



# Respuestas

## UFPS



Artículo Original

<https://doi.org/10.22463/0122820X.5134>

### Comparative analysis of regulatory frameworks for the implementation of sustainable wireless infrastructure: international standards and the case of Colombia

Análisis comparativo de los marcos regulatorios para la implementación de infraestructura inalámbrica sostenible: estándares internacionales y el caso de Colombia

Gabriel Sánchez-Suárez<sup>1</sup>, Carlos Arturo Sierra-Daza<sup>2</sup>

<sup>1</sup>\* Ingeniero electrónico, gabriel\_suarez@cun.edu.co, <https://orcid.org/0009-0001-7422-5283>, CUN de Educación Superior, Ibagué, Colombia.

<sup>2</sup> MSc en ingeniería mecánica, carlos\_sierrad@cun.edu.co, <https://orcid.org/0009-0006-8108-1595>, CUN de Educación Superior, Bogotá, Colombia.

**Cómo citar:** G. Sánchez-Suárez y C. A. Sierra-Daza, “Análisis comparativo de los marcos regulatorios para la implementación de infraestructura inalámbrica sostenible: estándares internacionales y el caso de Colombia”, *Respuestas*, vol. 30, n.º 2, pp. 82-96, may 2025. <https://doi.org/10.22463/0122820X.5134>

Received on February 20, 2025 - Approved on April 30, 2025 - Published on May 1, 2025.

#### ABSTRACT

##### Keywords:

connectivity, spectrum, digital governance, ICT infrastructure, regulation, regulatory framework, spectrummobile networks, sustainability

The expansion of wireless infrastructure is a decisive factor in reducing the digital divide and promoting sustainable development. However, its effective implementation largely depends on the design and application of appropriate regulatory frameworks, particularly in Colombia and the region. This article analyzes and compares the Colombian regulatory framework with internationally recognized successful standards to identify opportunities for regulatory progress in terms of sustainability, efficiency, and digital inclusion. A primarily qualitative, theoretical-documentary research approach is developed through the analysis of national legislation, regulatory guidelines from international organizations (ITU, GSMA, OECD, WIA), and regional studies on Latin America. Additionally, a comparative matrix is constructed based on principles of good regulation. As a result, significant gaps were identified between the Colombian framework and international best practices, particularly in areas such as territorial harmonization, wireless infrastructure sharing, environmental sustainability, and community participation. Proposals for regulatory advancement were also formulated. It is concluded that Colombia is at a strategic juncture to align its regulatory framework with international standards and reduce the digital divide through a model of sustainable, inclusive, and efficient connectivity.

#### RESUMEN

##### Palabras clave:

conectividad, espectro, gobernanza digital, infraestructura TIC, marco normativo, regulación, redes móviles, sostenibilidad

La expansión de la infraestructura inalámbrica es un factor decisivo para reducir la brecha digital y fomentar un desarrollo sostenible. Sin embargo, su implementación efectiva depende en gran medida del diseño y aplicación de marcos regulatorios adecuados, especialmente en Colombia y la región. Este artículo analiza y compara el marco regulatorio colombiano con estándares internacionales reconocidos como exitosos, para identificar oportunidades de avance normativo en sostenibilidad, eficiencia e inclusión digital. Se desarrolla una investigación principalmente cualitativa de tipo teórico-documental, mediante el análisis de legislación nacional, guías regulatorias de organismos internacionales (UIT, GSMA, OCDE, WIA), y estudios regionales sobre América Latina. Además, se construye una matriz comparativa basada en principios de buena regulación. Como resultado se identificaron brechas importantes entre el marco colombiano y las mejores prácticas internacionales, especialmente en temas de armonización territorial, compartición de infraestructura inalámbrica, sostenibilidad ambiental y participación de las comunidades. También, se formularon propuestas de progreso en la normativa. Se concluye que Colombia se encuentra en una coyuntura estratégica para poder alinear su marco regulatorio con estándares internacionales y disminuir la brecha digital a través de un modelo de conectividad sostenible, inclusivo y eficiente.

\*Corresponding author.

E-mail Address: [gabriel\\_suarez@cun.edu.co](mailto:gabriel_suarez@cun.edu.co) (Gabriel Sánchez-Suárez)

Peer review is the responsibility of the Universidad Francisco de Paula Santander.  
This is an article under the license CC BY-NC 4.0



## Introducción

La infraestructura de las telecomunicaciones inalámbricas constituye un punto clave para el desarrollo económico y social de la región, ya que permite acceder a servicios digitales de calidad, lo que, no solo activa sectores importantes como la educación, la salud y el comercio, sino que también actúa como un impulsor de la inclusión social y el bienestar para algunas poblaciones excluidas. El diseño e implementación de una normatividad adecuada se convierte en un factor decisivo para una conectividad eficiente, equitativa y ambientalmente sostenible.

A pesar del avance en el planteamiento de políticas en el área de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) en el país, persisten desafíos reveladores relacionados con la fragmentación normativa territorial, la poca articulación interinstitucional, las barreras para el desarrollo de infraestructura en zonas rurales y la restringida integración de criterios de sostenibilidad ambiental.

