

DEL *bit/s* AL PIB

Estudio macroeconómico de las telecomunicaciones como motor
del crecimiento en Costa Rica



MINISTERIO
DE CIENCIA, INNOVACIÓN,
TECNOLOGÍA Y TELECOMUNICACIONES
GOBIERNO DE COSTA RICA



330

Economía

Costa Rica, Ministerio de Ciencia, Innovación, Tecnología y Telecomunicaciones (MICITT).

Del bit/s al PIB: Estudio macroeconómico de las telecomunicaciones como motor del crecimiento en Costa Rica. -San José, C.R.: MICITT, 2026.

ISBN: 978-9930-651-09-4.

1. CONSULTA, INFORMACIÓN Y MATERIAS INTERDISCIPLINARES. 2. INVESTIGACIÓN E INFORMACIÓN. 3. ANÁLISIS DE DATOS.



AUTORÍA

Documento elaborado por:

Rodrigo Corrales-Mejías.

Economista. Magister Scientiae en Política Económica con énfasis en Economía Internacional.

Profesional en Telecomunicaciones, MICITT.

Documento revisado por:

Carla Valverde Barahona.

Economista. Magister in Artibus en Estudios del Desarrollo, con énfasis en Economía del Desarrollo, subénfasis en Análisis Cuantitativo de Políticas Económicas.

Gerente de Análisis Económico y Mercados de Telecomunicaciones, MICITT.

Documento revisado y avalado por:

Elídier Moya Rodríguez.

Ingeniero Informático. Magister en Redes y Telemática.

Director de Evolución y Mercado de Telecomunicaciones, MICITT.

ISBN 978-9968-732-95-6.

Ministerio de Ciencia, Innovación, Tecnología y Telecomunicaciones

San José, Costa Rica, 2026





Siglas y Acrónimos.....	5
Resumen Ejecutivo	6
I. El Nuevo Paradigma Digital	7
1.1 <i>El ecosistema digital en perspectiva</i>	8
1.2 <i>El rol de Telecomunicaciones en el Crecimiento Económico</i>	10
II. Evidencia Global y Regional del Impacto de las Telecomunicaciones.....	13
2.1 <i>Los Pilares Teóricos: Retornos a Escala y Efectos de Saturación</i>	13
III. ¿Cómo medimos la Economía Digital?	22
3.1 <i>El Modelo de Crecimiento Endógeno: La Digitalización como Progreso Tecnológico y Económico</i>	22
3.2 <i>El Modelo Estructural de 4 Ecuaciones: Evitando el Sesgo de Causalidad</i>	27
IV. El Ecosistema Digital de Costa Rica.....	39
V. Resultados Empíricos: El Caso de Costa Rica	47
5.1 <i>Resultados del modelo de crecimiento endógeno para el caso costarricense</i>	47
5.1.1 <i>Principales hallazgos del modelo</i>	51
5.2 <i>Resultados del modelo de cuatro ecuaciones para el caso costarricense</i>	58
5.1.2 <i>Principales hallazgos de las ecuaciones</i>	60
VI. Conclusiones.....	74
VII. Implicaciones para la Política Pública de Telecomunicaciones en Costa Rica.....	77
Bibliografía.....	82
Apéndice: Consideraciones metodológicas para la adaptación y estimación de los modelos econométricos.....	86
A.1 <i>Construcción de los modelos econométricos</i>	87
A.2 <i>Adaptación del modelo estructural al caso costarricense</i>	87
A.3 <i>Construcción del índice ordinal de intensidad competitiva</i>	89
A.4 <i>Utilización del Índice de Asequibilidad del Servicio</i>	89
A.5 <i>Transformaciones econométricas</i>	90
A.6 <i>Consideraciones sobre el tamaño de la muestra</i>	91
A.7 <i>Diagnóstico y validación de los modelos</i>	92
A.8 <i>Anotaciones finales</i>	92
Sobre las personas autoras de este documento	94



Siglas y Acrónimos

3SLS:	Mínimos Cuadrados en Tres Etapas
BAF	Banda Ancha Fija
BCCR	Banco Central de Costa Rica
CAF	Banco de Desarrollo de América Latina y el Caribe (Nombre histórico: Corporación Andina de Fomento)
CAT	Crecimiento de adopción de la tecnología
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y Caribe
CITEL	Comisión Interamericana de Telecomunicaciones
COMTELCA	Comisión Técnica Regional de Telecomunicaciones
CPPC	Costo Promedio Ponderado de Capital
FMI	Fondo Monetario Internacional
FONATEL	Fondo Nacional de Telecomunicaciones
GSMA	Global System for Mobile Communications Association
HHI	Índice de Herfindahl-Hirschman
IAS	Índice de Asequibilidad del Servicio
IBA	Ingresos generados por banda ancha
ICOM	Índice Ordinal de Intensidad Competitiva del Mercado
IDED	Índice de Desarrollo del Ecosistema Digital
IFT	Instituto Federal de Telecomunicaciones
IMT	International Mobile Telecommunications
IoT	Internet de las Cosas (Internet of Things)
ITU	International Telecommunication Union
MICITT	Ministerio de Ciencia, Innovación, Tecnología y Telecomunicaciones
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
OEA	Organización de los Estados Americanos
PA	Penetración de Abonados
PIB	Producto Interno Bruto
PNDT	Plan Nacional del Desarrollo de las Telecomunicaciones
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PIB	Paridad de Poder Adquisitivo
PR	Proporción de población rural
SUR	Seemingly Unrelated Regressions
SUTEL	Superintendencia de Telecomunicaciones
TIC	Tecnologías de Información y Comunicación
UIT	Unión Internacional de Telecomunicaciones
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
WEF	World Economic Forum





Resumen Ejecutivo

Esta investigación analiza el impacto macroeconómico de las telecomunicaciones y el ecosistema digital en el crecimiento de Costa Rica, bajo la premisa de que la conectividad ha dejado de ser un sector aislado para convertirse en la infraestructura esencial de la economía contemporánea.

El estudio emplea dos enfoques econométricos complementarios: un modelo de crecimiento endógeno, que evalúa la digitalización como progreso tecnológico integral, y un modelo estructural de cuatro ecuaciones, que desglosa la interdependencia entre demanda, oferta, inversión y PIB.

Los resultados del modelo de crecimiento endógeno revelan una apropiada robustez estadística, confirmando que una parte importante de las variaciones en el PIB per cápita se explican por la dinámica conjunta de la digitalización y la formación de capital físico.

Se identifica que el desarrollo del ecosistema digital, medido a través del índice de la CAF, actúa como un motor que potencia la eficiencia de los factores productivos tradicionales. Por su parte, el modelo estructural valida la existencia de un círculo virtuoso de retroalimentación positiva: el crecimiento económico coadyuva a impulsar la adopción de banda ancha; esta demanda fortalece los ingresos del sector, permitiendo reinversiones en infraestructura que, finalmente, vuelven a dinamizar la economía nacional.

Se concluye que las telecomunicaciones son un determinante estratégico de la productividad de largo plazo. En consecuencia, se recomienda que la política pública priorice la modernización de redes, la gestión eficiente del espectro y la asequibilidad de los servicios como pilares de la competitividad y la inclusión social en la era digital. **Los resultados no pretenden establecer una relación causal absoluta, sino aportar evidencia empírica para la formulación de política pública.**





I. El Nuevo Paradigma Digital

La historia del desarrollo económico ha estado marcada por grandes revoluciones tecnológicas que han transformado la forma en que las sociedades producen, comercian y se relacionan. La máquina de vapor redefinió la industria; la electricidad permitió la producción masiva; Internet conectó al planeta en tiempo real. Actualmente, el mundo atraviesa una nueva transición estructural: el paradigma digital; donde, en este nuevo escenario, las telecomunicaciones dejaron de ser únicamente un sector económico más, llegando a convertirse en la infraestructura esencial sobre la cual funciona la economía contemporánea.

La conectividad digital constituye actualmente uno de los principales motores de crecimiento económico, innovación y competitividad. Las redes de telecomunicaciones ya no solo transportan información: movilizan productividad, conocimiento, servicios financieros, educación, comercio electrónico, inteligencia artificial y nuevas formas de organización social (OCDE, 2024a). La economía digital se sostiene sobre una premisa fundamental: sin conectividad no existe transformación digital (UIT, 2023).

La relevancia macroeconómica de las telecomunicaciones ha crecido de manera acelerada durante la última década. La expansión de la banda ancha fija y móvil, la masificación de los teléfonos inteligentes, el despliegue de redes 5G y la integración de tecnologías basadas en datos han modificado profundamente los patrones de producción y consumo. Según la OCDE (2024b), las economías modernas dependen cada vez más de una conectividad “[...] *ubicua, de alta calidad y asequible*” como fundamento del crecimiento, la innovación y la inclusión digital.





Este cambio estructural implica que las telecomunicaciones deben entenderse no solamente como un sector de servicios, sino como un habilitador transversal de toda la economía. En términos macroeconómicos, la conectividad genera externalidades positivas que aumentan la productividad agregada, reducen costos de transacción, aceleran la difusión del conocimiento y facilitan la innovación empresarial (Magoutas et al., 2024). Las redes digitales funcionan, en esencia, como las carreteras de la economía del siglo XXI.

1.1 El ecosistema digital en perspectiva

Diversos estudios recientes han demostrado la relación directa entre infraestructura digital y crecimiento económico. Clercq et al. (2023), concluyen que la expansión de cobertura de banda ancha de alta velocidad genera aumentos significativos en el crecimiento económico regional, especialmente en zonas rurales y periféricas. Los autores señalan además que cerrar las brechas digitales produce beneficios agregados para toda la economía, esto según la evidencia empírica utilizada en su estudio.

