

**ANÁLISIS Y OPTIMIZACIÓN DEL MARCO REGULATORIO PARA EL
DESPLIEGUE DE REDES MÓVILES EN COLOMBIA: EVALUACIÓN NORMATIVA
Y COMPARACIÓN INTERNACIONAL**

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS.....	2
ÍNDICE DE TABLAS	3
RESUMEN	3
ABSTRACT.....	3
1 CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	4
1.1 Contexto y Justificación.....	4
1.1.1 Justificación:	6
1.2 Problema de La Investigación.....	8
1.3 Pregunta de Investigación.....	12
1.4 Objetivos.....	12
1.4.1 Objetivos General	12
1.4.2 Objetivos Específicos.....	12
1.5 Estructura de la Tesis	13
2 Capítulo II: MARCO TEÓRICO	14
2.1 Evolución de las redes móviles: de la 1G a la 5G.....	14
2.1.1 Conceptos Básicos	15
2.2 Transición tecnológica de las redes móviles en Colombia.....	18
2.3 Problemáticas actuales del despliegue de redes móviles en Colombia.....	19
2.3.1 Aspectos Técnicos	19
2.3.2 Aspectos ambientales.....	32
2.3.3 Aspectos legales-administrativos.....	35

2.4	Indicadores del despliegue	37
3	CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	39
3.1	Enfoque metodológico	41
3.2	Tipo de estudio.....	42
3.3	Relación entre objetivos y metodología.....	42
3.4	Técnicas e instrumentos de recolección de información	43
3.5	Población y muestra.....	44
3.6	Procedimiento de análisis de la información	44
3.7	Diseño De Instrumentos.....	45
4	CAPÍTULO IV: RESULTADOS	45
4.1	Resultados de encuestas.....	45
4.2	Análisis Cualitativo de Entrevistas	48
4.4	Análisis de la legislación colombiana aplicable al despliegue de redes móviles	51
4.5	Análisis comparativo internacional de la regulación del despliegue de redes móviles	53
4.6	Análisis comparativo entre Colombia y los países de referencia	59
4.7	Identificación de buenas prácticas internacionales aplicables al contexto colombiano	66
5	CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	71
	Conclusiones.....	71
	Recomendaciones	72
6	REFERENCIAS.....	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1 Torre de Telecomunicaciones con Antenas para redes inalámbricas [16]	18
--	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Resumen de las Regulaciones Técnicas para la Instalación de Antenas de Telecomunicaciones en Colombia.	14
Tabla 2 Resumen de las Regulaciones Ambientales para la Instalación de Antenas de Telecomunicaciones en Colombia.	18

RESUMEN

El despliegue de redes móviles en Colombia enfrenta barreras regulatorias asociadas a dispersión normativa, tiempos administrativos prolongados y debilidades en la coordinación institucional. Esta investigación analiza el marco regulatorio colombiano mediante un enfoque mixto que integra evaluación normativa, encuestas sectoriales y análisis comparativo con modelos internacionales de referencia. Los resultados evidencian brechas en estandarización procedimental y eficiencia territorial que impactan el desarrollo de infraestructura móvil. A partir de estos hallazgos, se formula una propuesta estructurada de optimización regulatoria priorizada por nivel de impacto y horizonte temporal. El estudio aporta una matriz de evaluación normativa y un esquema de trazabilidad que vincula disposiciones legales con efectos operativos, ofreciendo herramientas aplicables a la formulación de política pública en materia de conectividad y transformación digital.

Palabras Clave: Regulación de telecomunicaciones, antenas, redes móviles, Tecnología 5G, 4G, 3G y 2 G.

ABSTRACT

The deployment of mobile network technologies such as 2G, 3G, 4G, and 5G is essential for socioeconomic development. In Colombia, the regulation of telecommunications antenna installation significantly influences the implementation of these technologies. This study analyzes the current regulations and their impact, identifying challenges and opportunities to optimize the

regulatory framework. Using a qualitative investigative methodology, technical, legal, and environmental regulations were reviewed. A comparative analysis with successful international regulations allowed for the identification of best practices applicable to Colombia. The findings indicate that, although Colombia has a robust regulatory framework, there are areas that require improvement to facilitate a more efficient and sustainable deployment of mobile networks. Challenges include the complexity and rigidity of certain legal and administrative procedures, as well as technical and environmental restrictions that may delay the implementation of new technologies. Specific recommendations are presented to optimize the regulation of antenna installation, fostering a more favorable environment for investment in telecommunications infrastructure and ensuring broad and high-quality coverage, especially in rural and remote areas. These recommendations aim to enhance the efficiency of mobile network deployment and maximize its economic and social impact in Colombia.

Keywords: Telecommunications regulation, Antennas, Mobile networks, 5G technology, 4G, 3G and 2G.

1 CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1 Contexto y Justificación

Contexto:

En la actualidad, la tecnología de redes móviles se ha convertido en un componente esencial de la vida cotidiana y del desarrollo económico en todo el mundo. Las diferentes generaciones de redes móviles, desde 2G hasta 5G, han transformado profundamente la manera en que las personas se comunican, trabajan y acceden a la información. La evolución desde las primeras tecnologías 2G, que permitieron la comunicación de voz y mensajes de texto básicos, pasando por 3G y 4G, que introdujeron el internet móvil de alta velocidad y la posibilidad de realizar videollamadas y transmitir contenido multimedia, hasta la reciente implementación de 5G, que promete revolucionar aún más el panorama digital con velocidades ultrarrápidas, baja latencia y la capacidad de conectar una gran cantidad de dispositivos simultáneamente, demuestra la rápida progresión tecnológica en este campo.

En Colombia, la adopción y despliegue de estas tecnologías de redes móviles no solo es vital para mantenerse competitivo en un mundo cada vez más digitalizado, sino que también es

crucial para cerrar la brecha digital existente en el país. La infraestructura de telecomunicaciones, especialmente la instalación de antenas es fundamental para garantizar una cobertura amplia y la calidad del servicio. Las antenas son los puntos de acceso que permiten la transmisión y recepción de señales de las redes móviles, asegurando que los usuarios puedan mantenerse conectados, independientemente de su ubicación. Sin embargo, la instalación de esta infraestructura enfrenta varios desafíos debido a la necesidad de cumplir con regulaciones técnicas, legales y ambientales que varían según la región y el nivel de gobierno involucrado.

La regulación de antenas en Colombia es un proceso complejo que implica la coordinación entre diferentes niveles de gobierno, desde el nacional hasta el local. Las normativas están diseñadas para equilibrar la expansión de la infraestructura de telecomunicaciones con la protección del medio ambiente y la salud pública. Estas regulaciones incluyen requisitos técnicos específicos para la instalación y operación de antenas, así como normas ambientales para mitigar cualquier impacto negativo en el entorno y la salud de las personas. No obstante, la implementación de estas regulaciones puede ser un desafío significativo. La burocracia y la falta de claridad en algunos procedimientos pueden retrasar considerablemente el despliegue de nuevas tecnologías, afectando negativamente el acceso a servicios de alta calidad, especialmente en áreas rurales y remotas donde la conectividad es más limitada.

La introducción de la tecnología 5G presenta una oportunidad significativa y al mismo tiempo un desafío para Colombia. La 5G no solo ofrece velocidades de transmisión de datos mucho más altas y una latencia extremadamente baja, sino que también tiene la capacidad de soportar un número masivo de dispositivos conectados simultáneamente. Esto abre la puerta a aplicaciones avanzadas en múltiples sectores, incluyendo la salud, donde se pueden realizar teleconsultas y cirugías remotas; la educación, con clases virtuales de alta calidad; la agricultura, con monitoreo y control de cultivos en tiempo real; y el transporte, con vehículos autónomos y sistemas de gestión del tráfico inteligentes. Sin embargo, para aprovechar plenamente estos beneficios, es crucial que Colombia desarrolle un marco regulatorio que facilite el despliegue eficiente y sostenible de la tecnología 5G. Esto implica revisar y adaptar las regulaciones existentes para eliminar barreras innecesarias, simplificar procedimientos y garantizar que las nuevas normas sean flexibles y adecuadas para las rápidas innovaciones tecnológicas.

El análisis comparativo con regulaciones internacionales exitosas es fundamental para identificar buenas prácticas que puedan ser adaptadas al contexto colombiano. Muchos países han

enfrentado desafíos similares y han desarrollado estrategias efectivas para superarlos, logrando un equilibrio entre las necesidades técnicas y las preocupaciones sociales y ambientales. Estudiar estos ejemplos internacionales proporciona valiosas lecciones que pueden guiar la reforma y mejora de las regulaciones en Colombia, asegurando que el país no solo mantenga el ritmo con los avances tecnológicos globales, sino que también maximice los beneficios económicos y sociales derivados de un despliegue exitoso de las redes móviles avanzadas.

1.1.1 Justificación:

En un mundo donde la conectividad es sinónimo de progreso, es vital que Colombia no solo adopte, sino que optimice el uso de tecnologías avanzadas como 5G. La regulación adecuada de la instalación de antenas de telecomunicaciones es esencial para asegurar que estas tecnologías puedan desplegarse de manera efectiva y equitativa, beneficiando tanto a las zonas urbanas como a las rurales. Sin una infraestructura robusta y bien regulada, el país corre el riesgo de quedarse atrás en la carrera digital global, limitando el acceso de sus ciudadanos a servicios esenciales y oportunidades de desarrollo.

La regulación actual en Colombia, aunque robusta en muchos aspectos, enfrenta desafíos que pueden obstaculizar el rápido despliegue de nuevas tecnologías. La burocracia y la falta de claridad en los procedimientos pueden llevar a demoras significativas, afectando negativamente la implementación de redes móviles. Además, las restricciones técnicas y ambientales, aunque necesarias para proteger el entorno y la salud pública, deben ser equilibradas cuidadosamente para no imponer barreras innecesarias. Este equilibrio es particularmente importante en el contexto de la tecnología 5G, que requiere una densificación de la infraestructura de antenas debido a su mayor capacidad y cobertura más limitada en comparación con generaciones anteriores.

El estudio y análisis de la regulación de antenas de telecomunicaciones en Colombia es, por lo tanto, fundamental. Este análisis debe incluir no solo una revisión de las normativas existentes, sino también un examen de cómo estas regulaciones se implementan en la práctica y su impacto real en el despliegue de tecnologías móviles. Al identificar áreas específicas donde la regulación puede ser mejorada, es posible proponer cambios que simplifiquen y agilicen los procedimientos, sin comprometer la seguridad o el bienestar de la población. Además, al estudiar ejemplos de regulaciones exitosas en otros países, se pueden adaptar buenas prácticas que hayan

demostrado ser efectivas, permitiendo a Colombia beneficiarse de las experiencias internacionales y evitar errores comunes.

Las recomendaciones derivadas de este estudio están orientadas a optimizar la implementación de las redes móviles dentro del marco regulatorio existente. Una comprensión más clara de las normativas puede facilitar la planificación y el despliegue de infraestructura de telecomunicaciones, asegurando una mayor eficiencia y sostenibilidad en el desarrollo de las redes 5G en Colombia. Aunque el análisis no pretende modificar las leyes, sí busca destacar áreas de mejora para fomentar un despliegue más ágil y efectivo de las tecnologías móviles.

Es importante considerar también el impacto social de una mejor regulación. Las áreas rurales y remotas, que históricamente han tenido menos acceso a servicios de telecomunicaciones de calidad, pueden ver mejoras significativas en su conectividad, lo que a su vez puede fomentar el desarrollo económico y mejorar la calidad de vida. La inclusión digital se traduce en oportunidades educativas y laborales para comunidades que de otro modo estarían marginadas. De este modo, una regulación eficiente y justa no solo impulsa el crecimiento económico, sino que también contribuye a una sociedad más equitativa y cohesionada.

En última instancia, el objetivo de este estudio es contribuir a un entorno regulatorio que permita a Colombia maximizar los beneficios de las tecnologías de redes móviles, asegurando que todos los ciudadanos, independientemente de su ubicación, tengan acceso a servicios de telecomunicaciones de alta calidad. Al abordar los desafíos actuales y proponer soluciones viables, este trabajo busca apoyar el desarrollo sostenible y equitativo del país, preparando a Colombia para enfrentar los desafíos y aprovechar las oportunidades de la era digital.

Se desarrolla una matriz de evaluación normativa con criterios técnicos propios —claridad procedimental, tiempos de respuesta, coordinación institucional, aplicabilidad territorial y coherencia interinstitucional— que permite evaluar de manera sistemática la eficiencia del marco regulatorio colombiano frente a estándares internacionales.

Se articula un enfoque mixto que integra análisis normativo, encuestas a actores del sector y entrevistas semiestructuradas, permitiendo identificar brechas regulatorias desde una perspectiva tanto jurídica como operativa. La investigación no solo recopila información, sino que la transforma en un esquema de trazabilidad normativa que vincula disposiciones legales con efectos reales en los procesos de despliegue.

Se formula una propuesta estructurada de optimización regulatoria priorizada por nivel de impacto y horizonte temporal, orientada a mejorar la eficiencia administrativa, reducir barreras territoriales y fortalecer la coordinación institucional en el despliegue de infraestructura móvil en Colombia.

1.2 Problema de La Investigación

El desarrollo y despliegue de tecnologías de redes móviles en Colombia enfrenta una serie de desafíos que deben ser abordados para garantizar que el país pueda beneficiarse plenamente de estas innovaciones. El principal problema radica en la complejidad y rigidez del marco regulatorio actual que gobierna la instalación de antenas de telecomunicaciones en Colombia. Este marco, aunque bien intencionado y necesario para asegurar el cumplimiento de estándares técnicos, legales y ambientales, a menudo resulta en procedimientos burocráticos y poco claros que retrasan la implementación de nuevas tecnologías.

La falta de uniformidad en la aplicación de estas normativas a nivel regional es otro obstáculo significativo. Diferentes municipios y entidades locales interpretan y aplican las regulaciones de manera distinta, lo que genera incertidumbre y lentitud en el proceso de obtención de permisos y licencias [3]. Esta falta de coherencia y claridad no solo afecta a las empresas de telecomunicaciones, sino que también limita el acceso de la población a servicios de calidad.

Además, el costo asociado con el cumplimiento de estas regulaciones es considerablemente alto. Las empresas deben invertir recursos significativos para completar las evaluaciones de impacto ambiental, cumplir con las normativas de planificación urbana y asegurar la conformidad técnica en cada etapa del proceso [5]. Este factor incrementa los costos operativos y puede desalentar la inversión, especialmente en áreas rurales y remotas donde el retorno económico es menos atractivo para los operadores. La falta de incentivos específicos para promover el despliegue en estas áreas también contribuye a la brecha de conectividad, ya que las empresas priorizan las áreas urbanas donde el despliegue es más rentable y menos complicado [7].

La razón por la cual se considera la complejidad y rigidez del marco regulatorio como el principal problema es que esta barrera afecta directamente la capacidad de expansión de la infraestructura de telecomunicaciones de manera eficiente y oportuna. Mientras que los altos costos de cumplimiento, la falta de incentivos y la variabilidad en la aplicación de las normativas

agravan el problema, es la burocracia y la falta de claridad en los procedimientos lo que prolonga los tiempos de implementación y limita la capacidad de responder a la demanda creciente de servicios de telecomunicaciones, tanto en áreas urbanas como rurales. Sin una reforma en la estructura de los procesos regulatorios y una mayor coordinación entre los diferentes niveles de gobierno, la expansión de las redes móviles seguirá enfrentando obstáculos significativos [9] y [10].

Este marco, aunque bien intencionado y necesario para asegurar el cumplimiento de estándares técnicos, legales y ambientales, a menudo resulta en procedimientos burocráticos y poco claros que retrasan la implementación de nuevas tecnologías. Esto se traduce en una capacidad limitada para expandir la infraestructura de telecomunicaciones de manera eficiente y oportuna, afectando tanto a las áreas urbanas como a las rurales.

El problema se agrava en el contexto de la tecnología 5G, que requiere una infraestructura de antenas más densa debido a su naturaleza de alta frecuencia y corto alcance. A diferencia de las generaciones anteriores de redes móviles, 5G no solo mejora las velocidades de transmisión de datos y reduce la latencia, sino que también habilita una variedad de aplicaciones avanzadas en campos como la salud, la educación y el transporte. Sin embargo, para desplegar 5G de manera efectiva, se necesitan cambios significativos en la regulación existente para facilitar la instalación de numerosas antenas pequeñas y estaciones base, lo cual es un proceso actualmente obstaculizado por normativas que no están adaptadas a las necesidades específicas de esta nueva tecnología [4].

Además, las actuales regulaciones técnicas y ambientales, aunque cruciales para proteger el entorno y la salud pública, a veces pueden ser excesivamente restrictivas. Estas restricciones pueden incluir límites en la altura y ubicación de las antenas, así como estrictos requisitos de evaluación ambiental que, aunque importantes, pueden complicar y prolongar el proceso de aprobación. Estas barreras regulatorias no solo retrasan la implementación de redes móviles, sino que también pueden desincentivar la inversión por parte de empresas de telecomunicaciones que buscan condiciones más favorables para sus proyectos. Como resultado, los usuarios finales, especialmente en regiones rurales y remotas, continúan enfrentando problemas de conectividad que limitan su acceso a servicios esenciales y oportunidades de desarrollo [7].

Otro aspecto del problema es la disparidad en la implementación de regulaciones a nivel local. Diferentes municipios pueden tener interpretaciones y aplicaciones distintas de las normativas nacionales, creando un mosaico de requisitos que las empresas de telecomunicaciones

deben navegar. Esta inconsistencia no solo añade complejidad al proceso de despliegue, sino que también puede resultar en desigualdades en la cobertura y calidad del servicio en diferentes regiones del país. Es esencial abordar estas inconsistencias para asegurar un enfoque uniforme y equitativo que facilite la expansión de las redes móviles en todo el territorio colombiano [9].