En este estudio se propone un análisis comparativo del marco regulatorio colombiano, tomano como referencia los estándares internacionales definidos por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (International Communication Union, UIT), las propuestas de administración urbana desarrolladas por la Asociación de Infraestructura Inalámbrica (Wireless Infrastructure Association, WIA), y los estudios específicos sobre el entorno regional. A través de un enfoque teórico-documental, se busca poder identificar las brechas más significativas, las oportunidades de adelanto y los lineamientos regulatorios puestos a fortalecer la administración y la sostenibilidad del ecosistema de conectividad inalámbrica en Colombia. La estructura de este artículo comprende una revisión conceptual, un análisis metodológico, la comparación normativa, una propuesta de avance regulatoria, y las conclusiones derivadas del mismo.

El desarrollo de la infraestructura inalámbrica se puede ubicar en la unión entre la ingeniería de redes, la normatividad de las telecomunicaciones y la política pública orientada a un desarrollo sostenible. Unas diversidades de estudios han demostrado que la calidad y el alcance de la conectividad digital no dependen exclusivamente de los avances tecnológicos, sino también de la existencia de marcos regulatorios coherentes, flexibles y eficaces (OCDE, 2021; UIT, 2020).

El ecosistema de las telecomunicaciones abarca varios actores por lo que la administración efectiva en esta área exige una regulación que armonice una diversidad de intereses, garantice la calidad del servicio, promueva la competencia y proteja los derechos de los usuarios. Las redes inalámbricas modernas (3G, 4G, 5G) dependen en buena parte de la eficiente gestión del espectro radioeléctrico y de unas arquitecturas de red sólidas. Existen algunos factores como la interferencia, la atenuación o el desvanecimiento que afectan directamente la calidad del servicio y requieren una regulación específica para asegurar una distribución del espectro que sea equitativa y segura. Adicional a lo anterior, la disponibilidad de una infraestructura pasiva —como torres, mástiles, sistemas de energía y backhaul— se convierte en un factor decisivo. Los modelos de compartición activa y pasiva son buenas prácticas regulatorias, ya que permiten optimizar recursos, reducir los costos operativos y logran mitigar el impacto ambiental. La implementación de dichos modelos depende, en gran medida, de los marcos legales que faciliten acuerdos entre los operadores y promuevan la inversión compartida.

Otro de los puntos clave es la articulación entre los distintos niveles de gobierno (nacional, regional, local). Por tanto, sin una administración multinivel bien estructurada, los proyectos de conectividad

enfrentan limitaciones administrativas, fragmentación normativa y resistencias locales. Para poder fortalecer la legitimidad y sostenibilidad de estas iniciativas de conectividad existen factores que han de tenerse en cuenta como la participación comunitaria, la transparencia en los procesos y una planificación integrada.

En el ámbito normativo, la literatura especializada señala algunos principios guías como: la liberalización del mercado, la neutralidad tecnológica, la transparencia en los procesos que se realicen para licenciamiento, la garantía del acceso universal, la interoperabilidad e interconexión, y la protección de los usuarios (GSMA, 2023; Banco Mundial, 2022). En el contexto colombiano, el marco legal vigente se compone de la Ley 1341 de 2009 (acceso universal y convergencia tecnológica), la Ley 1978 de 2019 (creación del regulador único, promoción de la inversión), y el Decreto 1078 de 2015 (compilación normativa del sector TIC). A lo anterior se suman lineamientos técnicos emitidos por el Ministerio TIC y la Agencia Nacional del Espectro, los cuales regulan aspectos clave como el uso del espectro, la compartición de la infraestructura y la planificación del desarrollo. La evolución del marco regulatorio colombiano en materia TIC puede observarse en los hechos legislativos y políticos clave en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Mapa de actores del ecosistema regulatorio colombiano.

Categoría	Entidad	Función principal
Regulación	CRC (Comisión de Regulación de Comunicaciones)	Regula los servicios de telecomunicaciones, televisión, y postales.
Política Pública	MinTIC	Define políticas, lidera el desarrollo de infraestructura y ejecuta proyectos TIC.
Gestión del espectro	ANE (Agencia Nacional del Espectro)	Administra, planifica y monitorea el uso del espectro radioeléctrico.
Supervisión	Superintendencia de Industria y Comercio (SIC)	Vigila la competencia y protección del consumidor en servicios TIC.
Financiamiento	FUTIC (Fondo Único TIC)	Administra recursos para proyectos de conectividad y apropiación digital.
Gobiernos locales	Alcaldías/Municipios	Otorgan licencias urbanísticas, permisos de instalación y participación ciudadana.
Operadores / Industria	Operadores móviles, ISPs, empresas de torres	Ejecutan el desarrollo, operación y mantenimiento de redes.
Sociedad civil / usuarios	ONGs, asociaciones de usuarios, comunidad	Participación en proyectos comunitarios, veeduría y control social.

