

## Gobernanza multinivel y compartición de infraestructura para la sostenibilidad digital en América Latina

### Multilevel Governance and Infrastructure Sharing for Digital Sustainability in Latin America

Gabriel-Sánchez-Suárez<sup>1</sup>  

<sup>1</sup> UCUN de Educación Superior. Ibagué, Colombia.

## Resumen

**Introducción:** El despliegue sostenible de redes 4G/5G en América Latina enfrenta desafíos estructurales de gobernanza, especialmente la fragmentación regulatoria multinivel y la limitada adopción de modelos de compartición de infraestructura.  
**Objetivo:** Analizar la interacción causal entre la fragmentación regulatoria y la compartición de infraestructura como determinantes de la eficacia, velocidad y sostenibilidad del despliegue de redes 4G/5G en América Latina.  
**Metodología:** Se empleó un diseño de métodos mixtos explicativos secuenciales (QUAN  $\square$  QUAL) mediante el análisis comparativo de cuatro casos nacionales: Colombia, Brasil, México y Chile. Se integraron indicadores cuantitativos de cobertura, inversión y armonización regulatoria para el periodo 2020-2024 con datos cualitativos provenientes del análisis documental.  
**Resultados:** La calidad de la coordinación gubernamental fue el predictor más importante del desempeño. Brasil y Chile, con mecanismos formales de armonización coercitiva, mostraron indicadores de cobertura 5G y densidad de sitios significativamente superiores. Se confirmó una paradoja regulatoria: la habilitación legal de la compartición activa (MORAN/MOCN) resulta insuficiente sin incentivos económicos o actores neutrales que superen la desconfianza estratégica, como evidencia el caso mexicano. Además, la integración incipiente de criterios de sostenibilidad ambiental y social actúa como moderador positivo de la legitimidad y la eficiencia operativa.  
**Conclusiones:** Se propone un Modelo de Gobernanza Adaptativa basado en coordinación multinivel coercitiva, incentivos proactivos para la compartición y sostenibilidad como criterio regulatorio central, como hoja de ruta para acelerar una conectividad inclusiva y resiliente en la región.

**Palabras clave:** gobernanza multinivel; compartición de infraestructura; regulación de telecomunicaciones; sostenibilidad digital; América Latina; 5G

## Abstract

**Objective:** To analyze the causal interaction between regulatory fragmentation and infrastructure sharing as determinants of the effectiveness, speed, and sustainability of 4G/5G network deployment in Latin America.  
**Methodology:** A sequential explanatory mixed-methods design (QUAN  $\square$  QUAL) was employed through a comparative analysis of four national cases: Colombia, Brazil, Mexico, and Chile. Quantitative indicators of coverage, investment, and regulatory harmonization for the 2020–2024 period were integrated with qualitative data from documentary analysis.  
**Results:** The quality of governmental coordination was the most important predictor of performance. Brazil and Chile, with formal coercive harmonization mechanisms, showed significantly higher 5G coverage and site density indicators. A regulatory paradox was confirmed: the legal authorization of active sharing (MORAN/MOCN) is insufficient without economic incentives or neutral actors capable of overcoming strategic distrust, as evidenced by the Mexican case. Furthermore, the emerging integration of environmental and social sustainability criteria acts as a positive moderator of legitimacy and operational efficiency.  
**Conclusions:** An Adaptive Governance Model is proposed, based on coercive multilevel coordination, proactive incentives for infrastructure sharing, and sustainability as a core regulatory criterion, providing a roadmap to accelerate inclusive and resilient connectivity across the region.

**Keywords:** multilevel governance; infrastructure sharing; telecommunications regulation; digital sustainability; Latin America; 5G.

### ¿Cómo citar?

Sánchez-Suárez G. Multilevel Governance and Infrastructure Sharing for Digital Sustainability in Latin America. Ingeniería y Competitividad, 2026, 28(2) e-20815491

<https://doi.org/10.25100/iyv.v28i2.15491>

Recibido: 23/01/26  
Revisado: 27/05/26  
Aceptado: 08/07/26  
Online: /15/07/26

### Correspondencia

[gabriel\\_suarez@cun.edu.co](mailto:gabriel_suarez@cun.edu.co)

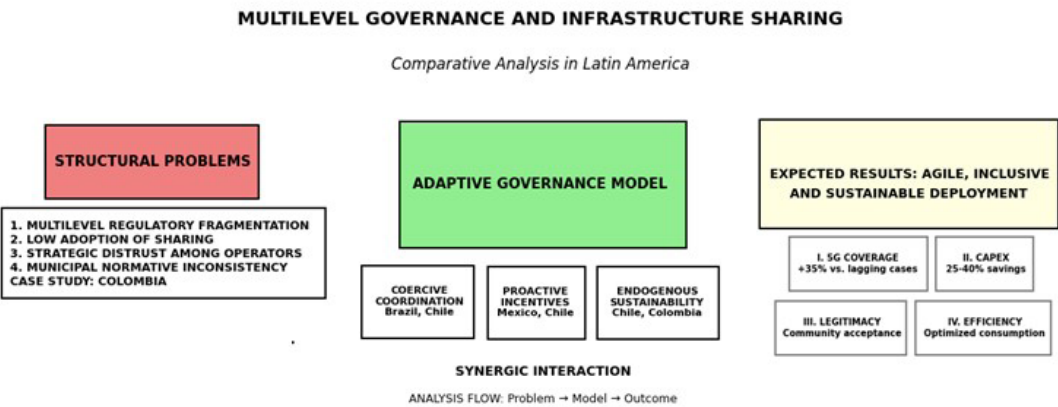


**¿Por qué se realizó este estudio?**  
Para llenar la brecha de investigación crucial sobre cómo interactúan los modelos de gobernanza multinivel y compartición de infraestructura para determinar la efectividad, la velocidad y la sostenibilidad del despliegue de 4G/5G en América Latina. El estudio buscó identificar obstáculos regulatorios y proponer un Modelo de Gobernanza Adaptativa basado en evidencia, capaz de superar la fragmentación, incentivar la compartición e integrar la sostenibilidad como pilar central de las políticas públicas.

