MinTIC 290 de 2010 no exponen las razones técnicas o económicas específicas que condujeron a sustituir el factor Z por Fp y Fpe y, dentro de los antecedentes oficiales disponibles, no se identificó un documento contemporáneo a su expedición que permita establecer con

certeza cómo se definieron estos factores y sus valores. Por consiguiente, la evolución normativa permite verificar la sustitución de los parámetros que representaban el valor relativo del espectro según el mercado del área autorizada, pero no atribuir a esa decisión una motivación adicional que no se encuentre documentada. Sin embargo, señala que el objetivo de la contraprestación económica era garantizar una "retribución objetiva y permanente" a favor del Estado por el uso del espectro, así como propiciar su aprovechamiento racional y eficiente.

En lo correspondiente al literal A.3, la Resolución MinTIC 2877 de 2011 conservó la estructura esencial de la fórmula y los factores AB, N, Fpe y Fp. Sus considerandos explican que el Ministerio había recibido peticiones, quejas y reclamos en los que se solicitaba revisar integralmente la Resolución MinTIC 290 de 2010, en particular la aplicabilidad de los mecanismos de liquidación, cobro y recaudo y la necesidad de aclarar su anexo; así mismo, indican que la ANE participó en la discusión y el ajuste de las propuestas de modificación y derogatoria de dicha resolución y que adelantaba un estudio sobre tendencias y mejores prácticas internacionales de valoración del espectro, cuyos resultados, previstos para 2012, servirían de insumo al Ministerio para establecer un nuevo régimen de contraprestaciones.[15]

En las respuestas a los comentarios formulados al Plan de Acción 2013, la ANE indicó que el régimen de contraprestaciones conformado por las resoluciones MinTIC 290 de 2010 y 2877 de 2011 requería complementarse con mayores incentivos para promover el uso eficiente del espectro radioeléctrico.[16] Así mismo, en 2021 el MinTIC publicó para comentarios un proyecto de resolución dirigido específicamente a modificar el literal A.3, con el propósito de ajustar la valoración a las coberturas reales, facilitar la utilización de anchos de banda mayores, incorporar un esquema homogéneo e impulsar soluciones de conectividad de banda ancha en redes privadas; no obstante, de la revisión de las normas y notas de vigencia disponibles no se advierte que ese proyecto hubiera culminado en la expedición de un acto administrativo que modificara dicho literal.

De lo anterior se concluye que la estructura esencial de la metodología aplicable a los sistemas de cubrimiento y/o enlaces punto multipunto fue establecida por la Resolución MinTIC 290 de 2010 y conservada por la Resolución MinTIC 2877 de 2011. Aunque posteriormente se adelantaron evaluaciones y propuestas

[15] Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. Resolución 2877 de 2011, Considerandos.

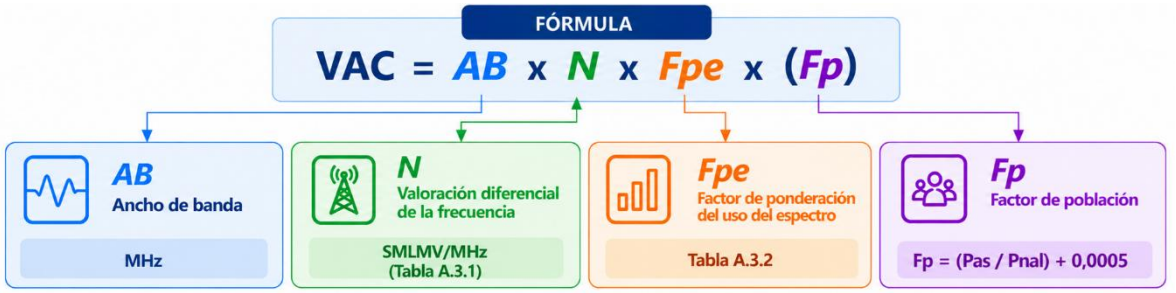
[16] Agencia Nacional del Espectro. *Comentarios Plan de Acción 2013*, enero de 2013, apartado 6, "Régimen Unificado de Contraprestaciones", p. 11. https://www.ane.gov.co/Sliders/archivos/LaEntidad/10.%20PLAN%20DE%20ACCI%C3%93N/2013/comentarios_plan_de_accin_2013__v0_def.pdf

oficiales orientadas a fortalecer los incentivos para el uso eficiente del espectro y revisar algunos de sus parámetros, no se identifica una reforma integral del literal A.3 que haya entrado en vigor. Si bien esta permanencia no permite concluir, por sí sola, que la fórmula sea inadecuada, sí justifica examinar si sus componentes continúan respondiendo a las condiciones actuales del mercado, a las formas de utilización del espectro y a los criterios previstos en el artículo 13 de la Ley 1341 de 2009. La fórmula vigente y los parámetros que la integran se desarrollan en el siguiente numeral.

1.5 Fórmula vigente para el cálculo del valor anual de las contraprestaciones (VAC) económicas por el uso del espectro.

La fórmula vigente para calcular el Valor Anual de Contraprestación Económica por la utilización de frecuencias radioeléctricas para cubrimiento y/o enlaces punto multipunto se describe en el literal A.3 del Anexo de la Resolución MinTIC 290 de 210 modificada por la Resolución MinTIC 2877 de 2011, la cual se presenta en la Figura 23:

figura 22. Fórmula contraprestación económica por uso de espectro para cubrimiento y/o enlaces fijos punto multipunto



Fuente: Elaboración ANE con base en la Resolución MinTIC 290 de 2010.

A continuación, se describe cada uno de los parámetros que constituyen la actual fórmula para calcular el valor de las contraprestaciones para cubrimiento:

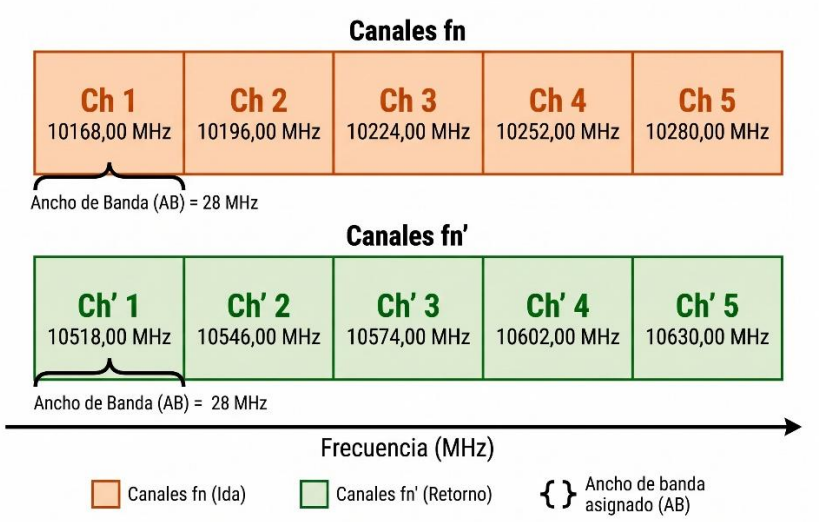
- **Ancho de Banda (AB)**

  Como parámetro de valoración, corresponde al ancho del canal radioeléctrico provisto para la utilización de las frecuencias asignadas, expresado en MHz. A diferencia de los demás factores de la formula, **AB** no se obtiene de una tabla de la Resolución 290 de 2010. Su valor proviene de las condiciones particulares de la asignación de las

frecuencias y es aportado como parte de los parámetros técnicos de operación dentro de la solicitud de espectro que se realiza ante el Mintic y debe guardar correspondencia con los planes de banda establecidos a través del Cuadro Nacional de Atribución de bandas de Frecuencia (CNABF), cuando dichos planes lo especifiquen.

Por ejemplo; teniendo en cuenta lo establecido en el CNABF, se permite el uso de los canales de la Tabla 59 para sistemas punto multipunto en la banda 10 GHz, de acuerdo con la Recomendación Rec. UIT-R F. 1568 Anexo 1.[17] Una representación gráfica del plan de banda del CNABF para este caso se presenta a continuación.

figura 23. Representación gráfica del parámetro ancho de banda (AB) de acuerdo con los planes de banda del CNABF.



Fuente: Elaboración ANE con base en el CNABF.

Como se puede observar, en este caso el CNABF dispone un plan de 5 pares de canales, cada uno con una frecuencia central en MHz. El ancho de cada uno de los canales es de 28 MHz; si una solicitud de espectro requiere para su operación el par de frecuencias Ch1 y Ch'1, el cálculo del Valor Anual de la Contraprestación (VAC) considera para cada una de las frecuencias **AB=28 MHz**.

[17] Ver Cuadro Nacional de Atribución de bandas de frecuencia CNABF disponible en: https://www.ane.gov.co/SitePages/Gestion-Tecnica/index.aspx?p=20

- **Valor diferencial de la Frecuencia (N)**

  Es el valor económico asignado a 1 MHz de espectro radioeléctrico, expresado en SMLMV por MHz, y se determina de acuerdo con el rango de frecuencias dónde se ubique la frecuencia asignada. N funciona como un valor unitario de referencia del espectro.

  Este es uno de los componentes fundamentales de la formula, porque introduce una diferenciación del valor del espectro según su posición dentro del espectro destinado para este tipo de sistemas.

  Para determinar N se debe identificar primero la frecuencia asignada y posteriormente ubicarla en el rango correspondiente de la siguiente tabla:

Tabla 3 Resolución 290 de 2010 – Tabla A.3.1 Valores de N (SMMLV/MHz)

Banda	Rango de frecuencias (MHz)	N	Banda	Rango de frecuencias (MHz)	N
VHF	30 < F ≤ 300	2600	SHF	7.725 < F ≤ 8.500	72
UHF	512 < F ≤ 698	1300	SHF	8.500 < F ≤ 9.500	62
UHF	698 < F ≤ 806	1300	SHF	9.500 < F ≤ 10.500	50
UHF	806 < F ≤ 894	1300	SHF	10.500 < F ≤ 10.700	46
UHF	894 < F ≤ 960	1300	SHF	10.700 < F ≤ 11.700	40
UHF	960 < F ≤ 1.427	1300	SHF	11.700 < F ≤ 12.750	34
UHF	1.427 < F ≤ 1.530	1300	SHF	12.750 < F ≤ 13.250	29
UHF	1.530 < F ≤ 1.700	1300	SHF	13.250 < F ≤ 14.400	25
UHF	1.700 < F ≤ 2.200	1300	SHF	14.400 < F ≤ 15.350	22
UHF	2.200 < F ≤ 2.700	1300	SHF	15.350 < F ≤ 16.350	19
UHF	2.700 < F ≤ 3.000	1300	SHF	16.350 < F ≤ 17.300	16
SHF	3.000 < F ≤ 3.400	900	SHF	17.300 < F ≤ 19.000	14
SHF	3.400 < F ≤ 3.700	210	SHF	19.000 < F ≤ 21.200	12
SHF	3.700 < F ≤ 4.400	207	SHF	21.200 < F ≤ 23.600	10
SHF	4.400 < F ≤ 5.000	178	SHF	23.600 < F ≤ 25.250	7
SHF	5.000 < F ≤ 5.925	153	SHF	25.250 < F ≤ 27.500	6
SHF	5.925 < F ≤ 6.420	132	SHF	27.500 < F ≤ 30.000	6
SHF	6.420 < F ≤ 7.110	113	EHF	30.000 < F ≤ 40.000	5
SHF	7.110 < F ≤ 7.425	100	EHF	40.000 < F	4

Fuente: Elaboración ANE con base en la Resolución MinTIC 290 de 2010.

Para ilustrar la aplicación de este factor, al considerarse una frecuencia ubicada en la banda SHF, dentro del rango 7.110 < F ≤ 7.425 MHz, de acuerdo con la Tabla A.3.1, el valor de N aplicable es 100.

- **Factor de ponderación por uso del espectro (*Fpe*)**

  El factor diferencia la utilización del espectro según la extensión territorial de la cobertura autorizada. A mayor nivel de concentración territorial previsto, el factor aplicable es mayor, como se observa a continuación:

Tabla 4 Resolución 290 de 2010 – Tabla A.3.2 Valores del *Fpe*

ÁREA DE SERVICIO	Fpe
Nacional	1,0
Regional departamental	1,5
Departamental	1,7
Bogotá D.C.	1,9
Regional municipal	2,5
Municipal	3,0

Fuente: Elaboración ANE con base en la Resolución MinTIC 290 de 2010.

Se deben tener en cuenta las siguientes reglas de aplicación:

a) Cuando en una misma red, una misma frecuencia radioeléctrica cubra varios departamentos, sin llegar a cubrir todo el territorio nacional, deberá aplicarse el factor de ponderación de uso del espectro (*Fpe*) correspondiente al Regional Departamental, es decir 1,5.

b) Cuando en una misma red, una misma frecuencia radioeléctrica cubra varios municipios, sin llegar a cubrir un departamento, deberá aplicarse el factor de ponderación de uso del espectro (*Fpe*) correspondiente al Regional Municipal, es decir 2,5.

Así mismo, cuando *Fpe* corresponda a *Regional Departamental*, el valor de η es equivalente al número de departamentos dentro de una misma red cubiertos por una misma frecuencia. A su vez, cuando *Fpe* corresponda a *Regional Municipal* dicho valor es equivalente al número de municipios dentro de una misma red cubiertos por una misma frecuencia. En los demás casos de *Fpe*, el valor de η equivale a uno (1).

Como ya se presentó en la sección 2.1 sobre el esquema administrativo de las asignaciones de frecuencias para cubrimiento y/o enlaces punto multipunto. El proceso administrativo de asignación permite definir las áreas de servicio asociadas a las frecuencias y por tanto el *Fpe.* En el ejemplo de la sección referida, se han definido las áreas de servicio para la operación de las frecuencias asociadas. En este caso;

Para la red número 1, la frecuencia 157,925 MHz tiene autorizada la operación a nivel nacional (00) y *Fpe* = 1

Para la red número 2, la frecuencia 443,2375 MHz tiene autorizada su operación en Medellín (00), Itagüí (05360) y Envigado (05266). El área de servicio autorizada es regional municipal y *Fpe* = 2,5

Para la red número 3 las frecuencias 440,4875 MHz y 445,4875 MHz operan en Cartagena (13001). Su área de servicio autorizada es municipal y *Fpe* = 3.

Tabla 5. Ejemplo de aplicación del Fpe

Operador	Expediente	Red	Frecuencia (MHz)	Ancho de Banda (kHz)	Área de servicio autorizado (Código DANE)	*Fpe*
PRST1	97001111	1	157,925	12,5	00	1
		2	443,2375	12,5	05001, 05360, 05266	2,5
		3	440,4875 445,4875	12,5	13001	3

Fuente: elaboración propia

Como se puede apreciar, la dimensión territorial constituye un elemento relevante en la valoración económica del espectro para cubrimiento, dado que el alcance geográfico de una asignación determina el ámbito espacial dentro del cual el interesado puede disponer del recurso para la prestación del servicio. En este contexto, el *Fpe* incorpora al modelo una diferenciación asociada al alcance territorial de la autorización, mediante valores establecidos según el área de servicio.

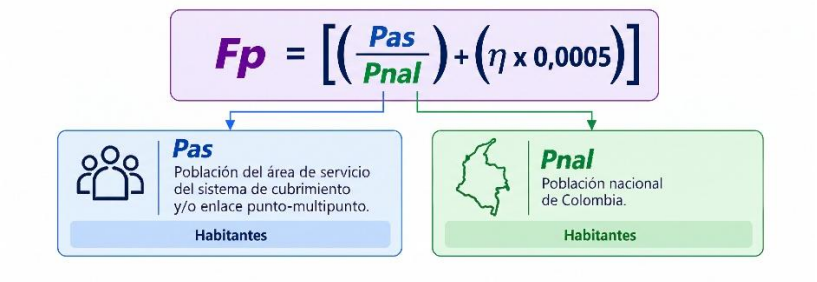
Este factor complementa el Factor de Población (Fp), que incorpora la dimensión poblacional a través de la participación relativa de la población del área de servicio frente a la población nacional. De esta manera, Fp y Fpe incorporan dos dimensiones diferenciadas en la valoración: la población potencialmente atendida y el ámbito territorial de utilización del espectro, respectivamente, contribuyendo conjuntamente a determinar la contraprestación asociada al uso del recurso.

- **Factor de población (Fp)**

La población constituye un indicador de la demanda potencial de espectro en las diferentes zonas del país. Por ello, la valoración incorpora la dimensión poblacional como un elemento de ponderación económica,

considerando la participación relativa de la población del área de servicio frente a la población nacional. En consecuencia, el factor Fp se determina mediante la siguiente expresión:

Figura 24 Fórmula para el cálculo del Factor Poblacional (Fp)



Fuente: Elaboración ANE con base en la Resolución MinTIC 290 de 2010.

Para la determinación de las variables de población correspondientes al área de servicio y al ámbito nacional, se emplean las proyecciones oficiales de población elaboradas y publicadas por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

El valor de η , corresponde a la cantidad de municipios (cuando el área de servicio es regional municipal) o de departamentos (cuando el área de servicio es regional departamental) que constituyen el área de servicio de cada frecuencia. Para las áreas de servicio Nacional, Bogotá, municipal o Departamental, el valor de η equivale a uno (1).

Por su parte, el valor de 0,0005 corresponde a una constante incorporada en la metodología de cálculo del factor de población que, desde una perspectiva de valoración, puede incidir especialmente en aquellas áreas de servicio cuya participación poblacional respecto del total nacional es reducida, evitando que el factor de población dependa exclusivamente de dicha relación. Sin embargo, cuando η es diferente de uno (1), el conjunto η x 0,0005 introduce un ajuste asociado a la cantidad de municipios o departamentos que constituyen un área de servicio.

Para ilustrar la aplicación del factor de población (Fp), se presenta a continuación un ejemplo de cálculo tomando como área de servicio el municipio de Floridablanca, Santander.

Ejemplo de cálculo: Considerando como área de servicio el municipio de Floridablanca (Santander), para el año 2026 se tiene una población

proyectada de 315.194 habitantes. Al relacionarla con la población nacional proyectada para el mismo año, de 53.399.171 habitantes[18], se obtiene una participación poblacional relativa de 0,005902. Al incorporar η x 0,0005 establecida en la expresión de cálculo y considerando que η es igual a uno (1), se obtiene un factor de población cuyo resultado se presenta en la Figura 25:

Figura 25 Ejemplo ilustrativo del cálculo del Factor poblacional -Fp



Fuente: Elaboración ANE.