Fuente: Elaboración propia con base en [9]

## Materiales y Métodos

Esta investigación tiene principalmente un enfoque cualitativo, de carácter teórico-descriptivo, con el propósito de alcanzar un análisis documental comparativo. El objetivo metodológico principal de la misma es contrastar el marco regulatorio colombiano actual con los estándares internacionales reconocidos, esto

con el fin de identificar las áreas de convergencia, de divergencia y las oportunidades de mejora en materia de administración para el desarrollo de una infraestructura inalámbrica sostenible.

La selección de los marcos regulatorios internacionales se fundamentó en el reconocimiento que han logrado como referentes globales en política de telecomunicaciones y tecnología digital. En particular, se analizaron los lineamientos propuestos por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD) y la Asociación Global de Sistemas Móviles (Global System for Mobile Communications Association, GSMA), así como estudios sectoriales y regionales aplicables al contexto latinoamericano, incluyendo informes de la Asociación de Infraestructuras Inalámbricas (Wireless Infrastructure Association, WIA) y publicaciones especializadas en conectividad para ciudades inteligentes. Los documentos fueron seleccionados con base en tres criterios principales: (i) su actualidad y vigencia normativa (publicaciones entre 2018 y 2023); (ii) su reconocimiento institucional y nivel de adopción por parte de gobiernos o entidades multilaterales; y (iii) su aplicabilidad al contexto colombiano y latinoamericano, tanto en términos de regulación como de experiencias prácticas de desarrollo.

#### *Fuentes primarias nacionales:*

Legislación vigente: Ley 1341 de 2009, Ley 1978 de 2019 y Decreto 1078 de 2015.

Normas técnicas emitidas por el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC) y la Agencia Nacional del Espectro (ANE).

Documentos oficiales de política pública, como los planes nacionales de conectividad, las políticas de espectro, las resoluciones del regulador y los documentos CONPES relacionados.

#### *Fuentes internacionales:*

Manuales y guías de regulación que hayan sido elaborados por la UIT y la GSMA.

Estudios comparativos del Banco Mundial y la OCDE sobre normatividad digital y políticas TIC de países en desarrollo.

Estudios de caso de países latinoamericanos y miembros de la OCDE que hayan logrado experiencias destacadas en desarrollo sostenible en infraestructura inalámbrica.

El análisis se desarrolla a través de una lectura crítica, sistematización y comparación categorial de los documentos que fueron seleccionados. La matriz comparativa permite evaluar el grado de alineación del marco colombiano con los estándares internacionales, así como identificar vacíos normativos y proponer algunos lineamientos de progreso orientados a fortalecer la normatividad del sector TIC.

## **Resultados y Discusión**

Colombia ha realizado algunos esfuerzos importantes en la modernización del sector TIC a través de la unificación del regulador (CRC), la creación del Fondo Único de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (FUTIC), y la actualización del esquema de asignación del espectro. Sin embargo, se han observado varios desafíos persistentes que han limitado un desarrollo eficiente:

**Falta de armonización regulatoria entre municipios:** La autonomía normativa genera una disparidad sin fundamento de criterios en materia de licencias urbanísticas, instalación y uso del suelo. Esta situación ha sido identificada como una de las principales limitaciones para el desarrollo de infraestructura, debido a retrasos y contradicciones entre normativas locales y políticas nacionales (MinTIC, 2023; WIA, 2018).

**Escasa incorporación de modelos para una compartición activa y pasiva:** A pesar de la viabilidad técnica y legal de esquemas como MORAN y MOCN, su adopción sigue siendo muy limitada. La ausencia de incentivos regulatorios, lineamientos estandarizados y garantías de neutralidad han impedido una adopción generalizada para optimizar recursos y expandir la cobertura (GSMA, 2023; Telecom Advisory Services, 2022).

**Baja participación comunitaria en los procesos de desarrollo:** La planificación e instalación de infraestructura TIC no contempla mecanismos institucionalizados de participación ciudadana o de consultas previas, excepto en territorios con población étnica. Esto genera oposición social y falta de apropiación por parte de las comunidades, afectando la sostenibilidad social de los proyectos (UIT, 2023; OCDE, 2021).

**Dificultad para implementar principios de sostenibilidad ambiental y energética:** Actualmente, la regulación colombiana no exige estándares específicos relacionados con la eficiencia energética, el uso de fuentes renovables o reutilización de infraestructura. Tampoco se contemplan criterios ambientales diferenciados, lo que ha limitado el avance hacia una infraestructura digital sostenible (Banco Mundial, 2022; WIA, 2018).

Estos desafíos, principalmente, evidencian la necesidad de una reforma regulatoria estructural que module mejor los niveles de gobierno, incorpore principios de sostenibilidad y participación, y promueva modelos colaborativos de desarrollo de red.

#### *Principios regulatorios internacionales (UIT, GSMA, OCDE)*

Los marcos regulatorios internacionales propuestos por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), la Asociación Global de Sistemas Móviles (GSMA) y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) coinciden en una serie de guías para consolidar el desarrollo sostenible de infraestructuras inalámbricas. Dichos lineamientos se fundamentan en la experiencia de varios países y los estudios comparativos acerca de normatividad digital y políticas públicas eficientes. Entre los elementos más destacados se encuentran:

Fomentar la innovación mediante una regulación convergente

La UIT (2023) destaca la necesidad de marcos regulatorios integrados que unifiquen telecomunicaciones, radiodifusión y servicios OTT. Esto facilita la adaptación a los cambios tecnológicos y estimula la innovación digital sin rigideces normativas.