Además, existe la necesidad de mejorar la coordinación y comunicación entre los distintos actores involucrados en el proceso regulatorio. Las empresas de telecomunicaciones, los reguladores gubernamentales y las comunidades locales deben trabajar juntos para encontrar soluciones que equilibren la necesidad de un despliegue rápido y eficiente de infraestructuras con la protección del medio ambiente y la salud pública. Sin una colaboración efectiva, las regulaciones pueden seguir siendo un obstáculo importante para el avance tecnológico y el desarrollo económico del país.

En este contexto, el problema de investigación se centra en identificar las deficiencias y barreras en el marco regulatorio actual para la instalación de antenas de telecomunicaciones en Colombia. La investigación busca proponer cambios específicos y recomendaciones que optimicen este marco, facilitando un despliegue más eficiente y equitativo de tecnologías de redes móviles, particularmente 5G. Al abordar estas cuestiones, se espera que Colombia pueda mejorar su infraestructura de telecomunicaciones, promoviendo así un desarrollo socioeconómico más inclusivo y sustentable.

La problemática asociada al despliegue de infraestructura de redes móviles en Colombia se encuentra estrechamente vinculada a la persistencia de una brecha de cobertura digital de carácter territorial, tecnológico y socioeconómico. Dicha brecha no se limita a la ausencia total de señal, sino que se manifiesta en diferencias significativas en la calidad del servicio, en el acceso efectivo a tecnologías avanzadas y en la capacidad real de uso de los servicios digitales por parte de la población. En este contexto, la conectividad móvil se convierte en un factor determinante para el desarrollo económico, la inclusión social y el acceso equitativo a servicios esenciales como educación, salud y participación ciudadana.

Desde una perspectiva territorial, la cobertura de redes móviles en Colombia presenta una marcada desigualdad entre zonas urbanas y rurales. Mientras los principales centros urbanos concentran la mayor parte de la infraestructura de telecomunicaciones y acceden de manera prioritaria a tecnologías de cuarta y quinta generación, amplias regiones rurales y dispersas continúan dependiendo de tecnologías obsoletas o presentan ausencia parcial o total de cobertura.

Esta situación genera una exclusión digital estructural que limita las oportunidades de desarrollo regional y profundiza las desigualdades existentes entre territorios.

Adicionalmente, la brecha de cobertura no solo debe analizarse en términos de presencia o ausencia de señal, sino también desde la perspectiva de la distribución tecnológica. En Colombia, el despliegue de redes 5G se ha concentrado principalmente en ciudades capitales y zonas de alta densidad poblacional, mientras que en áreas rurales persiste el uso de tecnologías 2G y 3G, insuficientes para soportar aplicaciones contemporáneas que demandan mayor capacidad, velocidad y estabilidad de conexión. Esta distribución desigual restringe el aprovechamiento de herramientas digitales avanzadas, afecta la productividad local y limita la competitividad de los territorios menos favorecidos.

El diagnóstico del estado actual de la cobertura móvil requiere, por tanto, una aproximación integral que permita cuantificar y visualizar la distribución geográfica de la infraestructura, identificar diferencias entre cobertura urbana y rural, y caracterizar la presencia de cada generación tecnológica por región. Este análisis resulta fundamental para comprender la magnitud real de la brecha digital y establecer relaciones causales entre la distribución de la infraestructura, las condiciones territoriales y los resultados en términos de acceso efectivo a la conectividad.

Por otra parte, el problema de investigación se encuentra estrechamente relacionado con el marco regulatorio que rige el despliegue de infraestructura de telecomunicaciones en el país. En Colombia, los procesos de asignación de espectro radioeléctrico para tecnologías 4G y 5G han incorporado obligaciones específicas de cobertura, especialmente orientadas a zonas rurales y de difícil acceso. Sin embargo, la materialización efectiva de dichas obligaciones enfrenta múltiples desafíos asociados a trámites administrativos, licencias ambientales, permisos municipales, oposición comunitaria, costos de implementación y coordinación interinstitucional.

La evaluación del cumplimiento de las obligaciones de cobertura establecidas en las licitaciones de espectro permite identificar brechas entre los compromisos regulatorios y la realidad del despliegue territorial. Estas brechas evidencian que la existencia de un marco normativo no garantiza, por sí sola, la expansión eficiente y equitativa de la infraestructura, sino que requiere de condiciones institucionales, técnicas y sociales que faciliten su implementación efectiva.

En este sentido, la problemática abordada en esta investigación no se limita a la identificación de obstáculos normativos o administrativos aislados, sino que se centra en analizar

cómo la interacción entre regulación, procesos de despliegue y condiciones territoriales incide directamente en la persistencia de la brecha de cobertura móvil en Colombia. Comprender esta relación resulta clave para proponer estrategias regulatorias y operativas que contribuyan a un despliegue más eficiente, equitativo y sostenible de la infraestructura de redes móviles, alineado con los objetivos de conectividad y desarrollo del país.

1.3 Pregunta de Investigación

El despliegue de tecnologías de redes móviles, como 2G, 3G, 4G y 5G, es esencial para el desarrollo socioeconómico de Colombia. Sin embargo, la regulación vigente para la instalación de antenas de telecomunicaciones presenta desafíos significativos que pueden retrasar la implementación de estas tecnologías. La burocracia, la falta de claridad en los procedimientos y las restricciones técnicas y ambientales a menudo complican el proceso, afectando negativamente la expansión de la infraestructura de telecomunicaciones. Estas barreras no solo limitan el acceso a servicios de calidad en áreas rurales y urbanas, sino que también desincentivan la inversión en el sector. En este contexto, surge la pregunta de esta investigación:

¿Cómo puede optimizarse el marco regulatorio actual de la instalación de antenas de telecomunicaciones en Colombia para facilitar un despliegue más eficiente y equitativo de tecnologías de redes móviles, especialmente 5G, y maximizar su impacto socioeconómico en todo el país?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivos General

Analizar y optimizar el marco regulatorio actual para la instalación de antenas de telecomunicaciones en Colombia con el fin de facilitar un despliegue eficiente y equitativo de tecnologías de redes móviles, especialmente 5G, y maximizar su impacto socioeconómico en todo el país.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Evaluar la normativa vigente sobre la instalación de antenas de telecomunicaciones en Colombia, considerando aspectos técnicos, legales y ambientales.

- Identificar y analizar los desafíos enfrentados por los actores involucrados en el despliegue de tecnologías de redes móviles en Colombia.
- Comparar el marco regulatorio colombiano con regulaciones internacionales exitosas en el despliegue de redes móviles, para extraer buenas prácticas y lecciones aplicables.
- Proponer recomendaciones específicas para la mejora del marco regulatorio en Colombia, enfocadas en facilitar la inversión, simplificar los procedimientos y asegurar una cobertura amplia y de calidad.

1.5 Estructura de la Tesis

La presente tesis se estructura en seis capítulos, organizados de manera lógica y progresiva con el fin de dar respuesta a la pregunta de investigación y cumplir los objetivos propuestos.

El Capítulo 1 presenta el contexto general del estudio y su justificación, formula el planteamiento del problema incorporando el análisis de la brecha de cobertura en redes móviles en Colombia y la relación de esta con el marco regulatorio vigente y el cumplimiento de las obligaciones de despliegue de infraestructura. Asimismo, se establece la pregunta de investigación, se definen el objetivo general y los objetivos específicos, y se describe la organización del documento.

El Capítulo 2 desarrolla el marco teórico de la investigación. En este capítulo se aborda la evolución de las redes móviles desde la primera hasta la quinta generación (1G–5G), se analiza el proceso de transición tecnológica en Colombia, se identifican las principales problemáticas actuales asociadas al despliegue de redes móviles en el país y se describen las tareas esenciales involucradas en la instalación y puesta en funcionamiento de estaciones base y antenas de telecomunicaciones.

El Capítulo 3 describe la metodología empleada en la investigación, detallando el enfoque metodológico, el tipo de estudio, las técnicas e instrumentos de recolección de información y los procedimientos de análisis utilizados. La metodología se estructura de acuerdo con los objetivos específicos, de manera que cada uno de ellos se vincula directamente con los métodos aplicados para su cumplimiento.

El Capítulo 4 presenta los resultados obtenidos, organizados conforme a los objetivos específicos de la investigación. En este capítulo se exponen los hallazgos derivados del análisis normativo, de la aplicación de encuestas y entrevistas a actores relevantes del sector de las telecomunicaciones, y del análisis comparado con experiencias internacionales, permitiendo evidenciar los principales factores que inciden en el despliegue de infraestructura y en la persistencia de la brecha de cobertura móvil en Colombia.

El Capítulo 5 desarrolla el análisis y la discusión de los resultados, contrastando los hallazgos obtenidos con los planteamientos del marco teórico y con la normativa vigente, y analizando sus implicaciones para la política pública y la gestión del despliegue de redes móviles en el país.

El Capítulo 6 presenta las conclusiones y recomendaciones derivadas de la investigación, destacando los aportes del estudio y proponiendo lineamientos orientados a mejorar la eficiencia del despliegue de infraestructura y a reducir la brecha de cobertura en redes móviles en Colombia. El documento se complementa con las referencias bibliográficas y los anexos correspondientes.

2 Capítulo II: MARCO TEÓRICO

2.1 Evolución de las redes móviles: de la 1G a la 5G

La evolución de las redes móviles ha estado marcada por avances tecnológicos progresivos orientados a mejorar la capacidad de transmisión, la calidad del servicio y la diversidad de aplicaciones soportadas. La primera generación de redes móviles (1G), desarrollada a finales de la década de 1970 y comienzos de los años 80, se caracterizó por el uso de tecnología analógica y por ofrecer únicamente servicios de voz, con baja calidad, limitada seguridad y una cobertura reducida.

La segunda generación (2G) introdujo la digitalización de las comunicaciones móviles, permitiendo una mejora significativa en la calidad de la voz y la incorporación de servicios adicionales como mensajes de texto (SMS). Tecnologías como GSM se consolidaron a nivel mundial, sentando las bases para la masificación del uso del teléfono móvil. Posteriormente, la evolución hacia 2.5G, mediante tecnologías como GPRS y EDGE, permitió los primeros servicios de datos móviles, aunque con velocidades limitadas.

La tercera generación (3G) representó un salto importante al posibilitar la transmisión de datos a mayor velocidad, habilitando servicios como navegación web, correo electrónico y aplicaciones multimedia básicas. No obstante, la creciente demanda de datos evidenció

rápidamente las limitaciones de esta tecnología. En respuesta, surgió la cuarta generación (4G), basada principalmente en LTE, que permitió velocidades significativamente superiores, baja latencia y una experiencia de usuario adecuada para aplicaciones de video en alta definición, servicios en la nube y plataformas digitales de uso intensivo.

La quinta generación de redes móviles (5G) constituye la etapa más reciente de esta evolución y se distingue por ofrecer velocidades de transmisión muy superiores, latencias ultra bajas y la capacidad de soportar una alta densidad de dispositivos conectados simultáneamente. Estas características habilitan nuevos escenarios de uso, como el Internet de las Cosas (IoT), ciudades inteligentes, vehículos conectados, automatización industrial y servicios avanzados de telemedicina, posicionando al 5G como una infraestructura habilitadora del desarrollo digital.

2.1.1 Conceptos Básicos

Redes Inalámbricas: Las redes inalámbricas son un tipo de red de comunicaciones en las que se utilizan ondas electromagnéticas para transmitir datos entre dispositivos, sin la necesidad de cables físicos. Estas redes han revolucionado la forma en que nos conectamos y compartimos información, proporcionando flexibilidad y movilidad que no son posibles con las redes cableadas tradicionales. A través de tecnologías como Wi-Fi, Bluetooth, y las redes móviles (como 3G, 4G y 5G), las redes inalámbricas permiten a los dispositivos conectarse a internet, compartir archivos, y comunicarse entre sí desde casi cualquier lugar [2].

Una red inalámbrica típicamente consta de un punto de acceso o "access point", que emite una señal de radiofrecuencia que puede ser captada por los dispositivos compatibles en su rango de cobertura. Estos dispositivos, que pueden ser smartphones, laptops, tabletas, o cualquier dispositivo con capacidad inalámbrica, se conectan al punto de acceso para obtener acceso a la red y, por ende, a internet o a otros recursos compartidos dentro de la red.

Las redes inalámbricas se han vuelto fundamentales tanto en entornos domésticos como en empresas e instituciones, facilitando el trabajo remoto, la educación en línea, y una amplia gama de aplicaciones que dependen de la conectividad sin cables [4].

Las ventajas de las redes inalámbricas son numerosas. Permiten una fácil instalación y configuración, eliminando la necesidad de cableado complejo y costoso. También ofrecen movilidad, ya que los usuarios pueden moverse dentro del área de cobertura de la red sin perder la

conexión [6]. Sin embargo, las redes inalámbricas también presentan desafíos, especialmente en términos de seguridad y rendimiento.

Por otra parte debido a que las señales inalámbricas pueden ser interceptadas por terceros, es crucial implementar medidas de seguridad como la encriptación de datos y el uso de contraseñas fuertes para proteger la red de accesos no autorizados. Además, factores como la interferencia de otras señales y la distancia del punto de acceso pueden afectar la velocidad y estabilidad de la conexión [8].

Con el avance de las tecnologías móviles, las redes inalámbricas han continuado evolucionando. La introducción de tecnologías como 5G está expandiendo enormemente las capacidades de estas redes, ofreciendo velocidades de datos ultra rápidas, baja latencia, y la capacidad de conectar simultáneamente un gran número de dispositivos [4].

Esto abre la puerta a nuevas aplicaciones en campos como la Internet de las Cosas (IoT), la realidad aumentada, y las ciudades inteligentes, donde la conectividad inalámbrica es esencial para el funcionamiento eficiente de sistemas complejos y distribuidos. Así, las redes inalámbricas no solo son una parte integral de nuestra vida diaria, sino que también están en el corazón de muchas innovaciones futuras en tecnología y comunicaciones [6].

Figura N° 1 Torre de Telecomunicaciones con Antenas para redes inalámbricas [16]



Redes Móviles (1G, 2G, 3G, 4G y 5G): La evolución de las redes móviles ha sido un proceso de mejoras continuas que ha transformado la comunicación y el acceso a la información a nivel global. Desde la tecnología de segunda generación (2G), que introdujo la transmisión de voz digital y SMS [2], hasta la tecnología 5G, cada nueva generación ha aportado incrementos significativos en capacidad y eficiencia [4].

La Figura N° 1, muestra esta evolución, destacando los avances clave en cada generación. Desde la introducción de la voz analógica en los años 80 con 1G, hasta la interconexión masiva de dispositivos en la era 5G en los años 2020, esta infografía ilustra cómo la tecnología móvil ha transformado la forma en que nos comunicamos, accedemos a la información y utilizamos los datos.

Cada salto generacional ha traído consigo mejoras significativas en velocidad, capacidad y funcionalidad, permitiendo el desarrollo de nuevas aplicaciones y servicios que han cambiado la vida cotidiana y las industrias a nivel global [6].

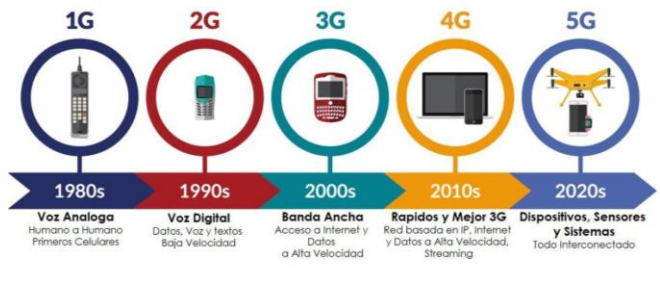
Cada generación de redes móviles ha introducido mejoras importantes. La tecnología 2G permitió la transmisión de voz digital y mensajes de texto básicos, lo que representó un gran avance con respecto a las redes analógicas de 1G. Con la llegada de 3G, se habilitó el acceso a internet móvil y la posibilidad de realizar videollamadas, ampliando significativamente las capacidades de los dispositivos móviles [2].

Posteriormente, 4G trajo consigo velocidades de datos mucho más rápidas, mejorando la experiencia de usuario para la transmisión de video en alta definición y otras aplicaciones que requieren un gran ancho de banda [4]. La evolución tecnológica hasta este punto ha sido crucial para satisfacer la creciente demanda de conectividad y servicios móviles avanzados.

La implementación de la tecnología 5G marca un salto cualitativo en esta evolución. 5G no solo ofrece velocidades de descarga y subida exponencialmente mayores que 4G, sino que también introduce una latencia extremadamente baja, esencial para aplicaciones críticas en tiempo real como la telemedicina y los vehículos autónomos [4].

Además, 5G permite la conexión simultánea de una cantidad masiva de dispositivos, lo que es fundamental para el desarrollo del Internet de las Cosas (IoT) [4]. Este avance no solo tiene implicaciones para los consumidores, sino también para sectores industriales y empresariales, que pueden aprovechar esta tecnología para innovar y mejorar la eficiencia operativa. La Figura N° 2 muestra cómo cada generación ha mejorado en términos de capacidad y funcionalidad, destacando el impacto que estas mejoras han tenido en nuestras vidas y en la sociedad en general [6].

Figura 2 Avances de las Tecnologías. [16]



2.2 Transición tecnológica de las redes móviles en Colombia

El proceso de adopción y transición tecnológica de las redes móviles en Colombia ha estado condicionado por factores regulatorios, económicos y territoriales. La implementación de tecnologías 2G y 3G permitió una expansión inicial de la cobertura móvil en el país; sin embargo, esta expansión se concentró principalmente en zonas urbanas y de mayor densidad poblacional, dejando rezagadas amplias áreas rurales y dispersas.

La introducción de redes 4G, a partir de los procesos de asignación de espectro realizados desde 2013, representó un avance significativo en términos de capacidad y calidad del servicio. No obstante, el despliegue de esta tecnología no se dio de manera homogénea, ya que las inversiones se focalizaron en regiones con mayor rentabilidad económica, mientras que en zonas rurales persistieron tecnologías de generaciones anteriores o la ausencia de cobertura.