Este resultado (0.006402) representa el valor del factor de población correspondiente al área de servicio considerada, y constituye uno de los parámetros que intervienen en la determinación del valor anual de la contraprestación.

Ahora bien, como se señaló en el numeral 1.4, correspondiente al marco normativo, desde 2003 se han expedido diversos actos administrativos mediante los cuales se han establecido excepciones al factor N, parámetro que hace parte de la fórmula de valoración aplicable a los sistemas de cubrimiento. A continuación, se presentan las excepciones actualmente vigentes:

[18] Cifras consultadas en página web DANE. Proyecciones de población. https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion

Tabla 6 Resolución 290 de 2010 – Tabla A.3.3 Excepciones de Valor N

N	CONDICIONES DE EXCEPCIÓN
4	Aplica para los Transmóviles del servicio de Radiodifusión Televisión que utilicen el espectro radioeléctrico atribuido y otorgado de conformidad con las normas vigentes.
210	Aplica para servicios de telefonía pública básica conmutada local, local extendida o móvil rural, que se presten haciendo uso de frecuencias de cubrimiento y/o enlaces punto multipunto, cuya posición en el espectro esté por debajo de 3 GHz, para: a) Acceso fijo inalámbrico. b) Conectar radio bases de acceso fijo inalámbrico con centros de conmutación.
140	Aplica para servicios de telefonía pública básica conmutada local, local extendida o móvil rural, que se presten haciendo uso de frecuencias para cubrimiento y/o enlaces punto multipunto, cuya posición en el espectro sea igual o superior a 3 GHz, para: a) Acceso fijo inalámbrico. b) Conectar radio bases de acceso fijo inalámbrico con centros de conmutación.
210	Aplica para sistemas de telecomunicaciones dedicados a la protección pública y a la seguridad del Estado, y a los sistemas dedicados a las operaciones de socorro y protección de la vida humana, que utilicen el espectro radioeléctrico asignado en las bandas de 698 MHz a los 3600 MHz, sin perjuicio de la aplicación del numeral 6.2 del artículo 2º de esta resolución.
30	Aplica para sistemas de distribución punto a punto y punto multipunto para acceso de banda ancha inalámbrica fija, que utilicen el espectro radioeléctrico asignado en las bandas entre 3400 MHz a 3600 MHz.

Fuente: Elaboración ANE con base en la Resolución MinTIC 290 de 2010.

Sin embargo, es importante destacar frente a estas de excepciones, que solo se encuentran en los registros de las frecuencias asignadas, algunos correspondientes a sistemas transmóviles de televisión y sistemas dedicados a la protección y seguridad del estado entre 698 y 3600 MHz como ya se presentó en la caracterización de las asignaciones. No existen asignaciones vigentes correspondientes a sistemas de Acceso fijo inalámbrico ni tampoco sistemas de distribución punto a punto o punto multipunto para banda ancha inalámbrica fija teniendo en cuenta que el segmento 3400 a 3600 MHz está destinado y asignado para la operación de las comunicaciones móviles internacionales (IMT).

De acuerdo con el análisis anterior, la Tabla 7 muestra a manera de ejemplo los valores anuales de contraprestaciones (VAC) que pagaría un asignatario por un canal de frecuencia para sistemas de radio convencional, ubicados en los rangos; 138 – 174 MHz o 406 – 470 MHz de acuerdo con los registros ya analizados, siendo estos sistemas, los que componen la mayoría del universo de las frecuencias para cubrimiento y/o sistemas punto multipunto. En este caso el valor de N sería igual a 2600. El ancho de banda típico para esta tecnología es

de 12,5 KHz[19]. El ejercicio se realiza para el caso de las diferentes áreas de servicio posibles, con ejemplos de ámbitos geográficos reales[20].

Tabla 7. Contraprestaciones pagadas por canal de 12,5 KHz bajo la Resolución 290 de 2010.

Area de Servicio	Nombre	Pas (Habitantes)	Ancho Banda (MHz)	N	η	Fp	Fpe	VAC	VAC COP
Municipal	Bucaramanga	618548	0.0125	2600	1	0.012083476	3	1.178138881	$2,063,000
Regional Municipal	Bucaramanga	618548							
	Floridabanca	315194							
	Lebrija	52119							
	Total	985861	0.0125	2600	3	0.019962103	2.5	1.621920876	$2,840,000
Departamental	Santander	2410700	0.0125	2600	1	0.045644896	1.7	2.521880482	$4,416,000
Regional Departamental	Santander	2410700							
	Boyacá	1295848							
	Total	3706548	0.0125	2600	2	0.070412089	1.5	3.43258933	$6,011,000
Bogotá	Bogotá DC	7945996	0.0125	2600	1	0.149303733	1.9	9.219505531	$16,143,000
Nacional	Colombia	53399171	0.0125	2600	1	1.0005	1	32.51625	$56,933,000

Fuente: Elaboración propia.

Al analizar la tabla 8 se observa que, para el mismo ancho de banda, la contraprestación depende de la zona de servicio autorizada, que para la población dada puede ser: municipal, departamental, regional municipal (varios municipios), regional departamental (varios departamentos), en Bogotá o Nacional, notando que en los casos regionales municipal y departamental se considera como Población Asignada (Pas) la suma de las poblaciones de los municipios o los departamentos que conforman el conjunto del área de servicio.

Finalmente, debe mencionarse que bajo la reglamentación de las contraprestaciones contenida en la Resolución MinTIC 290 de 2010, el uso de las frecuencias que tienen como fin la seguridad de la vida humana o del Estado, razones de interés humanitario y ayuda a la navegación aérea y marítima, en los servicios fijos y móviles terrestres, por parte de entidades públicas u organismos humanitarios debidamente acreditados, dará lugar al pago anual

[19] El ancho de banda tomado para este ejemplo de 12,5 kHz predomina en la base de asignaciones analizada: 8.750 de las 9.175 asignaciones únicas, equivalentes al 95,37%, utilizan ese ancho de banda, y 12,5 y 25 kHz reúnen conjuntamente el 99,39% del universo.

[20] El Cálculo toma como referencia el SMMLV para 2026 de $ 1’750.905 COP y la población proyectada por DANE para Colombia en 2026 de 53’399.171

igual al cinco por ciento (5%) del Valor Anual de las Contraprestaciones (VAC) calculada de acuerdo con las fórmulas del Anexo de la mencionada Resolución[21].

1.6 Justificación de la revisión del esquema de contraprestaciones económicas por el uso del espectro.

La contraprestación económica por la utilización del espectro radioeléctrico es uno de los instrumentos mediante los cuales el Estado establece las condiciones económicas para acceder al uso de este recurso escaso; así, en el artículo 13 de la Ley 1341 de 2009 se dispone que su pago se causa con ocasión del otorgamiento o renovación del permiso y que su importe debe ser fijado por el MinTIC con fundamento en el fomento a la inversión, la maximización del bienestar social y el cierre de la brecha digital, considerando, además, aspectos relacionados con el ancho de banda asignado, el número de usuarios potenciales, la disponibilidad del servicio, los planes de expansión y cobertura, la demanda por el espectro, la disponibilidad del recurso y los demás parámetros técnicos que permitan determinar el valor que debe recibir el Estado por su utilización.
La maximización del bienestar social a la que se refiere el artículo 13 antes mencionado, debe interpretarse de acuerdo con lo dispuesto en el parágrafo 3 del artículo 11 de la misma Ley, en el cual se establece que comprende, principalmente, la reducción de la brecha digital, el acceso universal, la ampliación de la cobertura, el despliegue y uso de redes e infraestructuras y la mejora en la calidad de los servicios.

Lo anterior, permite concluir que el valor de la contraprestación no responde únicamente a una finalidad de recaudo, sino que debe guardar correspondencia con los objetivos que orientan la asignación y administración del espectro.

De otra parte, en el artículo 4 de la Resolución MinTIC 290 de 2010 se establece que la contraprestación tiene como finalidad obtener, a favor del Estado, una retribución objetiva y permanente por la utilización del espectro y propiciar su aprovechamiento racional y eficiente.

Lo anterior, es relevante para la lectura del análisis del presente documento. La fórmula VAC se caracteriza aquí como uno de los instrumentos mediante los cuales se estructura económicamente el acceso y uso del espectro. Por ello, el análisis busca establecer cómo se forman los valores de contraprestación, qué diferenciales y señales económicas genera la estructura vigente y qué información adicional sería necesaria para evaluar si esos resultados son consistentes con los objetivos públicos asociados a los distintos usos del recurso.

[21] Artículo 6 de la Resolución MinTIC 290 de 2010. Disponible en: <https://normograma.mintic.gov.co/mintic/compilacion/docs/resolucion_mintic_0290_2010.htm>

En este sentido, un valor de la contraprestación más alto, o más bajo no puede interpretarse, por sí solo, como una medida de mayor bienestar social. Así mismo, la existencia de excepciones o reglas especiales no se describe automáticamente como un descuento o resultado más favorable para algunos grupos o servicios. Se trata de tratamientos regulatorios diferenciados cuyo efecto sobre el VAC puede cuantificarse; establecer la finalidad pública específica que los justifica requiere acudir al soporte normativo correspondiente. La caracterización distingue, por tanto, entre el funcionamiento económico de la regla y la evaluación de su consistencia con objetivos de política pública, que constituye una pregunta posterior del AIN.

A primera vista, la fórmula del Valor Anual de Contraprestación (VAC) presenta una estructura simple: el pago aumenta con la cantidad de espectro asignada y se ajusta de acuerdo con la banda de frecuencia y las características territoriales de la autorización. Sin embargo, esa aparente simplicidad desaparece cuando se examina la forma en que sus componentes interactúan. La dimensión territorial no entra únicamente a través de la población cubierta, sino también mediante una clasificación administrativa y un conteo de unidades territoriales; a su vez, la dimensión tecnológica combina una relación lineal con el ancho de banda y un valor regulatorio por MHz que cambia por rangos y excepciones. La caracterización económica se concentra, por tanto, en esas interacciones y no en la lectura aislada de cada parámetro

$$VAC = AB \times N \times Fpe \times Fp$$

Esta lectura permite ordenar el análisis en dos relaciones. El producto Fpe×Fp combina la población, la clasificación administrativa y el conteo de unidades territoriales dentro del bloque territorial, mientras AB×N combina la cantidad de espectro asignada con su valoración regulatoria. El objetivo de esta caracterización es establecer cómo opera esa arquitectura, qué propiedades estructurales genera y qué diferenciales de precio aparecen entre configuraciones. No se parte de la premisa de que la fórmula esté produciendo un uso ineficiente del espectro. La eventual relación entre estas propiedades, las decisiones de los titulares de los permisos de uso de las frecuencias y resultados de eficiencia constituye una pregunta posterior que requiere evidencia específica de comportamiento y utilización efectiva.

Esta separación define también el alcance inferencial del capítulo. Una propiedad de la fórmula puede modificar precios relativos entre configuraciones y, en ese sentido, contener una señal económica; sin embargo, ello no demuestra que los titulares respondan a esa señal ni que una eventual respuesta produzca espectro ocioso, sobreasignación, menor cobertura o pérdidas de bienestar. La caracterización se concentra en los dos primeros niveles —propiedad estructural

y señal económica— y deja la identificación de comportamiento y eficiencia para etapas posteriores del AIN.

En cuanto al alcance del universo y lectura económica de los parámetros; Los sistemas de cubrimiento y enlaces punto multipunto no son utilizados únicamente por proveedores de redes y servicios de telecomunicaciones (PRST). En un ejercicio de caracterización sectorial realizado por la ANE, se identifica estos sistemas como herramientas empleadas por múltiples organizaciones públicas y privadas, en actividades como la seguridad pública y privada, la logística, el transporte y la operación y el mantenimiento de infraestructuras. (Agencia Nacional del Espectro, 2026, pp. 45-46). Por esta razón, en esta caracterización se utilizan de manera general los términos del titular del permiso, asignatario o usuario del espectro, y se reserva la expresión PRST para los casos en que corresponda jurídicamente.

La lectura conceptual de la fórmula parte de lo que la regla define y no de una atribución retrospectiva sobre lo que el regulador habría querido representar. AB corresponde al ancho de banda asignado; N es el valor regulatorio de 1 MHz aplicable según el rango de frecuencia y, cuando corresponde, según las excepciones previstas por la regulación; Fpe es el multiplicador asociado a la categoría del área de servicio; y Fp es el factor denominado de población, cuya expresión combina la proporción Pas/Pnal con el término n×0,0005. Estas definiciones permiten establecer cómo entra cada componente en el cálculo, pero no bastan para reconstruir por sí solas la finalidad económica original con la que fueron calibrados sus valores.

Por esta razón, la caracterización mantiene una secuencia analítica explícita; primero identifica qué establece la norma; después determina qué propiedad matemática produce esa regla; posteriormente observa en qué configuraciones esa propiedad adquiere relevancia dentro de los datos; y solo entonces propone una interpretación económica de sus implicaciones. Cuando la documentación revisada no confirma una finalidad específica —por ejemplo, propagación, escasez, demanda, costos de provisión o compensación poblacional—, esa finalidad no se atribuye al parámetro como un hecho normativo.

La lectura de N requiere distinguir la regla general de sus excepciones. La Tabla A.3.1 asigna valores de N por rangos de frecuencia, mientras que la Tabla A.3.3 establece valores específicos para determinados usos: N=4 para transmóviles del servicio de radiodifusión de televisión; N=210 para ciertos servicios de telefonía local, local extendida o móvil rural por debajo de 3 GHz y para sistemas de protección pública, seguridad del Estado y socorro entre 698 y 3.600 MHz; N=140 para los primeros servicios cuando operan en o por encima de 3 GHz; y N=30 para sistemas punto a punto y punto–multipunto de acceso de banda

ancha inalámbrica fija entre 3.400 y 3.600 MHz. El efecto matemático de estas excepciones es directo: modifican la valoración regulatoria por MHz y, por tanto, el producto AB×N respecto del valor que resultaría de aplicar únicamente la tabla general por frecuencia. Esta diferencia puede analizarse económicamente como un cambio en el precio regulatorio relativo entre configuraciones, sin inferir que la norma haya calibrado N para representar una dimensión económica específica que no esté documentada. (Anexo A.3, Tabla A.3.3). (Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, 2011, Anexo A.3, tablas A.3.1 y A.3.3).

Estas particularidades internas de la fórmula deben diferenciarse de otros tratamientos regulatorios especiales previstos por la misma resolución. El régimen contempla, entre otros, usos exentos de contraprestación para determinados servicios radioeléctricos; un pago anual equivalente al 5% del VAC para ciertos usos de frecuencias destinados a seguridad de la vida humana o del Estado y fines humanitarios; una regla específica para recintos cerrados; una valoración particular para autorizaciones temporales de pruebas técnicas y demostraciones; y la posibilidad de establecer descuentos para proyectos de telecomunicaciones sociales del Estado mediante acto administrativo. Estas reglas no constituyen necesariamente modificaciones de AB, N, Fpe o Fp y, por tanto, deben analizarse como una capa regulatoria complementaria a la fórmula A.3. (Resolución MinTIC 2877 de 2011, art. 2, numeral 6). (Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, 2011, art. 6).

La selección de valores utilizados en los ejercicios de caracterización también debe responder a la evidencia y no a supuestos arbitrarios. Cuando se utiliza un canal de 12,5 kHz, ello obedece a que constituye la configuración modal y ampliamente predominante en la base: 8.750 de las 9.175 asignaciones únicas, equivalentes al 95,37%, utilizan ese ancho de banda, y 12,5 y 25 kHz reúnen conjuntamente el 99,39% del universo. De igual forma, cuando un ejercicio requiere fijar una población representativa, se privilegia la mediana observada de la clasificación territorial correspondiente; cualquier caso puramente ilustrativo debe identificarse expresamente como tal. Esta distinción evita confundir un ejemplo de cálculo con una observación representativa del universo analizado.

2. Análisis económico y matemático de la formula

2.1 Análisis territorial

2.1.1 Territorio: de la composición de Fp a la incidencia conjunta

El primer indicio de que la dimensión territorial requiere una lectura conjunta aparece dentro del propio factor denominado de población. La regla no utiliza exclusivamente la proporción de habitantes comprendidos en el área autorizada. A esa fracción añade un término que depende del parámetro n, cuyo valor cambia según la clasificación territorial aplicable:

$$\mathrm{Fp} = \frac{\mathrm{Pas}}{\mathrm{Pnal}} + n \times 0{,}0005$$

Si se define s=Pas/Pnal y c=0,0005, entonces Fp=s+cn. De acuerdo con la regla A.3, cuando Fpe corresponde a Regional Departamental, n equivale al número de departamentos dentro de una misma red cubiertos por una misma frecuencia; cuando Fpe corresponde a Regional Municipal, n equivale al número de municipios cubiertos por una misma frecuencia; y en los demás casos n=1. Por tanto, el término cn no debe describirse como una constante residual ni como un mecanismo destinado simplemente a evitar valores nulos: es un componente discreto cuyo valor depende del número de unidades territoriales que la propia regla contabiliza para cada tipo de cobertura. La fracción s varía de manera continua con la población cubierta, mientras cn cambia con esa regla territorial. Con una población nacional de 53.399.171 habitantes, cada incremento unitario de n añade 0,0005 a Fp, equivalente aritméticamente a aproximadamente 26.700 habitantes en la escala del cociente poblacional. Esta equivalencia sirve para dimensionar el término, pero no atribuye a la norma la finalidad de representar una cantidad fija de habitantes por municipio o departamento (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2025).

2.1.2 La participación de n solo adquiere sentido frente a la población

La coexistencia de ambos términos conduce a una primera necesidad analítica: medir qué proporción del valor de Fp corresponde aritméticamente al componente asociado a n y qué proporción corresponde a Pas/Pnal. De allí surge la participación de n dentro de Fp, un indicador construido para esta caracterización y que no forma parte de la regulación. Su utilidad deriva de

la estructura matemática de Fp; no supone que n haya sido incorporado con una finalidad económica específica ni que constituya una corrección de la población.

$$\text{Share}_n = \frac{n \times 0{,}0005}{\frac{\text{Pas}}{\text{Pnal}} + n \times 0{,}0005} \times 100$$

La lectura es estrictamente composicional. Un Share_n de 40% significa que el 40% de Fp corresponde aritméticamente al término n×0,0005; no significa que n cause el 40% del VAC ni que ese porcentaje pueda separarse jurídicamente como una porción autónoma del pago. Esta distinción resulta importante porque el indicador se utiliza primero para comprender la estructura interna de Fp, antes de evaluar cualquier brecha entre clasificaciones territoriales.