#### Simplificar el licenciamiento para acelerar el despliegue

La GSMA (2023) propone agilizar los procesos de licenciamiento, haciéndolos más transparentes y menos burocráticos para impulsar la expansión de la infraestructura, especialmente en zonas rurales o de alta demanda, donde los trámites excesivos retrasan la conectividad.

#### Incentivar la compartición de infraestructura

Según la OCDE (2021) y la GSMA, los modelos MORAN/MOCN reducen costos, evitan duplicaciones y optimizan el espectro. Para promoverlos, se recomiendan incentivos fiscales, normativas claras sobre neutralidad de red y acceso prioritario a permisos.

#### Regulación flexible y participativa

Las normas deben adaptarse rápidamente a avances como 5G, IoT o redes comunitarias. Es crucial involucrar a gobiernos locales, operadores y comunidades en su diseño, asegurando que respondan a necesidades reales.

#### Coordinación multinivel para evitar fragmentación

Tanto la UIT como la OCDE enfatizan la importancia de alinear políticas nacionales, regionales y municipales, incluyendo armonizar licencias, reducir cargas tributarias locales y crear espacios de diálogo institucional.

#### Enfoques específicos para zonas rurales

Para cerrar la brecha digital, el Banco Mundial (2022) y la GSMA (2023) recomiendan medidas como fondos de servicio universal, licencias regionales y modelos de operador neutro, garantizando acceso abierto a infraestructura en áreas remotas.

La adopción de estos principios por parte de los Estados ha demostrado un impacto positivo en términos de cobertura, eficiencia del desarrollo, inversión privada y sostenibilidad operativa, lo cual refuerza su relevancia como base para la evaluación comparativa del caso colombiano.

#### *Comparación estructurada*

Tomando los principios regulatorios internacionales descritos, se realizó una comparación cualitativa, como se aprecia en la Tabla 2, entre el marco colombiano y los estándares internacionales en cinco dimensiones clave: licenciamiento, compartición de infraestructura, gestión del espectro, participación comunitaria y sostenibilidad ambiental. Esta matriz se fundamenta en directrices de la UIT (2023), la GSMA

(2023), la OCDE (2021) y evidencia empírica regional (Telecom Advisory Services, 2022). A continuación, se presenta la tabla comparativa:

**Tabla 2.** Comparación entre Colombia y estándares internacionales.

Dimensión	Colombia	Estándares Internacionales	Observaciones
Licenciamiento y permisos	Fragmentado, lento	Simplificado, centralizado	Requiere armonización municipal
Compartición de infraestructura	Escasa	Incentivada (económica y regulatoriamente)	Potencial para reducir costos y acelerar desarrollo
Gestión del espectro	Avanzada, pero centralizada	Flexible, orientada al mercado	Oportunidad para subastas más dinámicas y licencias regionales
Participación comunitaria	Baja	Relevante en normatividad local	Fundamental para sostenibilidad
Sostenibilidad ambiental	Poco integrada	Parte estructural del diseño regulatorio	Requiere marco técnico-ambiental específico

Fuente: Elaboración propia con base en [1], [2], [3], [4]

Esta comparación muestra que, si bien Colombia ha avanzado en aspectos como la modernización institucional y la planificación del espectro, aún persisten limitaciones estructurales en otras áreas que resultan fundamentales, como por ejemplo, la falta de armonización normativa entre niveles territoriales, la débil intercomunicación con las comunidades y la reducida integración de criterios de sostenibilidad que dificultan la implementación de una infraestructura inalámbrica bajo un modelo sostenible e inclusivo. Asimismo, la ausencia de incentivos reales para la compartición de dicha infraestructura limita la eficiencia del desarrollo, especialmente en zonas rurales o de baja rentabilidad comercial. Por otro lado, las buenas prácticas internacionales promueven modelos colaborativos, normatividad flexible y marcos legales coherentes entre distintos niveles de gobierno. La matriz proporciona, por tanto, un diagnóstico claro para orientar las propuestas de mejora que se presentan en la siguiente sección.

Según las cifras del Ministerio TIC, la cobertura de redes móviles 4G en Colombia alcanza el 91 % de los municipios, pero aún persisten más de 500.000 hogares sin acceso regular a servicios de Internet móvil o fijo de calidad (MinTIC, 2023). Por otro lado, el promedio de cobertura 4G en países miembros de la OCDE supera el 97 %, y varios países de la región como Chile o Uruguay han alcanzado más del 95 % (GSMA, 2023). Estudios del Banco Mundial estiman que el costo promedio de despliegue de infraestructura pasiva (torres, mástiles, ductos) puede variar entre 30.000 y 60.000 USD por sitio en zonas rurales de difícil acceso, dependiendo de los factores geográficos y la disponibilidad de una red eléctrica. Estos costos pueden reducirse en más del 35 % bajo políticas efectivas de compartición de infraestructura (Telecom Advisory Services, 2022). Esta brecha tecnológica y financiera fortalece la necesidad de marcos regulatorios que favorezcan economías de escala, simplificación normativa y medios de inversión público-privada.