Más recientemente, el proceso de asignación de espectro para 5G ha marcado una nueva etapa en la política de conectividad del país. Si bien el despliegue inicial de esta tecnología se ha concentrado en ciudades principales, su implementación plantea desafíos adicionales relacionados con la densificación de infraestructura, el acceso a sitios para la instalación de antenas y la articulación entre los distintos niveles de gobierno. La coexistencia de múltiples generaciones tecnológicas en el territorio colombiano refleja una transición incompleta, en la cual persisten desigualdades significativas en el acceso efectivo a servicios móviles avanzados.

2.3 Problemáticas actuales del despliegue de redes móviles en Colombia

2.3.1 Aspectos Técnicos

Las regulaciones técnicas que rigen la instalación de antenas de telecomunicaciones en Colombia son fundamentales para garantizar que las infraestructuras desplegadas cumplan con los estándares necesarios para soportar tecnologías avanzadas como 5G. Estas regulaciones especifican los requisitos que deben cumplir las antenas, incluyendo la potencia de transmisión, la frecuencia de operación y la ubicación. El cumplimiento de estas normativas es crucial para evitar interferencias con otros servicios de telecomunicaciones y garantizar una cobertura adecuada tanto en zonas urbanas como rurales [1], [2].

En Colombia, las regulaciones técnicas son dictadas por el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC) en conjunto con la Agencia Nacional del Espectro (ANE). Estas instituciones establecen directrices que buscan equilibrar la expansión de la infraestructura de telecomunicaciones con la protección del espectro radioeléctrico, un recurso esencial para la operación de todas las tecnologías inalámbricas [8]. La transición hacia redes 5G ha impulsado la necesidad de una mayor densificación de antenas, lo que ha llevado a la adopción de nuevas normativas que permiten la implementación de celdas pequeñas y antenas distribuidas, necesarias para soportar las características únicas de esta tecnología [3], [4].

Un desafío importante es la falta de uniformidad en la aplicación de estas regulaciones a nivel regional. Diferentes municipios pueden interpretar y aplicar estas normativas de manera distinta, lo que genera variaciones significativas en la calidad y alcance del servicio. Esta disparidad se agrava en áreas rurales, donde cumplir con los requisitos técnicos puede ser más difícil, limitando el acceso a redes móviles de alta calidad. La burocracia y los procedimientos complicados pueden retrasar la instalación de nuevas infraestructuras, lo que afecta la capacidad de las empresas de telecomunicaciones para expandir y mejorar sus servicios de manera oportuna [6].

Tabla 1 Resumen de las Regulaciones Técnicas para la Instalación de Antenas de Telecomunicaciones en Colombia.

Aspecto	Descripción	Referencia
---------	-------------	------------

	Establece los límites de exposición a campos electromagnéticos y los procedimientos para la instalación de estaciones radioeléctricas. El Decreto 195 de 2005 fija en Colombia el marco base para la protección de la salud pública frente a campos electromagnéticos asociados a estaciones radioeléctricas, estableciendo límites de exposición y criterios generales de cumplimiento que obligan a los operadores a demostrar que sus instalaciones no superan los umbrales permitidos.	
Decreto 195 de 2005 (compilado en el Decreto 1078 de 2015)	En lo legal, introduce la obligación de cumplir condiciones de exposición como requisito de operación; en lo técnico, orienta la verificación mediante mediciones/cálculos y soportes que acrediten conformidad, lo que se vuelve crítico en redes 4G/5G por la densificación de estaciones. En lo ambiental, aunque no es una norma ambiental per se, reduce conflictividad social al aportar un estándar sanitario objetivo, impactando indirectamente la aceptación comunitaria. Para la instalación de antenas, su hallazgo	[17]

clave es que convierte la “inocuidad CEM” en un eje de permisos y socialización: si el operador no puede evidenciar cumplimiento, el proyecto se expone a oposición social, requerimientos adicionales y demoras administrativas [17].

Otorga competencias a la Agencia Nacional del Espectro (ANE) para expedir normas relacionadas con el despliegue de antenas, incluyendo la potencia máxima y los límites de exposición.

**Ley 1753
de 2015**

La Ley 1753 de 2015 (PND 2014–2018) fortalece el rol del Estado en habilitar infraestructura y, en particular, otorga competencias a la ANE para expedir lineamientos que ordenan el despliegue, lo cual tiene efectos directos sobre cómo se tramitan y justifican estaciones y antenas. En lo legal, permite articular metas de conectividad con instrumentos regulatorios; en lo técnico, respalda la emisión de parámetros y reglas que inciden en estaciones radioeléctricas (incluida su coordinación con espectro y control de exposición).

[18
]

Ambientalmente, su efecto es indirecto: impulsa conectividad como interés público, pero sin reemplazar licencias/condicionantes ambientales cuando apliquen. Para instalación de antenas, el hallazgo relevante es que sirve de soporte normativo para “destrabar” políticas y medidas de despliegue, pero su eficacia depende de que la regulación derivada (ANE/MinTIC/CRC) se traduzca en procedimientos claros y homogéneos para municipios [18].

Reglamenta las condiciones que deben cumplir las estaciones radioeléctricas para controlar los niveles de exposición a campos electromagnéticos.

La Resolución 754 de 2016 es una de las normas técnicas más

Resolución	directas sobre condiciones para	[19
754 de 2016	estaciones radioeléctricas, porque	]
	define requisitos y lineamientos	
	operativos aplicables al despliegue,	
	especialmente en la forma de	
	acreditar parámetros técnicos y de	
	exposición conforme a la	
	regulación del espectro.	
	Legalmente, funciona como	

desarrollo reglamentario que los operadores deben cumplir para soportar permisos y demostrar conformidad; técnicamente, aterriza obligaciones (documentación, mediciones, reportes o parámetros) que estandarizan el control y reducen discrecionalidad si se aplica correctamente. En el plano ambiental, su aporte es indirecto: al exigir buenas prácticas técnicas, tiende a reducir riesgos de interferencia y percepción de desorden tecnológico, pero no sustituye exigencias ambientales. Para instalación de antenas, el hallazgo clave es que formaliza el “checklist técnico” exigible y, por tanto, puede acelerar trámites cuando las autoridades lo reconocen; si no se reconoce a nivel local, se vuelve un punto de fricción por duplicación de requisitos [19].

**Decreto
1370 de 2018**

Subroga el capítulo 5 del título 2 de la parte 2 del libro 2 del Decreto 1078 de 2015 y faculta a la ANE para adoptar los límites máximos de exposición a campos electromagnéticos. [20]

El Decreto 1370 de 2018
ajusta y actualiza disposiciones del
sector TIC (vía
compilaciones/reglamentación)
que afectan cómo se ordena el
despliegue, incluyendo
condiciones institucionales y
procedimentales ligadas a
infraestructura y operación. En lo
legal, refuerza el marco
reglamentario aplicable a
telecomunicaciones y puede incidir
en la ruta que siguen operadores
para cumplir condiciones
sectoriales; en lo técnico, opera
como habilitador de reglas para
despliegue alineadas a
modernización tecnológica. Su
dimensión ambiental es indirecta:
no regula licenciamiento
ambiental, pero al ordenar el
sector puede reducir informalidad
y promover instalación bajo reglas
verificables. Para instalación de
antenas, el hallazgo es que actúa
como engranaje de “actualización
normativa” que reduce vacíos
frente a nuevas tecnologías, pero
su impacto real depende de la
articulación con reglas específicas
de estaciones, espectro y permisos
territoriales [20].

Adopta los límites de exposición de las personas a los campos electromagnéticos y reglamenta las condiciones para el despliegue de antenas de radiocomunicaciones.

La Resolución 774 de 2018 complementa el marco técnico de control para estaciones radioeléctricas, alineando exigencias sobre parámetros y verificación que soportan el uso ordenado del espectro y el cumplimiento de condiciones operativas. En lo legal, es una obligación técnica exigible a operadores; en lo técnico, consolida criterios de cumplimiento (especialmente relevantes en densificación 4G/5G) y soporta la trazabilidad técnica frente a autoridades.

Ambientalmente, su efecto es indirecto: al estandarizar prácticas técnicas y de cumplimiento, puede reducir conflictividad comunitaria y la percepción de riesgo, pero no

**Resolución
774 de 2018**

[21
]

regula impactos ambientales del emplazamiento. Para instalación de antenas, el hallazgo central es que vuelve más defendible el proyecto ante revisiones y quejas, porque aporta un marco verificable de conformidad; sin esa evidencia, las alcaldías y comunidades tienden a aumentar barreras y exigir estudios adicionales [21].

	Establece los principios para el desarrollo del sector de	
Ley 1341 de 2009	Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), incluyendo la regulación del despliegue de infraestructura.	[22]

Conocida como la "Ley de Modernización del Sector TIC", busca facilitar la instalación de antenas y otras infraestructuras, simplificando trámites y mejorando la cobertura.

	La Ley 1341 de 2009	
Ley 1978 de 2019	establece el marco general del sector TIC en Colombia y define principios de promoción de la competencia, acceso, y gestión institucional que condicionan el despliegue de infraestructura. Legalmente, fija bases de	[23]

intervención del Estado,
derechos/deberes del sector y
orientaciones para despliegue;
técnicamente, su efecto se
concreta en la forma en que se
gestionan redes, calidad y
expansión, habilitando que el
despliegue responda a objetivos de
cobertura. Ambientalmente, no es
una norma ambiental, pero incide
indirectamente al legitimar la
infraestructura como soporte del
interés público y la conectividad, lo
que influye en cómo se ponderan
restricciones locales. Para
instalación de antenas, el hallazgo
es que es la “columna vertebral”
que justifica el despliegue y
sustenta argumentos contra
bloqueos arbitrarios, aunque por sí
sola no resuelve trámites
municipales ni licencias
ambientales cuando aplican [22].

Establece condiciones para
la simplificación de trámites
relacionados con la instalación de
infraestructura de
telecomunicaciones, facilitando el
despliegue de redes móviles.

Resolución		[24
2401 de 2019		]

La Resolución 2401 de
2019 se relaciona con directrices

aplicables al despliegue y
operación de infraestructura,
aportando criterios
técnicos/administrativos que
pueden incidir en requisitos de
instalación y en la estandarización
de condiciones de cumplimiento.
En lo legal, funciona como
exigencia reglamentaria que se
suma al paquete documental
requerido; en lo técnico, puede
especificar condiciones o
procedimientos para asegurar
operación segura/ordenada de
instalaciones. Ambientalmente, su
efecto es principalmente
preventivo e indirecto: mejores
prácticas reducen riesgos de
incidentes y afectaciones
secundarias. Para instalación de
antenas, el hallazgo es que
incrementa el nivel de
formalización del despliegue (más
soportes y control), lo cual puede
aumentar carga documental, pero
también mejora la trazabilidad y
reduce riesgos de suspensión por
incumplimientos técnicos [24].

Regula el uso del espectro radioeléctrico, estableciendo procedimientos para la asignación de frecuencias y el control de interferencias, impactando la instalación de antenas.

La Resolución CRC 5050 de 2016 consolida reglas regulatorias del sector (calidad, obligaciones y disposiciones aplicables al servicio) que influyen en el despliegue porque conectan la operación con metas de calidad y continuidad. Legalmente, fija obligaciones regulatorias exigibles;

Resolución	técnicamente, presiona al	[25
5050 de 2016	operador a garantizar desempeño, lo que puede demandar ampliación de cobertura y refuerzos de red que se materializan en nuevas antenas o upgrades. Ambientalmente, no define licenciamiento, pero su efecto indirecto es aumentar la necesidad de infraestructura para cumplir niveles de servicio, elevando la importancia de que permisos ambientales/urbanos sean predecibles. Para instalación de antenas, el hallazgo es que la calidad regulada se vuelve un “driver” de despliegue: si el marco	]

territorial bloquea antenas, se
tensiona el cumplimiento
regulatorio y se agrava la brecha
de cobertura [25].

Complementa las políticas
de la Ley 1978 de 2019,
enfocándose en la expansión de
conectividad y estableciendo
incentivos para la instalación de
antenas, especialmente para 5G.

El Decreto 1649 de 2021
ajusta aspectos institucionales del
sector TIC
(estructura/competencias), lo cual
impacta el despliegue en la medida
en que define capacidades de
gestión pública, coordinación y
ejecución de políticas de
conectividad. Legalmente, ordena
el “quién hace qué” dentro del
sector; técnicamente, su
importancia radica en asegurar
que existan roles claros para emitir
lineamientos, supervisar y
coordinar el despliegue.
Ambientalmente, su incidencia es
indirecta: una institucionalidad
más clara reduce vacíos y
conflictos de competencia en
proyectos que pueden tener

**Decreto
1649 de 2021**

[26

]

condicionantes
ambientales/territoriales. Para
instalación de antenas, el hallazgo
es que mejora la gobernanza del
despliegue si se traduce en
coordinación real con autoridades
territoriales; sin coordinación, el
problema persiste como un cuello
de botella municipal (permisos,
tasas, oposición social) [26].

El Decreto 195 de 2005 fija en Colombia el marco base para la protección de la salud pública frente a campos electromagnéticos asociados a estaciones radioeléctricas, estableciendo límites de exposición y criterios generales de cumplimiento que obligan a los operadores a demostrar que sus instalaciones no superan los umbrales permitidos. En lo legal, introduce la obligación de cumplir condiciones de exposición como requisito de operación; en lo técnico, orienta la verificación mediante mediciones/cálculos y soportes que acrediten conformidad, lo que se vuelve crítico en redes 4G/5G por la densificación de estaciones. En lo ambiental, aunque no es una norma ambiental per se, reduce conflictividad social al aportar un estándar sanitario objetivo, impactando indirectamente la aceptación comunitaria. Para la instalación de antenas, su hallazgo clave es que convierte la “inocuidad CEM” en un eje de permisos y socialización: si el operador no puede evidenciar cumplimiento, el proyecto se expone a oposición social, requerimientos adicionales y demoras administrativas [17].

El marco técnico colombiano muestra una alineación general con estándares internacionales de exposición a CEM y con buenas prácticas de ingeniería de sitio; no obstante, persisten vacíos operativos que afectan la consistencia en campo. La verificación de cumplimiento suele recaer en campañas puntuales de medición y no en esquemas de monitoreo continuo abiertos al público, lo que reduce la trazabilidad y la confianza social. Además, la transición de macrositios hacia arquitecturas densas de small cells demanda criterios estandarizados para altura, potencia efectiva, separación entre nodos y pruebas de aceptación (site acceptance) que hoy no se aplican de forma homogénea entre municipios. En cobertura indoor, la adopción de DAS/IBS es

desigual y muchas edificaciones críticas (hospitales, terminales, campus) no cuentan con guías técnicas claras para su preinstalación y pruebas de rendimiento. Por último, el soporte de backhaul (fibra/onda milimétrica) y los requisitos de energía/aterrizamiento no siempre están integrados desde el diseño, generando reprocesos y retrasos en la puesta en servicio.

2.3.2 Aspectos ambientales

En Colombia, las regulaciones ambientales que gobiernan la instalación de antenas de telecomunicaciones tienen un papel crucial en la protección del entorno natural y en la preservación de la calidad de vida de las comunidades. Estas regulaciones están diseñadas para mitigar los impactos negativos que la infraestructura de telecomunicaciones puede tener sobre el medio ambiente, incluyendo la afectación de áreas naturales protegidas, la biodiversidad y la calidad visual y acústica de los paisajes. La creciente demanda de conectividad, especialmente con el avance hacia la tecnología 5G, ha intensificado la necesidad de encontrar un equilibrio entre el desarrollo de infraestructuras de telecomunicaciones y la conservación del medio ambiente[5].

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible es la entidad principal encargada de establecer las directrices ambientales que deben seguirse en la instalación de antenas. Estas directrices incluyen la obligación de realizar estudios de impacto ambiental antes de la instalación de infraestructuras, especialmente en zonas rurales o áreas de especial valor ecológico.

Estos estudios son cruciales para evaluar cómo las nuevas antenas podrían afectar la flora y fauna locales, la calidad del aire, y la tranquilidad de los habitantes, tanto en términos de ruido como de cambios visuales en el paisaje. Además, los estudios de impacto ambiental deben considerar los efectos acumulativos de múltiples instalaciones en una misma área, asegurando que el desarrollo de la infraestructura no resulte en una degradación significativa del entorno[7].

Un desafío clave en la implementación de estas regulaciones es la percepción pública sobre el impacto de las antenas de telecomunicaciones, especialmente en relación con la exposición a campos electromagnéticos. Aunque la mayoría de los estudios científicos sugieren que las emisiones de estas antenas operan dentro de límites seguros establecidos por organizaciones internacionales, la preocupación por los posibles efectos sobre la salud ha llevado a una oposición significativa en algunas comunidades.

Esta percepción puede ralentizar el proceso de despliegue de infraestructuras, obligando a las empresas de telecomunicaciones a realizar esfuerzos adicionales para educar y tranquilizar a la población. Las autoridades ambientales, en colaboración con los reguladores de

telecomunicaciones, deben trabajar para aumentar la transparencia en la comunicación de los riesgos y beneficios asociados con la instalación de antenas, asegurando que las decisiones se tomen basadas en evidencia científica sólida[9] [10].

En las áreas rurales, la implementación efectiva de las regulaciones ambientales puede ser aún más complicada debido a la limitada capacidad de las autoridades locales para monitorear y hacer cumplir estas normativas. La falta de recursos y de personal especializado puede llevar a una aplicación inconsistente de las leyes ambientales, lo que puede resultar en un desarrollo desigual de la infraestructura de telecomunicaciones.

Esta situación es particularmente preocupante en regiones con ecosistemas frágiles, donde una supervisión inadecuada podría tener consecuencias graves para la biodiversidad y la sostenibilidad ambiental. Es crucial que se fortalezca la capacidad de las autoridades locales para gestionar y supervisar los proyectos de telecomunicaciones, asegurando que se respeten las normativas y que se minimicen los impactos ambientales[11].

La transición hacia la tecnología 5G también plantea nuevos retos ambientales, ya que esta tecnología requiere una mayor densidad de antenas, que a su vez pueden tener un impacto acumulativo significativo en el entorno. Las regulaciones deben adaptarse para enfrentar estos nuevos desafíos, permitiendo un despliegue de infraestructura que sea tanto efectivo como respetuoso con el medio ambiente. Esto podría incluir la promoción de tecnologías más sostenibles y menos invasivas, así como la integración de soluciones de infraestructura verde, que minimicen el impacto visual y promuevan la biodiversidad.