En las 16.839 unidades territoriales válidas, la mediana de Share_n se sitúa alrededor de 28,8%. El promedio es mayor, cercano a 30,2%, pero la distribución presenta una cola considerable: el percentil 75 alcanza 51,3%, el percentil 90 70,4%, el percentil 95 80,2% y el percentil 99 89,7%. La mediana es especialmente informativa en este contexto porque representa la observación central sin quedar dominada por coberturas de población muy reducida en las que el término fijo adquiere una participación muy elevada. En la unidad territorial típica, la población conserva el mayor peso dentro de Fp; sin embargo, una fracción material del universo se ubica en el extremo contrario.

La desagregación territorial muestra dónde se concentra ese patrón. En Municipal, la mediana de Share_n es 42,4% y aproximadamente 43,8% de las observaciones presenta Share_n superior a 50%. En Regional Municipal, la mediana es 35,8% y alrededor de 30,3% de los casos supera ese umbral. En contraste, las medianas son aproximadamente 1,68% en Departamental, 1,33% en Regional Departamental, 0,33% en Bogotá D.C. y 0,05% en Nacional. Estas cifras no implican que las categorías Municipal o Regional Municipal tengan necesariamente un VAC absoluto mayor; muestran algo más específico: dentro de Fp, el conteo administrativo tiene una incidencia relativa mucho más elevada en esas clasificaciones.

El resultado anterior deja una pregunta adicional. Si Municipal y Regional Municipal concentran los valores altos de Share_n, ¿esa incidencia proviene simplemente de cubrir más municipios? La evidencia indica que no. En las coberturas Regional Municipal, un mayor n suele estar acompañado de una mayor población cubierta, por lo que el peso relativo de n no aumenta de

manera monotónica con el número de municipios. La matriz que cruza grupos de n con cuartiles de población confirma que un mismo rango de municipios puede producir composiciones de Fp muy diferentes según Pas. El hallazgo económico no es que "más municipios impliquen mayor incidencia", sino que el componente n se vuelve especialmente relevante cuando una autorización combina varias unidades territoriales con una población relativa reducida.

2.1.3 Cuando Fp ya no basta: Fpe introduce un segundo canal territorial

Comprender la composición de Fp permite identificar dónde el conteo territorial adquiere relevancia, pero todavía no agota el tratamiento del territorio. La regulación asigna valores distintos de Fpe según la categoría del área de servicio: 1,0 para Nacional, 1,5 para Regional Departamental, 1,7 para Departamental, 1,9 para Bogotá D.C., 2,5 para Regional Municipal y 3,0 para Municipal. Normativamente, Fpe funciona como un multiplicador categórico asociado al tipo de área de servicio. Matemáticamente, esos valores producen diferenciales de contraprestación entre categorías. La documentación revisada permite identificar los valores y sus reglas de aplicación, pero no permite afirmar con certeza que su calibración responda específicamente a distribución poblacional, escasez, costos de provisión u otra finalidad económica particular.

Esta superposición no equivale, por sí misma, a un "doble cobro". La conclusión que sí se desprende de la estructura es que dos mecanismos vinculados con el mismo territorio afectan simultáneamente el VAC. El siguiente problema consiste en cuantificar la magnitud de esa incidencia conjunta. Una comparación directa entre asignaciones Regional Municipal y Departamental no resolvería la pregunta, porque las observaciones reales también pueden diferir en ancho de banda, banda de frecuencia y población. Para aislar el tratamiento territorial es necesario mantener constantes esas características y modificar únicamente los parámetros que distinguen ambas clasificaciones.

2.1.4 El contrafactual RM–D: cuánto importa la regla territorial

El contrafactual Regional Municipal–Departamental surge de esa necesidad. Para cada unidad territorial Regional Municipal se mantiene constante AB, N y Pas y se calcula cuánto habría resultado el VAC si solo se sustituyeran los parámetros territoriales por los correspondientes a Departamental. No se trata de afirmar que la autorización debería clasificarse jurídicamente de otra manera ni de predecir una reacción del titular. Es un experimento de diseño

que permite comparar la misma configuración espectral y poblacional bajo dos reglas territoriales.

$$VAC_{RM} = AB \times N \times 2{,}5 \times \left(\frac{Pas}{Pnal} + 0{,}0005n\right)$$
$$VAC_D{}^{CF} = AB \times N \times 1{,}7 \times \left(\frac{Pas}{Pnal} + 0{,}0005\right)$$

Sobre 8.354 unidades territoriales Regional Municipal, el VAC bajo la regla RM equivale en la mediana a aproximadamente 2,09 veces el VAC de su contrafactual Departamental; la brecha mediana es cercana a 109,1%. El resultado no establece que esa diferencia sea ineficiente, improcedente o causalmente responsable de una decisión de inversión. Sí establece que, manteniendo constantes el espectro y la población, el tratamiento territorial tiene una incidencia económica material dentro de la fórmula.

La cuantificación de la brecha conjunta abre, a su vez, una nueva pregunta. El diferencial RM–D cambia simultáneamente Fpe y n, y ambos componentes interactúan de forma multiplicativa. Por ello, conocer la brecha no permite saber qué parte corresponde a cada mecanismo. Una resta basada en un único orden asignaría arbitrariamente la interacción al componente que se introdujera en segundo lugar.

2.1.5 De la brecha conjunta a su descomposición

Para distribuir esa interacción se construyen cuatro estados: V00 corresponde al escenario Departamental completo; V10 cambia únicamente Fpe; V01 cambia únicamente n; y V11 corresponde al escenario Regional Municipal completo. La descomposición Shapley calcula cuánto agrega cada componente cuando entra primero y cuánto agrega cuando entra después del otro, y promedia ambas contribuciones marginales:

$$\varphi_{\mathrm{Fpe}} = \frac{1}{2}\left[(V_{10} - V_{00}) + (V_{11} - V_{01})\right]$$
$$\varphi_{n} = \frac{1}{2}\left[(V_{01} - V_{00}) + (V_{11} - V_{10})\right]$$

En la mediana, Fpe representa aproximadamente 52,2% de la brecha RM–D y n cerca de 47,8%. Estos porcentajes no son equivalentes a Share_n. Share_n describe la composición interna de Fp; Shapley distribuye una diferencia contrafactual entre dos tratamientos territoriales. La similitud de ambas contribuciones en la mediana muestra que el diferencial no puede

atribuirse únicamente al cambio de categoría ni únicamente al conteo de municipios: surge de su interacción.

Ese promedio, sin embargo, puede ocultar heterogeneidad relevante. Una vez definida y descompuesta la brecha, sí es posible preguntar en qué configuraciones n adquiere mayor importancia dentro de ella. Por grupos de n, la participación mediana de n en la brecha es aproximadamente 37,6% para coberturas de uno o dos municipios, 48,8% entre tres y cinco, 51,2% entre seis y diez, 49,7% entre once y veinte, 40,9% entre veintiuno y treinta y 48,6% en treinta y uno o más. La trayectoria no es monotónica, lo que nuevamente descarta una interpretación basada únicamente en el número de municipios.

La estratificación por población ofrece una señal más clara. En el cuartil de menor población, n representa en la mediana alrededor de 55,0% de la brecha; en el segundo cuartil, 51,2%; en el tercero, 38,5%; y en el cuartil de mayor población, 29,2%. El mismo patrón aparece al separar los casos en los que n explica más de la mitad de la brecha: 38,6% de las unidades RM pertenece a ese grupo. La mediana de n es seis municipios tanto cuando n domina como cuando no lo hace, pero la población mediana cambia de aproximadamente 143.907 a 734.208 habitantes. La evidencia refuerza así la idea que ya había aparecido dentro de Fp: la incidencia de n depende menos de un umbral de municipios que de la relación entre extensión administrativa y población cubierta.

2.1.6 La cúspide territorial: discontinuidad y posible no monotonicidad

La consecuencia más exigente de esta interacción no es únicamente que algunas coberturas enfrenten una incidencia territorial mayor. La estructura vigente tampoco garantiza que una mayor población cubierta implique una contraprestación mayor cuando cambia simultáneamente la clasificación territorial. Considérense dos autorizaciones con iguales condiciones espectrales, una Regional Municipal A y otra Departamental B. Si s=Pas/Pnal, sus componentes territoriales pueden expresarse como:

$$\mathrm{VAC_A} = \mathrm{ABN} \times 2{,}5 \times (\mathrm{s_A} + 0{,}0005\mathrm{n_A})$$
$$\mathrm{VAC_B} = \mathrm{ABN} \times 1{,}7 \times (\mathrm{s_B} + 0{,}0005)$$

Puede ocurrir simultáneamente que s_B>s_A y VAC_B<VAC_A. La condición es:

$$2{,}5(s_A + 0{,}0005n_A) > 1{,}7(s_B + 0{,}0005)$$

o, de forma equivalente:

$$s_B < \left(\frac{2{,}5}{1{,}7}\right)(s_A + 0{,}0005 n_A) - 0{,}0005$$

La propiedad es general y no depende de un territorio particular: una cobertura con mayor población puede enfrentar un VAC inferior a otra con menor población cuando la combinación de Fpe y n compensa el mayor valor de s. Su relevancia empírica tampoco es uniforme. Las configuraciones más expuestas son precisamente las que la caracterización identificó antes: coberturas con varias unidades territoriales y una población relativa reducida, donde n adquiere mayor peso dentro de Fp y posteriormente dentro de la brecha RM–D.

Esta propiedad estructural puede interpretarse como un diferencial de precio implícito entre clasificaciones territoriales. Manteniendo constantes las demás variables, determinadas categorías territorialmente más amplias pueden resultar relativamente menos costosas que otras de menor cobertura administrativa. Ese resultado permite identificar una señal económica potencial contenida en el diseño de la fórmula, pero no implica que la superficie en km² constituya el criterio correcto de valoración ni que deba sustituir a Fpe. Tampoco permite concluir que los titulares amplíen estratégicamente sus áreas de servicio con el propósito de reducir la contraprestación, ni que dicha señal se traduzca por sí misma en reserva ociosa de espectro.

La distribución observada refuerza la necesidad de mantener esta cautela interpretativa. En el universo territorial válido de la caracterización, las categorías Departamental y Regional Departamental reúnen 2.351 de las 16.839 unidades territoriales válidas, aproximadamente el 14,0% del total. Esta participación no elimina la existencia del diferencial de precio implícito, pero tampoco constituye evidencia de un uso generalizado de categorías territoriales más amplias para reducir el pago. La distribución es descriptiva y no permite identificar por qué fue seleccionada cada categoría de cobertura.

Establecer si este diferencial de precio se traduce en decisiones observables de los titulares requiere evidencia adicional de comportamiento. Sería necesario contrastar, entre otros elementos, el área autorizada con las necesidades técnicas de las redes, la evolución de solicitudes y modificaciones de cobertura, la utilización efectiva de las frecuencias, los niveles de ocupación, el tráfico o capacidad cursada y el ancho de banda reservado y no utilizado. Solo una vez identificada esa respuesta sería posible

evaluar si produce consecuencias sobre la eficiencia en el uso del espectro. En ausencia de esa información, la posible ampliación estratégica de áreas de servicio y la existencia de espectro ocioso deben tratarse como hipótesis a contrastar y no como resultados de esta caracterización.

El carácter categórico de Fpe introduce además discontinuidades. Dos áreas con poblaciones similares pueden recibir ponderaciones diferentes si pertenecen a categorías administrativas distintas. A ello se suma que una misma categoría puede agrupar configuraciones territoriales que difieren en población, extensión, densidad u otras características observables, y que la clasificación vigente no representa de forma unívoca todas las combinaciones territoriales posibles, por ejemplo, aquellas que mezclan departamentos completos con municipios de otros departamentos o que combinan Bogotá D.C. con otros ámbitos. Esta heterogeneidad no implica que la superficie en km², la densidad u otra variable deba sustituir a Fpe como criterio normativo; únicamente permite establecer que la clasificación administrativa no representa de manera continua todas las diferencias existentes entre las áreas de servicio. La pregunta de esta caracterización es, por tanto, qué diferenciales de contraprestación produce la estructura categórica vigente y no qué variable debería reemplazarla.

Solo después de establecer que estos parámetros tienen una incidencia material resulta relevante examinar su trazabilidad cuantitativa. La documentación normativa revisada permite identificar los valores vigentes de Fpe y el término 0,0005, así como las reglas de aplicación de n, pero no permite reconstruir el criterio cuantitativo utilizado para calibrar la magnitud relativa de esos valores. Esta observación no implica afirmar que carezcan de fundamento. Delimita algo más preciso: a partir del material revisado no puede atribuirse retrospectivamente a Fpe, n o 0,0005 una finalidad económica concreta que no esté documentada. La caracterización se concentra, por tanto, en sus efectos observables dentro de la fórmula y en la incidencia que adquieren en los datos.

En conjunto, el recorrido territorial muestra una secuencia consistente. Fp revela que población y conteo administrativo conviven dentro del mismo factor; Share_n permite identificar dónde ese conteo adquiere relevancia; Fpe introduce una segunda vía territorial; el contrafactual RM–D muestra que la incidencia conjunta es económicamente material; Shapley distribuye esa diferencia entre los dos mecanismos; y la heterogeneidad observada permite localizar las configuraciones donde n pesa más. El resultado culmina en propiedades de ordenamiento y diferenciales de precio que pertenecen a la arquitectura de la fórmula. Determinar si esas señales modifican efectivamente las decisiones de cobertura o la utilización del espectro es una

pregunta distinta. Cerrado este diagnóstico de la fórmula, el análisis puede desplazarse al bloque tecnológico.

2.2 Análisis tecnológico

2.2.1 Tecnología, valoración y presión sobre el recurso: configuraciones observadas y sensibilidad de AB×N

Hasta este punto se han mantenido conceptualmente constantes las condiciones espectrales para aislar la incidencia del territorio. El siguiente paso invierte la perspectiva: mantener el territorio como referencia y examinar cómo cambia la valoración de la fórmula cuando varía el ancho de banda. La evolución tecnológica se utiliza aquí como contexto contemporáneo de aplicación y no como prueba de ineficiencia ni como evidencia suficiente para reconstruir la finalidad histórica del diseño. La pregunta de caracterización no es si la fórmula se volvió obsoleta, sino cómo responde la relación AB×N cuando una configuración se aparta de los anchos de banda predominantes en el universo actualmente observado.

$$VAC = AB \times N \times T\,, \quad con\ T = Fpe \times Fp$$

2.2.2 La evidencia actual sigue concentrada en configuraciones de banda angosta

La primera característica de los datos es la fuerte concentración del ancho de banda. De las 9.175 asignaciones únicas, 8.750 (95,37 %) utilizan 12,5 kHz y 369 (4,02 %) utilizan 25 kHz; ambas canalizaciones reúnen 99,39 % del universo. Los demás anchos de banda son escasos, aunque existen configuraciones puntuales que alcanzan valores sustancialmente mayores. La evidencia transversal de 2026 describe, por tanto, un universo todavía dominado por configuraciones de banda angosta; no demuestra una sustitución generalizada hacia mayores anchos de banda ni, por sí sola, una transición tecnológica en el tiempo.

Esta distinción es metodológicamente relevante. Una fotografía transversal permite caracterizar el estado actual, pero no establecer la dirección ni la velocidad de una evolución tecnológica. Para demostrar una transición sería necesario observar series comparables de solicitudes y asignaciones por ancho de banda, banda de frecuencia, tipo de uso y tratamiento de N. En ausencia de esa serie, la prospectiva tecnológica se utiliza únicamente para identificar escenarios cuya importancia podría aumentar hacia adelante.

Esa concentración limita cualquier intento de inferir comportamiento a partir de comparaciones simples. Comparar VAC directamente con AB sería además circular en parte, porque AB forma parte de la propia fórmula. Para normalizar la contraprestación por tamaño del canal se utiliza el precio regulatorio por MHz:

$$Precio_{MHz} = \frac{VAC}{AB} = N \times Fpe \times Fp$$

El indicador responde a cuánto VAC corresponde a cada MHz bajo una determinada combinación de banda y territorio. No representa la carga regulatoria total del titular ni sus costos de cumplimiento. Una vez normalizado el VAC, tampoco aparece una relación simple según la cual un mayor precio regulatorio por MHz esté asociado sistemáticamente con un menor ancho de banda. Solo cuatro titulares utilizan tanto 12,5 como 25 kHz y, manteniendo N=2.600, únicamente dos permiten una comparación interna; incluso allí, las canalizaciones aparecen en bloques de frecuencia diferentes. Una regresión agregada o un modelo de elección introduciría, por tanto, una precisión aparente sin resolver la falta de comparabilidad por titular, frecuencia, canalización y tecnología.

La misma advertencia aparece en una regresión logarítmica simple. En las 9.175 asignaciones, la elasticidad observada entre VAC y AB es aproximadamente 0,666, con error estándar robusto cercano a 0,079 y R^2 de 0,024. El coeficiente describe la composición de la base: un 1% adicional de AB se asocia con alrededor de 0,67% más de VAC en las asignaciones observadas. No identifica una elasticidad causal ni contradice la mecánica de la fórmula, porque N y territorio también cambian entre observaciones.

2.2.3 La propiedad estructural: proporcionalidad matemática respecto de AB

La limitada comparabilidad empírica deja abierta una pregunta distinta: independientemente del comportamiento observado, ¿qué relación impone la fórmula cuando se mantiene constante el resto de las componentes? Al escribir $VAC=AB\times N\times T$ y tomar logaritmos se obtiene $ln(VAC)=ln(AB)+ln(N)+ln(T)$. La elasticidad estructural respecto de AB es exactamente uno:

$$\frac{\partial\, ln(VAC)}{\partial\, ln(AB)} = 1$$

Esta igualdad no es una estimación econométrica, sino una identidad de la forma funcional. Por eso no existe contradicción entre 0,666 y 1: el primer valor describe cómo se combinan las asignaciones existentes y el segundo qué hace la fórmula ceteris paribus. La elasticidad unitaria demuestra únicamente proporcionalidad matemática. No permite concluir que el VAC resultante sea económicamente proporcional al costo de oportunidad del espectro, que la regla sea equitativa o que el valor refleje de manera suficiente escasez, demanda, exclusividad o intensidad de uso. Evaluar esas dimensiones requeriría información adicional sobre disponibilidad de espectro, demanda por banda, condiciones de asignación, exclusividad, área autorizada y utilización efectiva.