### *Casos internacionales relevantes*

La experiencia de países que han adoptado marcos regulatorios innovadores y coherentes puede ofrecer aprendizajes clave para el fortalecimiento de la normatividad en Colombia. A continuación, se destacan tres casos representativos que reflejan buenas prácticas aplicables al contexto colombiano:

El Reino Unido ha implementado un enfoque regulatorio centralizado que ha permitido el uso compartido del mobiliario urbano como los postes de luz, las señales de tránsito y los paraderos para instalar la infraestructura inalámbrica de pequeña escala (small cells). Además, el gobierno ha establecido unos lineamientos nacionales que limitan la discrecionalidad de los municipios para rechazar dichas instalaciones, lo cual ha agilizado el desarrollo 5G en zonas urbanas densas. Esta estrategia ha sido respaldada por el Department for Digital, Culture, Media & Sport y Ofcom, el ente regulador (Ofcom, 2022).

En 2015, Brasil aprobó la Ley General de Antenas (Ley 13.116), que establece normas unificadas para el desarrollo de infraestructura en todo el país. Dicha ley limita la autonomía de los gobiernos locales en cuanto a las exigencias técnicas y plazos para emitir permisos, promoviendo la transparencia y la previsibilidad regulatoria. Esta legislación ha sido considerada un ejemplo de armonización normativa en América Latina (GSMA, 2020).

México implementó un modelo de operador mayorista neutral a través de la Red Compartida, que logra combinar la inversión pública y privada para poder ofrecer conectividad a operadores minoristas. Este modelo ha permitido ampliar la cobertura en zonas rurales y reducir los costos de entrada al mercado para nuevos actores. Está basado en concesiones de espectro específicas para servicios mayoristas y en un diseño institucional que asegura la neutralidad tecnológica (Banco Mundial, 2022).

Estos casos logran demostrar que la implementación de unas políticas nacionales claras, la estandarización de procesos locales y la adopción de esquemas colaborativos de infraestructura pueden acelerar el desarrollo de las redes inalámbricas, reducir los costos y fomentar la inversión. Teniendo en cuenta que cada país presenta realidades distintas, los principios latentes —armonización normativa, eficiencia operativa y enfoque inclusivo— resultan valiosos para el rediseño del modelo colombiano.

### *Evidencia empírica y lecciones regionales*

Un estudio regional comisionado por SBA Communications y elaborado por Telecom Advisory Services en 2022, titulado *Las telecomunicaciones latinoamericanas en la encrucijada de compartición de infraestructuras pasivas*, ofrece una evidencia cuantitativa sobre el impacto positivo de los modelos de compartición de infraestructura en América Latina. Este estudio abarca más de diez países de la región y analiza el comportamiento de los mercados móviles en relación con la presencia de torres independientes. Entre los hallazgos más notorios se destacan un incremento de cobertura 4G: del 80 % al 93 %, en promedio, cuando se implementan políticas favorables a la compartición de infraestructura; y un aumento del PIB per cápita estimado en 0,41 % como resultado del cierre parcial de la brecha digital móvil.

Correlaciones positivas con indicadores clave del ecosistema digital: mayor cobertura 4G (97 % vs 90 %), mayor velocidad promedio de banda ancha móvil (33 Mbps vs 29 Mbps), mayor inversión de capital en redes móviles (21 USD vs 16 USD per cápita), mayor adopción de servicios móviles (65 % vs 58 %) y mayor competencia (índice HHI más bajo). Además, el estudio presenta siete recomendaciones regulatorias clave para impulsar el desarrollo sostenible del sector:

- Evitar marcos concesionales innecesarios para infraestructura pasiva.
- Establecer procedimientos rápidos y transparentes para permisos de instalación.
- Prevenir el desarrollo excesivo mediante regulación técnica.
- Limitar cargas fiscales municipales que encarecen el desarrollo.
- Promover infraestructura compartida en desarrollos 5G.
- No regular precios entre operadores y empresas de torres.
- Brindar garantías regulatorias de largo plazo para atraer inversión sostenida.

Estas recomendaciones constituyen una hoja de ruta viable y comprobada para países en desarrollo que buscan optimizar su infraestructura inalámbrica. En el caso colombiano, los datos refuerzan la urgencia de actualizar el marco normativo nacional ya que podría contribuir no solo al desarrollo más eficiente de las redes, sino también al cierre efectivo de brechas tecnológicas y socioeconómicas. La Tabla 3 presenta una agrupación de países según el desarrollo de empresas de torres. Estos datos permiten evidenciar la disparidad regional en el desarrollo de infraestructura pasiva y refuerzan la necesidad de adoptar políticas regulatorias que incentiven la participación de empresas especializadas en torres en países rezagados.

Tabla 3. Agrupaciones de países por desarrollo independiente de empresas de torres.