**¿Cuáles fueron los hallazgos más relevantes?**  
La calidad de la coordinación intergubernamental —en particular la armonización regulatoria coercitiva— es el factor más importante asociado con el desempeño del despliegue, con Brasil y Chile superando significativamente a la fragmentada Colombia. Existe una paradoja regulatoria: la habilitación legal de la compartición activa (MORAN/MOCN) es insuficiente sin incentivos proactivos u operadores neutrales para superar la desconfianza estratégica. La integración temprana de criterios de sostenibilidad ambiental y social se correlaciona con una mayor legitimidad social y eficiencia operativa.

**¿A qué contribuyen estos hallazgos?**  
Proponen un novedoso modelo de gobernanza adaptativa que integra la coordinación multinivel coercitiva, el reparto basado en incentivos y criterios de sostenibilidad. Este marco proporciona una herramienta de diagnóstico y diseño de políticas para las economías emergentes que enfrentan una fragmentación institucional y brechas digitales similares. Los hallazgos también ofrecen recomendaciones concretas para modernizar la regulación de las telecomunicaciones en la transición de América Latina a 5G/6G, en particular en lo que respecta a la reducción de CAPEX, la ampliación de la cobertura rural y la alineación del desarrollo digital con los compromisos climáticos y sociales.

Graphical Abstract



## Introducción

La infraestructura de telecomunicaciones inalámbricas es un activo fundamental para el desarrollo económico, la inclusión social y la competitividad en el siglo XXI. Tecnologías como el 5G y el Internet de las Cosas (IoT) prometen transformar los sectores productivos, mejorar los servicios públicos y catalizar la innovación. A pesar de esta visión, el despliegue eficiente, equitativo y sostenible de estas redes depende no solo de los avances tecnológicos, sino también de marcos de gobernanza robustos y sistemas regulatorios adaptativos capaces de gestionar la complejidad técnica, económica y social inherente a estos proyectos (2).

En América Latina, este desafío se agrava por condiciones estructurales únicas, entendidas como dependencia de la ruta institucional, una topografía accidentada que eleva el coste del despliegue físico, y un centralismo político que delega responsabilidades de conectividad en municipios sin transferencias técnicas o financieras suficientes (1). En este escenario, a pesar de los avances en la cobertura móvil, persisten profundas brechas digitales entre áreas urbanas y rurales, así como una marcada heterogeneidad en la capacidad estatal para planificar y ejecutar políticas de conectividad. La literatura ha diagnosticado problemas recurrentes, como la fragmentación regulatoria (3), documentada recientemente en análisis de las políticas de transformación digital de Colombia (22), que no se limita a una multiplicidad de normas sino a una incoherencia vertical donde los objetivos nacionales de 5G chocan con regulaciones locales de uso del suelo diseñadas para tecnologías analógicas, generando un estancamiento administrativo debido a competencias concurrentes. A esto se suman los procesos burocráticos de permisos y la integración limitada de criterios de sostenibilidad ambiental y social (3). En respuesta, las organizaciones internacionales y la industria promueven el intercambio de infraestructuras —activo (Red de Acceso Radioeléctrico Multioperador, MORAN y Red Central Multioperador, MOCN) y pasivo (torres, sitios)— como un mecanismo clave para optimizar recursos, reducir gastos de capital (CAPEX) y acelerar la expansión en áreas de baja rentabilidad (1,4).

Existe una brecha crítica en la investigación: la falta de análisis integrales sobre cómo interactúan la gobernanza multinivel (coordinación nacional-regional-local) y los modelos de intercambio (4). Estudios previos han examinado por separado los marcos regulatorios nacionales (3) o las ventajas técnicas de compartir (4), pero carecen de perspectivas comparativas que expliquen la “paradoja regulatoria” —un concepto aquí fundamentado en la brecha de implementación descrita por autores como Hooghe y Marks (12) y Bauer (15), que ocurre cuando los marcos legales de alto nivel (nacionales) son formalmente habilitantes, pero su eficacia se ve neutralizada por desincentivos microregulatorios y costes burocráticos de transacción a nivel local. Esta omisión limita la capacidad de los responsables políticos para abordar sistemáticamente los cuellos de botella, especialmente en contextos de desarrollo donde la coordinación intergubernamental media la efectividad del intercambio (5).

Para cerrar esta brecha, el estudio se centra en cuatro países de la región que representan la mayor variación en las dimensiones clave del fenómeno: Colombia (fragmentación regulatoria persistente), Brasil (armonización coercitiva y mercado de torres desarrolladas), México (mecanismo de compartición de arriba abajo con un operador neutral) y Chile (alta eficiencia técnica e integración temprana de la sostenibilidad). La elección de estos casos, justificada en la sección de Materiales y

Métodos, permite la generalización analítica para construir un modelo explicativo (11). A diferencia de estudios anteriores que abordan el intercambio solo desde marcos de ingeniería (4) o nacionales (3) de forma aislada, aquí se integra la dimensión de gobernanza multinivel, cuyo efecto mediador ha sido identificado como crítico en contextos de desarrollo (5,12).

Este artículo llena esta carencia respondiendo a la pregunta: ¿Cuál es el efecto de la interacción entre los mecanismos de gobernanza multinivel y los modelos de intercambio de infraestructuras en la eficacia, velocidad y sostenibilidad del despliegue de redes inalámbricas en América Latina? Para ello, se adopta un diseño explicativo secuencial de métodos mixtos (QUAN → QUAL) (9) en un estudio de caso comparativo múltiple (Colombia, Brasil, México, Chile) (11), triangulando indicadores cuantitativos con análisis cualitativo de políticas.