Además la coordinación entre los diferentes niveles de gobierno y la colaboración con las comunidades locales son esenciales para garantizar que el desarrollo de las telecomunicaciones contribuya de manera positiva al bienestar social y ambiental del país [5]. La aplicación rigurosa y efectiva de las regulaciones ambientales no solo protege el entorno natural, sino que también asegura que el despliegue de la infraestructura de telecomunicaciones sea sostenible a largo plazo. Al enfrentar los desafíos que surgen con la expansión de la tecnología 5G y otras innovaciones, es fundamental que Colombia mantenga un enfoque equilibrado que promueva el desarrollo tecnológico mientras salvaguarda los recursos naturales para las generaciones futuras. Este enfoque debe estar basado en la ciencia, respaldado por políticas claras y aplicadas de manera consistente en todo el territorio nacional.

Tabla 2 Resumen de las Regulaciones Ambientales para la Instalación de Antenas de Telecomunicaciones en Colombia.

Aspecto	Descripción	Referencia
Resolución 1814 de 2015	Establece los criterios para la evaluación de impacto ambiental de las antenas de telecomunicaciones, detallando los procedimientos para obtener la licencia ambiental.	[27]
Decreto 1076 de 2015	Compila normas del sector ambiental, estableciendo las condiciones para la gestión del medio ambiente, incluyendo la ubicación y altura de las antenas para minimizar el impacto visual y acústico.	[28]
Resolución 650 de 2016	Reglamenta las medidas de mitigación para la protección de flora y fauna durante la instalación de infraestructuras de telecomunicaciones, especialmente en áreas de conservación y zonas rurales.	[29]
Ley 1931 de 2018	Define la política de gestión del cambio climático, promoviendo la adaptación de infraestructuras como las antenas de telecomunicaciones para reducir el impacto ambiental y mejorar la sostenibilidad.	[30]
Resolución 274 de 2019	Reglamenta el manejo de residuos peligrosos y de aparatos electrónicos usados en infraestructuras de telecomunicaciones, promoviendo prácticas	[31]

de reciclaje durante la instalación y
mantenimiento de antenas.

La Resolución 1814 de 2015 define criterios y procedimientos para evaluar impactos ambientales asociados a proyectos, aplicables cuando el emplazamiento, magnitud o contexto exigen un análisis ambiental formal; en lo legal, se convierte en ruta procedimental para soportar autorizaciones ambientales (cuando correspondan) y para demostrar diligencia debida frente a impactos; en lo técnico, obliga a identificar, valorar y proponer medidas de manejo (prevención, mitigación, corrección y compensación) vinculadas a actividades de instalación; en lo ambiental, establece la lógica de gestión del impacto (incluyendo aspectos como intervención del suelo, manejo de residuos, afectación paisajística y riesgos acumulativos). Para instalación de antenas, el hallazgo es que la incertidumbre sobre si un proyecto “dispara” evaluación/permiso ambiental puede generar retrasos si no se define desde el inicio la necesidad (o no) de trámite y el paquete de soportes ambientales mínimos [27].

El componente ambiental prioriza la protección del paisaje urbano, del patrimonio y de áreas sensibles; sin embargo, la heterogeneidad en la aplicación de criterios entre territorios produce resultados dispares. La evaluación de impactos acumulativos por densificación 5G todavía es incipiente y los instrumentos de mimetización carecen, en algunos casos, de catálogos y tipologías vinculantes por tejido urbano. La gestión de residuos y RAEE de equipos reemplazados no siempre queda trazada a nivel municipal, y los planes de manejo ambiental suelen enfocarse en construcción, con menor detalle para la fase de operación (ruido, accesos, podas). Además, la comunicación del riesgo sobre CEM se centra en lenguaje técnico y no en evidencia pública local (mediciones comparables), lo cual propicia percepción de riesgo y oposición vecinal aun cuando los niveles cumplen normativa.

2.3.3 Aspectos legales-administrativos

Las regulaciones legales y administrativas que gobiernan la instalación de antenas de telecomunicaciones en Colombia son fundamentales para garantizar que el despliegue de infraestructura se realice de manera ordenada, equitativa y conforme a las leyes vigentes.

Estas regulaciones son las que establecen los marcos jurídicos dentro de los cuales operan las empresas de telecomunicaciones, definiendo los procedimientos para la obtención de permisos, las responsabilidades de los distintos actores involucrados y las sanciones en caso de incumplimiento. Estas normativas no solo aseguran el respeto a los derechos de propiedad y al uso adecuado del suelo, sino que también buscan equilibrar las necesidades del desarrollo tecnológico con los intereses de la comunidad y la preservación del entorno[12].

En Colombia, el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC) es la entidad encargada de liderar y coordinar las políticas relacionadas con la infraestructura de telecomunicaciones. Sin embargo, el proceso de instalación de antenas también involucra a las autoridades locales, quienes tienen la responsabilidad de aplicar las normativas de planificación urbana y uso del suelo. Este marco de competencia compartida puede generar desafíos, especialmente cuando las interpretaciones de las normativas varían entre las diferentes regiones del país. Esta falta de uniformidad puede llevar a procesos administrativos complejos y, en muchos casos, a demoras significativas en la obtención de los permisos necesarios para la instalación de antenas, afectando la capacidad de las empresas para desplegar nuevas tecnologías de manera eficiente y oportuna[12][13].

El proceso de licenciamiento para la instalación de antenas es un área clave dentro de las regulaciones legales y administrativas. Este proceso, que incluye la solicitud de permisos de construcción, evaluaciones de impacto ambiental, y la obtención de licencias de operación, puede ser largo y costoso, lo que representa un obstáculo para las empresas de telecomunicaciones. Además, la falta de digitalización y la existencia de procedimientos burocráticos engorrosos son factores que contribuyen a la lentitud de este proceso. En un entorno tecnológico que evoluciona rápidamente, donde la demanda por conectividad crece exponencialmente, es fundamental que las regulaciones se adapten para facilitar un despliegue ágil y eficiente de infraestructuras, sin comprometer el cumplimiento de los estándares legales y administrativos[14][15].

La llegada de la tecnología 5G ha puesto de relieve la necesidad de revisar y actualizar las regulaciones legales y administrativas vigentes. El despliegue de 5G requiere una infraestructura más densa, con la instalación de numerosas celdas pequeñas en lugares estratégicos, lo que significa que el proceso de obtención de permisos debe ser lo suficientemente flexible para permitir una expansión rápida. Sin embargo, en la práctica, muchas de las normativas actuales no están adaptadas para manejar las particularidades de esta tecnología, lo que puede llevar a cuellos de

botella en su implementación. La introducción de nuevas categorías de permisos y la simplificación de los procedimientos administrativos son pasos necesarios para superar estos desafíos [15].

Además, la coordinación entre los diferentes niveles de gobierno es crucial para garantizar que las regulaciones se apliquen de manera coherente en todo el país. La falta de armonización entre las regulaciones nacionales y las normativas locales puede generar incertidumbre y desincentivar la inversión en infraestructura de telecomunicaciones. Es necesario fomentar una mayor colaboración entre las autoridades nacionales y locales para asegurar que las regulaciones sean claras, consistentes y fáciles de seguir, lo que permitirá un entorno más favorable para el desarrollo de infraestructuras que son esenciales para la conectividad y el crecimiento económico del país [13][14].

Aun con la existencia de lineamientos nacionales para un procedimiento único, la experiencia del trámite varía según municipio: número de instancias, requisitos documentales y tiempos efectivos. Persisten superposiciones entre permisos de ocupación de espacio público, conceptos sectoriales y exigencias urbanísticas, lo que incrementa costos transaccionales y prolonga la “ruta crítica” del despliegue. La digitalización del proceso avanza de forma desigual; donde no hay ventanilla única ni expedientes electrónicos, disminuye la trazabilidad y la capacidad de gestión por hitos. Los costos y tasas asociados al derecho de vía y uso de soportes públicos carecen en algunos casos de metodologías de costo estándar, lo que genera incertidumbre presupuestal y desincentiva la expansión hacia zonas de menor retorno. Finalmente, la transparencia de estados del trámite y métricas (tiempos, rechazos, causas) es limitada, dificultando la mejora continua.

2.4 Indicadores del despliegue

El despliegue de infraestructura de telecomunicaciones en Colombia requiere una gestión eficiente que permita garantizar la expansión oportuna de tecnologías móviles avanzadas como 4G y 5G. Para evaluar el desempeño regulatorio y operativo en la instalación de antenas, es necesario considerar indicadores cuantitativos y cualitativos que reflejen la efectividad de los procesos administrativos, los costos asociados, la equidad en la cobertura y la calidad del servicio.

Estos indicadores permiten **identificar cuellos de botella, comparar la eficiencia entre territorios, y establecer metas de mejora** para políticas públicas y operadores del sector. Asimismo, proporcionan evidencia medible para realizar análisis comparativos con modelos internacionales más avanzados.

A continuación, se presenta la tabla de indicadores base que será utilizada posteriormente para el análisis comparativo del marco regulatorio colombiano:

Tabla 3. Indicadores para la Evaluación del Despliegue de Infraestructura de Telecomunicaciones

Indicador	Descripción	Unidad de Medida	Interpretación	Estado Actual en Colombia
Tiempo promedio para aprobación de permisos	Duración estimada desde la solicitud hasta la autorización final	Días calendario	A menor tiempo, mayor eficiencia administrativa	Alto — varía de 90 a 180 días según municipio
Número de entidades involucradas	Cantidad de autoridades que intervienen en el proceso	# de actores	A menor cantidad, menor burocracia	Elevado — hasta 5 actores en grandes ciudades
Costo administrativo por solicitud	Tasas o pagos municipales para instalación en espacio público	COP / sitio	Impacta la inversión y despliegue en zonas no rentables	Variable — entre \$1.5M y \$6M aprox.
Tasa de aprobación	Porcentaje de solicitudes autorizadas frente al total	%	Indica apertura regulatoria al despliegue	Media — 60% a 80% según ciudad
Disponibilidad de portal o ventanilla única digital	Existencia de plataforma para gestión y seguimiento	Sí/No	Mejora trazabilidad y tiempos	Parcial — en implementación post D.1031/2024
Nivel de colocalización	Uso de infraestructura compartida entre operadores	% de sitios compartidos	Reduce costos y número de antenas nuevas	Bajo — <20% estimado
Cobertura en zonas rurales	Acceso a servicios móviles avanzados	% población rural cubierta	Refleja equidad territorial	Limitado — brechas significativas en 4G y más en 5G

3 CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

Esta investigación se llevó a cabo en varias fases metodológicas bien estructuradas. Estas etapas combinaron un enfoque mixto que unió métodos cualitativos y cuantitativos, lo que permitió realizar un análisis completo y enriquecedor de los datos que se recolectaron. Este diseño metodológico estuvo pensado para asegurar que los resultados fueran replicables y de alta confiabilidad y validez, lo que fortaleció la rigurosidad científica del estudio.

En la fase cuantitativa, se diseñó y se aplicó una encuesta estructurada dirigida a un grupo representativo de la población objetivo. Este instrumento ayudó a recolectar información cuantificable sobre la experiencia de los actores involucrados y su percepción de los principales obstáculos regulatorios. Los datos obtenidos se analizaron con herramientas estadísticas (Google Collab Python, R Studio) que permitieron identificar patrones, correlaciones y tendencias clave, enriqueciendo así el análisis global del marco regulatorio.

El análisis comparativo fue una etapa fundamental del estudio, donde se contrastaron las regulaciones colombianas con normativas internacionales que habían tenido éxito. Este proceso incluyó la creación de matrices de comparación y tablas que resumieron las similitudes, diferencias y lecciones aprendidas, identificando aspectos específicos que pudieron ser adaptados al contexto en Colombia. Igualmente, se priorizó la identificación de medidas prácticas que simplificaron los procedimientos regulatorios, fomentaron la inversión y aseguraron una cobertura equitativa de alta calidad.

Desarrollo objetivo específico II: Identificar y analizar los desafíos enfrentados por los actores involucrados en el despliegue de tecnologías de redes móviles en Colombia.

Para identificar y analizar los desafíos enfrentados por los actores involucrados en el despliegue de tecnologías de redes móviles en Colombia, fue fundamental adoptar el enfoque metodológico que contempló tanto la recolección de datos cualitativos como el análisis comparativo de mejores prácticas. Esto permitió captar las diferentes perspectivas y experiencias en cuanto a los principales obstáculos técnicos, legales, ambientales y administrativos que afectaron la implementación de tecnologías de redes móviles como 4G y 5G.

Este análisis incluyó también el estudio de la percepción pública y las posibles preocupaciones sobre el impacto ambiental y la exposición a campos electromagnéticos, las cuales pudieron generar resistencia en las comunidades. Finalmente, para lograr una perspectiva integral, se recomendó incorporar grupos focales con expertos en telecomunicaciones y reguladores, lo que

permitió validar los hallazgos y asegurar que las soluciones propuestas abordaran de manera efectiva los desafíos planteados. Este proceso ayudó no solo a identificar los problemas existentes, sino también a proponer estrategias concretas para superarlos, fomentando un despliegue más eficiente y equitativo de las tecnologías móviles en Colombia.

Desarrollo objetivo específico III: Compara el marco regulatorio colombiano con regulaciones internacionales exitosas en el despliegue de redes móviles, para extraer buena prácticas y lecciones aplicables.

Para comparar el marco regulatorio colombiano con regulaciones internacionales exitosas en el despliegue de redes móviles y extraer buenas prácticas, fue esencial realizar un análisis exhaustivo de los modelos internacionales que habían demostrado ser eficaces en la implementación de tecnologías avanzadas como 5G. En primer lugar, se seleccionaron casos de estudio de países líderes en el sector de telecomunicaciones, como Estados Unidos y varios países, que habían logrado desplegar redes móviles con éxito manteniendo un equilibrio entre desarrollo tecnológico y consideraciones sociales, legales y ambientales. Este proceso comenzó con una revisión documental de las regulaciones vigentes en estos países, evaluando aspectos técnicos, legales y administrativos.

A continuación, se llevó a cabo un análisis comparativo que identificó las similitudes y diferencias con el marco regulatorio colombiano. Esto incluyó factores como el nivel de simplificación de los trámites administrativos, la eficiencia en la coordinación interinstitucional, los incentivos para el despliegue de infraestructura en áreas rurales y el manejo de preocupaciones ambientales. A partir de este análisis, se priorizaron aquellas prácticas que pudieron adaptarse al contexto colombiano sin comprometer las normas establecidas ni los objetivos del país en términos de equidad y sostenibilidad.

Además, se recomendó incluir entrevistas o consultas con expertos internacionales y nacionales en regulación de telecomunicaciones para validar la relevancia y aplicabilidad de las buenas prácticas identificadas. Estas consultas permitieron obtener una perspectiva práctica sobre las adaptaciones necesarias para implementar dichas estrategias en Colombia. Posteriormente, se establecieron lineamientos específicos para integrar estas prácticas en el marco regulatorio nacional, como la digitalización de procesos, la creación de incentivos para inversión en infraestructura y el desarrollo de mecanismos de supervisión más ágiles y transparentes.

Por último, el resultado de esta comparación y análisis se presentó en forma de recomendaciones claras, destacando las lecciones aprendidas que no solo mejoraron la regulación colombiana, sino que también fortalecieron la capacidad del país para adaptarse rápidamente a las innovaciones tecnológicas y maximizar los beneficios socioeconómicos del despliegue de redes móviles avanzadas. Este enfoque aseguró que Colombia pudiera competir y evolucionar en el panorama global de las telecomunicaciones.

Desarrollo de objetivo específico IV: proponer recomendaciones específicas para la mejora del marco regulatorio en Colombia, enfocadas en facilitar la inversión, simplificar los procedimientos y asegurar una cobertura amplia de calidad.

En primer lugar, se recomendó establecer incentivos fiscales, como exenciones tributarias temporales para empresas que invirtieron en el manejo de infraestructura en regiones rurales y remotas, donde los costos iniciales fueron elevados y el retorno económico fue menor, incentivando así la conectividad en áreas desatendidas.

De igual forma, la simplificación de trámites administrativos fue primordial mediante la creación de una ventanilla única digital que centralizó y agilizó todos los permisos necesarios para la instalación de antenas, reduciendo la burocracia y los tiempos de espera para los operadores. En este contexto, también fue pertinente la estandarización de normativas locales a nivel nacional, evitando disparidades que ralentizaron los procesos debido a interpretaciones inconsistentes entre diferentes municipios.

Teniendo en cuenta esto, fue crucial promover la adopción de tecnologías de infraestructura compartida, como el uso conjunto de torres y estaciones base entre operadores, optimizando costos y maximizando la cobertura, especialmente en áreas de difícil acceso. Además, la regulación contempló la inclusión de indicadores de calidad que monitorearon continuamente la eficiencia y el rendimiento de los servicios, garantizando estándares mínimos para todos los usuarios, independientemente de su ubicación geográfica.

3.1 Enfoque metodológico

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque mixto orientado a comprender los factores regulatorios, administrativos y territoriales que inciden en el despliegue de infraestructura para redes móviles en Colombia. Este enfoque permitió analizar la normativa vigente, interpretar

las percepciones de actores del sector y relacionar dichos elementos con la persistencia de la brecha de cobertura móvil en el país. El estudio adoptó un diseño no experimental y de carácter analítico, dado que no se manipularon variables, sino que se analizaron fenómenos existentes a partir de fuentes documentales, encuestas y entrevistas aplicadas a actores relevantes del sector de las telecomunicaciones.

3.2 Tipo de estudio

El tipo de estudio fue descriptivo-analítico, en la medida en que, por una parte, se describieron las condiciones actuales del marco regulatorio y del despliegue de infraestructura de redes móviles en Colombia y, por otra, se analizaron las relaciones entre dichos elementos y la brecha de cobertura identificada. Este enfoque permitió identificar patrones, limitaciones y oportunidades de mejora en el proceso de despliegue de infraestructura.