Panel A			
	Líderes	Promedio	Rezagados
Condición	Países	Condición	Países
>52%	Brasil (72%)	44-52%	Argentina (9%)
	Chile (56%)		Ecuador (43%)
	Costa Rica (53%)		Guatemala (18%)
	Nicaragua (53%)		México (43%)
>225	Brasil (229)	144-225	Argentina (34)
	Chile (267)		Guatemala (65)
	Costa Rica (431)		México (124)
	Panamá (227)		

Panel B	
Países líderes	Promedio & Rezagados
Brasil	Argentina
Chile	Colombia
Costa Rica	Ecuador
Panamá	El Salvador
	Guatemala
	México
	Nicaragua
	Perú

Fuente: Elaboración propia con base en [4]

### Infraestructura inalámbrica como base para ciudades inteligentes

El informe "Wireless Infrastructure as the Foundation of Smart Cities and Communities" (WIA, 2018) ofrece una visión integral sobre cómo la infraestructura inalámbrica en conjunto con redes de fibra óptica se convierte en un pilar para el desarrollo de ciudades inteligentes. Los elementos clave que se destacan incluyen:

**Seguridad pública:** La infraestructura debe garantizar cobertura confiable para comunicaciones de emergencia en todo tipo de edificaciones e infraestructuras subterráneas. Las redes 5G permitirán el envío en tiempo real de video e imágenes a los centros de comando, mejorando tiempos de respuesta.

**Equidad de acceso:** Las ciudades deben evitar una nueva brecha digital promoviendo el desarrollo inclusivo de redes inalámbricas en zonas marginadas, lo cual requiere políticas públicas activas y esquemas de financiación híbridos público-privados.

**Sostenibilidad:** Sensores conectados permiten gestionar recursos como energía, agua y residuos de manera eficiente. Las redes inalámbricas son fundamentales para habilitar edificios inteligentes, redes eléctricas inteligentes y soluciones de movilidad más limpias.

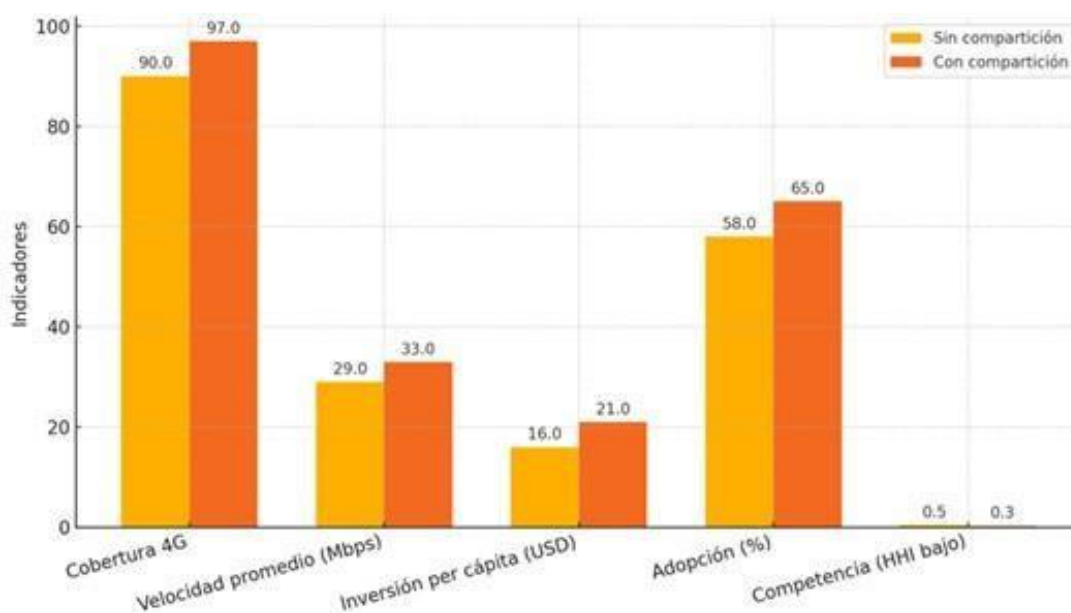
**Transporte conectado:** Las redes de baja latencia permitirán el desarrollo de vehículos autónomos, dashboards con realidad asistida, y sensores viales capaces de detectar hielo, accidentes y optimizar flujos de tráfico.

**Infraestructura de nivel calle:** La densificación de redes exige el uso de mobiliario urbano como postes de luz, señales de tránsito, marquesinas o paraderos para instalar pequeños nodos (small cells) con conectividad de fibra y energía. El diseño estético y funcional es fundamental para la aceptación ciudadana.

**Colocación de infraestructura (collocation):** Compartir infraestructura es la norma actual en la industria. Se recomienda habilitar normativamente el uso compartido de mobiliario urbano para minimizar duplicidades y facilitar el desarrollo.

**Financiamiento:** El documento promueve el uso de asociaciones público-privadas (PPP), incluyendo modelos como diseño-construcción-operación (DBOM), joint ventures con vehículos de propósito específico, y concesiones con garantías regulatorias claras.

Estas directrices refuerzan la necesidad de que Colombia no solo actualice su normativa para incluir mecanismos de financiamiento y desarrollo más ágiles, sino que además incorpore una visión de conectividad integral vinculada al desarrollo urbano inteligente.