El objetivo principal es analizar la interacción entre gobernanza y compartir para identificar patrones, factores habilitadores y barreras. Los objetivos específicos incluyen: 1) Evaluar la coordinación multinivel y la armonización regulatoria; 2) Medir la adopción e impacto de los modelos de compartida; 3) Examinar la integración de la sostenibilidad; y 4) Proponer un modelo de gobernanza adaptativa como hoja de ruta regional. Las contribuciones son tres: integra dimensiones previamente aisladas (política, ingeniería, sostenibilidad); Ofrece evidencia comparativa empírica; y proporciona insumos para modernizar la regulación en la transición a redes de próxima generación.

## Materiales y métodos

### Diseño de investigación

Este estudio se basa en un diseño de métodos mixtos con estatus desigual (QUAN □ QUAL) (9), con un alcance comparativo-interpretativo. La primera fase (cuantitativa) tiene como objetivo caracterizar y comparar los patrones de rendimiento en el despliegue de infraestructuras y los marcos regulatorios en una muestra de países de la región. La segunda fase (cualitativa) busca profundizar en las políticas dinámicas y los mecanismos institucionales que explican los patrones observados en la fase inicial. Bajo este esquema, el enfoque es principalmente cualitativo-comparativo (11); los datos cuantitativos se utilizan para contextualización, identificación de tendencias y contraste inicial, sin ninguna pretensión de inferencia causal estadística a partir de ellos.

### Selección de casos y criterios

La población de este estudio está compuesta por países latinoamericanos que han formalizado marcos regulatorios y han implementado procesos activos de despliegue de redes 4G y 5G. Para la selección de muestras, se aplica el muestreo de variación máxima intencionada (17), con el objetivo de incluir un amplio espectro de configuraciones institucionales y resultados. Se establecieron criterios estrictos de exclusión, descartando países con marcos regulatorios incipientes, alta inestabilidad en la gobernanza sectorial o falta de transparencia en la presentación oficial de datos (por ejemplo, Venezuela, Nicaragua). Los criterios de selección incluyen, entre otros, el

grado de armonización regulatoria multinivel —desde modelos centralizados o armonizados hasta sistemas fragmentados—, la variación en los modelos predominantes de compartición de infraestructuras, tanto activos (MORAN/MOCN) como pasivos, y la disponibilidad y accesibilidad de datos cuantitativos y documentales fiables. En base a lo anterior, se seleccionan cuatro casos nacionales: Colombia, Brasil, México y Chile. Esta selección permite la generalización analítica (11), orientada a construir y refinar un modelo explicativo —gobernanza adaptativa— en lugar de una generalización estadística. Esta muestra se justifica representando la variabilidad crítica de la región: Brasil (modelo armonizado y pionero del 5G), Chile (alta eficiencia técnica y competitividad), México (sistema federal con complejos desafíos de coordinación) y Colombia (escenario de fragmentación regulatoria persistente y procesos recientes de despliegue).

### Fuentes y recogida de datos

La recopilación de datos se realiza tanto a partir de fuentes secundarias como primarias, estructurada para alimentar ambas fases del estudio. La fase cuantitativa, basada en fuentes secundarias, emplea un conjunto de datos de panel equilibrado país-año para el periodo 2020-2024, generando 20 observaciones (4 países  $\times$  5 años). Los indicadores clave, obtenidos de bases de datos e informes especializados, incluyen la cobertura de redes 4G y 5G (1,6), la inversión per cápita en redes móviles, la densidad de sitios celulares y una puntuación de armonización regulatoria construida a partir del Rastreador Regulatorio TIC de la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2023). Este rastreador evalúa cuatro pilares con el mismo peso (25% cada uno): (i) autoridad reguladora (independencia y mandato), (ii) marco de competencia (políticas de mercado), (iii) marco de acceso e interconexión, y (iv) marco de participación en el mercado (licencias y espectro). La puntuación original de la ITU (escala 0-100) se reescaló a una métrica del 1 al 10 usando normalización min-max para facilitar la comparación con otros indicadores. A su vez, la fase cualitativa combina fuentes mediante análisis documentales que abarcan marcos regulatorios nacionales (leyes, decretos, resoluciones), informes de políticas públicas, estudios sectoriales y literatura académica relevante para cada caso. Asimismo, los datos de cobertura e inversión se complementan con análisis académicos recientes sobre el despliegue del 5G en la región (18,19) y sobre la relación entre inversión y expansión de cobertura (20).

### Procedimientos de análisis

El análisis de datos sigue la lógica secuencial del diseño, integrando los hallazgos mediante triangulación.

Análisis cuantitativo (descriptivo y contextual): Se utilizan estadísticas descriptivas para caracterizar el rendimiento de cada país. Para explorar las asociaciones entre variables clave (por ejemplo, armonización regulatoria y cobertura 5G), se calculan los coeficientes de correlación de rangos ( $\rho$ ) de Spearman. Como prueba de consistencia, los resultados se contrastaron con el coeficiente de Pearson, obteniendo patrones de asociación similares ( $r = 0,82$ ;  $\rho = 0,79$ ). Dado el diseño de métodos mixtos y el pequeño número de unidades nacionales ( $n=4$ ), estos coeficientes se interpretan exclusivamente como tendencias descriptivas y patrones contextuales que alimentan la fase cualitativa, sin ninguna reivindicación de inferencia causal estadística.

**Análisis cualitativo:** Esto se realiza mediante análisis temático de contenidos con codificación híbrida (deductivo-inductivo), utilizando el software Atlas.ti v.23, cuyo sistema inicial de categorías deductivas se basa en las dimensiones teóricas de Gobernanza Vertical, Incentivos Económicos y Sostenibilidad Ambiental. Las categorías inductivas (como 'Discreción Municipal' y 'Litigiosidad Administrativa') surgieron mediante el método constante de comparación aplicado al corpus documental. Para aumentar la fiabilidad del proceso, se aplicó una técnica de prueba-reprueba con doble codificación del 20% del material analizado en dos momentos diferentes separados por un intervalo de cuatro semanas. La consistencia entre ambas codificaciones se evaluó usando el coeficiente de Kappa de Cohen, obteniendo un valor  $> 0,80$  en la unidad de análisis 'segmento temático'. Este enfoque permite identificar categorías emergentes, patrones discursivos y mecanismos explicativos vinculados a la gobernanza, el intercambio y la sostenibilidad.