Como se señaló al inicio, N es el parámetro mediante el cual la regla asigna un valor regulatorio distinto a 1 MHz según el rango de frecuencia y, en los supuestos de la Tabla A.3.3, según determinados usos o servicios. La tabla general opera como una función escalonada: dentro de cada rango N permanece constante y cambia al cruzar un umbral. La propiedad económica que sí puede afirmarse a partir de la fórmula es que esos cambios modifican el precio regulatorio relativo por MHz entre configuraciones. La documentación revisada no permite, en cambio, atribuir de manera concluyente la calibración de N a propagación, escasez, demanda o cualquier otra dimensión económica específica sin soporte documental adicional.

2.2.4 Disponibilidad y presión sobre el recurso: una dimensión complementaria

La diferenciación regulatoria introducida por N no permite establecer, por sí sola, si una banda es más o menos escasa ni si el valor aplicado refleja su costo de oportunidad. Desde una perspectiva económica, la abundancia o escasez relativa del espectro puede ser relevante para valorar el recurso, pero esa dimensión debe contrastarse de manera separada con información sobre disponibilidad y usos alternativos. Por ello, la caracterización incorpora esta pregunta como una dimensión complementaria: ¿los diferenciales de valoración por banda guardan alguna relación con las condiciones observadas de presión o disponibilidad del espectro?

Responder esa pregunta exige distinguir tres conceptos. La asignación administrativa describe los permisos, frecuencias o registros existentes; la disponibilidad para nuevas asignaciones depende de las condiciones técnicas y regulatorias que permiten incorporar un nuevo uso, incluidas canalización, coordinación, interferencia, reutilización geográfica y restricciones de banda; y la ocupación o utilización efectiva corresponde al uso real del recurso en el territorio y en el tiempo. Estas tres dimensiones no son equivalentes. Una

banda puede registrar numerosas asignaciones y, aun así, admitir reutilización geográfica; del mismo modo, una frecuencia autorizada puede presentar niveles de utilización muy distintos según la configuración de la red.

La base empleada en esta caracterización permite construir una primera lectura de presión administrativa, porque contiene información sobre asignaciones, frecuencias, anchos de banda, titulares de los permisos de uso del espectro y distribución territorial. Estas variables permiten describir qué bandas concentran más registros, cuántos actores participan, cuánto ancho de banda aparece autorizado y en qué territorios se localizan las asignaciones. Sin embargo, tales indicadores deben interpretarse como intensidad administrativa observada y no como una medición directa de escasez económica u ocupación efectiva.

En particular, un mayor número de registros no implica automáticamente una menor disponibilidad. La misma frecuencia puede reutilizarse en áreas geográficas distintas y su posibilidad de nueva asignación depende de condiciones de coordinación, potencia, interferencia, separación entre sistemas y características de propagación y diseño de red. Por esta razón, el conteo de asignaciones no se utiliza en este capítulo como un índice de escasez. Tampoco se equipara el ancho de banda total registrado con espectro efectivamente ocupado, pues la utilización real requeriría información adicional de monitoreo, tráfico o actividad de las redes.

Una medición más completa de disponibilidad requeriría, además, un denominador técnicamente válido de espectro susceptible de nuevas asignaciones por banda y territorio. No sería suficiente utilizar la diferencia entre los límites inferior y superior de cada banda si existen segmentos no disponibles, bandas de guarda, canalizaciones, usos compartidos, restricciones de coordinación u otras limitaciones. De manera similar, para aproximar presión de demanda sería necesario disponer de solicitudes nuevas, rechazos, renovaciones, devoluciones, modificaciones de permisos u otra evidencia que permita observar competencia efectiva por el recurso. Cuando estas variables no están disponibles, la caracterización debe reconocer explícitamente la limitación.

En consecuencia, el análisis de N y de AB×N se mantiene separado de una afirmación de escasez. N describe la valoración regulatoria vigente; los registros permiten aproximar presión administrativa; la disponibilidad técnica exige información adicional; y la escasez económica requeriría, además, evidencia sobre usos alternativos valiosos que compiten por el recurso. Esta jerarquía evita pasar directamente de "muchas asignaciones" a "banda

escasa" o de un N elevado a un costo de oportunidad alto. La comparación entre estas dimensiones puede desarrollarse de manera exploratoria cuando existan datos compatibles, pero no debe convertirse en una inferencia causal o en una validación automática de la estructura tarifaria.

2.2.5 Sensibilidad de AB×N frente a configuraciones de mayor ancho de banda

Una vez separada la valoración regulatoria de la disponibilidad efectiva del recurso, la pregunta de sensibilidad puede formularse con mayor precisión. Manteniendo el territorio fijo y sin interpretar N como una medida demostrada de escasez, ¿cuánto tendría que variar N para que el producto AB×N permaneciera constante cuando una configuración utiliza un canal más ancho? La condición de referencia es:

$$AB_0 N_0 = AB_1 N_1$$

y, por tanto:

$$N_{neutral} = N_0 \times \frac{AB_0}{AB_1}$$

N_neutral no es una recomendación tarifaria, un parámetro óptimo ni una medida de eficiencia. Es un benchmark de sensibilidad estructural: muestra cuánto tendría que variar N para mantener constante el producto AB×N respecto de una configuración de referencia. Utilizando como benchmark 12,5 kHz con N=2.600, N_neutral es 1.300 para 25 kHz, 325 para 100 kHz, 32,5 para 1 MHz, 6,5 para 5 MHz y 3,25 para 10 MHz. La relación ilustra la magnitud del ajuste aritmético requerido a medida que aumenta AB, sin afirmar que esos valores sean los regulatorios correctos.

La misma identidad puede leerse en sentido inverso. Para cada valor excepcional de N existe un ancho de banda que haría neutral el producto respecto del benchmark:

$$AB_{neutral} = \frac{AB_0 N_0}{N_{excepción}}$$

Con la misma referencia, N=210 resulta neutral alrededor de 154,8 kHz; N=140 alrededor de 232,1 kHz; N=30 alrededor de 1,083 MHz; y N=4 alrededor de 8,125 MHz. Estos valores no reconstruyen la intención histórica de las excepciones. Únicamente muestran el AB para el cual cada N igualaría el componente espectral del benchmark elegido.

Una vez construido ese punto de comparación, puede evaluarse la suficiencia de una excepción concreta. Para un AB determinado, el VAC bajo la excepción es $AB_1 \times N_excepción \times T$ y el VAC bajo el benchmark neutral es $AB_1 \times N_neutral \times T$. Al dividir ambas expresiones se cancelan AB_1 y T:

$$ISC_T = \frac{VAC_{excepción}}{VAC_{neutral}} = \frac{N_{excepción}}{N_{neutral}}$$

El Índice de Suficiencia de la Compensación Tecnológica (ISC_T) se utiliza únicamente como medida de posición relativa frente al benchmark construido. Un valor igual a 1 coincide con la referencia; un valor inferior a 1 ubica el componente espectral por debajo del benchmark, y un valor superior a 1 lo ubica por encima. El indicador no mide eficiencia, neutralidad tecnológica normativa ni adecuación absoluta de la tarifa; simplemente traduce la relación entre N observado y N_neutral a la misma escala del VAC.

Los escenarios muestran por qué una excepción no puede evaluarse aisladamente del AB al que se aplica. Con el benchmark utilizado, N=30 produce un ISC_T cercano a 0,92 para 1 MHz, pero aproximadamente 9,23 para 10 MHz; N=4 se ubica por debajo del benchmark en 5 MHz y coincide con él alrededor de 8,125 MHz. En la base observada aparecen N=4 y N=210, pero no N=30 ni N=140. Entre las 1.194 asignaciones con N=210, 1.192 —99,83 %— se encuentran por debajo del benchmark y solo dos lo superan, con AB de 2 y 18 MHz. La evidencia actual no identifica, por tanto, una insuficiencia generalizada de N=210. Lo que revela es una condición de sensibilidad: la posición relativa de un valor discreto de N puede cambiar de manera pronunciada cuando AB se aleja de las configuraciones dominantes.

El recorrido tecnológico conduce así a una conclusión más acotada que la territorial. La dimensión no puede evaluarse a partir de AB o N por separado y la fórmula impone una relación lineal con el ancho de banda; sin embargo, el universo observado continúa concentrado casi por completo en 12,5 y 25 kHz. La caracterización no identifica una pérdida generalizada de pertinencia tecnológica en las asignaciones actuales. Identifica una propiedad de sensibilidad cuya relevancia podría aumentar si crece la presencia de configuraciones con AB significativamente superiores al patrón predominante. N_neutral e ISC_T deben leerse en ese sentido: como instrumentos para delimitar escenarios, no como medidas de eficiencia ni como demostración de obsolescencia.

2.2.6 Contexto prospectivo: por qué conviene monitorear la relación AB×N

La evidencia internacional aporta contexto para esta pregunta, pero no sustituye la caracterización nacional. Ofcom ha desarrollado esquemas de acceso local y compartido al espectro para soportar, entre otros usos, redes privadas, conectividad empresarial e industrial y Fixed Wireless Access (FWA), incluyendo la banda de 3,8–4,2 GHz. En paralelo, la GSMA documenta que el FWA basado en 5G ha ganado presencia en múltiples mercados y continúa siendo un caso de uso relevante tanto en segmentos residenciales como empresariales. Estas referencias no prueban que el universo PMP colombiano esté migrando hacia estas aplicaciones, ni tampoco sugieren que el uso del espectro para dichas aplicaciones deba ser valorado bajo el esquema de la resolución 290 de 2010 para cubrimiento y/o enlaces punto multipunto; únicamente muestran que existen aplicaciones internacionales cuyo perfil de uso y requerimientos espectrales pueden diferir de las canalizaciones de banda angosta predominantes en la base nacional. (Ofcom, 2019; Ofcom, 2021; GSMA, 2025).

El alcance prospectivo debe mantenerse deliberadamente limitado. Esta caracterización no pretende establecer qué modelo regulatorio extranjero debería adoptar Colombia ni utilizar tendencias internacionales como evidencia de un problema actual. Su función es identificar que la relación AB×N merece seguimiento si las futuras solicitudes y asignaciones comienzan a desplazarse hacia anchos de banda mayores, nuevas bandas o usos privados/industriales con requerimientos diferentes. La materialidad de ese escenario deberá verificarse con series nacionales de AB, bandas, usos y excepciones de N, y con el estudio comparado que corresponda en una etapa posterior del AIN.

En consecuencia, la pregunta tecnológica que queda abierta no es si la fórmula ya perdió vigencia, sino bajo qué evolución observable del universo la sensibilidad identificada en AB×N podría volverse material. Esta formulación permite conectar la propiedad matemática con la prospectiva sin convertir una posibilidad futura en una conclusión sobre el estado actual.

2.3 Diagnóstico económico integrado de la fórmula vigente

El recorrido anterior permite volver a la expresión general del VAC con una lectura distinta a la del punto de partida. Escrita de manera compacta, $VAC=(AB\times N)\times(Fpe\times Fp)$ puede parecer una combinación de cuatro parámetros relativamente independientes. La caracterización muestra, sin embargo, que esa lectura es insuficiente: la fórmula produce diferenciales de valoración a través

de interacciones internas que solo aparecen cuando cambian simultáneamente las características territoriales o tecnológicas de una asignación. Este diagnóstico no equivale a una evaluación de eficiencia del uso del espectro. Su objeto es anterior: identificar qué relaciones impone la fórmula, qué precios relativos resultan de ellas y bajo qué configuraciones esas señales adquieren mayor magnitud.

$$VAC = (AB \times N) \times (Fpe \times Fp)$$

La dimensión territorial permitió observar esta lógica con mayor claridad. Aunque la norma denomina Fp como factor de población, su expresión no contiene únicamente Pas/Pnal: incorpora también n×0,0005, cuyo valor depende de la categoría territorial conforme a la regla aplicable. La construcción de Share_n fue necesaria precisamente para describir la composición matemática de ese factor sin atribuir una finalidad económica al término n. El mismo número de unidades territoriales puede representar una fracción muy pequeña de Fp cuando la población cubierta es elevada y una fracción dominante cuando la población es reducida. Los resultados muestran que esta segunda situación se concentra en las coberturas Municipal y Regional Municipal, mientras pierde relevancia en Departamental, Regional Departamental, Bogotá D.C. y Nacional. El primer hallazgo territorial, por tanto, se refiere a cómo opera la regla, no a la intención histórica con la que fue diseñada.

Ese resultado llevó a una segunda constatación. Aun conociendo la composición de Fp, el tratamiento territorial seguía incompleto porque la clasificación administrativa modifica simultáneamente Fpe. El territorio entra entonces por dos vías relacionadas pero conceptualmente distintas: una clasificación categórica que multiplica el VAC y un conteo de unidades que se suma a la población dentro de Fp. La comparación directa entre observaciones reales no permitía cuantificar la incidencia de esa combinación, pues también podían variar el ancho de banda, la banda de frecuencia y la población. De allí surgió el contrafactual Regional Municipal–Departamental, que mantiene constantes AB, N y Pas y modifica únicamente los parámetros territoriales. Bajo ese ejercicio, la regla Regional Municipal produce en la mediana un VAC aproximadamente 2,09 veces el de su benchmark Departamental. El resultado es importante porque transforma una descripción de la fórmula en una medida de incidencia de diseño: la diferencia persiste aun cuando espectro y población se mantienen fijos.

La brecha contrafactual, sin embargo, todavía no resolvía la pregunta de atribución. Fpe y n cambian al mismo tiempo y la estructura multiplicativa hace que el aporte de cada uno dependa del orden en que se introduzcan. La descomposición Shapley permite distribuir esa interacción sin asignarla

arbitrariamente a uno de los componentes. En la mediana, Fpe representa cerca de 52,2% de la brecha RM−D y n alrededor de 47,8%. La interpretación correcta no es que n explique 47,8% del VAC total, sino que, dentro de la diferencia entre el tratamiento Regional Municipal y su contrafactual Departamental, ambos canales territoriales aportan magnitudes similares. Esta distinción es esencial porque conecta dos niveles analíticos diferentes: Share_n describe la composición interna de Fp, mientras Shapley describe la composición de una brecha de diseño regulatorio.

Una vez separadas esas dos nociones, la heterogeneidad de la brecha adquiere una lectura económica más clara. La participación de n no aumenta simplemente con el número de municipios; se vuelve más relevante cuando una cobertura combina varias unidades territoriales con una población relativa baja. La matriz n×población y los cuartiles de Pas muestran que la dispersión administrativa importa sobre todo cuando la escala poblacional no crece al mismo ritmo. Esta relación explica por qué dos coberturas con un n similar pueden ocupar posiciones muy diferentes en la descomposición de la brecha. El mecanismo no se resume, por tanto, en "más territorio implica más VAC", sino en la interacción entre cuántas unidades se contabilizan y cuánta población queda asociada a ellas.

La consecuencia más exigente de esa interacción aparece en el ordenamiento del VAC respecto de la población. La estructura vigente no garantiza monotonía poblacional: bajo determinadas combinaciones de Fpe y n, una cobertura con mayor Pas puede enfrentar un VAC inferior a otra con menor Pas. Esta posibilidad no depende de un territorio particular, sino de la forma funcional. Su relevancia empírica tampoco es uniforme: las configuraciones más expuestas son precisamente aquellas en las que la caracterización encontró mayor peso de n, es decir, varias unidades territoriales combinadas con una población relativa reducida. Así, la propiedad matemática y el patrón empírico convergen en un mismo diagnóstico: la clasificación administrativa y el conteo territorial pueden modificar el ordenamiento que se obtendría si la incidencia dependiera únicamente de la población cubierta.

La importancia cuantitativa de estos resultados adquiere una dimensión adicional al considerar la trazabilidad de los parámetros. La documentación normativa revisada permite identificar los valores vigentes de Fpe, la regla de n y el término 0,0005, pero no permite reconstruir con certeza el criterio económico utilizado para calibrar sus magnitudes. Esta limitación documental no invalida la regla ni demuestra ausencia de fundamento; simplemente impide convertir una lectura económica contemporánea en una explicación histórica de la intención regulatoria. Por ello, el diagnóstico se apoya en aquello que sí puede

establecerse: la forma funcional, los diferenciales que produce y la evidencia empírica sobre dónde esos diferenciales adquieren mayor importancia.

El bloque tecnológico revela una lógica distinta, aunque conduce a una conclusión metodológica similar. La distribución observada del ancho de banda está fuertemente concentrada en 12,5 y 25 kHz, por lo que la base transversal no demuestra una transición generalizada hacia configuraciones de mayor AB ni permite inferir una respuesta comportamental del titular frente al precio regulatorio por MHz. La elasticidad empírica cercana a 0,666 describe la composición de las asignaciones existentes, mientras la elasticidad estructural igual a uno describe la mecánica de la fórmula ceteris paribus. La primera es evidencia descriptiva; la segunda, una identidad matemática. Ninguna determina por sí sola si la valoración resultante es económicamente eficiente, equitativa o representativa del costo de oportunidad del espectro.

Esa proporcionalidad desplaza la pregunta tecnológica desde el comportamiento observado hacia la sensibilidad del producto AB×N. N_neutral muestra cuánto tendría que variar N para mantener constante ese producto respecto de una referencia y el ISC_T ubica una excepción por encima o por debajo de ese benchmark. Estos ejercicios no identifican una tarifa óptima ni prueban pérdida de pertinencia. Su utilidad consiste en delimitar las configuraciones en las que una relación lineal con AB y valores discretos de N podrían adquirir mayor relevancia si aumenta la presencia de anchos de banda alejados de los patrones actuales.

Los resultados observados ayudan a limitar la interpretación de esa sensibilidad. Para N=210, 99,83 % de las asignaciones se ubica por debajo del benchmark construido y solo dos casos, asociados a 2 y 18 MHz, lo superan. No aparece, por tanto, una insuficiencia generalizada en el universo actual. La señal relevante es prospectiva: si las configuraciones futuras se alejan materialmente de 12,5 y 25 kHz, la posición de los valores discretos de N frente al benchmark puede cambiar. La evidencia internacional reciente sobre FWA y redes privadas justifica monitorear esa posibilidad, pero no demuestra que ya se esté materializando en Colombia.