3.3 Relación entre objetivos y metodología

La metodología se estructuró de acuerdo con los objetivos específicos de la investigación, garantizando la coherencia entre lo que se pretendía analizar y las técnicas utilizadas para ello.

Para el primer objetivo específico, orientado a analizar el marco normativo y regulatorio aplicable al despliegue de infraestructura de redes móviles en Colombia, se realizó una revisión documental sistemática de leyes, decretos, resoluciones, lineamientos técnicos y documentos oficiales emitidos por entidades como el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, la Comisión de Regulación de Comunicaciones y la Agencia Nacional del Espectro. El análisis se enfocó en identificar obligaciones de cobertura, requisitos administrativos y lineamientos técnicos asociados al despliegue de infraestructura.

Para el segundo objetivo específico, relacionado con la identificación de barreras y dificultades en el despliegue de infraestructura, se aplicaron encuestas y entrevistas semiestructuradas a actores vinculados al sector de las telecomunicaciones, incluyendo profesionales con experiencia en regulación, planeación de redes y despliegue de infraestructura. La información recolectada permitió identificar percepciones, experiencias y problemáticas recurrentes desde una perspectiva práctica.

Para el tercer objetivo específico, enfocado en el análisis comparado de experiencias internacionales, se revisaron estudios de caso y documentos técnicos de países seleccionados, con el fin de identificar buenas prácticas regulatorias y estrategias de despliegue que pudieran servir como referente para el contexto colombiano.

Para el cuarto objetivo específico, orientado a formular recomendaciones y propuestas de optimización del marco regulatorio aplicable al despliegue de infraestructura de redes móviles en Colombia, se integraron los resultados obtenidos en las fases previas de análisis normativo, evidencia empírica y comparación internacional. A partir de esta triangulación metodológica se identificaron patrones recurrentes, brechas estructurales y oportunidades de mejora, que fueron sistematizadas mediante una matriz de optimización regulatoria. Este proceso permitió estructurar propuestas concretas priorizadas según su nivel de impacto, viabilidad institucional y horizonte temporal de implementación, garantizando que las recomendaciones formuladas se fundamentaran en evidencia y no únicamente en apreciaciones teóricas.

En relación con el objetivo general de la investigación, consistente en analizar y optimizar el marco regulatorio para el despliegue de redes móviles en Colombia, la metodología adoptada permitió abordar de manera integral tanto la dimensión descriptiva como la propositiva del estudio. El análisis normativo y empírico permitió comprender el funcionamiento actual del sistema regulatorio, mientras que la comparación internacional aportó referentes técnicos de mejora. La integración de estos insumos hizo posible formular una propuesta estructurada de optimización, asegurando coherencia entre el proceso metodológico desarrollado y el cumplimiento del propósito central de la investigación.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de información

Las técnicas de recolección de información empleadas en la investigación fueron las siguientes:

- Revisión documental, aplicada al análisis del marco normativo, regulatorio y técnico relacionado con el despliegue de redes móviles.
- Encuestas, diseñadas con preguntas cerradas y de opción múltiple, orientadas a identificar la percepción de los actores sobre las principales barreras para el despliegue de infraestructura.

Los instrumentos fueron diseñados de manera coherente con los objetivos de la investigación y se aplicaron a una muestra intencional de actores con conocimiento del sector, garantizando la pertinencia de la información recolectada.

3.5 Población y muestra

La población de estudio estuvo conformada por actores vinculados al sector de las telecomunicaciones en Colombia, incluyendo profesionales del ámbito regulatorio, técnico y de planeación de redes. La muestra fue de tipo no probabilística por criterio, seleccionando participantes con experiencia y conocimiento relevante sobre el despliegue de infraestructura para redes móviles.

Con el fin de entender las percepciones sobre la efectividad del marco regulatorio en Colombia, se diseñó y aplicó una encuesta estructurada a 30 participantes, distribuidos en tres grupos de actores estratégicos: 10 representantes de empresas de telecomunicaciones (por ejemplo, Claro, Movistar, Tigo), 10 funcionarios gubernamentales (incluyendo personal del MinTIC, ANE y autoridades ambientales) y 10 representantes comunitarios (líderes sociales y presidentes de juntas de acción comunal en zonas rurales y urbanas). La encuesta se construyó con base en una escala tipo Likert del 1 al 5 (1: totalmente en desacuerdo; 5: totalmente de acuerdo). Los resultados y referencias disponibles, muestran lo siguiente:

3.6 Procedimiento de análisis de la información

La información documental fue analizada mediante un proceso de lectura crítica y categorización temática, identificando elementos clave relacionados con obligaciones regulatorias, trámites administrativos y condiciones técnicas del despliegue. Los resultados de las encuestas se organizaron mediante análisis descriptivo, utilizando frecuencias y porcentajes para identificar tendencias generales. Las entrevistas fueron transcritas y analizadas mediante categorización temática, lo que permitió identificar patrones recurrentes y contrastar percepciones entre los diferentes actores consultados. Posteriormente, los resultados obtenidos a través de las distintas técnicas fueron integrados para construir un análisis coherente y consistente con los objetivos de la investigación.

3.7 Diseño De Instrumentos

En este contexto, se crearon encuestas estructuradas que sirvieron como el principal medio para obtener información, lo que permitió captar de manera confiable las percepciones, conocimientos y experiencias de los participantes.

El diseño de la encuesta estuvo alineado con los objetivos específicos del estudio, garantizando que cada pregunta aportara información valiosa para el análisis y la interpretación de los resultados. La estructura del instrumento incluyó preguntas cerradas y de selección múltiple, lo que facilitó el análisis estadístico, además de preguntas abiertas que ayudaron a recoger detalles que pudieron enriquecer la investigación.

Dado que el estudio se llevó a cabo en Colombia, se consideró la diversidad social, económica y cultural del país, adaptando el lenguaje y el contenido de la encuesta a las características de la población. También se incorporaron categorías de análisis que reflejaron las problemáticas y particularidades del territorio nacional, lo que permitió una interpretación contextualizada de los hallazgos.

La aplicación de las encuestas se realizó tanto de manera presencial como virtual, **optimizando** la cobertura y el acceso a diferentes segmentos de la población. Esto no solo facilitó la recolección de datos en áreas urbanas y rurales, sino que también contribuyó a incluir diversas perspectivas en la investigación.

4 CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1 Resultados de encuestas

1. Las empresas de telecomunicaciones valoran negativamente el entorno regulatorio. Su nivel de acuerdo sobre la claridad y eficiencia de los trámites es bajo (2.0), así como en cuanto a la existencia de incentivos para zonas rurales (1.8). Esto refleja una percepción crítica respecto a las condiciones que enfrentan para expandir la infraestructura móvil, especialmente la asociada a 5G.
2. Los funcionarios gubernamentales, aunque ofrecen calificaciones algo más favorables, también reconocen limitaciones. Puntúan relativamente bajo en coordinación institucional

(2.1) y eficiencia administrativa (2.4), lo que evidencia desafíos en la implementación práctica de las políticas sectoriales.

3. Los representantes comunitarios, por su parte, exhiben la percepción más baja en casi todos los indicadores, especialmente en relación con la información pública sobre los beneficios del 5G (1.7) y la falta de incentivos para su despliegue en zonas rurales (1.5). Esto sugiere una desconexión entre los discursos institucionales y la realidad local, acentuada por la falta de participación y consulta previa en el proceso regulatorio.

La siguiente tabla resume los valores promedio por tipo de actor encuestado:

Tabla 4 Encuestas realizadas por tipo de actor.

<i>Tipo de Actor</i>	<i>El marco regulatorio actual facilita el despliegue de infraestructura</i>	<i>Existen incentivos adecuados para el despliegue en zonas rurales</i>	<i>Los trámites administrativos son claros y eficientes</i>	<i>La comunidad está bien informada sobre los beneficios del 5G</i>	<i>La coordinación entre entidades es efectiva</i>
<i>Empresas de Telecomunicaciones</i>	2.1	1.8	2.0	2.5	1.9
<i>Funcionarios Gubernamentales</i>	2.5	2.2	2.4	3.0	2.1
<i>Representantes Comunitarios</i>	2.0	1.5	1.8	1.7	1.6

Fuente: Elaboración propia.

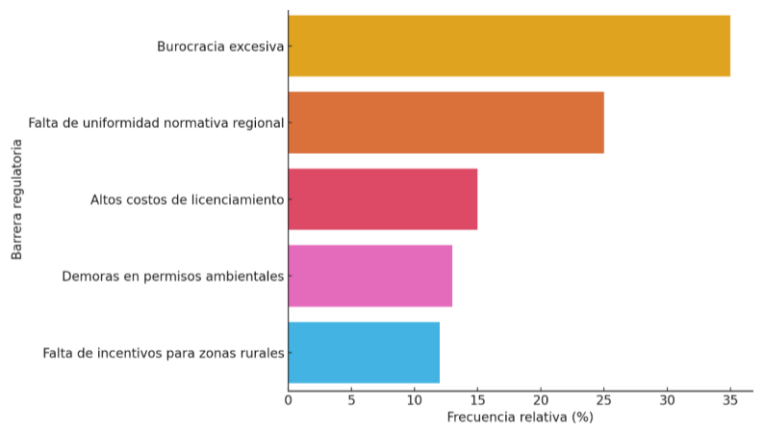
Estos resultados ponen en evidencia una desconexión entre las políticas públicas, la percepción ciudadana y las necesidades reales de los operadores. YA que. Las tres partes coinciden en la falta de incentivos adecuados y en la deficiente coordinación interinstitucional como

principales fallos del sistema actual como muestra el hecho que la puntuación se aXXXXX. Además, se evidencia una urgencia por mejorar los canales de información y participación comunitaria frente al despliegue tecnológico.

Con base en este enfoque, se identificaron las principales barreras regulatorias que afectan el despliegue de tecnologías móviles —especialmente 5G— en Colombia.

Los resultados permiten visualizar con claridad una serie de obstáculos comunes que comparten los operadores, autoridades y comunidades involucradas en la implementación de infraestructura de telecomunicaciones. La siguiente gráfica resume las barreras regulatorias más mencionadas por los encuestados:

Figura 1 Principales barreras regulatorias por actores.



Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la Figura 1, la burocracia excesiva representa la barrera más señalada (35%), seguida por la falta de uniformidad en la normativa regional (25%). Estos dos factores reflejan los mayores desafíos administrativos en el proceso de obtención de licencias y permisos.

Otros obstáculos relevantes son los altos costos de licenciamiento (15%) y las demoras en los permisos ambientales (13%), los cuales afectan particularmente a los proyectos desplegados en zonas rurales o ambientalmente sensibles. Por último, un 12% de los participantes destacó la falta de incentivos gubernamentales para operar en áreas remotas, lo que agudiza la desigualdad en la cobertura de red entre regiones. Estos resultados confirman que, si bien Colombia posee un marco normativo robusto, persisten deficiencias en su aplicación práctica que limitan la eficiencia

y equidad en el desarrollo de la infraestructura de redes móviles. Estos resultados provienen de entrevistas semiestructuradas realizadas a 12 actores estratégicos del sector (5 representantes de empresas operadoras de telecomunicaciones, 4 funcionarios públicos vinculados a procesos regulatorios y 3 líderes comunitarios), seleccionados por su experiencia directa en despliegue de infraestructura de redes móviles en Colombia. Esto confirma que, si bien el país posee un marco normativo robusto, persisten deficiencias en su aplicación práctica que limitan la eficiencia y equidad en el desarrollo de las redes móviles.

4.2 Análisis Cualitativo de Entrevistas

Con el propósito de comprender a fondo las dinámicas y percepciones que rodean el despliegue de redes móviles en Colombia, se desarrolló un análisis cualitativo basado en entrevistas semiestructuradas a actores clave del sector. A través de testimonios, se recoge la voz de empresas, autoridades y comunidades sobre los principales desafíos regulatorios que enfrentan.

A continuación, se presentan fragmentos representativos:

Testimonio 1 – Representante de empresa operadora
“En muchos municipios, obtener un permiso de instalación puede tardar meses. No hay una guía única. Cada entidad interpreta las normas a su manera. Esto no solo encarece los proyectos, sino que también nos obliga a concentrar inversiones en zonas donde los trámites son más previsibles. El problema no es la ley, sino su aplicación descoordinada.”
Este testimonio refleja la percepción de rigidez y fragmentación institucional, uno de los obstáculos más reiterados en los resultados de la encuesta.

Testimonio 2 – funcionario de una autoridad regional
“Nosotros recibimos instrucciones desde MinTIC, pero luego debemos coordinarnos con planeación territorial, autoridades ambientales y hasta juntas comunales. No hay un protocolo estandarizado que agilice este proceso. Muchos funcionarios locales no están capacitados técnicamente en estos temas, y eso genera más trabas.”
Aquí se evidencia la falta de capacitación y la necesidad de articulación entre niveles de gobierno, lo que confirma el bajo puntaje en percepción de coordinación institucional (2.1).

Testimonio 3 – Líder comunitario en zona rural

“La gente aquí no sabe qué es 5G. Algunos creen que esas antenas causan enfermedades o que las instalan sin permiso. Nadie ha venido a explicarnos nada. No estamos en contra de la tecnología, pero sentimos que todo se hace a espaldas de la comunidad.”

Este relato revela un déficit crítico en procesos de socialización y consulta ciudadana, lo cual también se refleja en el bajo puntaje de percepción informativa (1.7) entre representantes comunitarios.

Testimonio 4 – Consultor técnico externo

“Colombia tiene un marco legal sólido, pero no ha sido actualizado al ritmo del avance tecnológico. La 5G necesita un enfoque diferente: más microceldas, menos trámites, y una estrategia nacional que evite que cada municipio imponga sus propias reglas.”

Este aporte apunta a la obsolescencia parcial del marco regulatorio ante las exigencias del 5G, reafirmando la necesidad de una política unificada y flexible.

Síntesis y análisis de la entrevista

Los testimonios obtenidos ofrecen una visión profunda y crítica sobre las problemáticas regulatorias que enfrenta el despliegue de redes móviles en Colombia, particularmente en el contexto del avance hacia la tecnología 5G.

Uno de los elementos más resaltantes es la descoordinación institucional. Este problema emerge como un obstáculo transversal, presente en casi todos los actores entrevistados. Las empresas de telecomunicaciones perciben una fragmentación normativa que ralentiza los procesos, ya que deben interactuar con múltiples entidades que aplican interpretaciones distintas de la legislación.

Por ejemplo, en el proceso de instalación de antenas en zonas rurales, las empresas deben gestionar autorizaciones ante la autoridad ambiental para el estudio de impacto, ante la planeación municipal para la licencia de construcción, y además cumplir con requisitos técnicos definidos por el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC) y la Agencia Nacional del Espectro (ANE). La ausencia de un protocolo único o digitalizado implica que cada entidad puede exigir documentos distintos o aplicar criterios no armonizados, generando

duplicidades y demoras que afectan la inversión. Esta desarticulación genera inseguridad jurídica y operativa, desincentivando la inversión. Por su parte, los funcionarios reconocen que la falta de una ruta unificada complica la gestión, ya que deben mediar entre entidades técnicas, ambientales, administrativas y sociales sin contar con una directriz común o protocolos actualizados. En el fondo, esto refleja una debilidad estructural del sistema regulatorio colombiano: aunque existe un marco normativo general, la ausencia de mecanismos de gobernanza colaborativa y de actualización institucional limita su efectividad.

Otro eje relevante es la desinformación comunitaria, que impacta directamente la legitimidad social de los proyectos tecnológicos. El testimonio del líder comunitario muestra cómo la falta de pedagogía institucional y de procesos de consulta previa alimenta temores y resistencias infundadas, como el mito sobre los riesgos para la salud asociados a las antenas 5G. Esto pone en evidencia que el componente comunicacional es una pieza clave del despliegue tecnológico, especialmente en regiones donde históricamente ha existido desconfianza hacia el Estado. Sin acciones concretas para empoderar e informar a las comunidades, incluso las mejores políticas públicas pueden fracasar en su implementación.

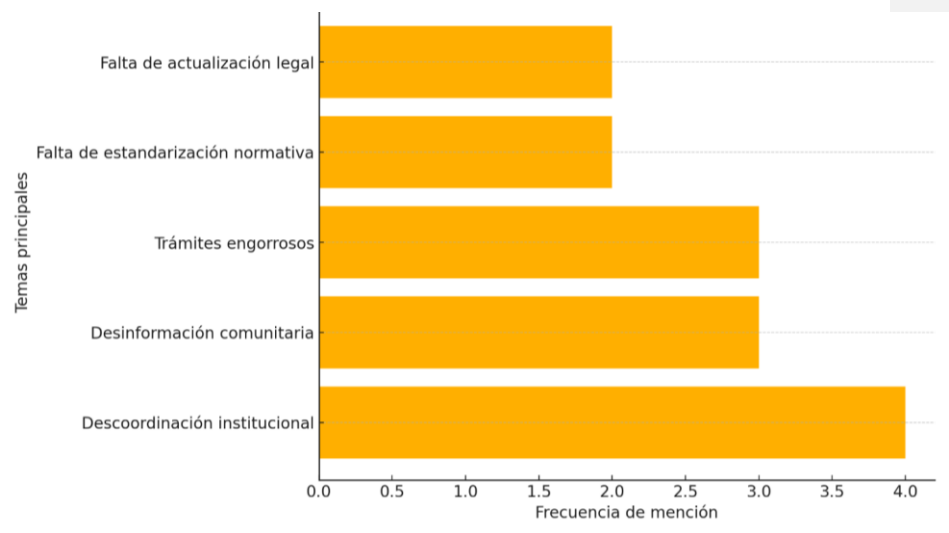
Asimismo, la complejidad de los trámites administrativos aparece reiteradamente. Para los operadores, esto representa un costo de oportunidad significativo: cada retraso en la obtención de permisos equivale a inversión detenida, competitividad comprometida y cobertura estancada. Para los funcionarios, la carga administrativa y la falta de personal técnico capacitado dificultan su trabajo. Esta visión compartida refuerza el diagnóstico de que la simplificación de procesos no es un lujo, sino una necesidad estratégica.