De manera similar, Magoutas et al. (2024), identifican una correlación positiva y robusta entre el avance de las tecnologías de información y comunicación (TIC) y el crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB) en países de la Unión Europea. Los autores sostienen que las inversiones en infraestructura digital incrementan la eficiencia productiva, fortalecen la competitividad y facilitan procesos de innovación empresarial.





La evidencia internacional también señala que la digitalización modifica profundamente las dinámicas de innovación. Liang et al. (2024), señalan que las ciudades mejor conectadas presentan mayores niveles de actividad tecnológica y patentamiento, incluso después de controlar variables como tamaño poblacional o ingreso, por lo que en su investigación se demuestra que las redes digitales no solo facilitan comunicación, sino que también potencian ecosistemas de conocimiento e innovación.

En este contexto, según OCDE (2024b), la conectividad adquiere entonces un carácter emancipador al lograr que, acciones como el acceso a internet, permite a las personas integrarse a mercados laborales digitales, acceder a educación en línea, desarrollar emprendimientos, participar en redes globales de conocimiento y ejercer nuevos derechos ciudadanos, ampliando así el horizonte de posibilidades productivas en una nueva era donde la transformación digital no es únicamente tecnológica, sino que es también social y económica.

La democratización del acceso a las tecnologías digitales ha reducido barreras históricas relacionadas con geografía, escala y acceso a información (OCDE, 2024b). Un pequeño emprendimiento en una zona rural puede hoy comercializar productos internacionalmente mediante plataformas digitales; una persona estudiante puede acceder a cursos impartidos por universidades extranjeras; una pyme puede utilizar inteligencia artificial y servicios en la nube antes reservados para grandes corporaciones; mostrando así que las telecomunicaciones han ampliado las capacidades económicas de millones de personas alrededor del mundo, por lo que resulta difícil no pensar en un posible impacto sobre nuestras economías.





La pandemia de COVID-19 evidenció con claridad esta nueva realidad. Durante los confinamientos globales, las redes de telecomunicaciones sostuvieron el funcionamiento de las economías mediante teletrabajo, educación virtual, comercio electrónico y servicios digitales. La conectividad dejó de percibirse como un lujo tecnológico y pasó a considerarse infraestructura crítica para la continuidad económica y social.

La aceleración digital posterior a la pandemia consolidó además nuevas tendencias tecnológicas. La GSMA (2026) reportó que en 2025 que las conexiones 5G alcanzaron aproximadamente 1,6 mil millones a nivel mundial y proyecta que superarán los 5,5 mil millones hacia 2030. Asimismo, se estima una expansión masiva del internet de las cosas (IoT), particularmente en sectores industriales, manufactura inteligente y edificios conectados (GSMA, 2026).

Estas transformaciones tecnológicas están reconfigurando los modelos productivos globales. La digitalización ya no se limita al sector tecnológico: permea agricultura, manufactura, comercio, salud, transporte y servicios financieros. La convergencia entre telecomunicaciones, inteligencia artificial, computación en la nube y análisis de datos está impulsando una nueva fase de crecimiento económico basada en información y conectividad.

1.2 El rol de Telecomunicaciones en el Crecimiento Económico

La OCDE ha señalado que las redes de nueva generación constituyen la base del ecosistema digital contemporáneo y representan un componente estratégico para





la competitividad futura de los países (OCDE, 2024a). Esta afirmación adquiere especial relevancia para economías pequeñas y abiertas como Costa Rica, donde la capacidad de insertarse en cadenas globales de valor depende crecientemente de la calidad de su infraestructura digital.

En el caso costarricense, las telecomunicaciones han tenido un papel determinante en la modernización económica de las últimas décadas. La apertura del mercado, la expansión de la banda ancha móvil, el crecimiento de la fibra óptica y la creciente digitalización de servicios públicos y privados han contribuido a transformar la estructura productiva nacional (Corrales et al., 2024). Sectores intensivos en conocimiento, como servicios empresariales, tecnologías digitales y economía colaborativa, dependen directamente de la existencia de redes robustas y confiables.

Costa Rica enfrenta, sin embargo, importantes desafíos estructurales. Persisten brechas territoriales en acceso y calidad de conectividad, desigualdades en habilidades digitales y limitaciones de infraestructura en determinadas regiones. El nuevo paradigma digital genera oportunidades extraordinarias, pero también riesgos de exclusión para quienes permanezcan desconectados.

En consecuencia, la discusión sobre telecomunicaciones trasciende el ámbito tecnológico y se convierte en una discusión sobre desarrollo económico, productividad, competitividad e inclusión social. La conectividad es hoy una condición necesaria para participar plenamente en la economía moderna.

Esta investigación parte precisamente de esa premisa: las telecomunicaciones constituyen uno de los principales determinantes del crecimiento económico





contemporáneo. Es de ahí que el objetivo del presente estudio es analizar el impacto macroeconómico de las telecomunicaciones sobre el PIB de Costa Rica, por medio de variables e indicadores que incidan directamente en el crecimiento económico de este nuevo paradigma digital.

El nuevo paradigma digital redefine la manera en que las sociedades crean valor. En esta nueva economía, la información fluye como un recurso estratégico, las redes digitales funcionan como plataformas de innovación y las telecomunicaciones se consolidan como uno de los pilares fundamentales del desarrollo nacional en el siglo XXI.





II. Evidencia Global y Regional del Impacto de las Telecomunicaciones

Durante décadas, la relación entre tecnología y riqueza fue una hipótesis aceptada pero difícil de cuantificar con precisión. El punto de inflexión fundamental ocurrió en septiembre de 2018, cuando la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) publicó un estudio mundial sin precedentes que proporcionó las primeras pruebas econométricas sólidas sobre cómo la banda ancha, la digitalización y la regulación actúan como motores reales del PIB (Katz & Callorda, 2020).

Este capítulo explora los hallazgos previos que sirven de cimiento para la presente investigación, analizando por qué el impacto de las telecomunicaciones no es uniforme y cómo varía drásticamente según la madurez económica de cada nación.

2.1 Los Pilares Teóricos: Retornos a Escala y Efectos de Saturación

La investigación global ha permitido identificar dos fenómenos contrapuestos que rigen la economía digital y que son cruciales para entender el contexto costarricense. Estos fenómenos responden al retorno a escala en la banda ancha fija y el efecto de saturación en la banda ancha móvil. Para ambos fenómenos, la evidencia internacional muestra que tienen una vinculación directa sobre el PIB de las economías, por lo que se está haciendo cada vez más necesario estudiar su impacto macroeconómico real.





En cuanto al **retorno a escala en la banda ancha fija**, según Katz & Callorda (2020), es una teoría que postula que el impacto económico de la infraestructura fija no es lineal, sino que se incrementa de forma exponencial conforme la tecnología se masifica en la población. Los datos estimados por Katz & Callorda (2020), confirman que los beneficios son mayores en las economías avanzadas: mientras que en países de ingresos altos un aumento del 10 % en la penetración impulsa el PIB en un 1,4 %, en economías de ingresos medios ese impacto es de 0,5 %, y en países de ingresos bajos el coeficiente ni siquiera llega a ser estadísticamente significativo.

La lógica de los retornos crecientes en banda ancha fija se relaciona con el carácter transversal de las telecomunicaciones como tecnología de propósito general. Conforme aumenta su adopción, se generan efectos multiplicadores sobre productividad, innovación, comercio electrónico, automatización y digitalización empresarial, amplificando progresivamente el impacto macroeconómico de la infraestructura digital (Edquist, 2023). Es en este sentido entonces, que se puede deducir que la infraestructura por sí sola, no es la encargada de generar crecimiento automáticamente, sino que necesita coexistir con otras variables que alimentan el ecosistema digital, tal y como se muestra en la Figura 1.



Figura 1. Variables del Ecosistema Digital Relacionadas con el Crecimiento Económico



Fuente: Elaboración propia con base en Katz & Callorda (2020) y Edquist (2023).

Los resultados diferenciados entre economías avanzadas y países en desarrollo sugieren que la infraestructura digital no actúa de manera aislada, sino en interacción con un conjunto de capacidades complementarias. Las economías de ingresos altos poseen mayores niveles de recurso humano, sofisticación empresarial y adopción tecnológica, lo que les permite capturar de forma más eficiente los beneficios derivados de la conectividad (Edquist, 2023; Tang & Zhao, 2023).





El comportamiento no lineal descrito por Katz & Callorda (2020), responde también a las economías de red inherentes a las telecomunicaciones. El valor económico de la conectividad¹ aumenta conforme más usuarios participan del ecosistema digital, generando externalidades positivas que potencian la eficiencia agregada y la creación de nuevos modelos de negocio.

La evidencia sugiere que la mera expansión del acceso no garantiza automáticamente impactos significativos sobre el crecimiento económico. Los beneficios macroeconómicos dependen en gran medida del uso productivo de la conectividad, particularmente en actividades intensivas en conocimiento, innovación y digitalización empresarial (Duso et al., 2025).

Desde esta perspectiva, reducir las brechas digitales no constituye únicamente un objetivo de inclusión social, sino también una estrategia de crecimiento económico. Las diferencias en calidad, velocidad y adopción de banda ancha pueden traducirse en divergencias estructurales de productividad entre regiones, sectores y grupos poblacionales (Mack & Rey, 2023).

La teoría de retornos crecientes plantea además la existencia de umbrales de adopción tecnológica. Una vez alcanzada cierta masa crítica de usuarios conectados, las dinámicas de digitalización tienden a acelerarse mediante procesos acumulativos de innovación, inversión y transformación productiva (Yang & Zhang, 2025).

¹ Por valor económico se entiende el valor generado por la conectividad para los usuarios y la economía en su conjunto, y no el precio pagado por el servicio.