**Integración y triangulación:** La fase cualitativa se utilizó para explicar, matizar y profundizar los patrones identificados en la fase cuantitativa, que se formalizó mediante una matriz de triangulación de resultados, donde los patrones estadísticos se contrastaron sistemáticamente con la evidencia documental. Específicamente, las asociaciones o tendencias identificadas en la fase cuantitativa se profundizaron en la fase cualitativa mediante la identificación de mecanismos institucionales y cuellos de botella regulatorios específicos en cada caso nacional. La triangulación metodológica entre datos cuantitativos y análisis documental constituye la base para identificar mecanismos válidos y asociaciones sólidas que respalden la discusión y el modelo propuesto.

### Rigor metodológico y transparencia

Para garantizar la solidez del análisis, se implementan estrategias típicas de la investigación de fuentes secundarias y los estudios de caso. La triangulación metodológica se logra contrastando los patrones observados en los datos cuantitativos con las características identificadas en el análisis documental regulatorio, respaldados por una revisión continua y crítica a la luz de la literatura especializada. Para controlar el sesgo interpretativo, se implementaron tres salvaguardas: 1) triangulación por parte del investigador mediante revisión cruzada de los hallazgos; 2) el uso de un periódico de reflexividad para documentar las decisiones de codificación; y 3) saturación teórica de categorías emergentes, asegurando que las conclusiones no dependan de evidencia aislada sino de patrones recurrentes y contrastables en los cuatro países de la muestra.

### Alcance y limitaciones inferenciales

Este diseño permite generar explicaciones causales aceptables que se basan empíricamente en la interacción entre la gobernanza multinivel, los modelos de compartición y los resultados de despliegue. Aun así, no constituye un diseño contrafactual estricto; Por lo tanto, las afirmaciones sobre "mecanismos" o "mediaciones" derivan de la consistencia y robustez de la evidencia triangulada, y se presentan como contribuciones explicativas a la teoría y la política, que deben validarse en futuros estudios con diseños de identificación causal. La principal limitación del análisis cuantitativo radica en el reducido número de casos, por lo que sus resultados se entienden como un complemento contextual a la evidencia econométrica más amplia existente en la literatura (2) y al sólido análisis cualitativo-comparativo desarrollado aquí.

# Resultados

## Análisis Cuantitativo Comparativo: Patrones de Rendimiento y Regulación (2020-2024)

La fase cuantitativa, que sirvió como entrada contextual y para la identificación de tendencias, reveló disparidades significativas en los indicadores de desempeño entre los cuatro países. Un hallazgo descriptivo central fue la fuerte asociación positiva entre el Índice de Armonización Regulatoria (ITU, 2023) y los niveles de cobertura 5G urbanos (6), con un coeficiente de correlación Pearson de  $r = 0,82$  y un coeficiente de Spearman de  $\rho = 0,79$  (calculado a partir de 20 observaciones país-año). Este patrón inicial sugería una relación que merecía una exploración cualitativa en profundidad. La Tabla 1 resume los valores medios de los indicadores clave para el periodo analizado.

**Tabla 1.** Indicadores comparativos de rendimiento de infraestructuras y regulación (promedio 2020-2024)

| Indicador                                               | Colombia          | Brasil           | México      | Chile            | Fuente principal         |
|---------------------------------------------------------|-------------------|------------------|-------------|------------------|--------------------------|
| Cobertura 4G (%)                                        | 91.2              | 94.8             | 88.5        | 97.1             | (1)                      |
| Cobertura 5G (% población urbana)                       | 15.3              | 28.7             | 22.4        | 35.6             | (6)                      |
| Inversión en redes móviles per cápita (USD)             | 16.5              | 22.1             | 18.3        | 20.8             |                          |
| Densidad del emplazamiento (por cada 10.000 habitantes) | 3.8               | 5.2              | 4.1         | 4.9              | ANATEL, IFT, SUBTEL, CRC |
| Índice de Armonización Regulatoria (UIT, 1-10)          | 5.1               | 7.8              | 6.9         | 7.2              | ITU (2023)               |
| Adopción de compartición activa (MORAN/MOCN)            | Incipiente (<10%) | Mediano (30-40%) | Alta (>60%) | Mediano (30-40%) | Informes sectoriales     |

Fuentes: (1,6,7)

El Índice de Armonización Regulatoria se construye a partir del Rastreador Regulatorio TIC de la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2023), normalizado y reescalado a una métrica del 1 al 10. Las pruebas de sensibilidad ( $\pm 20\%$  en pesos pilar) sugieren la consistencia de los patrones generales de clasificación entre países. Además, los valores reportados en la Tabla 1 corresponden

a las medias anuales para el periodo 2020-2024; la variabilidad interanual no se muestra por simplicidad, pero los datos desagregados pueden consultarse en las fuentes originales (1,6,7) y en los anexos de los reguladores nacionales citados.

#### Los datos permitieron identificar tres tendencias principales:

Brecha de despliegue del 5G: Chile y Brasil muestran el mayor progreso en la cobertura inicial de 5G (35,6% y 28,7% de la población urbana, respectivamente), coherente con sus mayores niveles de inversión per cápita y densidad de infraestructuras. Colombia muestra el progreso más modesto (15,3%), quedándose por detrás del grupo.

Disociación entre marco y adopción: Se observa una paradoja inicial cuando la existencia de un marco regulatorio formalmente habilitador (como en Colombia) no se traduce en una alta adopción de modelos de compartición activa. México, en cambio, presenta la tasa de adopción más alta (>60%) a pesar de un índice de armonización intermedio.