La falta de estandarización normativa entre territorios también representa una barrera relevante. Al carecer de criterios uniformes, cada municipio puede condicionar la aprobación de proyectos a normativas locales, muchas veces desconectadas de la realidad tecnológica actual. Esto fragmenta el desarrollo y acentúa desigualdades en la cobertura, especialmente entre zonas urbanas con mayor institucionalidad y zonas rurales con menos capacidad normativa.

Finalmente, se menciona la falta de actualización del marco legal frente a las exigencias del 5G. Las tecnologías anteriores (2G, 3G y 4G) podían desplegarse con infraestructura de gran tamaño, pero el 5G requiere microceldas más densas y en mayor número. Esta evolución tecnológica exige una revisión normativa orientada a la agilidad, la compartición de infraestructura

y la flexibilización del licenciamiento. El marco legal vigente, aunque sólido en lo técnico, no está adaptado a estas nuevas realidades.

Figura 2 Temas recurrentes sobre barreras.



Fuente: Elaboración propia.

4.4 Análisis de la legislación colombiana aplicable al despliegue de redes móviles

El marco normativo colombiano que regula el despliegue de redes móviles se caracteriza por su amplitud y por la participación de múltiples entidades con competencias diferenciadas, lo cual genera un sistema regulatorio complejo que incide de manera directa en los tiempos, costos y viabilidad de la instalación de infraestructura de telecomunicaciones. Este conjunto normativo se estructura a partir de disposiciones de carácter técnico, legal-administrativo y ambiental, cuyo objetivo principal es garantizar la prestación eficiente de los servicios de telecomunicaciones, la protección del interés general y el cumplimiento de estándares de seguridad, salud y sostenibilidad ambiental.

Desde la perspectiva técnica, la regulación colombiana establece lineamientos claros relacionados con el uso eficiente del espectro radioeléctrico, los límites de exposición a campos

electromagnéticos y la homologación de equipos y estaciones base. Estas disposiciones se alinean con recomendaciones internacionales adoptadas por organismos especializados y buscan asegurar que el despliegue de redes móviles se realice bajo condiciones de seguridad para la población y de interoperabilidad tecnológica. No obstante, si bien el marco técnico es relativamente sólido y coherente, su aplicación práctica puede verse afectada por interpretaciones heterogéneas a nivel territorial, lo que introduce incertidumbre para los operadores durante los procesos de instalación de antenas y estaciones radioeléctricas.

En el ámbito legal-administrativo, la legislación colombiana reconoce a las telecomunicaciones como un servicio público esencial y estratégico, lo que en teoría debería facilitar el despliegue de infraestructura asociada. Sin embargo, en la práctica, los procedimientos administrativos vinculados a licencias, permisos de instalación y autorizaciones municipales suelen presentar altos niveles de fragmentación. Las competencias concurrentes entre entidades nacionales y territoriales, sumadas a la autonomía administrativa de los entes locales, generan escenarios en los que los operadores deben enfrentar múltiples trámites, requisitos variables y plazos poco estandarizados. Esta situación ha sido identificada como uno de los principales factores que ralentizan la expansión de las redes móviles, especialmente en contextos urbanos con alta densidad poblacional o en municipios con normativas locales restrictivas.

Por su parte, la dimensión ambiental introduce criterios orientados a la protección del entorno natural, el paisaje urbano y la participación ciudadana en los procesos de toma de decisiones. La normativa ambiental exige evaluaciones de impacto, cumplimiento de planes de ordenamiento territorial y, en algunos casos, la obtención de licencias ambientales específicas para la instalación de infraestructura de telecomunicaciones. Aunque estas disposiciones responden a la necesidad de garantizar un desarrollo sostenible, su implementación puede generar tensiones con los objetivos de cobertura y modernización tecnológica, especialmente cuando los procedimientos ambientales no distinguen adecuadamente entre diferentes tipos de infraestructura o no contemplan mecanismos de simplificación para proyectos de bajo impacto (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, año).

El análisis integral de la legislación colombiana evidencia que, si bien existe un marco normativo robusto y alineado con estándares internacionales, persisten desafíos significativos en términos de coordinación interinstitucional y armonización normativa. La coexistencia de normas nacionales con regulaciones territoriales heterogéneas dificulta la aplicación uniforme de los

lineamientos técnicos y administrativos, lo que se traduce en barreras para el despliegue oportuno de redes móviles. Asimismo, la ausencia de procedimientos estandarizados a nivel nacional limita la efectividad de las políticas públicas orientadas a cerrar brechas de conectividad, particularmente en zonas rurales y apartadas.

En este contexto, la legislación colombiana presenta una dualidad evidente: por un lado, promueve el desarrollo de las telecomunicaciones como motor de crecimiento económico y social; por otro, mantiene estructuras regulatorias que pueden obstaculizar dicho desarrollo cuando no se articulan de manera eficiente entre los distintos niveles de gobierno. Este escenario justifica la necesidad de analizar experiencias internacionales que hayan logrado equilibrar la protección de intereses públicos con la agilidad administrativa y técnica requerida para el despliegue de redes móviles, lo cual constituye el eje central del análisis comparativo desarrollado en las secciones posteriores de este capítulo.

4.5 Análisis comparativo internacional de la regulación del despliegue de redes móviles

El análisis comparativo internacional de la regulación del despliegue de redes móviles constituye una herramienta fundamental para identificar enfoques regulatorios alternativos, buenas prácticas y modelos institucionales que permitan evaluar la efectividad del marco normativo colombiano. En un contexto de acelerada evolución tecnológica y creciente demanda de servicios móviles de alta capacidad, la forma en que los Estados regulan la instalación de infraestructura de telecomunicaciones se convierte en un factor determinante para el desarrollo económico, la inclusión digital y la competitividad territorial. En este sentido, la comparación entre Colombia y países como Estados Unidos, Alemania y Corea del Sur permite contrastar distintos niveles de madurez regulatoria, modelos de gobernanza y estrategias de articulación entre los actores públicos y privados.

Desde una perspectiva general, los países seleccionados presentan marcos normativos que, aunque responden a contextos políticos y administrativos diferentes, comparten un objetivo común: facilitar el despliegue eficiente de redes móviles garantizando simultáneamente la protección del interés público, la salud de la población y la sostenibilidad ambiental. Sin embargo, las diferencias en la forma de operacionalizar estos principios revelan contrastes significativos en términos de agilidad administrativa, claridad normativa y coordinación interinstitucional.

En el caso de Estados Unidos, la regulación del despliegue de redes móviles se caracteriza por un enfoque predominantemente facilitador, en el cual la infraestructura de telecomunicaciones es considerada un componente estratégico para el desarrollo económico y la seguridad nacional. El marco regulatorio estadounidense se apoya en lineamientos técnicos centralizados y en mecanismos legales que limitan la discrecionalidad de las autoridades locales frente a la instalación de antenas y estaciones base. Si bien los gobiernos locales conservan competencias en materia de ordenamiento territorial, estas se encuentran subordinadas a principios federales que priorizan la expansión de la conectividad. Esta estructura ha permitido reducir significativamente los tiempos de autorización y promover el despliegue masivo de infraestructura, especialmente en el contexto de tecnologías de última generación.

Desde el punto de vista técnico, Estados Unidos presenta una regulación clara y estandarizada en relación con los límites de exposición a campos electromagnéticos, la homologación de equipos y el uso del espectro radioeléctrico. La existencia de criterios técnicos uniformes, aplicables en todo el territorio nacional, disminuye la incertidumbre regulatoria y facilita la planificación de inversiones por parte de los operadores. En el ámbito legal-administrativo, destaca la implementación de plazos máximos para la toma de decisiones por parte de las autoridades locales, lo que introduce incentivos para la eficiencia administrativa y reduce el riesgo de retrasos injustificados. En cuanto a la dimensión ambiental, el modelo estadounidense tiende a integrar las evaluaciones ambientales dentro de procesos simplificados, especialmente para proyectos de bajo impacto, lo que permite compatibilizar la protección ambiental con los objetivos de expansión de las redes móviles.

Alemania, por su parte, presenta un modelo regulatorio que combina un alto nivel de exigencia normativa con una fuerte institucionalización de los procesos administrativos. La regulación alemana se caracteriza por su precisión técnica y por una clara delimitación de competencias entre los distintos niveles de gobierno. A diferencia del enfoque estadounidense, el modelo alemán otorga mayor peso a la planificación territorial y a la participación de las autoridades locales, aunque dentro de un marco normativo nacional claramente definido. Esta combinación permite mantener altos estándares de control y transparencia, al tiempo que se asegura un grado razonable de previsibilidad para los operadores.

En la dimensión técnica, Alemania se distingue por la rigurosidad de sus estándares y por la estricta aplicación de normativas relacionadas con la compatibilidad electromagnética y la

seguridad de las instalaciones. Estas disposiciones se encuentran alineadas con recomendaciones internacionales y se aplican de manera uniforme, lo que fortalece la confianza pública en la infraestructura de telecomunicaciones. En el ámbito legal-administrativo, el proceso de autorización para la instalación de antenas suele ser más detallado que en otros países, lo que puede implicar mayores tiempos de tramitación. No obstante, la existencia de procedimientos claramente definidos y de canales institucionales de coordinación reduce la posibilidad de conflictos regulatorios. En cuanto a la dimensión ambiental, el marco alemán integra de manera sistemática la evaluación de impactos paisajísticos y ambientales, incorporando mecanismos de consulta y participación que, si bien pueden prolongar los procesos, contribuyen a la aceptación social de los proyectos.

El caso de Corea del Sur representa un ejemplo paradigmático de cómo una estrategia estatal orientada a la innovación tecnológica puede traducirse en un entorno regulatorio altamente favorable para el despliegue de redes móviles. La regulación surcoreana se caracteriza por una fuerte centralización de las decisiones estratégicas y por una estrecha colaboración entre el Estado y los operadores de telecomunicaciones. Este enfoque ha permitido al país posicionarse como líder en la adopción de tecnologías móviles avanzadas, gracias a un marco normativo que prioriza la rapidez, la eficiencia y la coordinación interinstitucional.

Desde el punto de vista técnico, Corea del Sur cuenta con estándares claros y procesos de homologación ágiles, lo que facilita la rápida introducción de nuevas tecnologías. En el ámbito legal-administrativo, la simplificación de trámites y la existencia de ventanillas únicas para la gestión de permisos han reducido significativamente las barreras administrativas al despliegue de infraestructura. La dimensión ambiental, si bien presente, se aborda mediante criterios diferenciados según el tipo de proyecto, lo que permite ajustar el nivel de exigencia al impacto real de las instalaciones. Este enfoque pragmático ha demostrado ser efectivo para acelerar el despliegue de redes sin descuidar los aspectos ambientales esenciales.

En contraste con estos modelos, el marco regulatorio colombiano presenta fortalezas y debilidades que se hacen evidentes al realizar la comparación internacional. Al igual que los países analizados, Colombia cuenta con un conjunto normativo que reconoce la importancia estratégica de las telecomunicaciones y establece estándares técnicos alineados con recomendaciones internacionales. Sin embargo, a diferencia de Estados Unidos y Corea del Sur, el modelo colombiano enfrenta mayores dificultades en términos de coordinación entre niveles de gobierno

y estandarización de procedimientos administrativos. La coexistencia de normas nacionales con regulaciones locales heterogéneas genera un entorno regulatorio fragmentado que puede dificultar el despliegue eficiente de redes móviles.

En la dimensión técnica, Colombia muestra un grado de alineación comparable al de los países de referencia, lo que sugiere que las principales brechas no se encuentran en los estándares técnicos propiamente dichos. No obstante, la aplicación desigual de estas normas a nivel territorial puede generar inconsistencias que afectan la planificación y ejecución de proyectos. En el ámbito legal-administrativo, la ausencia de plazos máximos uniformes y de mecanismos efectivos de coordinación interinstitucional constituye una diferencia significativa frente a modelos como el estadounidense y el surcoreano. Esta situación incrementa la incertidumbre regulatoria y puede desincentivar la inversión en infraestructura móvil, especialmente en regiones con menor capacidad administrativa.

Desde la perspectiva ambiental, Colombia comparte con Alemania una preocupación por la protección del entorno y la participación ciudadana, pero carece de mecanismos suficientemente diferenciados que permitan ajustar los requisitos ambientales al impacto real de los proyectos. Esta falta de proporcionalidad puede traducirse en cargas administrativas excesivas para instalaciones de bajo impacto, lo que contrasta con los enfoques más flexibles observados en Estados Unidos y Corea del Sur.

El análisis comparativo permite identificar que los países con mayores niveles de despliegue y adopción de redes móviles avanzadas han logrado articular marcos normativos que combinan claridad técnica, simplificación administrativa y coordinación institucional. En particular, la existencia de procedimientos estandarizados, plazos definidos y criterios técnicos uniformes emerge como un elemento clave para reducir barreras regulatorias. Asimismo, la diferenciación de requisitos ambientales según el tipo y escala de los proyectos se presenta como una práctica que contribuye a equilibrar la protección ambiental con la necesidad de expansión de la infraestructura.

En síntesis, la comparación internacional evidencia que el desafío principal para Colombia no radica en la ausencia de regulación, sino en la necesidad de fortalecer la coherencia y efectividad de su marco normativo. La adopción de buenas prácticas internacionales, adaptadas al contexto institucional colombiano, podría contribuir significativamente a mejorar las condiciones para el despliegue de redes móviles, favoreciendo así el cierre de brechas de conectividad y el

desarrollo de una infraestructura digital más robusta y sostenible. Este análisis comparativo sienta las bases para la identificación de propuestas de mejora normativa que serán abordadas en los apartados posteriores de la investigación.

Dimensión	Colombia	Estados Unidos	Alemania	Corea del Sur
Enfoque regulatorio general	Marco normativo amplio pero fragmentado, con competencias distribuidas entre nivel nacional y territorial	Enfoque facilitador con prioridad federal sobre despliegue de infraestructura	Enfoque regulatorio riguroso con alta institucionalización y control territorial	Enfoque estratégico centralizado orientado a la innovación y liderazgo tecnológico
Rol del Estado	Regulador y coordinador, con limitaciones en la armonización territorial	Estado facilitador que limita la discrecionalidad local	Estado regulador con fuerte capacidad de control técnico y administrativo	Estado promotor y coordinador activo del despliegue
Dimensión técnica	Estándares técnicos alineados con recomendaciones internacionales, aplicación desigual a nivel local	Estándares técnicos uniformes y de aplicación nacional	Normativa técnica estricta y homogénea	Estándares técnicos claros con procesos de homologación ágiles
Gestión del espectro radioeléctrico	Regulación centralizada con procesos	Gestión eficiente con criterios orientados a la	Gestión estructurada con altos requisitos técnicos	Gestión estratégica para maximizar

	administrativos complejos	expansión rápida		cobertura y capacidad
Dimensión legal-administrativa	Trámites múltiples y competencias concurrentes entre entidades	Procedimientos simplificados con plazos máximos definidos	Procedimientos detallados pero claramente estructurados	Trámites simplificados mediante ventanillas únicas
Plazos para autorizaciones	No siempre estandarizados, variables según municipio	Plazos máximos obligatorios para autoridades locales	Plazos definidos pero extensos	Plazos reducidos y altamente estandarizados
Autonomía de autoridades locales	Alta, lo que genera heterogeneidad regulatoria	Limitada por lineamientos federales	Moderada, dentro de un marco nacional estricto	Baja, con decisiones centralizadas
Dimensión ambiental	Enfoque precautorio con exigencias que pueden resultar desproporcionadas	Evaluaciones ambientales integradas y simplificadas	Evaluaciones ambientales rigurosas y participativas	Evaluaciones diferenciadas según impacto del proyecto
Participación ciudadana	Relevante, con incidencia en decisiones locales	Limitada en proyectos de bajo impacto	Alta, con mecanismos formales de consulta	Selectiva y orientada a grandes proyectos

Impacto en el despliegue de redes	Retrasos frecuentes y aumento de costos operativos	Despliegue rápido y eficiente	Despliegue controlado pero predecible	Despliegue acelerado y masivo
Principales fortalezas	Marco técnico sólido y reconocimiento del carácter estratégico de las telecomunicaciones	Agilidad administrativa y certeza regulatoria	Rigor normativo y aceptación social	Coordinación institucional y rapidez en la implementación
Principales debilidades	Fragmentación normativa y falta de coordinación interinstitucional	Posibles tensiones con autoridades locales	Procesos largos y alta carga administrativa	Alta centralización con menor participación local

4.6 Análisis comparativo entre Colombia y los países de referencia

El análisis comparativo entre Colombia y los países de referencia —Estados Unidos, Alemania y Corea del Sur— permite profundizar en las diferencias estructurales y funcionales de los marcos regulatorios que inciden en el despliegue de redes móviles. Este ejercicio comparativo no solo busca identificar contrastes normativos, sino también evaluar la efectividad de los distintos enfoques regulatorios en términos de agilidad administrativa, claridad técnica, coordinación institucional y sostenibilidad ambiental. Al contrastar estos modelos, se evidencian patrones que explican los distintos niveles de avance en la expansión de infraestructura móvil y ofrecen insumos para la formulación de mejoras normativas en el contexto colombiano.

Desde una perspectiva general, Colombia comparte con los países de referencia el reconocimiento de las telecomunicaciones como un sector estratégico para el desarrollo económico y social. Sin embargo, la manera en que este reconocimiento se traduce en instrumentos regulatorios y prácticas administrativas presenta diferencias sustanciales. Mientras que en Estados

Unidos y Corea del Sur el marco normativo tiende a priorizar la rapidez y la eficiencia del despliegue, y en Alemania se enfatiza la planificación rigurosa y la aceptación social, Colombia se ubica en una posición intermedia caracterizada por un marco normativo amplio pero con dificultades de articulación y aplicación uniforme.