Por otra parte, en un contraste interesante, la tecnología móvil muestra su mayor potencial transformador en las naciones emergentes, lo cual viene explicado por el **efecto de saturación en la banda ancha móvil**. En países donde la infraestructura fija es deficiente, el móvil se convierte en la principal (y a veces única), puerta de acceso a la economía digital (Katz & Callorda, 2020). Por ello, mientras que en países desarrollados su impacto marginal es casi nulo, en países de ingresos bajos un incremento del 10 % en la penetración móvil puede elevar el PIB hasta en un 2 %, evidenciando la existencia de rendimientos diferenciados según el nivel de desarrollo tecnológico y económico de cada país. (Katz & Callorda, 2020).

Un avance significativo de las investigaciones recientes es el paso de medir únicamente la conectividad a evaluar la digitalización integral del ecosistema. Este enfoque, que utiliza el Índice de desarrollo del ecosistema digital (IDED) del Banco de Desarrollo de América Latina y el Caribe (CAF), revela que la tecnología no solo aumenta la riqueza agregada, sino que transforma la eficiencia estructural de los países (Katz & Callorda, 2020). Según la evidencia acumulada por Katz & Callorda (2020), un aumento del 10 % en este índice de digitalización impulsa la productividad laboral en un 2,6 % y la productividad total de los factores en un 2,3 % a nivel mundial.

Por otra parte, en un contraste interesante, la tecnología móvil muestra su mayor potencial transformador en las naciones emergentes, fenómeno que puede explicarse tanto por el efecto de saturación en economías avanzadas como por la capacidad del móvil para actuar como mecanismo de inclusión digital en contextos de infraestructura limitada. En países donde la infraestructura fija es insuficiente,





la banda ancha móvil se convierte en la principal (y en muchos casos única) puerta de acceso a la economía digital (Katz & Callorda, 2020).

Este fenómeno responde parcialmente a procesos de “salto tecnológico” (*technological leapfrogging*), mediante los cuales economías en desarrollo logran incorporarse aceleradamente a dinámicas digitales sin haber consolidado previamente redes fijas tradicionales (World Bank, 2024). Debido a los menores costos de despliegue y mayor flexibilidad territorial de las redes móviles, estas tecnologías permiten expandir conectividad, servicios digitales y acceso a mercados incluso en regiones históricamente excluidas (Bukht & Heeks, 2023).

Un avance significativo en la literatura reciente ha sido el tránsito desde indicadores centrados exclusivamente en conectividad hacia métricas integrales de digitalización. En este contexto, IDED desarrollado por CAF permite evaluar la articulación entre infraestructura, adopción tecnológica, innovación, recurso humano y entorno institucional. Este enfoque revela que las tecnologías digitales no solo incrementan la riqueza agregada, sino que transforman estructuralmente la eficiencia económica de los países (Katz & Callorda, 2020).

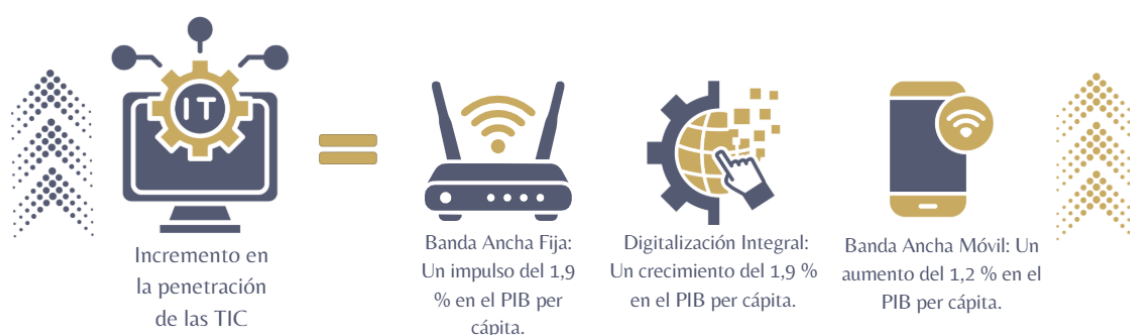
Según la evidencia acumulada por Katz & Callorda (2020), un incremento del 10 % en el nivel de digitalización genera aumentos aproximados del 2,6 % en la productividad laboral y del 2,3 % en la productividad total de los factores a nivel global. Estos resultados sugieren que la digitalización actúa como un mecanismo de optimización sistémica capaz de mejorar la asignación de recursos, acelerar la difusión del conocimiento y fortalecer las capacidades de innovación de las economías; aspectos los cuales en términos macro, terminan repercutiendo sobre el crecimiento económico.



2.2 Geografía del Impacto: Resultados Específicos para América

Al aplicar estos modelos al continente americano, los resultados ofrecen una referencia directa para Costa Rica. El estudio regional para América de Katz & Callorda (2020), determinó que un incremento del 10 % en la penetración de las TIC genera retornos económicos importantes como los que se resumen en la Figura 2:

Figura 2. América: Retornos Económicos producto del Incremento en la Penetración de las TIC



Fuente: Elaboración propia con base en Katz & Callorda (2020).

Estos datos sugieren que, en América, la banda ancha fija y la digitalización profunda de los procesos productivos ofrecen un retorno económico superior al de la conectividad móvil básica (Katz & Callorda, 2020).

La validez de estos modelos se ha comprobado mediante el análisis de Katz & Callorda (2020), en países con estructuras comparables a la costarricense, tal y como se muestra en el Cuadro 1:





Cuadro 1. Efectos del Ecosistema Digital en el Crecimiento Económico

Panamá	Entre 2000 y 2010, se estimó que la banda ancha fija contribuyó anualmente con un 0,45 % al crecimiento del PIB por cada 10 % de aumento en penetración. Su mayor impacto comparado con otros vecinos validó la tesis del retorno a escala: Panamá aprovechó mejor la tecnología porque ya contaba con una penetración base superior (7,8 %).
Chile	Utilizando datos trimestrales por región administrativa, se demostró que la banda ancha es un motor estadísticamente significativo, donde cada aumento del 10 % en la adopción tecnológica se tradujo en un incremento de 0,09 puntos porcentuales en el PIB regional.
Colombia	Un estudio inicial (2006-2010) mostró un impacto de 0,037 % en el PIB, una cifra modesta que subrayó la necesidad de alcanzar una "masa crítica" de usuarios para que los beneficios macroeconómicos se vuelvan realmente potentes.
Ecuador y el Caribe	En Ecuador, el impacto anual medio se situó en el 0,52 %, mientras que, en los estados del Caribe, un aumento del 10 % en la tasa de penetración resultó en un incremento del 0,76 % en el crecimiento económico real.

Fuente: Elaboración propia con base en Katz & Callorda (2020).

Finalmente, la evidencia regional advierte que la infraestructura por sí sola no garantiza el crecimiento económico como se ha mencionado a lo largo de este apartado. El modelo para América de Katz & Callorda (2020), revela que la asequibilidad es el principal impulsor de la demanda: una caída del 10 % en los precios de los servicios digitales impulsa la adopción en más de un 3,0 %. Asimismo, variables como la formación bruta de capital fijo y la educación actúan





como catalizadores esenciales; sin inversión física y recurso humano capacitado, el impulso digital pierde su fuerza motriz (Katz & Callorda, 2020; OCDE, 2024a).

La evidencia global y regional es clara: Costa Rica se encuentra en un escenario donde la digitalización no es un lujo, sino una necesidad económica mensurable. Los datos demuestran que el camino hacia la prosperidad nacional requiere superar umbrales mínimos de penetración y asegurar que la tecnología sea asequible y esté integrada en el tejido productivo. Con estos cimientos, en los siguientes capítulos se adentrará en la arquitectura técnica de los modelos que permiten transformar estos bits en bienestar económico.





III. ¿Cómo medimos la Economía Digital?

Para comprender la magnitud del impacto de las TIC en una nación, no basta con observar datos aislados; es necesario aplicar modelos econométricos que permitan aislar el efecto real de la digitalización de otros factores como la inversión física o la inercia económica. Basándonos en la metodología de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) y la CAF, este estudio emplea dos enfoques complementarios: el modelo de crecimiento endógeno y el modelo estructural de ecuaciones simultáneas.

3.1 El Modelo de Crecimiento Endógeno: La Digitalización como Progreso Tecnológico y Económico

El primer enfoque metodológico se fundamenta en la teoría del crecimiento endógeno, la cual sostiene que el crecimiento económico a largo plazo no depende solo de acumular máquinas o personas, sino principalmente del progreso tecnológico (Katz & Callorda, 2020).

En este modelo, la digitalización no se mide solo con despliegue de infraestructura, sino como un ecosistema integral. Para ello, se utiliza el IDED de la CAF, una variable holística que subsume las TIC dentro de un conjunto mayor de componentes. Este índice es multidimensional e incluye pilares como la infraestructura, la digitalización de los hogares, la digitalización de la producción, las industrias digitales y el recurso humano.



El modelo plantea una función donde el nivel de riqueza de un país (medido a través del PIB per cápita Y_i como variable proxy) es el resultado de la interacción de cuatro factores clave, según se resumen en el Cuadro 2 siguiente:

Cuadro 2. Factores Clave del Crecimiento Económico en la Economía Digital

Variable	Símbolo	Detalle
Inercia Económica (PIB anterior)	Y_{t-1}	Reconoce que la riqueza de un año está fuertemente determinada por el desempeño del año previo.
Stock de Capital	K_i	Medido a través de la formación bruta de capital fijo (maquinaria, edificios, infraestructura no TIC).
Calidad de la Mano de Obra	$Educ_i$	Aproximada mediante la tasa de matrícula en educación superior.
Progreso Tecnológico (IDED)	$IDED_i$	Estimado mediante el IDED, representa el factor que busca comprobar si potencia a los demás y genera el crecimiento neto.