La incorporación de la disponibilidad y la presión sobre el recurso añade una tercera capa al diagnóstico tecnológico. La estructura de N permite observar diferenciales regulatorios entre bandas, pero no demuestra que esos diferenciales correspondan a la escasez contemporánea del espectro. La base administrativa permite describir intensidad de asignaciones por banda, titular y territorio, pero no mide por sí sola disponibilidad residual ni ocupación efectiva. Por ello, la caracterización distingue entre valoración regulatoria, presión administrativa, disponibilidad técnica y escasez económica. Esta separación es

especialmente importante para evitar que el número de registros sea interpretado como congestión o que un N alto sea leído automáticamente como evidencia de mayor costo de oportunidad.

En esta etapa, la relación entre N y presión/disponibilidad debe entenderse como una pregunta empírica abierta. Un contraste más completo requeriría identificar el espectro efectivamente susceptible de nuevas asignaciones por banda y territorio, incorporar restricciones de coordinación y reutilización, y complementar los registros administrativos con información de ocupación y demanda. La ausencia de estas variables no invalida el análisis de la fórmula; delimita el alcance de lo que puede concluirse sobre abundancia o escasez del recurso.

Vistas conjuntamente, las dos dimensiones comparten una característica estructural. En territorio, Fpe y n no agotan su significado cuando se observan por separado, porque su interacción con la población modifica la incidencia efectiva del bloque territorial. Este resultado no presupone que la extensión en km² u otra variable sea un criterio alternativo superior; simplemente muestra qué efectos produce la clasificación administrativa vigente. En tecnología, AB y N tampoco pueden interpretarse por separado, porque la valoración relativa entre configuraciones depende del producto que forman. El análisis se refiere a cómo opera esa relación frente a configuraciones actualmente observadas y no reconstruye, a partir de ella, la finalidad tecnológica histórica del regulador. En ambos casos, el análisis univariado puede ocultar propiedades que solo aparecen al examinar la arquitectura completa: heterogeneidad en la incidencia, cambios de ordenamiento o suficiencia condicionada a otro parámetro.

La relación entre estas señales y la eficiencia debe plantearse como una segunda pregunta. En el bloque territorial, un diferencial de precio entre clasificaciones no demuestra que el titular solicite un área mayor a la técnicamente necesaria; en el bloque tecnológico, una determinada relación AB×N no demuestra que exista sobreasignación o capacidad ociosa. Para establecer esos vínculos se requiere observar una respuesta conductual y, posteriormente, contrastarla con indicadores de utilización efectiva. Esta secuencia evita que la caracterización de la fórmula se convierta, por construcción, en una prueba de la hipótesis que etapas posteriores del AIN deben evaluar.

La similitud estructural no implica, sin embargo, que la evidencia tenga la misma fortaleza en ambos frentes. En territorio convergen varias capas de evidencia: la identidad matemática de Fp, la distribución empírica de Share_n, el contrafactual RM–D, la descomposición Shapley y la heterogeneidad por población y número de unidades territoriales. En tecnología, la evidencia es principalmente estructural y de sensibilidad. La concentración actual del AB

limita cualquier afirmación sobre transición tecnológica o comportamiento, mientras N_neutral e ISC_T muestran escenarios de comparación. La prospectiva internacional sirve únicamente como contexto para identificar qué variables deberían monitorearse hacia adelante.

Esta diferencia también ordena la jerarquía de conclusiones. Algunas afirmaciones son identidades de la fórmula: la proporcionalidad del VAC respecto de AB, la composición aditiva de Fp o la posibilidad algebraica de no monotonicidad territorial. Otras son patrones descriptivos de la base: la concentración de Share_n en ciertas clasificaciones, la predominancia de 12,5 y 25 kHz o la ubicación de las asignaciones con N=210 frente al benchmark. Un tercer grupo corresponde a ejercicios contrafactuales o de diseño: la comparación RM–D, Shapley y los valores de neutralidad. Ninguno de estos niveles, por sí solo, permite afirmar que el mecanismo haya causado menor inversión, menor cobertura, cambios tecnológicos o pérdidas de bienestar. Esa separación no debilita el diagnóstico; al contrario, precisa qué está demostrado en esta etapa y qué preguntas quedan abiertas para etapas posteriores del AIN.

La jerarquía de evidencia puede ordenarse en cuatro niveles aplicables tanto al bloque territorial como al tecnológico. El primero corresponde a la propiedad estructural: la fórmula permite determinado resultado bajo ciertas configuraciones. El segundo corresponde a la señal económica: ese resultado modifica precios relativos o la valoración entre configuraciones. El tercero exige observar respuesta conductual: que los titulares de los permisos de uso de las frecuencias modifiquen efectivamente sus decisiones de área, ancho de banda o configuración frente a esa señal. El cuarto exige demostrar un resultado de eficiencia o bienestar, por ejemplo mediante espectro ocioso, utilización inferior a las necesidades asignadas, menor cobertura o pérdidas de bienestar. Esta caracterización aporta evidencia principalmente sobre los dos primeros niveles; los dos últimos requieren información adicional.

La lectura integrada debe situarse, además, dentro del propósito de política pública que enmarca la administración del espectro. La fórmula permite observar cómo una regla convierte atributos territoriales y espectrales en una obligación económica, pero esa obligación no es el objetivo final del sistema. La Ley 1341 de 2009 ubica la gestión del espectro dentro de la maximización del bienestar social y reconoce criterios de inversión, cobertura, usuarios potenciales, demanda y disponibilidad del recurso para la determinación de la contraprestación. En consecuencia, el diagnóstico de la fórmula debe culminar en una pregunta adicional: si los diferenciales de valoración identificados son coherentes con los objetivos públicos asociados a los usos a los que se aplican. Esta pregunta no se resuelve automáticamente con la matemática del VAC y

requiere análisis normativo y empírico adicional. (Congreso de Colombia, 2009, arts. 11 y 13).

El diagnóstico económico integrado puede resumirse, entonces, en una tesis estructural. La principal conclusión de la caracterización no es que alguno de los parámetros del VAC sea aisladamente problemático ni que la fórmula haya demostrado ser ineficiente. El resultado es que su incidencia económica emerge de interacciones que no son visibles cuando AB, N, Fpe, Fp o n se analizan por separado. En territorio, la interacción relevante combina población y reglas administrativas; en tecnología, cantidad de espectro y valoración regulatoria; y la dimensión de disponibilidad recuerda que la valoración por banda no equivale automáticamente a escasez. Comprender la fórmula vigente exige, por tanto, seguir esas relaciones y distinguir cuidadosamente entre la mecánica que impone el diseño, la presión administrativa observada, la disponibilidad técnica, los patrones empíricos y los efectos comportamentales que aún no han sido identificados.

2.4 Conclusión de análisis de la fórmula de contraprestaciones

La caracterización económica de la fórmula vigente muestra que el Valor Anual de Contraprestación no puede interpretarse adecuadamente mediante una lectura aislada de sus parámetros. Esta conclusión se apoya en una separación metodológica que debe mantenerse: la norma define valores y reglas; la matemática permite identificar qué efectos produce esa estructura; los datos muestran dónde esos efectos adquieren relevancia; y la interpretación económica propone una lectura de sus implicaciones. Una interpretación económica no equivale, por sí misma, a la finalidad normativa original de un parámetro. En la dimensión territorial, la combinación entre población, clasificación administrativa y número de unidades territoriales determina diferencias de contraprestación que no son visibles si Fpe, Fp o n se analizan por separado. En la dimensión tecnológica ocurre una situación análoga: la incidencia asociada al uso de espectro depende conjuntamente del ancho de banda requerido y del valor de N aplicable a la configuración analizada.

La evidencia territorial es la más amplia dentro de esta etapa. La descomposición de Fp, el contrafactual Regional Municipal–Departamental, Shapley y la heterogeneidad por población y número de unidades permiten identificar propiedades estructurales y diferenciales de precio entre configuraciones. En tecnología, la proporcionalidad del VAC respecto de AB y los ejercicios de sensibilidad sobre AB×N permiten caracterizar cómo cambia la valoración regulatoria cuando se modifica el ancho de banda. Sin embargo, la caracterización de N no permite establecer por sí sola si esa valoración guarda

correspondencia con la escasez actual del recurso. Para avanzar en esa dimensión es necesario distinguir entre asignación administrativa, disponibilidad para nuevas asignaciones y utilización efectiva.

Con la información utilizada en esta caracterización es posible aproximar la presión administrativa del recurso, pero no medir de manera definitiva su escasez. El número de asignaciones, frecuencias, titulares o anchos de banda registrados puede mostrar intensidad de uso administrativo, pero no sustituye información sobre reutilización geográfica, restricciones de coordinación, disponibilidad residual, solicitudes no atendidas ni ocupación efectiva. En consecuencia, cualquier contraste futuro entre N y abundancia o escasez deberá incorporar esas dimensiones antes de derivar conclusiones sobre costo de oportunidad o eficiencia.

Esta etapa identifica propiedades y señales económicas de la fórmula. Evaluar respuestas de los titulares, eficiencia o bienestar requiere evidencia posterior sobre necesidades técnicas, ocupación, tráfico y comportamiento.

La caracterización también permite precisar el lugar que ocupa la contraprestación dentro de la política pública. El VAC es un instrumento económico de administración del espectro y no un objetivo de política en sí mismo. Por ello, ni la maximización del recaudo ni la minimización del pago constituyen, aisladamente, criterios suficientes para evaluar la calidad de la fórmula. La valoración debe leerse en relación con los objetivos públicos aplicables al uso del recurso y con la evidencia sobre disponibilidad, cobertura, inversión, calidad, acceso y demás dimensiones que resulten pertinentes en cada caso. (Congreso de Colombia, 2009; Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, 2010).

En esta etapa del AIN se establece cómo la fórmula vigente produce determinados diferenciales de valoración y bajo qué configuraciones estos adquieren mayor relevancia. Determinar si tales señales son consistentes con los objetivos de bienestar social y con las finalidades públicas asociadas a los distintos usos del espectro corresponde a una fase posterior, en la que deberán integrarse la evidencia normativa, la disponibilidad efectiva del recurso y, cuando sea posible, el comportamiento observado de los titulares.

3. Competencia de la ANE para abordar la temática objeto de análisis

El presente análisis y una eventual propuesta de modificación sobre el Valor Anual de las contraprestaciones (VAC) por el uso del Espectro, se enmarca en las competencias previstas en la Ley 1341 de 2009 en materia de contraprestaciones por el uso del espectro radioeléctrico, las cuales se encuentran distribuidas entre el MinTIC y la Agencia Nacional del Espectro (ANE). En particular, en el literal d) del numeral 19 del artículo 18 se establece que corresponde al MinTIC expedir y administrar las contraprestaciones que le corresponden por ley. A su vez, en el numeral 7 del artículo 26 se asigna a la ANE la función de estudiar y proponer los parámetros de valoración por el derecho al uso del espectro radioeléctrico y la estructura de contraprestaciones.

Aunado a lo anterior, cabe considerar que el artículo 290 de la Ley 2294 de 2023, por medio de la cual se expidió el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026, "Colombia Potencia Mundial de la Vida", dispuso la formulación de una política pública para el desarrollo integral del Pacífico, con el propósito de contribuir al cierre de brechas territoriales de desarrollo económico y social. En este contexto, el Documento CONPES 4185 de 2026 prevé, como una de sus líneas de acción, que el MinTIC, en concurrencia con la ANE, formulará, actualizará y divulgará, entre 2026 y 2027, el marco normativo para el valor anual de la contraprestación por el uso del espectro radioeléctrico para enlaces punto a punto y servicios de cubrimiento punto a multipunto, con el fin de promover el despliegue de redes con enfoque diferencial.

De acuerdo con lo anterior, la ANE cuenta con la competencia técnica e institucional para adelantar el presente estudio, el cual responde, además, a los objetivos previstos en su Agenda Regulatoria 2026-2027.

Es importante precisar que, en el marco de sus funciones, la ANE actúa como entidad técnica asesora en materia de gestión del espectro radioeléctrico, por lo que los análisis desarrollados en el presente documento constituyen un insumo para la toma de decisiones de política pública. En tal virtud, corresponde al MinTIC, en ejercicio de sus competencias legales, evaluar de manera integral estos insumos junto con otros elementos técnicos, económicos y regulatorios, para la expedición y administración de las contraprestaciones que le corresponden por ley.

4. Definición del problema

4.1 Causas del problema

Para una misma frecuencia, ancho de banda y población considerada, la contraprestación calculada bajo la categoría Regional Municipal es, en términos de la mediana de los casos analizados, 2,09 veces la que resultaría de aplicar la categoría Departamental (ver numeral 2.1). Esta diferencia evidencia una particularidad de la fórmula vigente, **una asignación que comprende una población mayor puede generar una contraprestación inferior a otra con menos habitantes, dependiendo de la categoría territorial utilizada para su valoración**.

Estas diferencias se suman a una fuerte concentración del valor económico del servicio. En 2026, las asignaciones de alcance Nacional y de Bogotá D.C. representan el 10,7% del total, pero concentran el 60,6% de los $42.551 millones de VAC liquidado, mientras que las de alcance Municipal y Regional Municipal suman el 75,4% de las asignaciones y el 24,5% del VAC (numeral 1.3). Esta concentración refleja en parte la población cubierta, como corresponde al diseño de la fórmula; las brechas anteriores, en cambio, persisten aun con igual población.

Las brechas de diseño no se explican por la cantidad de espectro utilizada ni por la población atendida, provienen de la manera en que está construida la fórmula de valoración. Este numeral identifica los orígenes de esa situación.

Figura 26 Problema central

El esquema vigente de contraprestaciones económicas aplicable a las frecuencias para sistemas de cubrimiento y enlaces punto multipunto no refleja adecuadamente sus características técnicas ni la extensión geográfica sobre la cual se autoriza y restringe su uso.

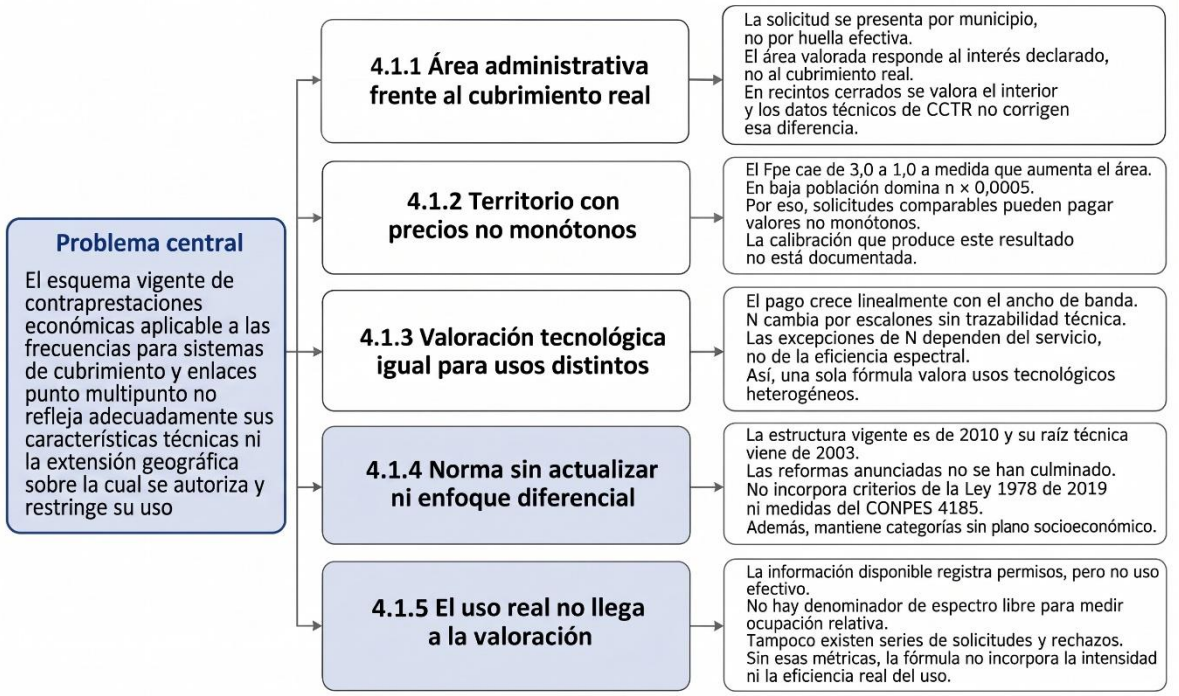
La existencia de valores diferenciados para el uso del espectro puede estar justificada por las características técnicas y territoriales de las asignaciones. Por tanto, el problema no radica en que la metodología vigente genere diferencias en las contraprestaciones, sino en que estas no siempre reflejan adecuadamente las condiciones bajo las cuales se autoriza el uso de las frecuencias. En particular, los análisis desarrollados en el numeral 2 muestran que la interacción entre los parámetros de la fórmula $VAC = AB \times N \times Fpe \times Fp$ puede producir diferencias de valoración que no se explican únicamente por el ancho de banda asignado o la población considerada, sino también por las categorías territoriales y los

factores de ponderación aplicados. A esto se suma la conveniencia de examinar cómo los parámetros de valoración responden a las particularidades de las distintas configuraciones tecnológicas y en qué medida sus criterios de diferenciación mantienen su pertinencia frente a las condiciones actuales de uso del espectro.

Estos hallazgos plantean la necesidad de examinar en qué medida el esquema reconoce las características técnicas de las asignaciones y la extensión geográfica sobre la cual se concede el derecho de uso, considerando que esta última también puede restringir las posibilidades de reutilización del espectro por terceros y, por tanto, generar un costo de oportunidad.

La evidencia presentada permite distinguir entre las propiedades de la metodología vigente y sus posibles consecuencias. Por una parte, el análisis matemático demuestra cómo la configuración e interacción de los parámetros determina los valores de las contraprestaciones y genera diferencias entre asignaciones con características comparables. Por otra, las implicaciones de estas diferencias sobre las decisiones de los titulares, la extensión territorial solicitada, la disponibilidad de frecuencias para terceros y el aprovechamiento efectivo del espectro requieren evidencia adicional. Así entonces, no puede afirmarse todavía que las señales económicas identificadas hayan producido comportamientos de acaparamiento, subutilización o restricciones al despliegue de nuevas redes. Estas relaciones se examinan como efectos potenciales en el numeral el numeral 4.2.

Figura 27 Árbol de causas



Fuente: Elaboración propia.

El árbol se lee de izquierda a derecha. Las causas 4.1.1 y 4.1.2 explican la dimensión territorial: cómo se mide el territorio y cómo se cobra. La causa 4.1.3 explica la dimensión tecnológica. Las causas 4.1.4 y 4.1.5, sombreadas, explican por qué estas condiciones persisten desde 2011.