En la dimensión técnica, los cuatro países analizados presentan una base regulatoria alineada con estándares y recomendaciones internacionales, especialmente en lo relativo a la gestión del espectro radioeléctrico, los límites de exposición a campos electromagnéticos y la homologación de equipos. En este aspecto, Colombia no muestra una brecha significativa frente a los países de referencia, dado que su normativa técnica es comparable en términos de contenido y objetivos. No obstante, la principal diferencia radica en la aplicación práctica de estas normas. En Estados Unidos y Corea del Sur, la estandarización técnica se acompaña de mecanismos institucionales que garantizan una implementación homogénea en todo el territorio, lo que reduce la incertidumbre para los operadores. En Alemania, aunque el control técnico es más estricto, la claridad de los procedimientos y la previsibilidad regulatoria permiten una planificación eficiente de las inversiones.

En contraste, en Colombia la aplicación de la normativa técnica puede verse afectada por interpretaciones divergentes a nivel territorial y por la falta de coordinación entre entidades nacionales y locales. Esta situación genera escenarios en los que, aun existiendo estándares técnicos claros, los operadores enfrentan dificultades para cumplirlos de manera uniforme en distintos municipios. En términos comparativos, esto posiciona a Colombia en desventaja frente a modelos que han logrado consolidar una aplicación técnica coherente y centralizada, sin detrimento de las competencias locales.

La dimensión legal-administrativa constituye uno de los ejes de mayor contraste entre Colombia y los países de referencia. En Estados Unidos, el marco legal limita de forma explícita la discrecionalidad de las autoridades locales en relación con la instalación de infraestructura de telecomunicaciones, estableciendo plazos máximos y criterios claros para la toma de decisiones. Este enfoque reduce la fragmentación administrativa y favorece un despliegue rápido de redes móviles. Corea del Sur adopta una estrategia similar, aunque con un mayor grado de centralización y una fuerte intervención estatal orientada a la coordinación interinstitucional y la simplificación de trámites.

Alemania, por su parte, presenta un modelo legal–administrativo más detallado y exigente, en el cual los procedimientos de autorización pueden ser más extensos. Sin embargo, la existencia de marcos normativos claros y de una institucionalidad sólida garantiza un alto nivel de previsibilidad y reduce el riesgo de conflictos regulatorios. La participación de las autoridades locales se encuentra claramente delimitada, lo que evita superposiciones de competencias y asegura una aplicación consistente de la normativa.

En comparación, Colombia enfrenta desafíos significativos en esta dimensión debido a la coexistencia de normas nacionales con regulaciones locales heterogéneas. La autonomía administrativa de los entes territoriales, si bien responde a principios constitucionales, puede derivar en una multiplicidad de requisitos, plazos variables y criterios divergentes para la autorización de infraestructura móvil. Esta fragmentación contrasta con los modelos de Estados Unidos y Corea del Sur, donde la estandarización administrativa constituye un elemento central del éxito regulatorio, y con el modelo alemán, donde la rigurosidad se equilibra con claridad institucional.

La dimensión ambiental ofrece otro ámbito de comparación relevante. En Alemania, la regulación ambiental asociada al despliegue de redes móviles se caracteriza por su rigor y por la incorporación sistemática de criterios de protección paisajística y participación ciudadana. Este enfoque, aunque puede prolongar los procesos de autorización, contribuye a una mayor aceptación social de la infraestructura y a la reducción de conflictos a largo plazo. En Estados Unidos, la regulación ambiental tiende a integrarse en procesos simplificados, especialmente para proyectos de bajo impacto, lo que permite compatibilizar la protección ambiental con la necesidad de expansión rápida de la conectividad.

Corea del Sur adopta un enfoque pragmático en el cual los requisitos ambientales se ajustan al impacto real de los proyectos, diferenciando entre grandes instalaciones y despliegues de menor escala. Esta diferenciación ha demostrado ser efectiva para acelerar el despliegue de redes móviles sin descuidar los aspectos ambientales esenciales. En contraste, Colombia presenta un enfoque ambiental de carácter precautorio que, si bien busca garantizar la sostenibilidad, no siempre distingue de manera clara entre distintos tipos de infraestructura. Esta falta de proporcionalidad puede traducirse en cargas administrativas excesivas para proyectos de bajo impacto, situando a Colombia en una posición menos competitiva frente a los países de referencia.

El análisis comparativo también permite identificar diferencias en los modelos de gobernanza del sector de telecomunicaciones. En Estados Unidos y Corea del Sur, la gobernanza se caracteriza por una fuerte coordinación central y por la existencia de políticas públicas explícitas orientadas al despliegue de infraestructura. Estas políticas se traducen en instrumentos regulatorios coherentes y en incentivos claros para la inversión. Alemania, aunque con un modelo más descentralizado, mantiene una gobernanza sólida basada en la cooperación entre niveles de gobierno y en la confianza institucional.

En Colombia, la gobernanza del sector enfrenta el reto de articular múltiples actores con competencias diferenciadas, lo que dificulta la implementación efectiva de políticas nacionales en el ámbito local. Esta situación se refleja en la disparidad de criterios y en la ausencia de mecanismos robustos de coordinación interinstitucional. En términos comparativos, esta debilidad en la gobernanza constituye una de las principales barreras para el despliegue eficiente de redes móviles en el país.

Otro aspecto relevante del análisis comparativo es el impacto de los marcos regulatorios en la inversión y el despliegue efectivo de infraestructura. Los países de referencia han logrado crear entornos regulatorios que, con distintos enfoques, ofrecen certeza jurídica y reducen el riesgo para los operadores. En Estados Unidos y Corea del Sur, esta certeza se traduce en un despliegue acelerado y en una rápida adopción de tecnologías avanzadas. En Alemania, aunque los procesos son más controlados, la previsibilidad regulatoria favorece inversiones sostenidas y de largo plazo.

En Colombia, la incertidumbre asociada a la fragmentación normativa y a la variabilidad de los procedimientos administrativos puede desincentivar la inversión, especialmente en regiones con menor capacidad institucional. Esta situación contrasta con los modelos analizados, en los cuales la claridad normativa y la coordinación institucional actúan como catalizadores del despliegue de redes móviles.

En síntesis, el análisis comparativo entre Colombia y los países de referencia evidencia que las principales diferencias no radican en la ausencia de regulación, sino en la forma en que los marcos normativos son implementados y articulados. Mientras que los países analizados han logrado consolidar modelos que equilibran la protección del interés público con la agilidad administrativa y la claridad técnica, Colombia enfrenta el desafío de fortalecer la coherencia y efectividad de su marco regulatorio. La comparación internacional pone de manifiesto la necesidad de avanzar hacia mecanismos de estandarización administrativa, diferenciación ambiental y

coordinación interinstitucional que permitan mejorar las condiciones para el despliegue de redes móviles en el país.

Este análisis comparativo constituye un insumo clave para la identificación de buenas prácticas internacionales aplicables al contexto colombiano y para la formulación de propuestas de mejora normativa, las cuales serán abordadas en los apartados siguientes de la investigación. Al integrar las lecciones aprendidas de los países de referencia, Colombia podría avanzar hacia un modelo regulatorio más eficiente, competitivo y alineado con los desafíos de la transformación digital contemporánea.

Criterio de comparación	Colombia	Estados Unidos	Alemania	Corea del Sur
Grado de estandarización normativa	Medio: normas nacionales claras pero aplicación territorial heterogénea	Alto: reglas técnicas y administrativas uniformes a nivel federal	Alto: normativa nacional estricta y coherente	Muy alto: normativa centralizada y homogénea
Coordinación interinstitucional	Limitada, con superposición de competencias entre niveles de gobierno	Alta, con jerarquía clara entre nivel federal y local	Alta, basada en cooperación estructurada entre instituciones	Muy alta, con coordinación central directa
Claridad en los procedimientos administrativos	Media, con variabilidad según municipio	Alta, procedimientos claros y plazos definidos	Alta, procedimientos detallados y bien documentados	Muy alta, procedimientos simplificados y digitalizados
Plazos para autorizaciones	Variables y no estandarizados	Estándar y obligatorios	Definidos pero extensos	Cortos y estrictamente controlados

Carga administrativa para operadores	Alta, especialmente a nivel local	Baja	Media–alta	Baja
Aplicación de la normativa técnica	Desigual, dependiendo de interpretaciones locales	Homogénea en todo el territorio	Homogénea y rigurosa	Homogénea y ágil
Flexibilidad regulatoria	Limitada, con baja diferenciación según tipo de proyecto	Alta para proyectos de bajo impacto	Media, con fuerte control previo	Alta, con diferenciación por impacto
Enfoque ambiental	Precautorio, con exigencias a veces desproporcionadas	Integrado y simplificado	Rigurosamente evaluativo	Proporcional al impacto del proyecto
Participación ciudadana	Alta incidencia a nivel local	Limitada en proyectos de bajo impacto	Alta y formalizada	Selectiva y estratégica
Previsibilidad regulatoria	Media	Alta	Alta	Muy alta
Impacto en el ritmo de despliegue	Moderado a lento	Rápido	Moderado pero estable	Muy rápido
Impacto en la inversión privada	Inversión condicionada por incertidumbre regulatoria	Alto atractivo para inversión	Atractivo para inversión a largo plazo	Muy alto atractivo para inversión

Adaptabilidad a nuevas tecnologías	Media	Alta	Alta	Muy alta
Modelo de gobernanza predominante	Mixto, con fragmentación territorial	Federal facilitador	Descentralizado regulado	Centralizado estratégico
Resultado global del modelo	Marco robusto pero con barreras operativas	Modelo altamente eficiente	Modelo equilibrado pero exigente	Modelo altamente eficiente y acelerador

En conjunto, el análisis comparativo entre Colombia y los países de referencia permite identificar con claridad los aspectos favorables y desfavorables de los distintos enfoques regulatorios aplicables al despliegue de redes móviles. Mientras que Colombia cuenta con un marco normativo amplio y técnicamente alineado con estándares internacionales, su principal debilidad radica en la fragmentación administrativa y en la falta de procedimientos estandarizados y plazos obligatorios a nivel territorial, lo que genera incertidumbre y retrasos en la instalación de infraestructura. Por el contrario, países como Estados Unidos y Corea del Sur destacan por la existencia de marcos nacionales homogéneos, con plazos claramente definidos y mecanismos de simplificación administrativa que favorecen la eficiencia del despliegue, aunque en algunos casos presentan enfoques ambientales menos rigurosos que los europeos. Alemania, por su parte, evidencia que es posible combinar altos estándares ambientales con una adecuada aceptación social de la infraestructura, aunque a costa de procedimientos más complejos y exigentes. A partir de esta comparación, se concluye que las prácticas más favorables para el contexto colombiano no implican la flexibilización de los estándares técnicos o ambientales, sino la adopción de mecanismos de estandarización administrativa, proporcionalidad regulatoria, coordinación interinstitucional y alineación explícita con estándares internacionales, los cuales pueden ser adaptados al marco constitucional y territorial del país para fortalecer un despliegue de redes móviles más eficiente, predecible y sostenible.

4.7 Identificación de buenas prácticas internacionales aplicables al contexto colombiano

La identificación de buenas prácticas internacionales aplicables al contexto colombiano constituye un paso fundamental para la formulación de propuestas orientadas a fortalecer el marco regulatorio del despliegue de redes móviles. A partir del análisis comparativo realizado entre Colombia y los países de referencia —Estados Unidos, Alemania y Corea del Sur— es posible extraer un conjunto de prácticas regulatorias que han demostrado ser efectivas para reducir barreras administrativas, mejorar la coordinación institucional y acelerar la expansión de infraestructura de telecomunicaciones, sin comprometer los principios de protección ambiental, participación ciudadana y seguridad técnica.

Este apartado no propone la adopción mecánica de modelos extranjeros, sino la identificación de elementos transferibles que puedan ser adaptados a las particularidades institucionales, jurídicas y territoriales de Colombia. En este sentido, las buenas prácticas internacionales se analizan desde una perspectiva crítica, considerando su viabilidad de implementación dentro del marco constitucional colombiano y su coherencia con los objetivos de política pública en materia de conectividad y transformación digital.

Una de las principales buenas prácticas identificadas a partir del análisis internacional es la estandarización de procedimientos administrativos para la autorización de infraestructura de telecomunicaciones. En países como Estados Unidos y Corea del Sur, la existencia de procedimientos claros, uniformes y de aplicación nacional ha permitido reducir significativamente la incertidumbre regulatoria asociada al despliegue de redes móviles. Esta estandarización se traduce en reglas claras para los operadores, independientemente del territorio en el que se pretenda instalar infraestructura, lo cual facilita la planificación de inversiones y reduce los costos asociados a la gestión de permisos.

En el contexto colombiano, la adopción de procedimientos administrativos estandarizados podría contribuir a mitigar la fragmentación normativa derivada de la autonomía de los entes territoriales. Si bien dicha autonomía es un principio constitucional, la experiencia internacional demuestra que es posible establecer marcos nacionales que definan criterios mínimos y plazos obligatorios para la toma de decisiones, sin anular las competencias locales. La implementación de esta buena práctica requeriría fortalecer los mecanismos de coordinación entre el nivel nacional

Con formato: Resaltar

y territorial, así como el desarrollo de lineamientos técnicos y administrativos de obligatorio cumplimiento.

Otra buena práctica relevante identificada es **la definición de plazos máximos** para la resolución de solicitudes relacionadas con la instalación de infraestructura móvil. En los países de referencia, especialmente en Estados Unidos, los marcos regulatorios establecen tiempos límite dentro de los cuales las autoridades competentes deben pronunciarse sobre las solicitudes presentadas por los operadores. Este mecanismo introduce incentivos para la eficiencia administrativa y reduce la posibilidad de retrasos injustificados.

Con formato: Resaltar

En Colombia, la ausencia de plazos estandarizados y de consecuencias claras frente al incumplimiento de los tiempos administrativos genera un entorno de incertidumbre que puede afectar negativamente el ritmo de despliegue de redes móviles. La adopción de esta buena práctica implicaría la incorporación de plazos claros en la normativa nacional, así como la definición de efectos jurídicos asociados al silencio administrativo. Esta medida no solo fortalecería la seguridad jurídica, sino que también contribuiría a mejorar la percepción de transparencia y eficiencia institucional.

La **simplificación y digitalización de trámites** constituye otra buena práctica ampliamente utilizada en los países de referencia, particularmente en Corea del Sur. La implementación de ventanillas únicas y plataformas digitales para la gestión de permisos ha demostrado ser una herramienta eficaz para reducir la carga administrativa tanto para los operadores como para las autoridades públicas. Estos sistemas permiten centralizar la información, evitar la duplicación de requisitos y facilitar el seguimiento de los procesos administrativos.

Con formato: Resaltar

En el contexto colombiano, la digitalización de trámites relacionados con el despliegue de redes móviles podría integrarse con las iniciativas existentes de gobierno digital. La creación de una ventanilla única nacional para la gestión de permisos de infraestructura de telecomunicaciones permitiría mejorar la coordinación interinstitucional y reducir los tiempos de tramitación. Esta buena práctica es especialmente relevante en un país con marcadas diferencias en la capacidad administrativa de los municipios, ya que podría contribuir a homogeneizar la gestión de los procesos en todo el territorio.

Desde la dimensión técnica, una buena práctica destacada es la **aplicación homogénea de estándares técnicos** en todo el territorio nacional. Los países analizados han logrado establecer criterios técnicos claros y uniformes que se aplican de manera consistente, independientemente de

Con formato: Resaltar

la ubicación geográfica de la infraestructura. Esta homogeneidad reduce la discrecionalidad administrativa y asegura que las decisiones se basen en criterios técnicos objetivos.

En Colombia, aunque los estándares técnicos se encuentran definidos a nivel nacional, su aplicación puede variar a nivel local debido a interpretaciones divergentes o a la imposición de requisitos adicionales. La adopción de mecanismos que refuercen la obligatoriedad de los estándares técnicos nacionales, junto con programas de capacitación para autoridades locales, podría mejorar la coherencia en la aplicación de la normativa y reducir conflictos regulatorios.

Otra buena práctica relevante es **la diferenciación de requisitos regulatorios** según el impacto del proyecto. En países como Corea del Sur y Estados Unidos, la regulación distingue entre grandes proyectos de infraestructura y despliegues de menor escala, ajustando los requisitos técnicos, administrativos y ambientales al impacto real de las instalaciones. Este enfoque proporcional permite optimizar los recursos administrativos y acelerar el despliegue de infraestructura de bajo impacto, sin descuidar la protección del interés público.

Con formato: Resaltar

En el caso colombiano, la adopción de un enfoque regulatorio basado en el impacto podría contribuir a reducir las cargas administrativas asociadas a proyectos de menor escala, como la instalación de estaciones base de baja potencia o infraestructura compartida. Esta buena práctica implicaría revisar la normativa existente para incorporar criterios de proporcionalidad y riesgo, lo cual permitiría una gestión más eficiente de los recursos públicos y privados.

Desde la dimensión ambiental, el análisis internacional destaca la importancia de integrar la evaluación ambiental dentro de procesos simplificados y diferenciados. Alemania ofrece un ejemplo de cómo la rigurosidad ambiental puede coexistir con la aceptación social de la infraestructura, mientras que Estados Unidos y Corea del Sur muestran enfoques más flexibles para proyectos de bajo impacto. Estas experiencias sugieren que la clave no reside en reducir los estándares ambientales, sino en ajustar los procedimientos a la naturaleza de cada proyecto.

En Colombia, la adopción de buenas prácticas en este ámbito podría orientarse hacia la definición de categorías de proyectos con requisitos ambientales diferenciados, así como hacia la integración de las evaluaciones ambientales dentro de procedimientos administrativos unificados. Esta estrategia permitiría reducir duplicidades y mejorar la coherencia entre la normativa ambiental y los objetivos de expansión de la infraestructura de telecomunicaciones.

La fortalecimiento de la coordinación interinstitucional emerge como una buena práctica transversal en los países de referencia. La existencia de mecanismos formales de coordinación

Con formato: Resaltar

entre entidades regulatorias, autoridades territoriales y organismos ambientales ha permitido una aplicación más coherente de la normativa y una resolución más ágil de los conflictos. En Corea del Sur, esta coordinación se ve reforzada por una clara definición de roles y responsabilidades, mientras que en Alemania se sustenta en una tradición de cooperación institucional.