Fuente: Elaboración propia con base en Katz & Callorda (2020).

La utilización de estas variables responde directamente a los postulados centrales de la teoría del crecimiento endógeno, la cual plantea que el crecimiento económico sostenido no es un fenómeno exógeno ni automático, sino el resultado de procesos internos de acumulación de conocimiento, innovación tecnológica y mejora de la productividad (Chang et al., 2024). A diferencia de los modelos neoclásicos tradicionales, donde el progreso tecnológico aparece como un elemento externo al sistema económico, el enfoque endógeno considera que la tecnología puede ser generada, difundida y acumulada mediante decisiones de inversión, educación, innovación y digitalización (Chang et al., 2024; Katz & Callorda, 2020).





Bajo esta perspectiva, las variables incluidas en el modelo buscan capturar los principales mecanismos mediante los cuales una economía incrementa su capacidad productiva en el largo plazo.

La inclusión del PIB per cápita rezagado (Y_{t-1}) responde a la existencia de dinámicas acumulativas en el crecimiento económico. Las economías no parten de cero cada año; el nivel de producción actual depende fuertemente de las capacidades productivas, infraestructura, instituciones y niveles de productividad heredados del período anterior.

Desde el enfoque endógeno, el crecimiento presenta características de persistencia e histéresis económica, donde las ventajas acumuladas en capital, tecnología y productividad tienden a reproducirse en el tiempo (Chang et al., 2024). Por ello, el PIB per cápita rezagado permite capturar la inercia estructural de la economía y los efectos acumulativos del desarrollo previo. Además, su inclusión en términos econométricos resulta importante porque coadyuva a controlar la trayectoria histórica, evita la sobreestimación de otras variables y aparte, captura la dinámica temporal del crecimiento.

La **formación bruta de capital fijo (K_t)** se incorpora debido a que la teoría del crecimiento endógeno reconoce que la inversión en infraestructura, maquinaria, edificaciones y activos productivos amplía la capacidad de producción de la economía y facilita la incorporación de nuevas tecnologías.

En el contexto de la economía digital, el capital físico continúa siendo relevante debido a las complementariedades existentes entre infraestructura tradicional y tecnologías digitales. La digitalización requiere redes eléctricas, centros de datos,





infraestructura logística, dispositivos y capacidades físicas que permitan materializar los beneficios tecnológicos en productividad efectiva (Cammeraat et al., 2021).

La tasa de matrícula en educación superior ($Educ_i$) funciona como una aproximación a la calidad del recurso humano de la economía. La teoría del crecimiento endógeno sostiene que la educación incrementa la capacidad de absorción tecnológica, innovación y generación de conocimiento, permitiendo que las personas trabajadoras utilicen de manera más eficiente las nuevas tecnologías y contribuyan al aumento sostenido de la productividad (Chang et al., 2024).

En economías digitalizadas, el recurso humano adquiere una relevancia aún mayor, dado que las tecnologías digitales requieren habilidades cognitivas, capacidades técnicas y competencias de adaptación que condicionan la capacidad de las economías para aprovechar plenamente los beneficios de la transformación tecnológica (Salim et al., 2024).

La incorporación del Índice de Desarrollo del Ecosistema Digital ($IDED_i$) representa un avance metodológico relevante respecto a modelos tradicionales centrados únicamente en indicadores de conectividad. Desde la teoría del crecimiento endógeno, el progreso tecnológico no se limita a la existencia de infraestructura, sino que depende de la capacidad sistémica de las economías para generar, adoptar, difundir y aprovechar tecnologías digitales.

El IDED permite capturar esta complejidad al integrar dimensiones relacionadas con infraestructura digital, adopción tecnológica en hogares y empresas, desarrollo de industrias digitales y disponibilidad de recurso humano capacitado.





De esta manera, el índice refleja de forma más precisa el ecosistema de innovación y digitalización que impulsa la productividad agregada (Katz & Callorda, 2020).

Bajo el enfoque endógeno, el progreso tecnológico actúa como un factor multiplicador que potencia la eficiencia del capital físico y humano. Por ello, el IDED no solo representa un indicador tecnológico, sino una variable estructural capaz de amplificar los retornos de los demás factores productivos mediante externalidades de conocimiento, innovación y conectividad (Katz & Callorda, 2020).

Un elemento fundamental del enfoque endógeno es la existencia de complementariedades entre factores productivos. La digitalización genera mayores impactos económicos cuando interactúa con niveles adecuados de capital físico, educación y capacidad institucional. Por ello, el modelo no interpreta el progreso tecnológico como un componente independiente, sino como un mecanismo transversal que amplifica la productividad del resto de los factores de producción (Chang et al., 2024; Katz & Callorda, 2020).

En conjunto, estas variables permiten aproximar los determinantes estructurales de la productividad total de los factores, considerada uno de los principales motores del crecimiento económico de largo plazo. Desde esta perspectiva, el modelo busca identificar si la digitalización a través de las TIC constituye un catalizador capaz de transformar la eficiencia sistémica de la economía costarricense y potenciar la generación de riqueza más allá de la simple acumulación de insumos productivos.





3.2 El Modelo Estructural de 4 Ecuaciones: Evitando el Sesgo de Causalidad

Con el propósito de complementar la evidencia obtenida mediante el modelo de crecimiento endógeno, la presente investigación incorpora una segunda estrategia econométrica basada en el modelo estructural de cuatro ecuaciones desarrollado por Katz & Callorda (2020). Mientras que el primer enfoque permite estimar el efecto agregado del desarrollo del ecosistema digital sobre el crecimiento económico, el modelo estructural busca identificar el mecanismo mediante el cual la expansión de la infraestructura de banda ancha incide sobre la actividad económica. Para ello, considera explícitamente la existencia de relaciones simultáneas entre la demanda de servicios de telecomunicaciones, los ingresos del sector, la inversión en infraestructura y el crecimiento económico, evitando interpretar como causal una relación que, por su naturaleza, es bidireccional.

La incorporación de este segundo enfoque responde a una consideración metodológica ampliamente reconocida en la literatura económica. La expansión de la banda ancha no constituye una variable estrictamente exógena, sino que evoluciona conjuntamente con otros determinantes del desarrollo económico, como la acumulación de capital, el capital humano y el nivel de ingreso de los hogares (Chang et al., 2024; Katz & Callorda, 2020). En consecuencia, la estimación mediante una única ecuación puede enfrentar dificultades para aislar el efecto marginal de las telecomunicaciones, debido a la presencia de endogeneidad y de una elevada complementariedad entre los factores productivos. El sistema de ecuaciones simultáneas propuesto por Katz & Callorda (2020) fue diseñado precisamente para abordar esta problemática, al modelar explícitamente las





relaciones de retroalimentación existentes entre las principales variables del sector.

No obstante, resulta necesario señalar que la aplicación de este modelo al caso costarricense presenta desafíos derivados de la disponibilidad de información estadística. A diferencia del estudio original, estimado sobre una amplia base de datos de panel para numerosos países y varios años, la presente investigación se desarrolla a partir de una serie temporal correspondiente exclusivamente a Costa Rica, cuya extensión está limitada por la disponibilidad histórica de los indicadores utilizados. Esta restricción implica una reducción en los grados de libertad y aumenta la probabilidad de encontrar fenómenos como multicolinealidad, menor precisión en la estimación de algunos parámetros o una menor significancia estadística individual de determinadas variables explicativas. Tales situaciones no necesariamente reflejan la inexistencia de relaciones económicas, sino las limitaciones inherentes al tamaño de la muestra y a la evolución conjunta de las variables macroeconómicas dentro de una misma economía².

Pese a estas limitaciones, la estimación del modelo estructural conserva valor analítico. En primer lugar, permite contrastar si el mecanismo causal planteado por Katz & Callorda (2020) también se observa en una economía pequeña y abierta como Costa Rica. En segundo lugar, posibilita evaluar la consistencia de los signos esperados y la dirección de las relaciones económicas propuestas por la teoría, aun cuando la precisión estadística pueda verse afectada por el tamaño muestral. Finalmente, la utilización de un segundo enfoque metodológico permite fortalecer

² Para un detalle más amplio de las condiciones estadísticas de los modelos aplicados, ver el apéndice metodológico al final de este documento.





la robustez de la investigación mediante una estrategia de triangulación empírica, en la cual distintas especificaciones econométricas permiten examinar una misma hipótesis desde perspectivas complementarias. De esta manera, la evidencia obtenida no depende exclusivamente de un único modelo de estimación, sino de la convergencia de resultados provenientes de metodologías con fundamentos teóricos diferentes, incrementando así la solidez de las conclusiones alcanzadas.

Resulta meritorio acotar que, este estudio no pretende reproducir mecánicamente los resultados cuantitativos obtenidos por Katz & Callorda (2020), ya que las diferencias en el ámbito geográfico, el horizonte temporal y la disponibilidad de información hacen que ambos ejercicios econométricos no sean estrictamente comparables. El objetivo consiste, más bien, en adaptar el marco analítico propuesto por dichos autores al contexto costarricense para evaluar si los mecanismos económicos identificados en estudios internacionales también encuentran respaldo empírico en una economía con características estructurales distintas.

En este sentido, el interés principal no radica únicamente en la magnitud o significancia estadística de cada coeficiente individual, sino en determinar si el comportamiento conjunto de las variables reproduce la lógica económica planteada por la teoría y por la evidencia internacional. Bajo esta perspectiva, el modelo estructural constituye una herramienta para fortalecer la interpretación de los resultados y aportar evidencia adicional sobre el papel de las telecomunicaciones como factor impulsor del crecimiento económico en Costa Rica.