4.1.1 La valoración del espectro se basa en categorías territoriales que no necesariamente reflejan el alcance geográfico del uso autorizado

El espectro para cubrimiento se asigna por municipios, departamentos o la Nación, y no por el área que la señal efectivamente cubre. Las demás causas territoriales se construyen sobre esta base.

Tomando como ejemplo, la red de radios de baja potencia destinada a las comunicaciones internas de una planta industrial ocupa unas pocas hectáreas (numeral 1.2); se observa que el esquema vigente exige como mínimo un municipio por solicitud para definir el área de servicio. Por otra parte, el área de

servicio se define según el interés del solicitante y no necesariamente según la huella de propagación. La única alternativa prevista, el régimen de recintos cerrados, aplica solo a interiores, de modo que instalaciones abiertas como puertos o minas quedan por fuera. Finalmente, los datos técnicos de los Cuadros de Características Técnicas de Red a excepción del ancho de banda y el área de servicio, no se usan en la fórmula, aunque se registra información como la potencia, la altura y la ubicación de cada estación.

Desde la perspectiva técnica, una red Rado Movil Terrestre (LMR) de baja potencia diseñada para confinar la señal a un predio industrial cubre una fracción mínima del municipio, pero la autorización administrativa se extiende a todo él, lo que limita el aprovechamiento de la reutilización geográfica que la propagación permitiría (numeral 1.2). En términos económicos, el titular paga en función de la población de todo el municipio, porque Fp se calcula con la población del área de servicio, aunque atienda solo una fracción de ella.

En el plano jurídico, el artículo 13 de la Ley 1341 de 2009 incluye los usuarios potenciales y los planes de expansión y cobertura, entre los diferentes criterios para establecer la contraprestación. En ese sentido, la norma aproxima estos criterios mediante la población sobre el área político-administrativa.

Tabla 8. Cuadro de evidencias sobre el hallazgo respecto al área de servicio y la cobertura

Evidencia disponible	Evidencia requerida
Municipal y Regional Municipal concentran el 75,4% de las asignaciones y el 24,5% del VAC (numeral 1.3).	Diferencia entre el área autorizada y la huella real, estimada con los datos de los CCTR[22] y un modelo de propagación.

Fuente: Elaboración propia.

Este análisis permite identificar una característica del diseño vigente, el área de servicio autorizada se delimita mediante divisiones político-administrativas que no necesariamente coinciden con la cobertura radioeléctrica efectiva de las redes. No obstante, el presente estudio no cuantifica estas diferencias y reconoce que la autorización de áreas geográficas extensas puede responder a necesidades operativas legítimas y a consideraciones técnicas asociadas con la planificación y coordinación del espectro. Desde la perspectiva de la valoración económica, lo relevante es que la dimensión territorial se incorpora a la fórmula mediante la población del área de servicio, el número de unidades político-administrativas y la categoría de cobertura autorizada. La interacción entre estos

[22] Cuadro de Características Técnicas de Red

elementos y sus efectos sobre el valor de las contraprestaciones constituye precisamente el objeto de análisis de la siguiente causa.

4.1.2 La interacción de los factores territoriales genera diferencias de valoración que no se explican únicamente por la población

La dimensión territorial interviene en el cálculo de la contraprestación económica mediante dos componentes relacionados. Por una parte, el factor de ponderación (Fpe) depende de la categoría territorial del área de servicio autorizada. Por otra, el factor de población (Fp) combina la proporción de habitantes del área de servicio respecto de la población nacional con un término adicional asociado al número de unidades político-administrativas considerado en el cálculo. Por tanto, la valoración no depende exclusivamente de la población comprendida en una asignación, sino también de la clasificación territorial y de la interacción entre estos parámetros, como se observa en la fórmula vigente:

$$VAC = AB * N * F_{pe} * \left(\frac{Pas}{Pnal} + 0{,}0005 * n\right)$$

El factor (Fpe) disminuye de 3,0 para la categoría municipal a 1,0 para la nacional, mientras que el término (n × 0,0005) adquiere mayor importancia relativa cuando la proporción de población considerada es reducida. Según los resultados del numeral 3.1, este último componente representa, en la mediana, el 42,4% del factor de población de las asignaciones municipales. La interacción entre ambos parámetros produce diferencias relevantes en la valoración territorial. En particular, el ejercicio contrafactual desarrollado para las asignaciones regionales municipales, manteniendo constantes el ancho de banda, el valor por MHz y la población, muestra que la contraprestación calculada bajo esta categoría es, en términos de la mediana de las razones, 2,09 veces la que resultaría de aplicar la regla departamental. La descomposición de esta diferencia mediante el método de Shapley[23] atribuye aproximadamente el 52,2% de la brecha a (Fpe) y el 47,8% al término asociado con (n).

Estos resultados evidencian que las categorías territoriales pueden modificar significativamente el valor de las contraprestaciones, incluso cuando se mantienen constantes el espectro asignado y la población considerada. Así, al comparar asignaciones pertenecientes a categorías diferentes, puede

[23] Método de Shapley hace referencia a la técnica de descomposición que permite identificar cuánto contribuye cada factor a una diferencia observada. Para ello, calcula el aporte de cada variable considerando los distintos órdenes posibles en que pueden incorporarse al cálculo. En este caso, permite distribuir la diferencia de contraprestación entre el factor Fpe (52,2%) y el término asociado con *n* (47,8%), evitando que el resultado dependa del orden en que se evalúen ambos componentes.

presentarse una contraprestación inferior para un área con mayor población. Este comportamiento no significa que la fórmula deje de ser creciente respecto de la población cuando los demás parámetros permanecen constantes, sino que la clasificación territorial puede modificar esa relación. Adicionalmente, el análisis muestra que la incidencia relativa de (n) es mayor en las asignaciones que combinan varias unidades territoriales con una población reducida, por ejemplo, en el cuartil de menor población, este componente explica, en la mediana, el 55% de la diferencia contrafactual, frente al 29,2% en el cuartil de mayor población (numeral 2.1).

Desde la perspectiva de la gestión del espectro, estos hallazgos plantean la conveniencia de examinar la correspondencia entre los factores territoriales utilizados en la valoración y las condiciones geográficas y técnicas del derecho de uso autorizado. Si bien la clasificación político-administrativa permite establecer reglas homogéneas para la liquidación, el número de municipios o departamentos no constituye, por sí mismo, una medida directa de la extensión geográfica, las restricciones de reutilización del espectro o las condiciones de interferencia. Igualmente, resulta pertinente evaluar si los criterios de diferenciación y sus respectivas ponderaciones continúan reflejando adecuadamente las características de las asignaciones, considerando tanto la evolución de las tecnologías como las condiciones actuales de gestión del recurso. Este análisis no presupone que los parámetros vigentes carezcan de justificación, sino que busca determinar su pertinencia a partir de la evidencia técnica y económica disponible.

Tabla 9. Principales hallazgos del análisis territorial de la contraprestación económica

Indicador	Valor	Fuente
Mediana de la razón entre el VAC regional municipal y su contrafactual departamental	2,09	Numeral 2.1 (8.354 unidades)
Asignaciones regionales municipales en las que el término (n) explica más de la mitad de la diferencia contrafactual	38,6%	Numeral 3.1
Participación de las categorías departamental y regional departamental en las unidades analizadas	14,0%	Numeral 3.1

Fuente: Elaboración propia.

En conjunto, la evidencia permite identificar una característica verificable del diseño vigente, la interacción de los parámetros territoriales genera diferencias de valoración que no dependen únicamente del ancho de banda o de la población considerada. Sin embargo, el ejercicio contrafactual no demuestra que los titulares de los permisos hayan seleccionado áreas de servicio más amplias para reducir sus contraprestaciones, ni que las diferencias identificadas hayan

limitado efectivamente la disponibilidad del espectro para otros usuarios. Estas posibles consecuencias requieren información adicional sobre las decisiones de los asignatarios y las condiciones de utilización del recurso, por lo que se examinan como efectos potenciales en el numeral 4.2. La siguiente causa aborda la dimensión tecnológica de la valoración, particularmente la relación entre el ancho de banda asignado y el valor establecido por MHz.

4.1.3 La valoración tecnológica es uniforme para usos técnicamente distintos y no premia la eficiencia

La fórmula se diseñó cuando los sistemas de cubrimiento eran predominantemente redes de voz en canales con anchos de banda de 12,5 o 25 kHz, y conserva esa lógica: el pago es lineal en el ancho de banda y no distingue cuánto rinde cada MHz ni para qué se usa.

Por otra parte, la reglamentación analizada de la Resolución MinTIC 290 de 2010 no contempla la utilización más eficiente de los canales radioeléctricos, por ejemplo, no contiene ninguna variable que distinga un canal compartido por muchos grupos de usuarios, como en los sistemas troncalizados, de uno de uso exclusivo. Además, N es escalonado y no se evidenció trazabilidad sobre su origen; cambia por rangos de frecuencia sin que su calibración pueda atribuirse a propagación, escasez o demanda.

Adicionalmente, según la Tabla A.3.1 de la Resolución MinTIC 290 de 2010, N vale 2.600 hasta 512 MHz, lo que incluye las bandas analizadas de 138–174 MHz y 406–470 MHz, y se reduce a la mitad (1.300) entre 512 MHz y 3 GHz, donde se ubica el acceso troncalizado en 806–869 MHz. Así, bandas con propagación diferente reciben el mismo valor, mientras que el salto a la mitad en 512 MHz no tiene una justificación documentada.

Tabla 10. Participación del total de las asignaciones de frecuencias para cubrimiento y/o enlaces punto multipunto y participación del total del VAC calculado a 2026 por el mismo concepto en las 3 bandas más representativas

Banda (MHz)	Uso principal	N general	Asignaciones 2026	VAC 2026
138–174	Radio convencional VHF	2.600	33,5 %	35,1 %
406–470	Radio convencional UHF	2.600	34,0 %	58,5 %
806–869	Acceso troncalizado	1.300	31,6 %	1,2 %

Fuente: elaboración propia

Las bandas de radio convencional, que pagan el valor más alto de N, concentran el 93,6 % del VAC con el 67,5 % de las asignaciones (numeral 1.3). Entre 2022 y 2026, el VAC de UHF aumentó cerca de 59 % con 11 % menos asignaciones, y el del acceso troncalizado cayó cerca de 51 % con asignaciones prácticamente estables; las cifras están expresadas en pesos de cada año. Estas trayectorias reflejan también otros factores, como las excepciones de N y los tratamientos especiales que no se descomponen en el análisis.

Sin embargo, las excepciones de N siguen atadas a servicios y bandas específicos: dos de las cinco corresponden a servicios de telefonía del régimen anterior a la Ley 1341, y las demás a protección pública, transmóviles de televisión y banda ancha fija en 3,4–3,6 GHz, sin una revisión de su vigencia. Sobre esto es pertinente considerar que el segmento 3,4 – 3,6 GHz se encuentra actualmente destinado en Colombia para el desarrollo de las IMT de acuerdo con el CNABF. En la base de 2026 no existe ninguna asignación con N = 30 ni con N = 140. (Ver Tabla 6).

Por último, una misma fórmula se aplica a usos heterogéneos. Los sistemas de radio convencional, los sistemas troncalizados, los enlaces punto multipunto y los transmóviles de televisión difieren en canalización, arquitectura, movilidad, criticidad de las comunicaciones, intensidad de uso y posibilidad de reutilización (numeral 1.1), pero comparten la misma relación AB × N.

La magnitud de esta sensibilidad se aprecia en el ejercicio del numeral 2.2. Tomando como referencia un canal de 12,5 kHz con N = 2.600, mantener constante el producto AB × N exigiría N = 32,5 para 1 MHz y N = 3,25 para 10 MHz. Un valor discreto como N = 30 queda ligeramente por debajo de la referencia en 1 MHz y muy por encima en 10 MHz: su Índice de Suficiencia de la Compensación Tecnológica (ISC_T, definido en el numeral 2.2 como la razón entre el N aplicado y el N que mantendría constante el producto) es de 0,92 y 9,23, respectivamente.

En el plano jurídico, el artículo 13 de la Ley 1341 de 2009 incluye el ancho de banda como criterio para determinar el valor de las contraprestaciones, pero no exige que el pago sea lineal en él, y el principio de neutralidad tecnológica del artículo 2 de la misma Ley resulta pertinente para este análisis.

Tabla 11. Hallazgos sobre la valoración tecnológica de la fórmula de la Resolución 290 de 2010

Evidencia disponible	Evidencia requerida
El 95,37 % de las asignaciones usa 12,5 kHz; con 25 kHz suman el 99,39 % (numeral 1.6).	Series de solicitudes por ancho de banda y tecnología.
El 99,83 % de las 1.194 asignaciones con N = 210 queda por debajo del canal de referencia (numeral 2.2).	Evidencia de demanda de canales anchos limitada por el precio.

Fuente: elaboración ANE

Este hallazgo alcanza los niveles de propiedad estructural y de señal económica, aunque su materialidad es principalmente prospectiva: la concentración en 12,5 kHz es compatible tanto con una barrera de precio como con una demanda que sigue siendo de voz, y un corte transversal no permite distinguirlas. Territorio y tecnología explican cómo la fórmula forma el precio. Queda una pregunta: si estos rasgos se conocen desde hace más de una década, ¿por qué persisten?

4.1.4 La norma permaneció sin cambios mientras la ley y la política pública evolucionaban

La primera explicación de esa persistencia es normativa: la fórmula tiene una estructura de 2010 con raíz en 2003 y no se han realizado reformas (numeral 1.4). La antigüedad no es por sí sola una causa; lo es que la norma no haya incorporado los cambios legales y de política pública ocurridos desde entonces.

Tabla 12. Hitos asociados a la valoración de las frecuencias para cubrimiento y/o sistemas punto multipunto

Año	Hito	Aspecto pendiente
2003	Decreto 1972: ancho de banda, valor por MHz y factor de mercado Z	—
2010	Resolución MinTIC 290: sustituye Z por Fp y Fpe	Justificación técnica del cambio
2011	Resolución MinTIC 2877: conserva la estructura y anuncia un estudio de la ANE para 2012	Nuevo régimen basado en ese estudio
2013	La ANE recomienda mayores incentivos al uso eficiente	Incorporación a la norma
2019	Ley 1978 modifica los criterios del artículo 13 de la Ley 1341	Incorporación a la fórmula
2021	El MinTIC publica un proyecto para ajustar el literal A.3 a coberturas reales	Expedición

Año	Hito	Aspecto pendiente
2026	CONPES 4185 ordena actualizar el marco con enfoque diferencial	En curso (2026–2027)

Fuente: elaboración ANE

Mientras la norma permanecía igual, el entorno cambió. La fórmula no recoge los criterios de la Ley 1978 de 2019, que modificó el artículo 13 de la Ley 1341 y reforzó criterios como el fomento a la inversión, la maximización del bienestar social y el estado del cierre de la brecha digital. Tampoco incluye las medidas diferenciales que pide el CONPES 4185, que identificó para la región Pacífico la ausencia de tratamientos asociados a sus condiciones socioeconómicas. Este hallazgo es específico de ese territorio y no se generaliza a todo el país.

La dimensión territorial opera así en dos planos: la fórmula ya diferencia por categorías administrativas a través del área de servicio, pero esas categorías no capturan el plano socioeconómico que la política pública reciente considera relevante. Los tratamientos especiales, como el pago del 5 % del VAC para usos de seguridad y fines humanitarios o el régimen diferencial para el caso de recintos cerrados, se acumularon como una capa separada de la fórmula, sin evaluación de su finalidad (numeral 2). Su peso no es menor: Administración pública y defensa concentra el 51,0 % de las asignaciones, pero solo el 3,9 % del VAC (numeral 1.3), una diferencia coherente con el efecto de estos tratamientos.

En términos económicos, un precio administrado que no se revisa pierde capacidad de informar, en un mercado en el que entre 2020 y 2022 solo el 54,6 % de las asignaciones mantuvo su configuración (numeral 1.3). En el plano jurídico, la competencia está definida: corresponde al MinTIC expedir y administrar las contraprestaciones y a la ANE estudiar y proponer los parámetros de valoración (artículos 18 y 26 de la Ley 1341 de 2009), y el CONPES 4185 fija la actualización para el periodo 2026–2027.

Este hallazgo se sustenta en hechos normativos verificables. Sin embargo, una norma no se recalibra sin información que lo sustente, y esa información es la que el esquema vigente no genera.

4.1.5 No existen mecanismos que lleven información de uso, disponibilidad y demanda a la valoración

La causa más profunda es de información: el esquema vigente registra quién tiene permiso y dónde, pero no dispone de mecanismos que incorporen a la valoración cuánto se usa el espectro, cuánto queda disponible y quién lo

demanda. Sin esa información, ningún parámetro puede recalibrarse frente a la escasez o la eficiencia.

El Sistema de Gestión del Espectro contiene registros de permisos, no de uso: no incluye ocupación ni tráfico y la información de monitoreo, cuando existe, no se integra a la valoración ni a los registros de asignación. No existe un denominador técnico de espectro disponible por banda y territorio que descuente canalizaciones, bandas de guarda y restricciones de coordinación. Tampoco se dispone de series de solicitudes, rechazos ni devoluciones que permitan observar demanda insatisfecha.

La información existente sí permite orientar dónde medir. El 58,7 % de las asignaciones en 806–869 MHz se concentra en diez municipios, frente al 35,3 % en 406–470 MHz y el 18,3 % en 138–174 MHz (numeral 1.3). Esa concentración no demuestra congestión, pero señala las zonas en las que un monitoreo de ocupación tendría mayor valor para la valoración.

Desde la perspectiva técnica, la ocupación en VHF y UHF puede medirse mediante campañas de monitoreo; sin ellas no es posible distinguir una banda con muchos registros, pero reutilizable de una efectivamente congestionada. En términos económicos, un precio administrado debería aproximar el costo de oportunidad del recurso, y con la información actual solo se mide presión administrativa, no escasez.

En el plano jurídico, el artículo 13 de la Ley 1341 de 2009 indica que el importe de la contraprestación económica por el uso del espectro se establece con fundamento la demanda por el espectro y la disponibilidad del recurso, entre otros aspectos. Estos criterios no pueden aplicarse de forma verificable sin esta información.