**Figura 1:** Impacto de la compartición de infraestructura en América Latina  
Fuente: Elaboración propia con base en [4]

## Propuestas de mejora para Colombia

Con base en el anterior análisis normativo y la comparación con estándares internacionales, se proponen los siguientes planteamientos estratégicos orientados a fortalecer el marco regulatorio colombiano para el desarrollo de la infraestructura inalámbrica sostenible:

Se requiere una legislación unificada que establezca estándares técnicos, ambientales y urbanísticos obligatorios para todo el territorio nacional. Esta iniciativa resolvería la actual fragmentación normativa municipal, reconocida como obstáculo clave para el despliegue eficiente de redes (MinTIC, 2023; GSMA, 2023).

Mediante beneficios fiscales, prioridad en asignación de espectro y agilización de permisos, se puede incentivar a los operadores a adoptar modelos MORAN y MOCN. Experiencias en México y Brasil demuestran la efectividad de este enfoque (Telecom Advisory Services, 2022), alineado con las directrices de la UIT (2023).

#### Modernización del licenciamiento municipal

La implementación de ventanillas únicas digitales con plazos perentorios agilizaría los trámites, eliminando barreras locales. El modelo brasileño de la Ley General de Antenas (GSMA, 2020) ofrece un precedente exitoso a replicar.

#### Sostenibilidad en el despliegue de redes

La futura normativa debe incorporar exigencias progresivas de energías renovables, reutilización de infraestructura existente y evaluaciones de impacto ambiental. Estas medidas balancearían el desarrollo tecnológico con la protección del entorno (WIA, 2018; Banco Mundial, 2022).

#### Gobernanza colaborativa multinivel

La creación de consejos regionales de conectividad, con participación de todos los actores relevantes, facilitaría la coordinación entre niveles de gobierno y sector privado. Este modelo ha demostrado reducir conflictos y mejorar la aceptación social (OCDE, 2021; UIT, 2023).

#### Uso estratégico de los fondos de servicio universal

El FUTIC debería ampliar su alcance para financiar no solo subsidios, sino también redes comunitarias, infraestructura rural pasiva y programas de capacitación digital. Este enfoque integral avanzaría significativamente en la equidad territorial (Banco Mundial, 2022; GSMA, 2023).

Estas propuestas no solo responden a los desafíos identificados en el contexto colombiano, sino que también recogen las mejores prácticas internacionales para impulsar una infraestructura de conectividad resiliente, inclusiva y ambientalmente sostenible.

### **Limitaciones del estudio**

Este estudio se basa principalmente en un análisis documental y comparativo de naturaleza cualitativa, lo que implica algunas limitaciones. En primer lugar, no hay entrevistas a actores clave -como operadores, reguladores, autoridades locales o comunidades- que podrían haber enriquecido el análisis. No hay métodos cuantitativos que permitan medir el impacto específico de determinadas políticas en indicadores de conectividad, inversión o adopción tecnológica.

Las propuestas formuladas se basan en la revisión de modelos internacionales, literatura especializada y estudios de caso documentados, sin una validación directa en terreno. Por ello, se recomienda que para futuras investigaciones se incorporen metodologías mixtas que combinen análisis normativo con trabajo de campo, encuestas a actores relevantes, y estudios de impacto territorial.

Finalmente, si bien el análisis se centra en el caso colombiano, muchas de las recomendaciones planteadas tienen potencial de ser replicados en otros países de la región que comparten desafíos estructurales similares. Se reconoce que la extrapolación directa de resultados debe considerar las particularidades de cada país.

### **Relevancia y aporte del estudio**

Este estudio es una contribución original al análisis de políticas públicas de telecomunicaciones, ofreciendo una comparación estructurada entre el marco normativo colombiano y los estándares regulatorios internacionales, aplicables al desarrollo de una infraestructura inalámbrica sostenible. Su relevancia está basada en la integración de enfoques técnicos, legales y normativos en un solo modelo analítico que permite visibilizar no solo las brechas existentes, sino también rutas concretas de mejora normativa al país.

El trabajo aporta evidencia conceptual y empírica que puede orientar a legisladores, reguladores, académicos y actores del sector en la formulación de marcos regulatorios más eficaces, inclusivos y sostenibles. También, contribuye al debate regional sobre la modernización de la infraestructura digital y posiciona el caso colombiano como una referencia para estudios comparativos en América Latina.

Desde una perspectiva académica, este análisis constituye uno de los primeros ejercicios sistemáticos que aplican principios internacionales de buena regulación a un estudio de caso nacional centrado exclusivamente en el desarrollo de infraestructura inalámbrica, lo que refuerza su valor científico.

Una siguiente fase del estudio podría incorporar entrevistas con operadores, reguladores y líderes comunitarios, para validar empíricamente las propuestas y profundizar en las dinámicas institucionales que influyen en el desarrollo de la infraestructura inalámbrica en Colombia.