Mientras que el modelo anterior mide la digitalización total, el modelo estructural planteado por Katz & Callorda (2020), se utiliza para analizar específicamente el impacto de la banda ancha tanto fija como móvil. Su ventaja es que reconoce que la tecnología y la economía se afectan mutuamente en un círculo virtuoso, por lo que utiliza cuatro ecuaciones simultáneas para evitar errores de interpretación.

Este modelo estructural de cuatro ecuaciones es una herramienta econométrica diseñada para capturar la interdependencia entre el despliegue de las telecomunicaciones y el crecimiento económico, evitando sesgos de causalidad simple.

El modelo estructural de cuatro ecuaciones representa un avance metodológico importante respecto a modelos lineales tradicionales debido a que reconoce la existencia de relaciones bidireccionales entre telecomunicaciones y crecimiento económico. En otras palabras, el modelo parte del supuesto de que la banda ancha no solo impulsa el crecimiento económico, sino que el propio crecimiento económico también estimula la expansión y adopción de las telecomunicaciones.

Este problema, conocido en econometría como endogeneidad o causalidad simultánea, puede generar sesgos importantes en las estimaciones si se analiza la relación mediante una sola ecuación. Por ejemplo, una economía con mayor PIB puede invertir más en infraestructura digital, mientras que simultáneamente esa infraestructura contribuye a aumentar el PIB. Por ello, este modelo estructural busca precisamente aislar estos mecanismos mediante ecuaciones interrelacionadas que representan distintos componentes del ecosistema económico-digital.





Desde esta perspectiva, cada ecuación responde a una lógica económica específica y utiliza variables que capturan comportamientos diferenciados de consumidores, empresas y dinámica macroeconómica. En el cuadro 3, se expone la estructura de cada una de las ecuaciones en cuestión:



Cuadro 3. Ecuaciones del Modelo Estructural

Ecuación 1: Función de Producción Agregada (Impacto Económico)		
Variable Dependiente	Variables Independientes	Detalles
PIB Per Capita Y_i	Penetración de la banda ancha (fija y móvil) BA_i Formación Bruta de Capital K_i Nivel Educativo $NEduc_i$	Es la ecuación principal y su objetivo es medir cuánto contribuye las TIC a la riqueza del país.
Ecuación 2: Función de Demanda (Adopción del Usuario)		
Variable Dependiente	Variables Independientes	Detalles
Penetración de Abonados PA_i	Ingresos de la población PIB Per Cápita Y_i Precio de la Banda Ancha P_i Proporción de población rural PR_i Índice ordinal de intensidad competitiva del mercado $ICOM_i$	Esta ecuación analiza qué factores impulsan a los ciudadanos a contratar servicios de internet.
Ecuación 3: Función de Oferta (Ingresos del Sector)		
Variable Dependiente	Variables Independientes	Detalles
Ingresos generados por banda ancha IBA_i	Capacidad Económica PIB_i Índice de Asequibilidad del Servicio IAS_i Índice ordinal de intensidad competitiva del mercado $ICOM_i$	Esta parte del modelo estudia el comportamiento financiero de las empresas operadoras.
Ecuación 4: Función de Producción de Red (Reinversión y Crecimiento)		
Variable Dependiente	Variables Independientes	Detalles
Crecimiento de adopción de la tecnología CAT_i	Ingresos de la banda ancha IBA_i	Cierra el ciclo analizando cómo el éxito financiero del sector permite que la tecnología siga expandiéndose.

Fuente: Elaboración propia con base en Katz & Callorda (2020).





La primera ecuación presenta la **función de Producción Agregada** y busca estimar el efecto de la banda ancha sobre el crecimiento económico. Su estructura se fundamenta en la teoría de producción agregada y en los postulados del crecimiento endógeno, donde las telecomunicaciones actúan como un factor que incrementa la productividad general de la economía (Katz & Callorda, 2020). La utilización del PIB como variable dependiente responde a que este indicador constituye la principal medida agregada de generación de riqueza y actividad económica. A su vez, la penetración de banda ancha fija y móvil se incorpora como proxy del nivel de conectividad digital de la economía.

La inclusión de la penetración de banda ancha como variable explicativa se justifica debido a que las telecomunicaciones generan externalidades positivas sobre múltiples sectores productivos. La conectividad reduce costos de transacción, facilita la difusión del conocimiento, mejora la coordinación empresarial y acelera procesos de innovación, factores que impactan directamente sobre la productividad agregada y el crecimiento del PIB (Gruber et al., 2014; Katz & Callorda, 2020).

Para efectos del modelo, la penetración de banda ancha se incorpora como una variable agregada que recoge conjuntamente los efectos asociados a la conectividad fija y móvil. Si bien ambas tecnologías presentan dinámicas económicas diferenciadas (la banda fija suele asociarse en mayor medida con la productividad empresarial y capacidades intensivas en datos, mientras que la móvil presenta mayores efectos de inclusión y expansión del acceso), su





incorporación conjunta permite capturar el efecto general de la expansión de la conectividad de banda ancha sobre la actividad económica.

La segunda ecuación presenta la **Función de Demanda**, la cual busca explicar qué factores determinan la contratación y uso de servicios de banda ancha por parte de la población. Aquí las variables utilizadas responden a fundamentos microeconómicos de demanda tales como precio, ingreso, localización geográfica y accesibilidad (Katz & Callorda, 2020).

La incorporación de los precios de los servicios responde a la teoría clásica de demanda, según la cual existe una relación inversa entre precio y cantidad demandada. En el caso de las telecomunicaciones, la asequibilidad constituye uno de los principales determinantes de adopción, particularmente en economías emergentes y sectores de menores ingresos (UIT, 2023).

Por su parte, el ingreso per cápita se incorpora debido a que los servicios digitales presentan características de bienes normales e incluso superiores, donde una mayor capacidad adquisitiva incrementa la probabilidad de contratación y uso intensivo de conectividad (Katz & Callorda, 2020).

La inclusión de la población rural permite capturar las limitaciones territoriales de acceso y las brechas estructurales de conectividad. Las zonas rurales suelen presentar menores niveles de cobertura, mayores costos de despliegue y menor densidad poblacional, factores que afectan negativamente la adopción de banda ancha (UIT, 2023).

La tercera ecuación presenta la **Función de Oferta**, la cual modela el funcionamiento económico del sector telecomunicaciones desde la perspectiva





empresarial. La función de oferta analiza los determinantes de los ingresos del sector telecomunicaciones, partiendo del supuesto de que las empresas operadoras toman decisiones de inversión y expansión de red en función de la rentabilidad esperada del mercado (Katz & Callorda, 2020).

Según Katz & Callorda (2020), economías con mayores niveles de ingreso generan una mayor demanda potencial de servicios digitales, mayor consumo de datos y mayor disposición de pago, lo que incrementa los ingresos de las empresas operadoras. En esta misma línea, los precios de los servicios afectan simultáneamente el volumen de demanda y los ingresos promedio por usuario, constituyendo un componente central en la sostenibilidad financiera del sector.

No obstante, con respecto a lo anterior, es importante acotar que, en la adaptación del modelo estructural al caso costarricense, la variable original de precio del servicio de banda ancha fue sustituida por el Índice de Asequibilidad de la Canasta Básica de Datos, obtenido del GSMA Mobile Connectivity Index (2025). Esta decisión responde a que dicho indicador constituye una medida más integral del acceso económico a los servicios de Internet móvil, al considerar el costo de una canasta básica de datos en relación con la capacidad adquisitiva de la población.

En contraste con el modelo original de Katz & Callorda (2020), donde un mayor precio desincentiva la adopción de la banda ancha y, por tanto, se espera un coeficiente negativo, el índice utilizado en esta investigación presenta una interpretación inversa: valores más elevados reflejan una mayor asequibilidad del servicio. En consecuencia, el signo esperado del coeficiente asociado a esta variable pasa a ser positivo, puesto que una mayor asequibilidad reduce las barreras económicas de acceso y favorece una mayor adopción de los servicios de





telecomunicaciones, manteniendo la coherencia económica con la lógica planteada por el modelo original.

Por otra parte, la inclusión del Índice Herfindahl-Hirschman (HHI) (también incluido en la función de demanda), permite capturar el grado de concentración del mercado y sus efectos sobre competencia e incentivos de inversión. Mercados excesivamente concentrados pueden reducir incentivos competitivos y limitar innovación, mientras que niveles adecuados de competencia tienden a estimular expansión de cobertura, mejoras de calidad y reducción de precios (Röller & Waverman, 2001; Katz & Callorda, 2020; OCDE, 2024a).

De manera similar al caso anterior, esta variable de competencia del mercado, originalmente representada mediante el Índice Herfindahl-Hirschman, también fue adaptada a las condiciones particulares del mercado costarricense debido a la inexistencia de una serie histórica homogénea para todo el período de estudio. En su lugar, se construyó un Índice Ordinal de Intensidad Competitiva del Mercado (ICOM), el cual aproxima la evolución del entorno competitivo a partir de los principales hitos asociados al proceso de apertura y consolidación de la competencia en el mercado costarricense³. Este índice asigna el valor 0 al período de monopolio previo a la apertura del mercado, 1 a la etapa inicial de apertura e ingreso de nuevos operadores, 2 al período de consolidación de la competencia y

³ La construcción del Índice Ordinal de Intensidad Competitiva del Mercado se fundamenta tanto en la evolución histórica del mercado de telecomunicaciones costarricense como en evidencia empírica reciente. Además del análisis de los principales hitos regulatorios y del proceso de apertura del mercado, se contó con información suficiente para calcular el Índice Herfindahl-Hirschman (HHI) para el período 2020-2025, lo que permitió contrastar los niveles recientes de concentración y utilizarlos como referencia para definir los distintos grados de intensidad competitiva representados por el índice ordinal empleado en esta investigación.