Tabla 13. Hallazgos sobre la disponibilidad de información

Evidencia disponible	Evidencia requerida
Los registros permiten describir asignaciones, frecuencias, anchos de banda, titulares de los permisos y territorio, es decir, presión administrativa (numeral 2).	Mediciones de ocupación en 138–174, 406–470 y 806–869 MHz.
El numeral 2.1 advierte que el número de asignaciones no mide ocupación ni escasez.	Series de solicitudes, rechazos, renovaciones y devoluciones.

Fuente: Elaboración ANE

Esta causa se refiere a la ausencia de mecanismos regulatorios de información y es distinta de las limitaciones de la base utilizada en este AIN, que solo

restringen lo que el presente análisis puede concluir: las series históricas corresponden a cortes de 2019, 2020, 2022, 2024 y 2026, sin datos para 2021, 2023 y 2025; la variable territorial cambió en 2026; y la unidad de análisis tuvo que construirse como la combinación de expediente, red, frecuencia y área de servicio, porque un registro no equivale a una red ni a una empresa (numeral 1.3). Es, por tanto, una causa transversal: explica por qué las causas anteriores no se han corregido.

4.1.6 Síntesis de las causas al problema

Las cinco causas configuran una sola explicación. El espectro se asigna sobre un mapa administrativo (4.1.1); por ello el territorio ingresa a la fórmula contando y clasificando unidades, con precios que no siguen a la población (4.1.2). En paralelo, la tecnología se valora de manera uniforme, como si todos los usos fueran voz en canales angostos (4.1.3). Estas condiciones no se han corregido porque la norma no incorporó los cambios legales y de política pública desde 2011 (4.1.4), y no se han podido recalibrar porque el esquema no genera información sobre el uso real del espectro (4.1.5).

El resultado es el problema central: una metodología que emite señales de precio calculadas con variables que no incorporan el uso efectivo del espectro ni su eficiencia técnica, y que no responden a los objetivos de la Ley 1341 de 2009. La brecha de 2,09 veces entre reglas territoriales con igual espectro y población es la expresión más clara de esa arquitectura.

Este numeral no demuestra aún que los titulares respondan a estas señales. Las consecuencias posibles, como la retención o subutilización del espectro, la postergación de despliegues o la selección de tecnologías en función de la contraprestación, se analizan como efectos potenciales en el numeral 4.2.

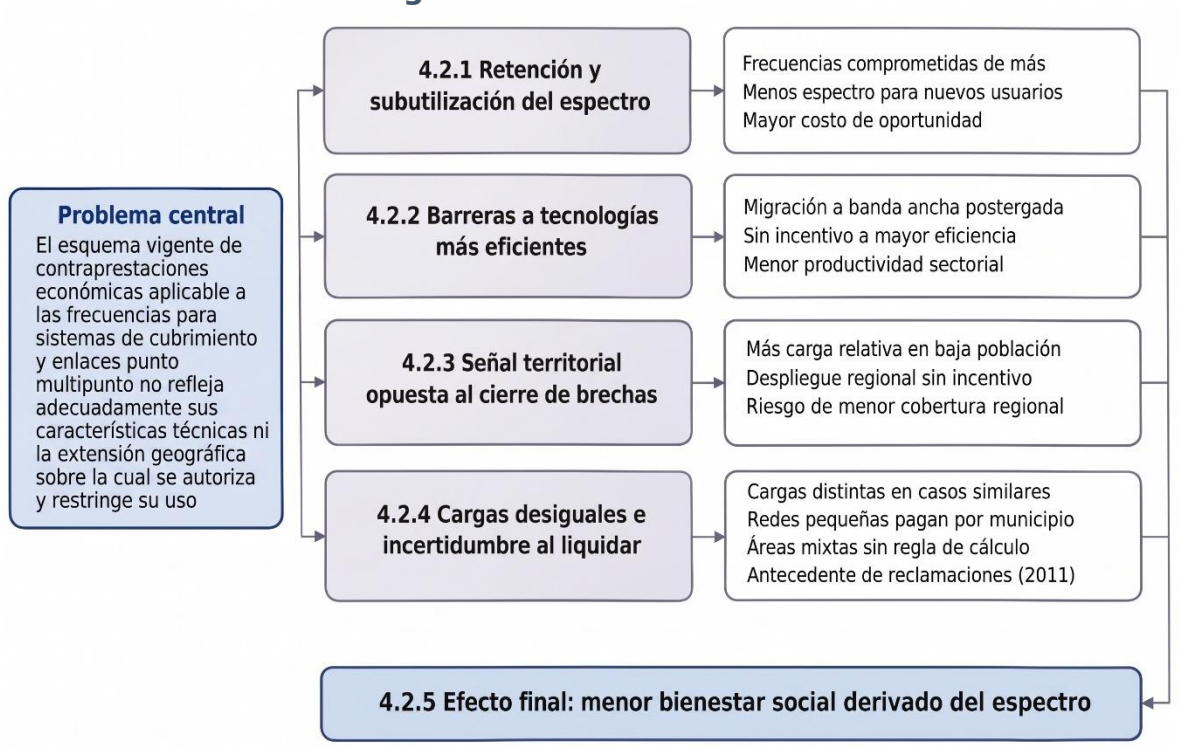
La consulta sectorial constituye la primera fuente de información para contrastarlas: las preguntas del numeral 7 invitan a los interesados a aportar evidencia sobre estas hipótesis y sobre el uso efectivo de sus redes.

La identificación del problema no presupone un aumento ni una reducción de las contraprestaciones. Su propósito es que la valoración guarde correspondencia con el uso del recurso y con los objetivos de la Ley 1341 de 2009. Aspectos como la posibilidad de autorizar áreas inferiores al municipio, el tratamiento de las excepciones y de los pagos especiales, y el régimen de transición para los permisos vigentes se evaluarán en la etapa de alternativas del AIN.

4.2 Efectos del problema

Los efectos del problema son, en su mayoría, potenciales: la evidencia disponible demuestra que la fórmula emite señales de precio, pero no todavía que los titulares de los permisos de uso del espectro hayan respondido a ellas. Solo uno de los efectos se apoya en evidencia ya demostrada sobre la estructura de la fórmula. Este numeral los presenta como hipótesis ordenadas, con los indicadores que permitirían confirmarlas o descartarlas.

Figura 28 Árbol de efectos



Fuente: elaboración ANE.

El árbol se lee de izquierda a derecha. Los efectos 4.2.1 a 4.2.3 dependen de que los titulares respondan a las señales de precio y, por eso, son hipótesis. El efecto 4.2.4, sombreado, se manifiesta directamente en la liquidación y tiene un componente ya demostrado. Los cuatro convergen en el efecto final 4.2.5.

4.2.1 Las señales territoriales pueden favorecer la retención y la subutilización del espectro

Si el área autorizada excede la huella real de la red (4.1.1) y la fórmula hace relativamente más baratas algunas categorías amplias (4.1.2), una parte del espectro puede quedar comprometida en zonas donde no se usa. Y como el esquema no genera información sobre el uso (4.1.5), la administración no puede detectar esa situación cuando ocurre.

Los efectos indirectos se encadenan. Las frecuencias quedan comprometidas en áreas mayores a las necesarias, lo que reduce el espectro disponible para nuevos usuarios en esas zonas y eleva el costo de oportunidad del recurso para la sociedad. En este sentido, el espectro subutilizado restringe la capacidad del sistema para la expansión de redes y se limita la innovación (Cave & Webb, 2015; OECD, 2019, 2022).

Los datos recientes muestran movimientos que este efecto podría ayudar a explicar, aunque no permiten atribuírselos. Entre 2022 y 2026 las asignaciones se redujeron cerca de 12 % y los titulares 13,4 %, mientras el VAC agregado aumentó cerca de 32 % en pesos corrientes; la reducción se concentró fuera de los grandes titulares públicos (numeral 1.3). Al mismo tiempo, entre 2024 y 2026 aparecieron configuraciones equivalentes al 24,1 % del stock inicial, lo que muestra que la demanda por el espectro sigue activa y que la contracción neta corresponde a una recomposición, no necesariamente a una pérdida de utilidad del servicio (numeral 1.3). Ninguno de estos datos mide ocupación ni retención.

Tabla 14. Efectos del problema (1)

Efecto indirecto	Indicador para verificarlo
Frecuencias comprometidas en áreas mayores a las necesarias	Diferencia entre el área autorizada y la huella simulada con los datos de los CCTR.
Menos espectro disponible para nuevos usuarios	Solicitudes rechazadas o no atendidas por falta de canales, por banda y municipio.
Mayor costo de oportunidad	Ocupación medida por canal y zona frente a la demanda insatisfecha.

Fuente: Elaboración ANE

Este efecto se encuentra en el nivel de hipótesis: la fórmula crea la señal, pero no existe evidencia de que los titulares hayan ampliado sus áreas por razones de precio, y solo el 14,0 % de las unidades territoriales usa categorías amplias (numeral 2.1). Un efecto análogo puede presentarse en la dimensión

tecnológica, donde la señal no actúa sobre el área sino sobre el ancho de banda y la tecnología.

4.2.2 La valoración tecnológica puede frenar la adopción de soluciones más eficientes

Como el pago crece en proporción al ancho de banda y no reconoce la eficiencia (4.1.3), la fórmula no ofrece incentivos para migrar hacia tecnologías que aprovechen mejor cada MHz.

Los efectos indirectos son tres. La migración hacia soluciones de banda ancha puede postergarse, porque un canal más ancho paga en proporción directa a su tamaño. Así mismo, no hay incentivo a una mayor eficiencia: un titular que adopta tecnología digital o troncalizada no obtiene reconocimiento alguno en su contraprestación. El efecto no alcanza por igual a todos los usos, pues algunos cuentan con excepciones, como los transmóviles de televisión, con N = 4. Y, en la medida en que los sectores usuarios dependen de estas redes, puede resultar una menor productividad sectorial: seguridad privada, logística y transporte, e industria concentran cerca del 67 % de los asignatarios (numeral 1.2). en este sentido, la postergación en el uso productivo de frecuencias puede implicar menor capacidad de red y retrasos en la adopción tecnológica (Cramton, 2013; Hazlett & Muñoz, 2009).

Tabla 15. Efectos del problema (2)

Efecto indirecto	Indicador para verificarlo
Migración a banda ancha postergada	Series de solicitudes por ancho de banda y tecnología; proyectos desistidos por costo, según la consulta sectorial.
Sin incentivo a una mayor eficiencia	Proporción de redes digitales o troncalizadas por titular y su evolución.
Menor productividad sectorial	Evidencia aportada en la consulta sectorial sobre proyectos no ejecutados o aplazados.

Fuente: Elaboración ANE

Este efecto también es una hipótesis, con materialidad prospectiva: el 99,39 % de las asignaciones sigue en canales de 12,5 y 25 kHz (numeral 1.6), lo que es compatible con una barrera de precio y también con una demanda que sigue siendo de voz. Más allá del área y la tecnología, la señal de precio tiene una dimensión territorial propia, relacionada con las regiones donde se despliegan las redes.

4.2.3 La señal territorial puede ir en contra del cierre de brechas regionales

La fórmula vigente de la Resolución 290 de 2010, encarece relativamente las áreas con poca población (4.1.2) y no incorpora medidas diferenciales por condiciones socioeconómicas (4.1.4). En conjunto, la señal territorial puede desalentar el despliegue de redes donde la política pública busca promoverlo.

El pago relativo es mayor en las áreas de baja población, porque el término fijo n × 0,0005 domina en ellas el factor de población: su participación mediana es de 42,4 % en las áreas Municipales (numeral 2.1). Como la fórmula no incluye un tratamiento diferencial, el despliegue en regiones apartadas no recibe incentivo alguno, a diferencia de lo que pide el CONPES 4185 de 2026 para la región Pacífico. El resultado posible es un riesgo de menor cobertura regional de las redes privadas de los sectores productivos en esas zonas. Las entidades de seguridad del Estado están menos expuestas a este efecto, porque cuentan con tratamientos especiales, como el valor N = 210 y el pago del 5 % del VAC (numeral 1.5).

El análisis realizado en el presente documento no permite afirmar que esta señal haya reducido la cobertura en una región determinada. Adicionalmente, el CONPES 4185 constata la ausencia de tratamientos diferenciales en el Pacífico, pero no mide su efecto sobre los despliegues.

Tabla 16. Efectos del problema (3)

Efecto indirecto	Indicador para verificarlo
Mayor pago relativo en áreas de baja población	VAC por habitante cubierto según el tamaño del municipio.
Despliegue regional sin incentivo	Asignaciones y nuevas solicitudes en los municipios priorizados por el CONPES 4185.
Riesgo de menor cobertura regional	Evolución de las redes en municipios rurales frente a urbanos.

Fuente: Elaboración ANE

Este efecto combina un componente estructural demostrado, el mayor pago relativo en áreas poco pobladas, con un efecto sobre la cobertura que aún es hipótesis.

A diferencia de los anteriores, el siguiente efecto no depende de la conducta de los titulares; se manifiesta directamente en la forma en que se liquida la contraprestación.

4.2.4 Titulares en situaciones comparables enfrentan cargas distintas y mayor incertidumbre en la liquidación

La causa 4.1.2 explica cómo la fórmula forma los diferenciales; este efecto describe su consecuencia para los titulares: cargas económicas distintas en situaciones comparables y menor seguridad jurídica al liquidar. Es el efecto con mayor soporte, porque no depende de la conducta de los titulares.

Los titulares soportan cargas distintas en casos similares: con igual espectro y población, la regla Regional Municipal produce en la mediana 2,09 veces el VAC de la regla Departamental, y un área con más habitantes puede pagar menos que otra con menos (numeral 2.1). Las redes con cobertura pequeña pagan por el municipio entero: una red de corto alcance en un predio industrial liquida con la población total del municipio y con el Fpe más alto, de 3,0 (4.1.1 y numeral 1.5). Las áreas mixtas carecen de regla de cálculo clara, como las que combinan departamentos completos con municipios de otros departamentos, lo que puede generar incertidumbre en la liquidación (numeral 2.1). La carga, además, está concentrada: las actividades de servicios administrativos y de apoyo reúnen el 8,6 % de las asignaciones y el 45,2 % del VAC, y su VAC pasó de cerca de $8.581 millones en 2019 a $19.244 millones en 2026, con menos asignaciones (numeral 1.3). Esa concentración responde a la combinación de bandas, áreas y tratamientos aplicables a ese sector, que el presente análisis no desagrega.

Como antecedente, los considerandos de la Resolución MinTIC 2877 de 2011 registran peticiones, quejas y reclamos que solicitaban revisar integralmente la Resolución 290 de 2010, en particular sus mecanismos de liquidación, cobro y recaudo (numeral 1.4). Ese antecedente es anterior a la modificación de 2011 y se refiere a la Resolución en general, por lo que no prueba por sí solo que el problema persista hoy.

Tabla 17. Efectos del problema (4)

Efecto indirecto	Indicador para verificarlo
Cargas distintas en casos similares	Distribución del VAC por MHz y por habitante entre configuraciones comparables (numeral 2.1).
Redes pequeñas que pagan por el municipio entero	Número de asignaciones municipales con potencia y altura propias de coberturas de corto alcance, según los CCTR.
Áreas mixtas sin regla de cálculo	Número de asignaciones con combinaciones territoriales no previstas en la norma.
Reclamaciones actuales	Registro de PQRS, recursos y solicitudes de reliquidación relacionados con el literal A.3 desde 2011.

Fuente: Elaboración ANE

La desigualdad de cargas alcanza los niveles de propiedad estructural y de señal económica, y la incertidumbre en la liquidación se desprende directamente de la norma; la vigencia de las reclamaciones deberá verificarse con registros posteriores a 2011. Los cuatro efectos convergen en una consecuencia de mayor alcance.

4.2.5 Efecto final: menor bienestar social derivado del uso del espectro

Si se confirman, los efectos anteriores reducen el aporte del espectro al bienestar social, que es el criterio con el que la Ley 1341 de 2009 ordena gestionarlo y fijar su contraprestación (artículo 11, parágrafo 3, y artículo 13). Como ya se ha mencionado, el recaudo no es el objetivo del instrumento; las reglas que restringen el acceso al espectro o elevan artificialmente su escasez pueden generar costos sociales significativos, al reducir la eficiencia de los mercados, limitar la competencia y encarecer los servicios ofrecidos aguas abajo (Hazlett & Muñoz, 2009).

Este efecto final no puede medirse directamente en esta etapa. Su validez depende de que se confirmen los efectos 4.2.1 a 4.2.3 con la información que se recoja en la consulta sectorial y en las etapas siguientes del AIN.

4.2.6 Síntesis: estado de la evidencia de los efectos

De los cinco efectos, uno tiene un componente estructural demostrado, otro; combina un componente demostrado con una hipótesis, y tres dependen de evidencia que aún debe recogerse.

Tabla 18. Resumen efectos del Problema

Efecto	Estado de la evidencia	Fuente principal para verificarlo
4.2.1 Retención y subutilización del espectro	Hipótesis	Monitoreo de ocupación y comparación entre área autorizada y huella real
4.2.2 Barreras a tecnologías más eficientes	Hipótesis prospectiva	Series de solicitudes por tecnología y consulta sectorial
4.2.3 Señal territorial opuesta al cierre de brechas	Componente estructural demostrado; efecto sobre la cobertura por verificar	Cruce con los municipios priorizados por el CONPES 4185

4.2.4 Cargas desiguales e incertidumbre en la liquidación	Demostrado en lo estructural; reclamaciones solo como antecedente de 2011	Registro de PQRS, recursos y reliquidaciones posteriores a 2011
4.2.5 Menor bienestar social	Depende de la confirmación de los anteriores	Etapas posteriores del AIN

Fuente: Elaboración ANE

Varios de estos indicadores dependen de información que el esquema vigente no genera (4.1.5), por lo que su construcción es en sí misma una tarea de las siguientes etapas. Las preguntas del numeral 7 permiten a los interesados aportar evidencia sobre cada uno de estos efectos. La confirmación o el descarte de cada hipótesis orientará la definición de objetivos y la evaluación de alternativas en las siguientes etapas del AIN.

5. Justificación de la intervención

La intervención pública en materia de parámetros de valoración y estructura de las contraprestaciones de las frecuencias para cubrimiento y/o enlaces punto multipunto se justifica, en primer lugar, por la naturaleza económica del espectro como un recurso escaso y estratégico, que constituye un activo fundamental para el funcionamiento de las redes de telecomunicaciones.