En el contexto colombiano, fortalecer la coordinación interinstitucional requeriría la creación o consolidación de instancias de articulación entre las entidades competentes en materia de telecomunicaciones, ordenamiento territorial y medio ambiente. Estas instancias podrían desempeñar un papel clave en la armonización de criterios y en la resolución de conflictos normativos, contribuyendo a un entorno regulatorio más predecible y eficiente.

Finalmente, una buena práctica de especial relevancia es la **incorporación de la planificación estratégica del despliegue de redes móviles como política de Estado**. En los países de referencia, el despliegue de infraestructura se enmarca dentro de estrategias nacionales de largo plazo que orientan las decisiones regulatorias y de inversión. Esta visión estratégica permite alinear los esfuerzos de los distintos actores y asegurar la coherencia de las políticas públicas.

Con formato: Resaltar

En Colombia, avanzar hacia una planificación estratégica integral del despliegue de redes móviles podría contribuir a superar las limitaciones del enfoque fragmentado actual. La adopción de esta buena práctica implicaría fortalecer la articulación entre los planes nacionales de desarrollo, las políticas sectoriales y los instrumentos de planificación territorial, con el objetivo de crear un entorno regulatorio que favorezca la expansión sostenible y equitativa de la conectividad.

En síntesis, el análisis de buenas prácticas internacionales evidencia que existen múltiples estrategias regulatorias que podrían ser adaptadas al contexto colombiano para mejorar las condiciones del despliegue de redes móviles. La estandarización administrativa, la definición de plazos claros, la simplificación de trámites, la aplicación homogénea de estándares técnicos, la diferenciación ambiental y el fortalecimiento de la coordinación interinstitucional se perfilan como elementos clave para avanzar hacia un marco normativo más eficiente. La adopción progresiva y contextualizada de estas buenas prácticas permitiría a Colombia fortalecer su capacidad regulatoria, reducir barreras al despliegue de infraestructura y avanzar hacia una mayor inclusión digital y competitividad en el escenario internacional.

Desde la perspectiva ambiental, la identificación de buenas prácticas internacionales confirma que la gestión de los impactos asociados al despliegue de infraestructura de telecomunicaciones no debe entenderse como un obstáculo al desarrollo tecnológico, sino como

un componente integral de la planificación regulatoria. La experiencia comparada evidencia que la existencia de marcos claros para la evaluación ambiental, acompañados de criterios de proporcionalidad según el impacto del proyecto, permite garantizar la protección del entorno sin generar cargas administrativas innecesarias. En este sentido, la normativa ambiental colombiana, representada por instrumentos como la Resolución 1814 de 2015 y el Decreto 1076 de 2015, ofrece una base adecuada para la gestión ambiental de proyectos de infraestructura, aunque su aplicación requiere una mayor articulación con los procesos sectoriales de telecomunicaciones para evitar duplicidades y retrasos en la instalación de antenas [27], [28].

Asimismo, normas como la Resolución 650 de 2016 y la Resolución 274 de 2019 refuerzan la importancia de incorporar medidas preventivas y de manejo ambiental desde las fases tempranas de los proyectos, especialmente en contextos territoriales sensibles. Estas disposiciones resultan coherentes con las buenas prácticas observadas en países como Alemania, donde la aceptación social del despliegue de infraestructura se apoya en procedimientos ambientales claros, técnicamente fundamentados y transparentes. En el contexto colombiano, la adecuada implementación de estas normas podría contribuir a reducir la conflictividad social asociada a la instalación de antenas, fortaleciendo la legitimidad institucional y la confianza ciudadana en los procesos regulatorios [29], [31].

Por otra parte, la incorporación de criterios de sostenibilidad y resiliencia climática en la regulación del despliegue de redes móviles constituye una tendencia relevante en el ámbito internacional. La Ley 1931 de 2018 establece un marco general para la gestión del cambio climático en Colombia, el cual puede articularse con las políticas de expansión de infraestructura de telecomunicaciones mediante la promoción de prácticas que reduzcan la huella ambiental, optimicen el uso de recursos y fortalezcan la resiliencia de las redes frente a riesgos climáticos. Esta aproximación es consistente con las estrategias adoptadas por países de referencia, donde la planificación del despliegue tecnológico se integra progresivamente con objetivos de sostenibilidad de largo plazo [30].

Desde el punto de vista técnico y sanitario, el análisis de buenas prácticas internacionales resalta la relevancia de adoptar estándares reconocidos globalmente para la gestión de la exposición a campos electromagnéticos. Organismos internacionales como la Comisión Internacional de Protección contra Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP) y la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) han desarrollado guías técnicas que establecen límites de exposición

basados en evidencia científica y ampliamente aceptados por la comunidad internacional. Estos estándares, recogidos en documentos como las directrices ICNIRP de 2020 y las recomendaciones UIT-T K.52 y K.70, constituyen un referente clave para la regulación técnica del despliegue de estaciones radioeléctricas y han sido adoptados, total o parcialmente, por los países analizados en este estudio [32], [33], [34].

La experiencia internacional demuestra que la alineación con estos estándares contribuye a reducir la incertidumbre regulatoria y a fortalecer la confianza pública en la seguridad de las redes móviles. En Colombia, si bien el marco normativo técnico se encuentra alineado con recomendaciones internacionales, persisten desafíos en su aplicación homogénea a nivel territorial. La adopción explícita y sistemática de estándares internacionales reconocidos, acompañada de mecanismos claros de verificación y comunicación pública, podría consolidarse como una buena práctica aplicable al contexto colombiano, facilitando el despliegue de infraestructura y mitigando percepciones de riesgo asociadas a la instalación de antenas [32]–[34].

5 CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

El análisis del marco normativo colombiano evidenció que, si bien existe una estructura regulatoria formalmente consolidada, persisten debilidades asociadas a dispersión normativa, heterogeneidad territorial y ausencia de estandarización procedimental. La evaluación realizada mediante la matriz de criterios técnicos permitió identificar inconsistencias entre disposiciones nacionales y su aplicación municipal, generando cargas administrativas variables que afectan la eficiencia del despliegue. En consecuencia, el sistema regulatorio no presenta fallas estructurales en su formulación, pero sí en su coherencia operativa y articulación territorial.

Los resultados empíricos evidenciaron que los principales desafíos no se derivan exclusivamente del contenido normativo, sino de su aplicación práctica. Los actores del sector identifican como barreras críticas la duplicidad documental, la variabilidad en tiempos de respuesta y la falta de claridad en requisitos municipales. Esto demuestra que el problema regulatorio es predominantemente de gestión y coordinación institucional más que de ausencia normativa, lo cual orienta la necesidad de optimización hacia procesos y no únicamente hacia reformas legislativas.

El análisis comparativo con modelos internacionales de referencia permitió identificar buenas prácticas asociadas a digitalización de trámites, ventanillas únicas y lineamientos nacionales obligatorios para autoridades territoriales. A diferencia del esquema colombiano, los países analizados presentan mayores niveles de estandarización procedimental y menor discrecionalidad subnacional. Esta comparación evidencia que las brechas regulatorias en Colombia no obedecen a falta de normatividad, sino a debilidades en coordinación interinstitucional y simplificación administrativa.

La optimización del marco regulatorio colombiano debe orientarse hacia la estandarización, digitalización y fortalecimiento de la articulación institucional. Las propuestas formuladas demuestran que es posible mejorar la eficiencia del despliegue sin incrementar la carga regulatoria, mediante ajustes procedimentales y mecanismos de coordinación estructurados. De esta manera, la investigación confirma que la optimización no requiere una reforma normativa profunda, sino una mejora estratégica en la implementación y gestión del sistema vigente.

Recomendaciones

A partir del análisis normativo, la evidencia empírica obtenida y la comparación con referentes internacionales, se formulan las siguientes recomendaciones orientadas a optimizar el marco regulatorio para el despliegue de redes móviles en Colombia:

1. Establecer lineamientos nacionales obligatorios que estandaricen los requisitos municipales para la instalación de infraestructura móvil, reduciendo la discrecionalidad territorial y garantizando coherencia normativa en todo el país.
2. Diseñar e implementar una ventanilla única digital para la gestión integral de trámites asociados al despliegue de redes móviles, permitiendo la interoperabilidad entre entidades nacionales y autoridades territoriales.
3. Definir plazos máximos obligatorios de respuesta administrativa para solicitudes relacionadas con infraestructura de telecomunicaciones, con mecanismos de seguimiento y control.
4. Crear protocolos estandarizados de recepción, validación y evaluación documental que reduzcan la duplicidad de requisitos y simplifiquen los procedimientos administrativos.

5. Implementar un sistema de monitoreo periódico del desempeño regulatorio territorial, que permita identificar brechas de eficiencia y establecer acciones correctivas.
6. Fortalecer la coordinación interinstitucional entre MinTIC, ANE, CRC y autoridades municipales mediante mecanismos formales de articulación y mesas técnicas permanentes.
7. Incorporar criterios diferenciales para municipios con baja cobertura o condiciones rurales, mediante incentivos regulatorios que faciliten el cierre de brechas digitales.
8. Consolidar un compendio normativo actualizado y de fácil acceso que permita a operadores y autoridades locales comprender de manera clara las disposiciones vigentes.
9. Promover la digitalización integral de los procedimientos regulatorios, garantizando trazabilidad, transparencia y reducción de tiempos administrativos.
10. Diseñar un plan progresivo de implementación de las medidas de optimización, estructurado en corto, mediano y largo plazo, con metas verificables y responsables institucionales definidos.
11. Desarrollar mecanismos de capacitación dirigidos a autoridades territoriales para fortalecer la aplicación uniforme de la normativa nacional.
12. Evaluar periódicamente el impacto de las medidas adoptadas mediante indicadores de eficiencia administrativa y tiempos promedio de aprobación.

6 REFERENCIAS

[1] C. E. Beleño Quetis, “Regulación transitoria de las redes 5G en Colombia,” 2024. Disponible en línea: <https://repository.ucc.edu.co/entities/publication/27395a7c-a3fb-45c2-9d6c-9612c5901c21>.

[2] M. Lema, *Antenas, su teoría y fundamentos: Manual práctico para proyectos de ingeniería*. Argentina: Editorial Autores de Argentina, 2024. Disponible en línea: https://www.google.cl/books/edition/Antenas_su_teor%C3%ADa_y_fundamentos/o7cKEQAAQBAJ?hl=en&gbpv=1. [Accedido: 25-Jul-2024].

[3] V. Aldana Tabares, “Propuesta de Implementación Técnica de una red 5G Non-Stand Alone (NSA) para un Operador Móvil,” 2023. Disponible en línea: <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/52571>.

[4] A. Singh, *5G Simplemente en Profundidad*. United States: Babelcube Incorporated, 2023. Disponible en línea: https://www.google.cl/books/edition/5G_Simplemente_en_Profundidad/aj-nEAAAQBAJ?hl=en&gbpv=0.

[5] S. Y. Arguello Rubiano and O. Y. Bueno Arévalo, “Regulación de uso del espectro para telecomunicaciones en las regiones de Colombia y la exención de pago a proyectos sociales apalancados con recursos públicos,” 2022. Disponible en línea: <https://bdigital.uexternado.edu.co/entities/publication/f6c67ac5-2847-4bff-8211-19f49d220c78>.

[6] O. D. León, “Redes 5G en América Latina: desarrollo y potencialidades,” 2022. Disponible en línea: <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/48485>.

[7] E. W. Moreira Santos and Y. L. Zambrano Llor, “Propuesta para la adopción de la tecnología 5G en el cantón Bolívar,” M.S. thesis, ESPAM MFL, Calceta, Ecuador, 2022. Disponible en línea: <https://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/1684>.

[8] A. G. Moreno, “Análisis prospectivo de la tecnología 5G en Colombia: Tendencias y desafíos,” *PALMA Express*, pp. 33-50, 2022. Disponible en línea: <https://cipres.sanmateo.edu.co/ojs/index.php/libros/article/view/491>.

[9] N. S. Cortés, “Despliegue de redes de telecomunicaciones: particularidades y limitaciones. Las TIC y las Sociedad Digital. Doce años después la Ley. Tomo I Modernización para el Sector TIC y sus recursos esenciales,” 2021. Disponible en línea: https://books.google.cl/books?hl=en&lr=&id=1cyPEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT430&dq=AN%C3%81LISIS+DE+LA+REGULACI%C3%93N+DE+LA+INSTALACI%C3%93N+DE+ANTE+NAS+DE+TELECOMUNICACIONES+Y+SU+IMPACTO+EN+EL+DESPLIEGUE+DE+TECNOLOG%C3%8DAS+DE+REDES+2G,+3G,+4G+Y+5G+EN+COLOMBIA.&ots=YFMff1azd2&sig=PthpHnUnR7tDM3IeBS23Oh5wS14&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false.

[10] M. A. Mayorga Bohorquez, “Análisis regulatorio sobre el despliegue de la tecnología móvil 5G en América y sus impactos en la salud,” 2021. Disponible en línea: <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/39760>.

[11] *Tecnologías de la información 2*. Grupo Editorial Patria, 2021. Disponible en línea: https://www.google.cl/books/edition/Tecnolog%C3%ADas_de_la_informaci%C3%B3n_2/k5ySEAAAQBAJ?hl=en&gbpv=0.

[12] D. P. Buenaño Silva and D. A. Terán Suarez, “Análisis de riesgo de la infraestructura y el espectro radioeléctrico en la implementación de la tecnología 5G en las ciudades de Quito y Guayaquil,” Bachelor’s thesis, Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador, 2020. Disponible en línea: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19251>.

[13] Ó. L. Quilaguy Betrán, “Términos de referencia para la migración de LTE a 5G en Colombia,” 2020. Disponible en línea: <http://hdl.handle.net/11349/25253>.

[14] E. Y. Lopez Rubiano, “Análisis y evaluación de las características de los sistemas VoLTE orientado a la implementación en Colombia,” 2020. Disponible en línea: <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/27847>.

[15] S. Constain et al., “Plan 5g Colombia el futuro digital es de todos,” Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, Bogotá, Colombia, 2019. Disponible en línea: <https://incp.org.co/Site/publicaciones/info/archivos/plan-5g-mintic.pdf>

[16] Pasión Móvil, 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.pasionmovil.com/wireless/que-significan-las-letras-g-e-h-3g-4g-o-5g-en-tu-smartphone/> [Accedido: 20-jul-2024].

[17] Decreto 195 de 2005, “Por el cual se establecen límites de exposición a campos electromagnéticos”, [En línea]. Disponible en: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=15860#:~:text=por%20el%20cual%20se%20adopta,y%20se%20dictan%20otras%20disposiciones>. [Accedido: 24-oct-2024].

[18] Ley 1753 de 2015, “Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018”, [En línea]. Disponible en: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=61933>. [Accedido: 24-oct-2024].

[19] Resolución 754 de 2016, “Por la cual se reglamentan las condiciones para las estaciones radioeléctricas”, [En línea]. Disponible en: https://www.icbf.gov.co/cargues/avance/compilacion/docs/resolucion_ane_0754_2016.htm. [Accedido: 24-oct-2024].

[20] Decreto 1370 de 2018, “Subrogación del capítulo 5 del título 2 de la parte 2 del libro 2”, [En línea]. Disponible en:

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=87800>. [Accedido: 24-oct-2024].

[21] Resolución 774 de 2018, “Adopta límites de exposición a campos electromagnéticos”, [En línea]. Disponible en: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=86301>. [Accedido: 24-oct-2024].

[22] Ley 1341 de 2009, “Ley de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones”, [En línea]. Disponible en: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=36913>. [Accedido: 24-oct-2024].

[23] Ley 1978 de 2019, “Ley de Modernización del Sector TIC”, [En línea]. Disponible en: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=98210>. [Accedido: 24-oct-2024].

[24] Resolución 2401 de 2019, “Establece condiciones para simplificación de trámites de infraestructura de telecomunicaciones”, [En línea]. Disponible en: <https://www.mintrabajo.gov.co/documents/20147/59995826/Resolucion+2404+de+2019-+Adopcion+bateria+riesgo+psicosocial%2C+guia+y+protocolos.pdf>. [Accedido: 24-oct-2024].

[25] Resolución 5050 de 2016, “Asignación de espectro radioeléctrico y control de interferencias”, [En línea]. Disponible en: <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=70820>. [Accedido: 24-oct-2024].

[26] Decreto 1649 de 2021, “Expansión de conectividad e incentivos para antenas 5G”, [En línea]. Disponible en: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=173957>. [Accedido: 24-oct-2024].

[27] Congreso de la República de Colombia. (2015). *Resolución 1814 de 2015, por la cual se establecen criterios para la evaluación y seguimiento de impactos ambientales de proyectos y actividades*. Diario Oficial No. 49.590.

[28] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). *Decreto 1076 de 2015, por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible*. Diario Oficial No. 49.523.

[29] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2016). *Resolución 650 de 2016, por la cual se establecen medidas de protección ambiental para la conservación de la flora y fauna en proyectos de intervención territorial*. Diario Oficial No. 49.824.

[30] Congreso de la República de Colombia. (2018). *Ley 1931 de 2018, por la cual se establecen directrices para la gestión del cambio climático en Colombia*. Diario Oficial No. 50.725.

[31] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2019). *Resolución 274 de 2019, por la cual se adoptan disposiciones para la gestión y control ambiental de proyectos con potencial impacto ambiental*. Diario Oficial No. 50.872.

[32] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). (2020). *Guidelines for limiting exposure to electromagnetic fields (100 kHz to 300 GHz)*. Health Physics, 118(5), 483–524.

[33] International Telecommunication Union. (2014). *Recommendation ITU-T K.52: Guidance on complying with limits for human exposure to electromagnetic fields*. ITU-T.

[34] International Telecommunication Union. (2018). *Recommendation ITU-T K.70: Mitigation techniques to limit human exposure to EMFs in the vicinity of radiocommunication stations*. ITU-T.

[35] Institute of Electrical and Electronics Engineers. (2019). *IEEE Standard C95.1-2019: Safety levels with respect to human exposure to electric, magnetic, and electromagnetic fields (0 Hz–300 GHz)*. IEEE.