3 a una fase de competencia madura, caracterizada por una mayor rivalidad entre operadores y una estructura de mercado más consolidada.

Aunque esta variable no constituye una medida continua de concentración como el HHI, permite capturar de forma consistente la transformación institucional del mercado costarricense y su influencia sobre el comportamiento de la demanda, la oferta y la expansión de la infraestructura. Bajo esta especificación, se espera un coeficiente positivo, en la medida en que una mayor intensidad competitiva incentiva la inversión, la innovación, la reducción de barreras de acceso y el desarrollo de los servicios de telecomunicaciones, efectos ampliamente documentados por la literatura sobre competencia y regulación en mercados de red.

Por último, la **Función de Producción de Red** busca modelar la dinámica interna de expansión de las telecomunicaciones, donde los ingresos generados por la propia actividad del sector financian nuevas inversiones en infraestructura y ampliación de cobertura (Katz & Callorda, 2020). La inclusión de variables asociadas a ingresos responde al principio de acumulación de capital de red. Conforme aumenta la base de usuarios y el tráfico de servicios digitales, las empresas generan mayores recursos para reinvertir en capacidad tecnológica, cobertura y modernización de infraestructura (OCDE, 2024a).

Este mecanismo permite identificar estadísticamente la existencia de retornos crecientes a escala, fenómeno característico de las industrias de red. A medida que la infraestructura se expande y aumenta el número de usuarios conectados, el valor económico de la red crece de manera no lineal mediante externalidades de





red, reducción de costos promedio y ampliación de mercados digitales (Koutroumpis, 2009; OCDE, 2024a).

En conjunto, las cuatro ecuaciones representan un sistema interdependiente donde crecimiento económico, adopción tecnológica, comportamiento empresarial e inversión en infraestructura se retroalimentan mutuamente. El modelo estructural permite así comprender las telecomunicaciones no como un sector aislado, sino como un ecosistema dinámico donde la digitalización y la economía evolucionan simultáneamente mediante procesos de causalidad circular y acumulación tecnológica.





IV. El Ecosistema Digital de Costa Rica

Para entender por qué la digitalización es un motor de crecimiento en Costa Rica, es imperativo analizarla no como un fenómeno aislado, sino como un ecosistema integral de múltiples dimensiones. Este capítulo desglosa el Índice de Desarrollo del Ecosistema Digital (IDED) de CAF, una herramienta metodológica que permite cuantificar el progreso tecnológico de una nación al agrupar diversos componentes que van más allá de la simple conectividad (Katz, 2015).

El primer pilar del ecosistema digital es la infraestructura, que constituye el cimiento sobre el cual se construyen los servicios digitales. En este pilar, la medición no se limita a la existencia de redes, sino que evalúa la inversión en telecomunicaciones per cápita y la calidad real del servicio percibida por el usuario (Katz, 2015). Los indicadores clave incluyen las velocidades medias de descarga en banda ancha fija y móvil, así como el despliegue de tecnologías de vanguardia como la fibra óptica. Para el caso costarricense, este pilar es fundamental, ya que el modelo estructural demuestra que la formación de capital físico es uno de los catalizadores más potentes del crecimiento del PIB.

La conectividad por su parte evalúa qué tan accesible es el ecosistema para el ciudadano promedio, enfocándose primordialmente en la asequibilidad. Este subpilar mide el costo mensual de la suscripción a servicios fijos y móviles como un porcentaje del PIB per cápita, reconociendo que el precio es la barrera principal para la adopción (Katz, 2015). Siguiendo lo planteado por Katz & Callorda (2020), se indica que una caída del 10 % en los precios puede impulsar la penetración en





más de un 3 %, lo que subraya la importancia de este pilar en la democratización del acceso en Costa Rica.

La digitalización del hogar es un pilar que mide el grado de aprovechamiento de las TIC por parte de los individuos en su vida cotidiana. No solo se cuantifica el porcentaje de la población que utiliza Internet, sino también la sofisticación de ese uso a través de indicadores como la penetración de redes sociales, el uso de comercio electrónico y la interacción con servicios de gobierno electrónico (Katz, 2015). Factores más avanzados, como la adopción de la telemedicina y el consumo de servicios de video bajo demanda, completan la visión de un hogar costarricense plenamente integrado a la red.

Por otro lado, la digitalización de la producción es, quizás, el componente con mayor impacto en la productividad total de los factores, según Katz (2015). Aquí se analiza cómo las empresas del país integran las TIC en su cadena de valor, desde el uso básico de Internet para banca electrónica hasta la implementación de procesos complejos de distribución y compras en línea. La madurez de este pilar en Costa Rica se refleja en el porcentaje de empleados que utilizan computadoras e Internet en sus labores diarias, lo que transforma la estructura de costos y la competitividad del sector privado.

La intensidad de la competencia es otro de los pilares fundamentales del ecosistema digital. Este pilar utiliza el Índice Herfindahl-Hirschman (HHI) para medir el nivel de concentración en los mercados de banda ancha fija, móvil y televisión de pago. La evidencia sugiere que una regulación eficaz y un marco de competencia robusto son vías principales de repercusión positiva sobre el desarrollo digital de la región (Katz, 2015; Katz & Callorda, 2020). En el análisis de





Costa Rica, la competencia actúa como el engranaje que permite que los avances en infraestructura se traduzcan en beneficios directos para el consumidor final.

Finalmente, el IDED en conjunto evalúa la capacidad del país para ser un generador de tecnología y no solo un consumidor (Katz, 2015). Esto incluye el análisis de las exportaciones de servicios de TIC y productos de alta tecnología, así como el peso de las industrias digitales en el PIB nacional. Elementos como la producción de contenidos locales y el desarrollo del Internet de las cosas (IoT) son indicadores de una economía que está transitando hacia la innovación. Este pilar se apoya directamente en los factores de producción digital, donde la educación terciaria y la inversión pública en I+D+i aseguran la sostenibilidad del ecosistema a largo plazo (Katz, 2015).

Como antecedente metodológico, investigaciones previas realizadas para el caso costarricense utilizando el IDED permitieron identificar una relación positiva consistente entre el nivel de digitalización y el desempeño económico de los países. Los análisis comparativos mostraban que las economías latinoamericanas mantenían brechas significativas respecto a los países miembros de la OCDE en términos de madurez digital, reflejando diferencias estructurales en infraestructura, adopción tecnológica y capacidades de innovación (Corrales et al., 2024).

Asimismo, ejercicios exploratorios de correlación realizados para Costa Rica, países de la OCDE y una muestra internacional amplia evidenciaban asociaciones positivas entre el IDED y el PIB per cápita, sugiriendo la existencia de vínculos relevantes entre el desarrollo del ecosistema digital y el crecimiento económico (Corrales et al., 2024).





Una de las principales fortalezas relativas de Costa Rica parece ubicarse en el componente de políticas públicas y regulación, donde la distancia respecto al promedio de la OCDE es significativamente menor. Esto podría asociarse a los avances institucionales del país en materia de apertura del mercado de telecomunicaciones, modernización regulatoria y desarrollo de agendas nacionales de transformación digital.

Asimismo, el componente asociado a la digitalización de los hogares muestra niveles relativamente más cercanos a los estándares de la OCDE, reflejando una importante expansión del acceso y adopción de servicios digitales por parte de la población costarricense durante las últimas décadas.

El rezago observado en capital humano y fuerza laboral constituye uno de los principales desafíos estructurales para la consolidación de la economía digital costarricense. La evidencia internacional muestra que la disponibilidad de talento especializado, competencias digitales y capacidades de innovación representa un factor crítico para transformar la conectividad en aumentos sostenidos de productividad y sofisticación económica (OCDE, 2024b)

La menor puntuación relativa en digitalización del Estado sugiere limitaciones en los procesos de modernización gubernamental, interoperabilidad institucional y prestación digital de servicios públicos. Este componente resulta especialmente relevante debido a que los gobiernos digitales pueden generar importantes ganancias de eficiencia, reducción de costos administrativos y fortalecimiento de la competitividad sistémica.





El rezago en economía digital y economía digital verde evidencia que la transformación tecnológica puede ser que aún no se traduzca plenamente en una consolidación de industrias digitales avanzadas ni en procesos integrales de innovación sostenible. Esto sugiere que, aunque existen avances en conectividad, persisten limitaciones para convertir la digitalización en un motor estructural de sofisticación productiva y transición ecológica.

El comportamiento observado confirma además el carácter multidimensional del ecosistema digital. La existencia de brechas diferenciadas entre componentes demuestra que la transformación digital no depende exclusivamente de la expansión de infraestructura, sino de la articulación simultánea entre regulación, capital humano, digitalización institucional, innovación y capacidades productivas.