Heterogeneidad en los modelos: Brasil destaca por su mayor inversión y densidad, reflejando un mercado competitivo y economías de escala. México compensa una cobertura 4G relativamente menor con un modelo compartido distintivo. Chile combina un alto rendimiento de cobertura con el índice de armonización más alto.

Estos patrones cuantitativos plantean preguntas clave sobre los mecanismos institucionales relacionados, abordados en la fase cualitativa.

#### Hallazgos cualitativos: mecanismos y dimensiones emergentes del análisis documental

El análisis cualitativo, basado en la revisión de marcos regulatorios y literatura especializada, proporciona la profundidad contextual para explicar las variaciones observadas, identificando tres dimensiones analíticas centrales derivadas del contraste entre los estudios de caso que surgieron de un proceso híbrido de codificación en el que 'Gobernanza' era deductiva, mientras que 'Capacidad Adaptativa Local' y 'Sostenibilidad Integrada' surgieron inductivamente al observar los patrones recurrentes de éxito en Chile y Brasil que no se anticiparon en el marco teórico inicial.

### 1. Gobernanza multinivel: arquitecturas de coordinación contrastantes

El análisis documental revela una dicotomía en los modelos de coordinación intergubernamental. Por un lado, países como Brasil y Chile han implementado esquemas de armonización coercitivos, caracterizados por leyes nacionales que limitan la capacidad de los gobiernos locales para tomar decisiones autónomas y establecer sus propias normas y plazos definitivos. Este enfoque ha sido documentado en estudios comparativos de políticas de infraestructuras y se correlaciona con una mayor previsibilidad para los inversores (2,12). Colombia, por su parte, ejemplifica un modelo de coordinación fragmentado, donde la autonomía municipal, a pesar de la existencia de un marco nacional, genera un mosaico regulatorio, como se documenta en la literatura (3).

## 2. Desentrañando la paradoja regulatoria en el intercambio de infraestructuras

Los informes sectoriales y los análisis académicos documentan una paradoja regulatoria por la cual la existencia de marcos legales habilitadores (MORAN/MOCN) no garantiza su adopción efectiva (4). El contraste entre casos es ilustrativo. En México, la adopción estuvo impulsada por un mecanismo de arriba hacia abajo y la presencia de un operador mayorista neutral, una estrategia documentada en análisis de política de compartición (8). En contraste, en Colombia prevalece lo que la literatura describe como “desconfianza estratégica” entre los operadores, donde se observa una brecha entre el marco legal y la práctica, asociada en los análisis sectoriales con la ausencia de incentivos regulatorios proactivos (2,3). Estos hallazgos coinciden con análisis previos sobre los efectos del reparto obligatorio en la inversión en telecomunicaciones en la región (21).

## 3. Sostenibilidad: un pilar emergente en la agenda regulatoria

El análisis identifica la sostenibilidad como la dimensión menos institucionalizada. En el ámbito medioambiental, las directrices explícitas de eficiencia energética solo se observan en la regulación de un país líder en el área, mientras que en otros son iniciativas aisladas, como documentan estudios sobre los desafíos medioambientales de las redes 5G (5,13). En la dimensión social, se identifica un cambio insuficiente hacia modelos de “valor compartido”, donde la infraestructura de telecomunicaciones incorpora beneficios para la comunidad. Este enfoque se observa de forma emergente en algunos casos, pero aún no como estándar regional (5,16).

Lo anterior describe los patrones documentales observados en los marcos regulatorios y la literatura sectorial, cuyo análisis interpretativo y contraste con la teoría se presentan en la sección de Discusión.

## Síntesis Integrada: Perfiles de Países y Patrones Explicativos

La triangulación de ambas fases permitió consolidar perfiles nacionales distintivos (Tabla 2) que explican cómo interactúan las configuraciones de gobernanza con los modelos de compartida, moderados por el grado de integración de la sostenibilidad. Estos perfiles se derivaron mediante un Análisis Comparativo Cualitativo (QCA) simplificado, agrupando a los países según la presencia o ausencia de tres condiciones: armonización legal, incentivos para compartir y mecanismos de coordinación multinivel. Del mismo modo, los niveles de rendimiento 5G en la Tabla 2 se definieron utilizando los siguientes umbrales: Alto (>40% de cobertura urbana), Medio (15-40%) y Bajo (<15%), basados en la media regional de despliegue reportada por la GSMA para 2024.

**Tabla 2.** Perfiles de países: gobernanza, compartición y configuraciones de rendimiento

| Perfil del país                              | Característica distintiva de gobernanza    | Modelo de Compartir                            |               | Integración de la sostenibilidad |
|----------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------|---------------|----------------------------------|
| Líder en Gobernanza y Sostenibilidad (Chile) | Armonización centralizada y rápida         | Adopción media (incentivos de mercado)         | Máximo (35,6) | Alto (directrices explícitas)    |
| Líder de Mercado e Inversiones (Brasil)      | Marco armonizado fuerte (Ley de la Antena) | Adopción media (mercado towerco)               | Máxima (28,7) | Medio (impulsado por el mercado) |
| Modelo de Red Compartida (México)            | Mecanismo de compartición de arriba abajo  | Alta adopción (obligatoria/al por mayor)       | Medio (22,4)  | Medio (innovaciones locales)     |
| Caso de                                      | Coordinación fragmentada e inconsistente   | Adopción incipiente (desconfianza estratégica) | Mínimo (15,3) | Bajo (etapas incipientes)        |

Fuentes: (1,6)

La síntesis confirma que las configuraciones de gobernanza coherentes (Brasil, Chile) generan fuerzas asociativas con el intercambio, facilitando un mejor rendimiento global. Por otro lado, la fragmentación (Colombia) desacopla estos elementos, resultando en indicadores rezagados. La sostenibilidad actúa como un moderador positivo, mejorando la legitimidad social y la eficiencia en los casos en que está integrada. Estos perfiles proporcionan la base empírica para el modelo de gobernanza adaptativa que se discute a continuación.