### **Conclusiones**

Este estudio demuestra que la implementación efectiva de una infraestructura inalámbrica en Colombia se encuentra aún condicionada por limitaciones regulatorias estructurales que afectan negativamente la expansión de redes, especialmente en zonas rurales, regiones periféricas y entornos de baja rentabilidad comercial. A pesar de algunos avances normativos significativos —como la consolidación del regulador único, la creación del FUTIC y la mejora en la asignación del espectro—, persisten limitaciones decisivas en aspectos como la armonización normativa territorial, los incentivos a la compartición de infraestructura y la articulación interinstitucional.

El análisis comparativo realizado con referencia a los principios regulatorios de la UIT, la GSMA, la OCDE y la WIA evidencia que Colombia presenta oportunidades claras y viables para alinear su marco normativo con estándares internacionales ampliamente ya validados. La adopción de los principios de buena regulación —como la flexibilidad tecnológica, la neutralidad de red, la proporcionalidad normativa, la sostenibilidad ambiental y la participación comunitaria— permitiría modernizar el enfoque de normatividad y facilitar un desarrollo ágil, equitativo y sostenible de redes inalámbricas.

Las propuestas formuladas a lo largo del artículo ofrecen una hoja de ruta concreta y contextualizada para que el Estado colombiano pueda fortalecer su capacidad de liderazgo, promueva una mayor inversión privada y acelere el cierre de brechas estructurales. La transformación digital del país requiere un marco regulatorio robusto, adaptativo y centrado en el bienestar colectivo. Además, la paulatina adopción de tecnologías como 5G, IoT e IA plantea nuevos desafíos regulatorios que Colombia deberá enfrentar para no quedar rezagada en cuanto a la transformación digital global. Estos avances requieren marcos normativos que faciliten modelos de compartición del espectro, un despliegue masivo de nodos de acceso, la protección de datos inteligentes y neutralidad tecnológica, al tiempo que garantizan una sostenibilidad operativa y ambiental del sistema.

Finalmente, este estudio representa una contribución original al debate académico y político sobre la infraestructura inalámbrica en América Latina, al integrar análisis normativo, técnico y estratégico desde una perspectiva comparada. Su metodología puede ser replicable en otros contextos nacionales y ofrece insumos valiosos tanto para la formulación de políticas como para futuras investigaciones sobre conectividad sostenible.

## Referencias

- [1] Agencia Nacional del Espectro, "Planes de espectro y resoluciones del regulador," 2023. [Online]. Available: <https://www.ane.gov.co>
- [2] CAF, "Infraestructura para el desarrollo de América Latina," Corporación Andina de Fomento, 2021. [Online]. Available: <https://www.caf.com>
- [3] Comisión de Regulación de Comunicaciones, Informe de gestión 2022-2023, Bogotá, Colombia: CRC, 2023.
- [4] Congreso de la República de Colombia, *Ley 1341 de 2009*.
- [5] Congreso de la República de Colombia, *Ley 1978 de 2019*.
- [6] C. Hesselman et al., "Cybersecurity in the emerging 5G era: A global perspective," *J. Inf. Policy*, vol. 12, pp. 1–26, 2022.
- [7] GSMA, *The Mobile Economy Latin America 2023*, 2023. [Online]. Available: <https://www.gsma.com/mobileeconomy>
- [8] GSMA, "Mobile Infrastructure Sharing Guidelines," 2023. [Online]. Available: <https://www.gsma.com/publicpolicy/mobile-infrastructure-sharing/>

- [9] International Telecommunication Union, *ICT Regulatory Tracker 2023*, 2023. [Online]. Available: <https://www.itu.int>
- [10] International Telecommunication Union, "Guidelines for the transition to 5G networks," 2022. [Online]. Available: <https://www.itu.int/en/publications>
- [11] International Telecommunication Union, "Wireless Infrastructure Deployment and Governance," ITU Academy, 2023. [Online]. Available: <https://academy.itu.int>
- [12] A. Galperin, "Regulación de la conectividad en América Latina: Avances y desafíos," *Univ. San Andrés*, no. 10, 2021.
- [13] Ministerio TIC, "Políticas y lineamientos para el despliegue de infraestructura," 2023. [Online]. Available: <https://www.mintic.gov.co>
- [14] Ministerio TIC y DNP, Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026: Colombia potencia mundial de la vida, 2023.
- [15] OECD, *Digital Government Index: 2022 Results*, OECD Digit. Econ. Papers, no. 341, 2022.
- [16] OECD, "Principles for the Governance of Digital Infrastructure," 2021. [Online]. Available: <https://www.oecd.org/digital/governance-principles.htm>
- [17] Presidencia de la República de Colombia, *Decreto 1078 de 2015*.
- [18] Telecom Advisory Services, "Las telecomunicaciones latinoamericanas en la encrucijada de compartición de infraestructuras pasivas," SBA Communications, 2022. [Online]. Available: <https://www.sbsite.com/es/publications>
- [19] World Bank, *Digital Regulation and Policy Frameworks in Latin America*, 2022. [Online]. Available: <https://documents.worldbank.org>
- [20] Wireless Infrastructure Association, *Wireless Infrastructure as the Foundation of Smart Cities and Communities*, 2018. [Online]. Available: [https://wia.org/wp-content/uploads/WIA\\_SmartCities-web-new.pdf](https://wia.org/wp-content/uploads/WIA_SmartCities-web-new.pdf)