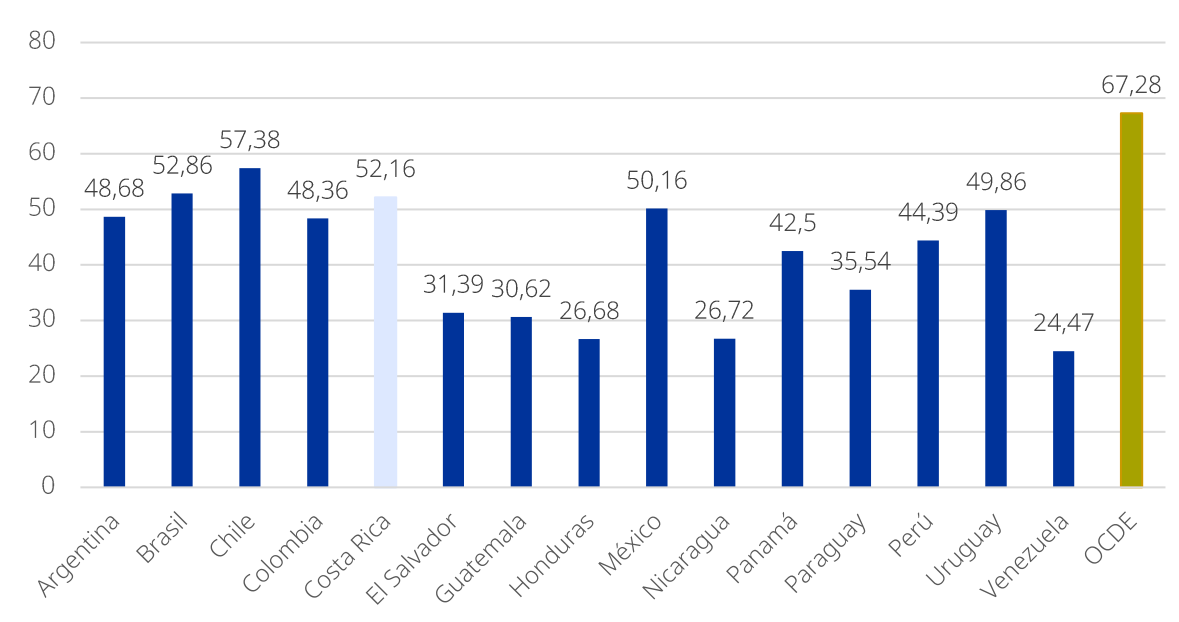
Desde la perspectiva del crecimiento endógeno, estas brechas resultan particularmente relevantes debido a que limitaciones en capital humano, innovación y digitalización institucional pueden reducir la capacidad de la economía para capturar plenamente las externalidades positivas derivadas de las telecomunicaciones y las tecnologías digitales.

En conjunto, el gráfico 1 sugiere la existencia de una madurez digital desigual, donde Costa Rica ha logrado avances relativamente importantes en acceso, políticas públicas, regulación y conectividad, pero enfrenta mayores dificultades en dimensiones asociadas a sofisticación productiva, innovación y capacidades tecnológicas avanzadas, lo anterior para acercarse al promedio de lo que experimentan los países de la OCDE en estos pilares.



Como referencia y punto comparativo, el gráfico 1 muestra el valor del IDED para algunos países de América Latina con respecto a la OCDE, mostrando que Latinoamérica se encuentra distanciada del promedio prorrateado del IDED entre 10 y 43 puntos.

Gráfico 1. América Latina vs OCDE: Índice de Desarrollo del Ecosistema Digital, 2023

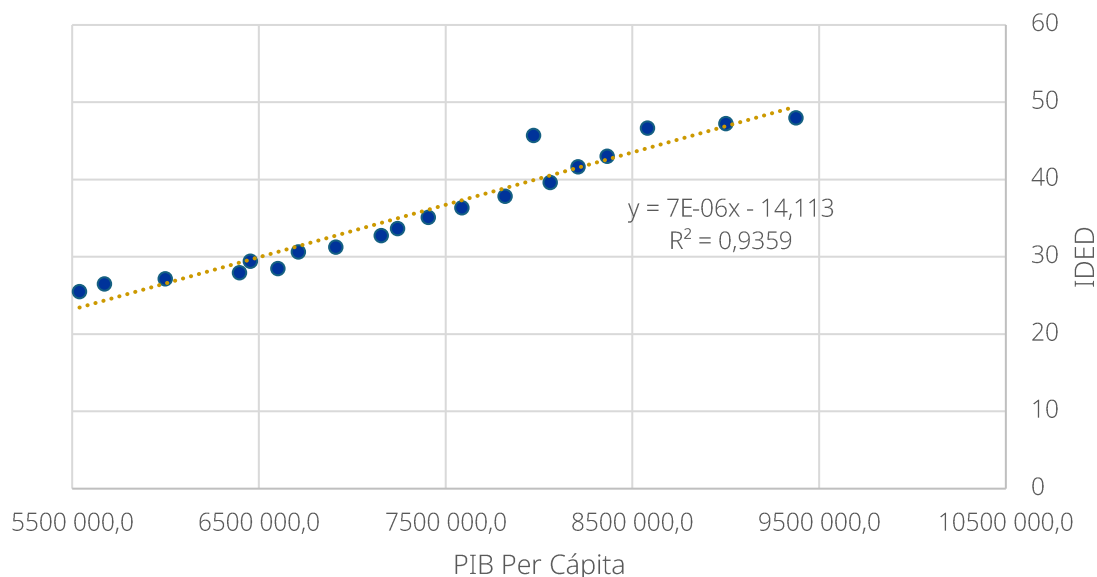


Fuente: Elaboración propia con base en el IDED, 2024.

Asimismo, para fortalecer el análisis, resulta relevante examinar la relación existente entre el desarrollo del ecosistema digital y variables asociadas al desempeño económico, particularmente el PIB per cápita, tal como ha sido señalado en investigaciones previas sobre digitalización y crecimiento económico (Katz & Callorda, 2018). En este sentido, el gráfico 2 presenta la evolución conjunta del IDED y el PIB per cápita para el caso de Costa Rica, abarcando el período 2004-2023, y una muestra internacional de 108 países con información disponible del índice al año 2023.



Gráfico 2. Costa Rica: Correlación entre el PIB Per Cápita (en millones de colones) y el IDED, 2004-2023



Fuente: Elaboración propia con base en el IDED, 2024.

El gráfico 2 evidencia una relación positiva entre el IDED y el PIB per cápita para el caso de Costa Rica. El coeficiente de determinación ($R^2 = 0,9359$) refleja una asociación estadística fuerte entre ambas variables, lo que sugiere que el desarrollo del ecosistema digital guarda una estrecha relación con el comportamiento del ingreso per cápita en el país. En términos generales, los resultados indican que, conforme aumenta el nivel de digitalización de la economía (expresado mediante un mayor valor del IDED), también tienden a incrementarse los niveles de riqueza económica.

Exponer la estrecha interrelación entre el ecosistema digital y el crecimiento económico de Costa Rica permite robustecer la premisa central de este estudio: analizar el impacto macroeconómico de las telecomunicaciones sobre la dinámica





productiva nacional. La evidencia presentada constituye una antesala del ejercicio empírico desarrollado en el siguiente capítulo, donde, a partir del uso de información estadística disponible, se buscará estimar con mayor precisión la magnitud de dicho impacto, así como la significancia de las variables que lo configuran. Asimismo, este análisis permitirá vislumbrar el papel estratégico que desempeña el progreso digital en la expansión económica de los países y reflexionar sobre los desafíos que emergen en el horizonte para sostener el tránsito hacia una economía cada vez más digital, interconectada y dependiente del conocimiento.





V. Resultados Empíricos: El Caso de Costa Rica

En el capítulo III de esta investigación se planteó la posibilidad de estimar el impacto económico de las telecomunicaciones a partir de dos modelos econométricos desarrollados por Katz & Callorda (2020). En este contexto, el objetivo central del presente capítulo consiste en aplicar dicha modelística al caso costarricense, con el propósito de determinar la magnitud y el alcance de este impacto sobre la economía nacional, realizando las adaptaciones que metodológicamente se consideren pertinentes, tomando en consideración la disponibilidad de datos y evolución del mercado de telecomunicaciones para el caso costarricense.

Para ello, el capítulo se concentra en la especificación de los modelos adaptados a la realidad de Costa Rica, así como en la exposición de los principales resultados obtenidos. Estos hallazgos se acompañan de un análisis que procura trascender la mera descripción estadística, orientándose hacia una interpretación crítica de las dinámicas económicas y sociales que subyacen tras los datos; porque, en última instancia, cada coeficiente, cada correlación y cada tendencia observada representan expresiones cuantificables de una realidad nacional en constante transformación.

5.1 Resultados del modelo de crecimiento endógeno para el caso costarricense

El modelo de crecimiento endógeno se fundamenta en la premisa de que el desarrollo económico a largo plazo no depende únicamente de la acumulación de factores físicos, sino principalmente del progreso tecnológico. En este marco, la digitalización se conceptualiza como un motor interno que potencia la





productividad nacional, utilizando el Índice de desarrollo del ecosistema digital de la CAF como una variable holística que integra infraestructura, conectividad y capital humano. Al vincular el PIB con este índice, la formación bruta de capital y la fuerza de trabajo, el modelo permite cuantificar cómo las TIC se traducen en un incremento neto de la riqueza de una nación.

Este ejercicio tiene como base central replicar la metodología oficial de la Unión Internacional de Telecomunicaciones aplicada por Katz & Callorda (2020), originalmente a la región de las Américas, adaptándola de forma exclusiva al contexto de Costa Rica. A diferencia de los estudios regionales que emplean datos de panel de múltiples países para obtener promedios continentales, este análisis se enfoca en una serie temporal nacional para capturar las dinámicas propias de la estructura económica costarricense. La replicación busca validar si los efectos identificados a nivel regional, donde un aumento del 10 % en la digitalización impulsa el PIB per cápita en un 1,9 %, se mantienen bajo las condiciones específicas de inversión y madurez tecnológica del país.

Para llevar a cabo este ejercicio econométrico⁴, se utiliza una base de datos que abarca un periodo extendido de 21 observaciones (2004-2025), analizando variables críticas como el PIB per cápita (PIB), la formación de capital y la calidad de la mano de obra.

⁴ Para el procesamiento de los datos y la ejecución del ejercicio de réplica econométrica se utilizó el software Stata, versión StataNow SE 19.5, bajo una licencia institucional financiada por el MICITT para el desarrollo de investigaciones y estudios especializados de esta naturaleza. El uso de esta herramienta permitió garantizar rigurosidad metodológica, robustez en el tratamiento estadístico de la información y confiabilidad en la estimación de los modelos planteados.