## Discusión

### Gobernanza multinivel como mediador estructural: más allá de la regulación nacional

Este estudio corrobora que la existencia de un marco regulatorio nacional es una condición necesaria pero no suficiente para un despliegue eficiente (2). Los países con mecanismos de armonización coercitiva (Brasil, Chile) presentan una cobertura 5G y densidades de sitios comparativamente mayores, cuyo liderazgo en el despliegue inicial del 5G ha sido documentado

en la literatura académica reciente (18), mientras que aquellos con fragmentación regulatoria (Colombia) enfrentan incertidumbre legal y cuellos de botella administrativos (22). Esta evidencia valida las recomendaciones de organizaciones internacionales (OCDE) y avanza identificando mecanismos causales específicos en el contexto latinoamericano. A diferencia de estudios previos centrados en regulaciones nacionales aisladas (3), este análisis revela que la gobernanza multinivel actúa como un factor de alineación crítico que alinea —o desalinea— los incentivos a nivel gubernamental. La limitación legal de la discrecionalidad municipal y la creación de organismos técnicos de coordinación, como en Brasil con su Ley de Antenas, reducen los costes de transacción y la incertidumbre para los inversores, ampliando así el marco teórico de la gobernanza multinivel (12) al tema específico de las telecomunicaciones en economías emergentes.

### Desde la habilitación legal hasta la adopción efectiva

La investigación pone de manifiesto una paradoja regulatoria fundamental por la cual los marcos legales formalmente habilitantes no garantizan la adopción de modelos de compartición de infraestructuras. La brecha entre norma y práctica, ejemplificada por el caso colombiano, se explica por factores de economía política y cultura de mercado. La “desconfianza estratégica” entre los operadores, en ausencia de incentivos concretos, perpetúa modelos de despliegue solitario incluso en zonas de baja rentabilidad. Esto matiza las suposiciones lineales presentes en parte de la literatura técnica (1), que a menudo enfatiza las ventajas operativas sin considerar barreras conductuales e institucionales. México y Brasil demuestran que superar esta paradoja requiere intervenciones regulatorias proactivas y asimétricas: la creación de un operador mayorista neutral (Red Compartida) o la promoción de un mercado vigoroso de compañías de torres, acompañado de incentivos como el acceso prioritario al espectro. Así, compartir trasciende su dimensión de optimización técnica (4) para convertirse en una herramienta de política pública orientada a la equidad, cerrando brechas rurales mediante la reducción de CAPEX.

### La sostenibilidad como pilar de legitimidad y eficiencia

La sostenibilidad, aún fundamental en su integración regulatoria, surge con un potencial transformador para la legitimidad social y la eficiencia operativa a largo plazo. El liderazgo de Chile en estándares de eficiencia energética y las prácticas de “valor compartido” observadas en México y Brasil (por ejemplo, sensores comunitarios, WiFi público) representan un cambio de paradigma. Estas prácticas van más allá de tratar la sostenibilidad como una externalidad, alineándose con los principios de justicia energética (5) y ampliando los debates sobre las brechas digitales (1). En los casos de México (programas de valor compartido en zonas rurales) y Chile (directrices de eficiencia energética), se observa un menor conflicto comunitario en proyectos que incorporaron estos criterios desde temprano, lo que sugiere una asociación positiva entre sostenibilidad y legitimidad social, coherente con la literatura (5,16). Sin embargo, la ausencia de datos cuantitativos homogéneos en los cuatro países impide establecer una correlación estadística. La actual falta de estándares obligatorios en la región representa una oportunidad perdida, especialmente crítica dado el mayor consumo energético de las redes 5G (13). Por tanto, hacer de la sostenibilidad un pilar central de la regulación es imprescindible para la resiliencia y legitimidad del ecosistema digital.

## Hacia un modelo de gobernanza adaptativa

La triangulación de los hallazgos permite sintetizar y proponer un Modelo de Gobernanza Adaptativa para el despliegue de infraestructuras inalámbricas en el contexto de países emergentes. Este modelo sostiene que el rendimiento ideal —caracterizado por un despliegue ágil, cobertura inclusiva y sostenibilidad operativa— es el resultado de la sinergia entre tres pilares interconectados. En primer lugar, requiere una gobernanza multinivel coherente y coercitiva, capaz de eliminar la fragmentación y alinear los incentivos entre diferentes niveles de gobierno. En segundo lugar, depende de la creación de ecosistemas compartidos impulsados por incentivos proactivos y la participación de actores neutrales, mecanismos esenciales para superar la desconfianza estratégica entre los operadores. Por último, exige la integración de criterios de sostenibilidad ambiental y social en el ciclo regulatorio y de proyectos, como fuente de eficiencia operativa y legitimidad social.

A diferencia de los modelos de gobernanza multinivel basados en la coordinación y negociación voluntarias (12), este modelo incorpora un componente coercitivo como respuesta empírica a la fragmentación en Colombia, y añade la sostenibilidad como pilar regulatorio central, ausente en marcos anteriores (5,14).

Al contrastar este modelo con los casos estudiados, se observa que Chile y Brasil se acercan a este ideal, mostrando fortalezas en los dos primeros pilares. México, por su parte, compensa con una fuerza excepcional en el pilar compartido, apoyado por un mecanismo de arriba hacia abajo. Colombia, en cambio, muestra un desacoplamiento estructural entre los tres elementos. En conjunto, esta propuesta teórica integra dimensiones tradicionalmente analizadas por separado —política, ingeniería y sostenibilidad— ofreciendo un marco analítico comprobable para diagnosticar y rediseñar políticas públicas en regiones que enfrentan desafíos similares.

Los hallazgos indican que acelerar el despliegue sostenible en América Latina requiere más que crear leyes nacionales. Requiere eliminar la fragmentación multinivel, incentivar activamente el compartir y convertir la sostenibilidad en un principio rector de la regulación. Estas acciones, abordadas conjuntamente, son fundamentales para lograr legitimidad social y eficiencia económica. El estudio proporciona evidencia empírica comparativa y un modelo integrador que sirve como guía para políticas públicas capaces de promover una transformación digital inclusiva y resiliente en la región.