Así mismo, la disponibilidad del espectro, su oportuna asignación y condiciones de acceso, incluidas las contraprestaciones aplicables, influyen de manera significativa en la cobertura, la calidad y la evolución tecnológica de los servicios, Estos factores también inciden en la incorporación de nuevos usos y actores dentro del ecosistema digital. En este contexto, como señala (Cave et al., 2007; Cave & Webb, 2015); la gestión eficiente del espectro requiere no solo asignarlo, sino hacerlo de manera oportuna y bajo esquemas que incentiven su uso productivo, evitando configuraciones que conduzcan a su subutilización o su retención ineficiente por parte de los agentes.

En este sentido, la valoración de las contraprestaciones asociadas al uso del espectro no debe limitarse al recaudo que estas generan para el Estado, sino que deben enfocarse principalmente en los efectos que producen sobre los mercados de servicios y sobre el bienestar social, en concordancia con lo dispuesto en el parágrafo 3 del artículo 11 de la Ley 1341 de 2009[24]. En esta línea, las políticas orientadas a maximizar el recaudo mediante reglas que restringen el acceso al espectro o elevan artificialmente su escasez pueden generar costos sociales significativos, en la medida en que reducen la eficiencia de los mercados, limitan la competencia y pueden encarecer los servicios ofrecidos aguas abajo (Hazlett & Muñoz, 2009).

Sin embargo, lo anterior no significa que el espectro carezca de valor económico o que se deba prescindir de esquemas de contraprestaciones, sino que dichos esquemas deben diseñarse de manera consistente con los objetivos de eficiencia y uso efectivo del recurso, evitando desincentivar su aprovechamiento productivo.

Ahora bien, si el espectro no se puede aprovechar de manera eficiente y efectiva permaneciendo subutilizado, se restringe la capacidad del sistema para expandir redes, se limita la innovación y se reduce el aprovechamiento de los beneficios

[24] Esto no implica que el valor económico del espectro radioeléctrico sea nulo. Por el contrario, al tratarse de un recurso limitado y estratégico, su asignación debe reconocer una contraprestación económica a favor del Estado. No obstante, la evidencia sugiere que el diseño de dicha contraprestación debe ser consistente con el uso eficiente del recurso y con la maximización del bienestar social, evitando configuraciones que puedan desincentivar su utilización o restringir el acceso en condiciones eficientes.

económicos asociados al desarrollo de la conectividad digital (Cave & Webb, 2015; OECD, 2019, 2022). Así mismo si el espectro no se asigna oportunamente también puede generar pérdidas de bienestar, En este sentido; la postergación en el uso productivo de frecuencias radioeléctricas puede implicar costos significativos en términos de menor cobertura, menor capacidad de red y retrasos en la adopción tecnológica, lo que afecta tanto a los consumidores como a los sectores productivos que dependen de la conectividad (Cramton, 2013; Hazlett & Muñoz, 2009). En ese sentido, la eficiencia en la gestión del espectro no se limita a su asignación formal, sino que requiere incentivar su utilización efectiva y oportuna.

Por otra parte, la intervención en materia de contraprestaciones para las frecuencias de cubrimiento y/o enlaces punto multipunto, también se justifica en atención a los lineamientos del documento del Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES) 4185, denominado "Política para el Desarrollo Integral del Pacífico", orientado a la focalización y cierre de brechas en la región del Pacífico Colombiano, cuyo texto dispone expresamente que: *"…El Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, concurrencia con la Agencia Nacional del Espectro, entre 2026 y 2027, formulará, actualizará y divulgará el marco normativo para el valor anual de contraprestación por uso del espectro radioeléctrico para enlaces punto a punto y servicios de cubrimiento punto a multipunto, para incentivar el despliegue de redes con enfoque diferencial..."*. En este sentido el citado documento CONPES indica que la contraprestación por el uso del espectro radioeléctrico no se encuentra diferenciada para beneficiar y facilitar el acceso a ese recurso en zonas de la región Pacífico, señalando que la fórmula para realizar el cálculo del apartado A.3 del Anexo de la Resolución 290 de 2010 no contempla medidas diferenciadas relacionadas con las condiciones socioeconómicas de la región.

En conclusión, la intervención pública en materia de contraprestaciones por el uso del espectro se justifica porque se evidencian barreras que impiden que dicho recurso, limitado y estratégico sea asignado y utilizado de manera consistente con su mayor valor social. Cuando las reglas de valoración económica del espectro favorecen la retención o la subutilización del espectro, se generan ineficiencias que afectan la innovación, la productividad y la transformación digital. En este escenario, la intervención está orientada a maximizar el bienestar social mediante un uso más eficiente, oportuno y productivo de este recurso.

6. Agentes interesados

Se presentan en la siguiente tabla los agentes interesados en la problemática identificada dentro del AIN.

Tabla 19. Agentes de interés

Agente		Interés en el AIN	Impacto en el AIN
Sector privado	Empresas de seguridad privada	Alto	Alto
	Empresas de logística y transporte	Alto	Alto
	Empresas servicios públicos con asignaciones de cubrimiento	Alto	Alto
	Sector Industrial con logística de comunicaciones privadas (Minería, Puertos, Refinerías, Extracción, Agroindustria, manufactura)	Alto	Alto
	Universidades e Instituciones Educativas con asignaciones de cubrimientos	Alto	Alto
	Canales de televisión con asignaciones de transmóviles	Alto	Alto
	Proveedores de Equipos y tecnología enfocados en comunicaciones privadas	Alto	Bajo
	Proveedores de tecnología con asignaciones punto multipunto	Alto	Alto
Estado	Ministerio TIC	Alto	Alto
	Ministerio de defensa, Fuerzas militares, Policía Nacional, INDUMIL	Alto	Alto
	INPEC, Parques Nacionales Naturales, banco de la república,	Medio	Medio

Agente		Interés en el AIN	Impacto en el AIN
	Aeronáutica Civil, otras Entidades públicas con asignaciones de cubrimientos.		
	Alcaldías, Gobernaciones, Entidades regionales, distritales y municipales con Asignaciones de cubrimiento.	Medio	Medio
Otras Organizaciones	PNUD, Embajadas con asignaciones de cubrimiento	Medio	Medio
Asociaciones y agremiaciones de sectores diferentes a TIC	Gremios o asociaciones identificadas por sectores productivos	Alto	Medio

Fuente: Elaboración propia.

7. Consulta sectorial

Teniendo en cuenta la metodología del AIN, a través de esta consulta la ANE busca validar con los agentes interesados el problema planteado, la pertinencia de sus causas y consecuencias, así como reunir insumos estratégicos como base para el planteamiento de alternativas de solución al problema que se considerarán y evaluarán en el desarrollo de este AIN.

La ANE, como responsable del tratamiento de datos personales, informa a los titulares que los datos suministrados serán recolectados, almacenados, procesados, usados, compilados, transmitidos o transferidos (según corresponda), actualizados y/o dispuestos conforme lo establecen la Ley 1581 de 2012, el Decreto 1377 de 2013, el capítulo 25 del Decreto Único Reglamentario 1074 de 2015 y la Política de Tratamiento de Datos Personales de la ANE, atendiendo de forma estricta los deberes de confidencialidad, privacidad y seguridad que ordena la ley.

La ANE usará los datos para los fines relacionados con el objeto funcional y, en especial para fines contractuales, invitaciones a eventos y/o gestión de trámites, los cuales se encuentran descritos en la Política de Tratamiento de Datos Personales de la entidad. Para conocer esta Política consulte el siguiente enlace: <https://www.ane.gov.co/Sliders/archivos/transparencia/AtencionServicios/PoliticaTratamientoDatos.pdf>.

Con el objetivo de orientar esta consulta, solicitamos contestar las preguntas que se indican a continuación:

1. ¿Acepta usted el tratamiento de los datos personales que serán suministrados en el presente formulario?

2. Nombres y apellidos de quien diligencia el cuestionario.

3. Nombre de la organización a la cual representa.

4. Tipo de organización a la cual representa (Prestador de servicios de telecomunicaciones, Empresa de servicios públicos, fabricante de equipos de telecomunicaciones, integrador de soluciones de telecomunicaciones, entidad del gobierno, ente regional miembro de la academia, usuario del espectro radioeléctrico, otro ¿Cuál?).

5. Cargo o rol que desempeña dentro de la organización a la cual representa.

6. Número de teléfono de contacto.

7. Correo electrónico de contacto.

8. ¿Está de acuerdo con la problemática definida en este documento? En caso negativo, ¿Cuáles son las razones por las cuales considera que la problemática identificada no refleja la temática tratada?

9. ¿Considera que las causas planteadas abordan la problemática identificada? En caso negativo, por favor indique qué otras causas se deberían incluir y justifique su respuesta

10. ¿Considera que los efectos están relacionados con la materialización de la problemática identificada? En caso negativo, por favor indique qué otras consecuencias se deberían incluir y justifique su respuesta.

11. ¿Para usted, cuáles agentes considera que son relevantes para la problemática planteada o que podrían ser impactados con ella, diferentes a los ya presentados en la Tabla *19.* Agentes de interés?

12. ¿Cuáles tecnologías diferentes a los sistemas de banda angosta, deberían priorizarse para valorar el uso del espectro para cubrimiento y/o enlaces punto multipunto?

13. ¿Qué criterios deberían priorizarse para valorar el uso del espectro para cubrimiento y/o enlaces punto multipunto?

14. ¿Qué parámetros se deberían tener en cuenta en la valoración de espectro para cubrimiento y/o enlaces punto multipunto?

15. Exponga otras observaciones, comentarios o análisis adicionales que considere pertinente tener en cuenta la ANE para la identificación del problema y los objetivos del AIN sobre Análisis y revisión del esquema de contraprestaciones económicas por el uso de las frecuencias para cubrimientos y/o enlaces punto multipunto.

La ANE agradece su participación dando respuesta a estas preguntas a través del formulario dispuesto en el enlace Identificación del problema - AIN Contraprestaciones punto multipunto: Rellenar formulario o enviándolas al correo electrónico puntomultipunto@ane.gov.co. El plazo máximo para remitir sus respuestas al formulario y los comentarios adicionales hasta el 7 de diciembre de 2026.

8. Bibliografía

Agencia Nacional del Espectro. (2026). *Plan Maestro de Gestión de Espectro 2026-2030 y Agenda Regulatoria 2026-2027.* Agencia Nacional del Espectro. Obtenido de https://ane.gov.co/Sliders/Publicaciones/PMGE20262030yAgendaRegulatoriaANE.pdf

Aguilar, L. J. (2017). *Industria 4.0 La cuarta revolución industrial.* Obtenido de https://elhacker.info/manuales/Lenguajes%20de%20Programacion/Industria%204.0/INDUSTRIA%204.0%20LA%20CUARTA%20REVOLUCION%20INDUSTRIAL.pdf

ANE. (2026). *Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias CNABF.* Agencia Nacional del Espectro. Obtenido de https://ane.gov.co/Sliders/archivos/GestionTecnica/cnabf/CNABF2026.pdf

ANE. (2026). *Plan Maestro de Gestión de Espectro 2026 - 2030 - Agenda Regulatoria 2026 - 2027.* Agencia Nacional de Espectro. Obtenido de https://www.ane.gov.co/Sliders/Publicaciones/PMGE20262030yAgendaRegulatoriaANEMar2026.pdf

Astudillo Moya, M. (2012). *Fundamentos de Economía.* Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Instituto de Investigaciones Económicas. Obtenido de https://ru.iiec.unam.mx/2462/1/FundamentosDeEconomiaSecuenciaCorrecta.pdf

Cave, M., & Webb, W. (2015). *Spectrum Management: Using the Airwaves for Maximum Social and Economic Benefit.* Obtenido de Cambridge University Press: https://doi.org/10.1017/CBO9781316145708

Cave, M., & Webb, W. (2015). *Spectrum Management: Using the Airwaves for Maximum Social and Economic Benefit.* Obtenido de https://doi.org/10.1017/CBO9781316145708

Cave, M., Doyle, C., & Webb, W. (2007). *Essentials of Modern Spectrum Management.* Obtenido de Cambridge University Press: https://doi.org/10.1017/CBO9780511536724

CBNL. (2017). *VectaStar System, ODU-S & VS600 (Covering 10.5, 26, 27 & 28GHz) TECHNICAL SPECIFICATION .* Cambridge Broadband Networks Limited.

CFR. (s.f.). Code Of Federal Regulations. (U. G. National Archives and Records Administration (NARA), Ed.) Obtenido de https://www.ecfr.gov/current/title-47/part-90/subpart-A#p-90.7(Land%20mobile%20radio%20system)

Congreso de Colombia. (2009). *Ley 1341 de 2009.* Obtenido de https://normograma.mintic.gov.co/mintic/compilacion/docs/ley_1341_2009.htm
Cramton, P. (2013). Spectrum Auction Design. Review of Industrial Organization.
DANE. (2026). *CODIFICACIÓN DE LA DIVISIÓN POLÍTICO ADMINISTRATIVA DE COLOMBIA - DIVIPOLA*. Obtenido de DANE: https://www.dane.gov.co/index.php/sistema-estadistico-nacional-sen/normas-y-estandares/nomenclaturas-y-clasificaciones/nomenclaturas/codificacion-de-la-division-politica-administrativa-de-colombia-divipola
Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2025). *Proyecciones y retroproyecciones de población municipal 2018-2042 con base en el CNPV 2018.* Obtenido de https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion
ETSI. (2001). *ETSI EN 301 021 V1.4.1 Fixed Radio Systems; Point-to-multipoint equipment; Time division Multiple access (TDMA); Point-to-Multipoint digital radio systems bands in the range 3 GHz to 11 GHz.* European Telecommunications Standards Institute . Obtenido de https://www.etsi.org/deliver/etsi_en/301000_301099/301021/01.04.01_40/en_301021v010401o.pdf
ETSI. (2016). *EN 300 113 V2.1.1: Land Mobile Service — Technical characteristics and methods of measurement for radio equipment intended for the transmission of data (and/or speech).*
GSMA. (2025). *The Mobile Economy 2025.* GSMA. Obtenido de https://www.gsma.com/solutions-and-impact/connectivity-for-good/mobile-economy/the-mobile-economy-2025/
Hazlett, T. W., & Muñoz, R. (2009). *A Welfare Analysis of Spectrum Allocation Policies. Rand Journal of Economics.*
HYTERA. (2026). *Hytera.com*. Obtenido de Hytera: https://www.hytera.com/en/product-new/land-mobile-radio.html
ITU. (1999). *Point-to-multipoint systems in the fixed service. F Series. Fixed service.* International Telecommunication Union. Obtenido de https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/f/r-rec-f.755-2-199905-i!!pdf-e.pdf
ITU. (2017). *Methodologies for valuation of spectrum.* Geneva.
Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. (2010). *Resolución 290 de 2010.* Obtenido de https://normograma.mintic.gov.co/mintic/compilacion/docs/resolucion_mintic_0290_2010.htm
Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. (2011). *Resolución 2877 de 2011.* Obtenido de

https://normograma.mintic.gov.co/mintic/compilacion/docs/resolucion_mintic_2877_2011.htm
MINTIC. (2010). *Resolución 290 de 2010. Por la cual se fija el monto de las contraprestaciones establecidas en los artículos 13 y 36 de la Ley 1341 de 2009 y se dictan otras disposiciones.* Obtenido de https://normograma.mintic.gov.co/mintic/compilacion/docs/resolucion_mintic_0290_2010.htm
MinTIC. (2020). *USO DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO PARA SERVICIOS DE SEGURIDAD. Implementación de redes de uso privado para comunicaciones a través de banda ancha móvil para el servicio de seguridad en municipios y ciudades.* MinTIC. Obtenido de https://mintic.gov.co/portal/715/articles-146317_ciudades_seguras.pdf
MinTIC. (2026). *mintic.gov.co*. (M. d. Telecomunicaciones, Productor) Obtenido de Mintic: https://www.mintic.gov.co/portal/inicio/Atencion-y-Servicio-a-la-Ciudadania/Preguntas-frecuentes/198862:Industria-de-Comunicaciones
MinTIC. (S.f.). *Glosario*. (MinTIC, Productor) Recuperado el 13 de 08 de 2026, de Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones: https://www.mintic.gov.co/portal/inicio/Glosario/
Motorola. (2026). *Motorola Solutions*. Obtenido de Motorolasolutions.com: https://www.motorolasolutions.com/es_xl/solutions/what-is-lmr.html
OCDE. (2022). *Developments in Sepectrum Management For Communication Services.* Obtenido de OECD Digital Economy Papers: https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2022/10/developments-in-spectrum-management-for-communication-services_ae18e03f/175e7ce5-en.pdf
OCDE. (2022). *Developments in spectrum management for communication services (OECD Digital Economy Papers 332; OECD Digital Economy Papers, Vol. 332). .* Obtenido de https://doi.org/10.1787/175e7ce5-en
Ofcom. (2019). *Enabling wireless innovation through local licensing.* Ofcom. Obtenido de https://www.ofcom.org.uk/siteassets/resources/documents/consultations/category-1-10-weeks/129951--enabling-opportunities-for-innovation/associated-documents/enabling-wireless-innovation-through-local-licensing.pdf
Ofcom. (2021). *Supporting the UK's wireless future: Our spectrum management strategy for the 2020s.* Ofcom. Obtenido de https://www.ofcom.org.uk/siteassets/resources/documents/consultations/category-1-10-weeks/208745-supporting-the-uks-wireless-future/associated-documents/spectrum-strategy-statement.pdf
UIT. (2014). *Aspectos Económicos en la Gestión del Espectro.* Obtenido de https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/rep/R-REP-SM.2012-4-2014-PDF-S.pdf

UIT. (2017). *Directrices para la revisión de las metodologías de fijación de precios del espectro y la elaboración de baremos de cánones de espectro.* Obtenido de https://www.itu.int/en/ITU-D/Spectrum-Broadcasting/Documents/Publications/Guidelines_SpectrumFees_Final_S.pdf

UIT. (2018). *UIT-R M.2015-2 : Disposición de frecuencias para sistemas de radiocomunicaciones de protección pública y operaciones de socorro en caso de catástrofe con arreglo a la Resolución 646 (Rev.CMR-15).* UIT. Obtenido de https://www.itu.int/rec/R-REC-M.2015-2-201801-I/es

UIT. (2025). *Report ITU-R SM.2012-7. Enfoques Económicos de la gestión del espectro.* Ginebra: Unión Internacional de Telecomunicaciones. Obtenido de https://www.itu.int/pub/R-REP-SM.2012-7-2025/es