## Conclusiones

Este estudio ha demostrado, mediante un diseño de métodos mixtos aplicado a cuatro países latinoamericanos, que la interacción entre la arquitectura de gobernanza multinivel y los modelos de compartición de infraestructuras es un determinante fundamental de la eficacia, velocidad y sostenibilidad del despliegue de redes inalámbricas. La evidencia apunta a que el principal cuello de botella no es de naturaleza técnica ni financiera, sino institucional.

De la investigación emergen tres hallazgos empíricos clave:

La calidad de la coordinación intergubernamental (armonización regulatoria) funciona como el factor más consistentemente asociado con el rendimiento. Los países con mecanismos coercitivos y centralizados (Brasil, Chile) logran una cobertura 5G y métricas de densidad de infraestructura significativamente superiores a aquellos con fragmentación regulatoria (Colombia), coherente con los desafíos estructurales identificados en la agenda de transformación digital de Colombia (22).

Se confirma la existencia de una “paradoja regulatoria”, por la cual la habilitación legal del compartición activa (MORAN/MOCN) es insuficiente para su adopción, ya que requiere incentivos proactivos y la presencia de actores neutrales (como la Compartida Roja en México) para superar la “desconfianza estratégica” y convertirse en un motor de eficiencia e inclusión.

La sostenibilidad ambiental y social, aunque sigue siendo básica en los marcos regulatorios, actúa como un moderador positivo. Su integración temprana —a través de modelos de eficiencia energética o de “valor compartido”— aumenta la legitimidad social y la eficiencia operativa, alineando el despliegue tecnológico con los principios de justicia energética.

La principal contribución teórica de este trabajo es la propuesta de un Modelo de Gobernanza Adaptativa. Este marco integra sinérgicamente tres pilares que la literatura suele analizar por separado: (1) coherencia coercitiva multinivel, (2) compartir impulsado por incentivos y (3) sostenibilidad como criterio endógeno (5,13,14). El modelo proporciona un marco conceptual con potencial analítico para diagnosticar y rediseñar políticas en contextos emergentes, con posible aplicación en otras regiones que enfrentan desafíos similares de fragmentación institucional y brecha digital.

### Implicaciones prácticas y recomendaciones políticas

Los resultados ofrecen directrices concretas para modernizar la regulación sectorial en América Latina durante la transición a redes 5G/6G:

**Fortalecer la coherencia multinivel:** Es imprescindible adoptar leyes marco a nivel nacional que establezcan plazos fijos y limiten la discrecionalidad regulatoria de los gobiernos locales, transformando a los municipios de “cuellos de botella” en socios facilitadores, siguiendo el ejemplo de la Ley de Antenas de Brasil.

**Incentivar el intercambio activo mediante mecanismos asimétricos:** Los reguladores podrían implementar instrumentos que alteren la lógica del mercado, como el acceso prioritario al espectro para proyectos compartidos o la promoción de operadores de infraestructura neutrales. Esto es clave para reducir el CAPEX y extender la cobertura a áreas de baja rentabilidad.

**Integrar la sostenibilidad como pilar regulatorio central:** La regulación debe evolucionar para incluir estándares obligatorios de eficiencia energética y protocolos tempranos de participación comunitaria que ofrezcan “valor compartido” (por ejemplo, infraestructuras para servicios públicos). Esto podría mitigar la oposición social y alinear el desarrollo digital con los compromisos climáticos.

## Limitaciones y perspectivas de investigación

Aunque el diseño de múltiples casos y la triangulación metodológica aportan robustez a las conclusiones, el estudio presenta limitaciones que delimitan su alcance y sugieren futuras líneas de investigación. Primero, el número de unidades nacionales (n=4) impide generalizaciones estadísticas; Por lo tanto, las correlaciones reportadas deben interpretarse como tendencias descriptivas que requieren validación con muestras más grandes. En segundo lugar, la naturaleza transversal de los datos cualitativos no refleja la evolución dinámica de los mecanismos de gobernanza. Estudios futuros podrían emplear análisis de panel con una muestra ampliada de países latinoamericanos para cuantificar con mayor precisión el impacto causal de la armonización regulatoria en la adopción compartida. Se necesita investigación longitudinal para seguir la trayectoria de estos mecanismos ante la evolución tecnológica (Open RAN, 6G) y nuevos desafíos como la ciberseguridad, la soberanía digital y la creciente influencia de actores globales en la infraestructura regional. Finalmente, el Modelo de Gobernanza Adaptativa propuesto debería ser probado y refinado en contextos adicionales, incluyendo países de otras regiones que enfrenten desafíos similares de fragmentación institucional y brecha digital.

## Reflexión final

Este trabajo demuestra que construir infraestructuras inalámbricas sostenibles en América Latina es, esencialmente, un desafío institucional de diseño. La convergencia del análisis técnico, la economía política y los estudios de gobernanza revela que cerrar la brecha digital requiere mucho más que capital y tecnología: exige voluntad política para alinear los incentivos en todos los niveles de gobierno y traducir las ambiciones regulatorias en resultados tangibles y equitativos. Dado su potencial demográfico y económico, la región tiene la oportunidad de convertirse en un referente de conectividad resiliente e inclusiva. Este estudio proporciona tanto el diagnóstico como las herramientas conceptuales necesarias para llevar a cabo esa transformación.

## Referencias

1. GSMA. La Economía Móvil América Latina 2024 (Internet). Londres: GSMA Intelligence; 2023. Disponible en:  
<https://www.gsma.com/solutions-and-impact/connectivity-for-good/mobile-economy/wp-content/uploads/2024/06/The-Mobile-Economy-Latin-America-2024.pdf>
2. Jung J, Melguizo A. ¿Normas, instituciones o ambas? Estimación de los motores de la inversión en telecomunicaciones en América Latina. *Revista de Política Cibernética*. 2022; 7(1):5-23.  
<https://doi.org/10.1080/23738871.2022.2034910>
3. Sánchez-Suárez G, Sierra-Daza CA. Análisis comparativo de los marcos regulatorios para la implementación de infraestructura inalámbrica sostenible: estándares internacionales y el caso de Colombia. *Respuestas*. 2025; 30(2):82-96.  
<https://doi.org/10.22463/0122820X.5134>
4. Cano L, Capone A, Sansò B. Sobre la evolución del intercambio de infraestructuras en redes móviles: una encuesta. *ITU J Tecnología Futura en Evolución* 2020; 1(1):1-18. Disponible en:

[https://www.itu.int/dms\\_pub/itu-s/opb/itu-jnl/S-ITUJNL-JFETF.V1I1-2020-P10-PDF-E.pdf](https://www.itu.int/dms_pub/itu-s/opb/itu-jnl/S-ITUJNL-JFETF.V1I1-2020-P10-PDF-E.pdf)

5. Williams L, Sovacool BK, Foxon TJ. Las implicaciones en el uso energético del 5G: Revisión de la energía operativa de toda la red, la energía incorporada y los efectos indirectos. *Renew Sustain Energy Rev.* 2022;157:112033.

<https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.112033>

6. 5G Américas. Reformas en la política de telecomunicaciones en América Latina

<https://www.5gamericas.org/wp-content/uploads/2024/10/WP-Telecommunication-Policy-Reforms-in-Latin-America-ENG.pdf>

7. Inteligencia GSMA. La Economía Móvil América Latina 2024 (Internet). Londres: GSMA Intelligence; 2024

<https://www.gsmaintelligence.com/research/the-mobile-economy-latin-america-2024>

8. Unión Internacional de Telecomunicaciones. Especificación de la compartición de redes 5G y co-construcción adaptándose a la mitigación del cambio climático. Recomendación UIT-T L.1391; 2024. Disponible en:

[https://www.itu.int/ITU-T/workprog/wp\\_item.aspx?isn=18387](https://www.itu.int/ITU-T/workprog/wp_item.aspx?isn=18387)

9. Creswell JW, Plano Clark VL. Diseñar y llevar a cabo investigaciones de métodos mixtos. 4ª ed. Los Ángeles: Publicaciones SAGE; 2025. Disponible en:

<https://www.sagepub.com/shop/buy-a-book/designing-and-conducting-mixed-methods-research-4-269004>

10. Fetters MD, Curry LA, Jehová de Jehová Creswell. Lograr la integración en diseños de métodos mixtos: principios y prácticas. *Resolución de Servicios de Salud* 2013; 48(6 Parte 2): 2134-2156.

<https://doi.org/10.1111/1475-6773.12117>

11. Yin RK. Estudio de caso, investigación y aplicaciones: diseño y métodos. 6ª ed. Los Ángeles: SAGE Publications; 2017. Disponible en:

<https://uk.sagepub.com/en-gb/eur/case-study-research-and-applications/book250150>

12. Hooghe L, Marks G, Schakel AH, et al. Medición de la autoridad regional: una teoría posfuncionalista de la gobernanza. Oxford: Oxford University Press; 2020. Disponible en:

<https://global.oup.com/academic/product/measuring-regional-authority-9780198728870>

13. Kora AD. Hacia redes 5G sostenibles: Una solución de coordinación propuesta para macro y pico células para optimizar la eficiencia energética. *IEEE Access.* 2023;11:50794-50804.

<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3278209>

14. Unión Internacional de Telecomunicaciones. Indicadores clave de rendimiento medioambientales para la adaptación de infraestructuras digitales al cambio climático. Recomendación ITU-T L.1510; 2025. Disponible en:

<https://www.itu.int/rec/T-REC-L.1510>

15. Bauer JM, Bohlin E. Regulación e innovación en mercados 5G. *Política de telecomunicaciones.* 2022; 46(4):102260.

<https://doi.org/10.1016/j.telpol.2021.102260>

16. Calzada I, Pérez-Batlle M, Batlle-Montserrat J. Ciudades inteligentes centradas en las personas: una investigación-acción exploratoria sobre la Coalición de las Ciudades por los Derechos Digitales. *J Urban Aff.* 2023; 45(9):1537-1562.

<https://doi.org/10.1080/07352166.2021.1994861>

17. Patton MQ. Métodos de investigación y evaluación cualitativa: Integrar teoría y práctica. 4ª ed. Thousand Oaks, CA: SAGE Publications; 2015. Disponible en:

<https://uk.sagepub.com/en-gb/eur/qualitative-research-evaluation-methods/book232962>

18. Hannig Núñez S. Redes 5G en América Latina. En: Atrapados en una competencia geopolítica global. Londres: Routledge; 2025. 211-230.

<https://doi.org/10.4324/9781003489450-11>

19. Bornachera Zarate LS, Vargas González ID, Ardila Sánchez IA. La carrera del 5G: ¿está Colombia rezagada en implementación y seguridad de la información? *ing. Solidar.* 2024; 20(1):1-37.

<https://doi.org/10.16925/2357-6014.2024.01.08>

20. Jung J, Katz R. Explorando el vínculo heterogéneo entre la inversión en banda ancha y la expansión de la cobertura utilizando regresiones cuantilistas incondicionales. *Política de telecomunicaciones.* 2023; 47(9):102623.

<https://doi.org/10.1016/j.telpol.2023.102623>

21. Jung J. Asignó la inversión en compartición y telecomunicaciones en América Latina y el Caribe. *J Regul Econ.* 2019; 56(1):85-103.

<https://doi.org/10.1007/s11149-019-09391-y>

22. Sánchez-Suárez G, Ríos-Bocanegra JC. Transformación digital como política de recuperación postpandemia: Lecciones internacionales y desafíos para Colombia. *Rev Virtual Univ Catol Norte.* 2026;78:379-407. Available from:

<https://revistavirtual.ucn.edu.co/index.php/RevistaUCN/article/view/1882>