Siguiendo la línea de Katz & Callorda (2020), se procede a la utilización del modelo de digitalización como un ajuste al modelo de crecimiento endógeno para el caso de Costa Rica, fundamentado en la necesidad de capturar el progreso tecnológico como un motor interno de la economía, y no como un factor externo o puramente accidental. A diferencia de los modelos clásicos que solo consideran la acumulación de capital físico y mano de obra, esta metodología postula que el desarrollo a largo plazo depende de la capacidad de innovación y de la madurez tecnológica de una nación (Katz & Callorda, 2020).

En el contexto costarricense, este ajuste se realiza integrando el IDED como la variable que representa el progreso tecnológico y digital. La razón principal de usar este índice, en lugar de medir únicamente la cantidad de conexiones, es que la digitalización es una variable holística que subsume la tecnología dentro de un conjunto más amplio de componentes, incluyendo la infraestructura, la digitalización de los hogares, la producción y el marco institucional. Esto permite que el modelo refleje cómo la tecnología potencia la eficiencia de los demás factores productivos del país.

Según lo explicado en el capítulo III⁵ de este documento, así como las consideraciones supra mencionadas en los párrafos anteriores, se detalla a continuación las variables utilizadas para el caso costarricense:

- Se utiliza el *PIB per cápita como variable dependiente* (y_t), en lugar del PIB nominal o total, principalmente para medir el impacto real de las TIC en la prosperidad y el bienestar de los individuos, y no solo en el tamaño

⁵ Ver cuadro 2.





agregado de la economía. En este marco técnico según Katz & Callorda (2020), el objetivo es observar cómo la digitalización de la economía eleva la productividad de cada trabajador o habitante, lo cual se captura mejor a través de la variable per cápita.

- Luego, como primera variable independiente se incluye el *PIB del período anterior* (Y_{t-1}) la cual permite reconocer que la riqueza de una nación está fuertemente determinada por su desempeño económico del año previo, capturando así la inercia estructural que no depende directamente de la digitalización.
- La segunda variable independiente está constituida por la *formación bruta de capital fijo* (κ_i) como variable proxy del stock de capital del país. Esta variable permite capturar efectos de la inversión en infraestructura, por ejemplo, como variable tradicional de medición del crecimiento económico de un país.
- Adicionalmente, la tercera variable independiente está constituida por la *tasa de matriculación en educación superior* ($Educ_i$) que funge como variable proxy de la calidad de la mano de obra, la cual repercute directamente sobre aspectos de productividad y por ende en crecimiento económico.
- Por último, se utiliza como cuarta variable independiente, el *IDED* ($IDED_i$) para capturar el desarrollo y progreso digital del país. Es importante recordar que los elementos que componen el IDEED permiten capturar efectos de diversos elementos del ecosistema digital de un país, que pueden repercutir en su crecimiento económico.





5.1.1 Principales hallazgos del modelo

Para Costa Rica, este enfoque resulta ser estadísticamente robusto, como se muestra en el Cuadro 4, donde el modelo alcanza una bondad de ajuste (R^2) de 0,9784. Esto confirma que, al ajustar la función de producción tradicional con la variable de digitalización, se logra explicar casi la totalidad de las variaciones del PIB, validando la hipótesis de que la inversión en el ecosistema digital genera retornos de escala que impulsan la prosperidad económica del país de manera más efectiva que los métodos convencionales.

Los resultados obtenidos mediante la estimación del modelo de crecimiento endógeno muestran evidencia relevante sobre los determinantes estructurales del crecimiento económico durante el período analizado. En términos generales, el modelo presenta una elevada capacidad explicativa, reflejada en un coeficiente de determinación ajustado ($R^2_{adj}= 0,9722$), lo cual indica que aproximadamente el 97 % de la variación observada en el PIB per cápita es explicada por las variables incorporadas en la estimación. Desde una perspectiva metodológica, estos resultados sugieren que la especificación utilizada logra capturar adecuadamente la dinámica de largo plazo asociada al crecimiento económico y a los procesos de acumulación productiva analizados.



Cuadro 4. Resumen de los Principales Hallazgos en la Aplicación del Modelo de Crecimiento Endógeno

Variable	Coficiente	P> t
Y_{t-1}	0,3940933	0,099
K_i	0,2756325	0,012
$Educ_i$	-0,0007917	0,777
$IDED_i$	0,0046171	0,105
$_cons$	5,11809	0,119
Bondades de Ajuste		
R^2	0,9784	
R^2 ajustado	0,9722	
F	0,0000	

Fuente: Elaboración propia.

Uno de los principales hallazgos corresponde a la variable rezagada del PIB, cuyo coeficiente positivo de 0,394 evidencia la existencia de persistencia temporal en la dinámica económica. Aunque la variable presenta un nivel de significancia marginal, su comportamiento resulta consistente con los postulados de la teoría del crecimiento endógeno, donde el desempeño económico actual depende parcialmente de las capacidades acumuladas en períodos previos. Este resultado sugiere que el crecimiento económico no constituye un fenómeno aislado o instantáneo, sino un proceso acumulativo donde factores como la infraestructura, el capital productivo, el conocimiento, las capacidades tecnológicas, y el aprendizaje institucional, tienden a reproducirse y fortalecerse con el tiempo. Desde esta perspectiva, el coeficiente positivo asociado al PIB rezagado evidencia





la existencia de dinámicas de continuidad estructural en el crecimiento económico.

La variable asociada al stock de capital (formación bruta de capital), presenta uno de los resultados más robustos del modelo. Su coeficiente positivo de 0,2756 y su elevada significancia estadística evidencian que la acumulación de capital físico continúa siendo un determinante fundamental del crecimiento económico. Este resultado posee una importancia particularmente relevante en el contexto de la economía digital, debido a que confirma que la transformación tecnológica no sustituye completamente la necesidad de inversión física, sino que opera de manera complementaria con ella. Desde el enfoque del crecimiento endógeno (Gillet et al., 2006; Greenstein & McDevitt, 2009), la inversión en capital:

- amplía la capacidad productiva,
- facilita la incorporación de nuevas tecnologías,
- mejora la eficiencia económica,
- y fortalece las capacidades de innovación.

En el caso específico de las telecomunicaciones y la digitalización, la expansión de ecosistemas digitales requiere simultáneamente:

- infraestructura física,
- redes,
- centros de datos,
- dispositivos tecnológicos,
- y capacidades logísticas.





Por tanto, los resultados del modelo respaldan la hipótesis de complementariedad entre capital físico y transformación digital, donde la acumulación de infraestructura continúa siendo una condición esencial para capturar plenamente los beneficios económicos de la digitalización.

Adicionalmente, dado que el modelo se encuentra expresado en logaritmos, el coeficiente puede interpretarse como una elasticidad aproximada. En este sentido, un incremento del 1 % en el stock de capital se asociaría con un aumento cercano al 0,28 % en el PIB per cápita, manteniendo constantes las demás variables del modelo.

La variable correspondiente a mano de obra presenta un coeficiente negativo (- 0,0008) y ausencia de significancia estadística. Desde una perspectiva estructural, este resultado podría interpretarse como evidencia de una transición progresiva hacia modelos económicos donde el crecimiento depende cada vez menos de expansiones cuantitativas de la fuerza laboral y más de mejoras en productividad, innovación y capacidades tecnológicas.

En economías crecientemente digitalizadas, el crecimiento económico suele estar más asociado a elementos como el recurso humano especializado, la automatización, la eficiencia tecnológica y la generación de conocimiento, que al simple incremento del volumen de trabajo. No obstante, debido a la ausencia de significancia estadística, este resultado debe interpretarse con cautela y no como evidencia concluyente de una relación negativa estructural. Fuentes como Katz & Callorda (2020), explican explícitamente que esto es normal en periodos cortos de tiempo porque la calidad de la mano de obra tiene mucha inercia y no cambia





significativamente año a año, pues sus efectos suelen ser observables en el largo plazo.

La variable IDED presenta un coeficiente positivo (0,0046), lo cual sugiere que mayores niveles de desarrollo digital y fortalecimiento del ecosistema tecnológico tienden a asociarse favorablemente con el crecimiento económico. Aunque el coeficiente no alcanza niveles convencionales de significancia estadística, el signo positivo del parámetro resulta plenamente consistente con la literatura internacional sobre digitalización, productividad y crecimiento económico. Este resultado sugiere que mayores niveles de desarrollo digital tienden a asociarse con incrementos en el PIB per cápita, manteniendo coherencia con investigaciones desarrolladas por Katz & Callorda (2020), la OECD (2024a; 2024b) y UIT (2023).

Desde una perspectiva económica, este resultado posee varias implicaciones importantes. En primer lugar, la dirección positiva del coeficiente respalda la hipótesis teórica de que la digitalización contribuye favorablemente al desempeño económico mediante: mejoras en productividad, reducción de costos de transacción, difusión del conocimiento, innovación y eficiencia organizacional.

Debe considerarse que la disponibilidad de información anual para Costa Rica limita el tamaño muestral de la estimación a 19 observaciones, situación frecuente en estudios macroeconómicos de series temporales aplicados a economías individuales. En contextos de muestras reducidas, los errores estándar tienden a incrementarse, disminuyendo el poder estadístico de las pruebas de significancia y dificultando alcanzar niveles convencionales del 5 %, aun cuando las relaciones económicas subyacentes sean consistentes con la teoría.





Por tanto, la ausencia de significancia estadística estricta al 5 % no necesariamente implica inexistencia de relación económica entre digitalización y crecimiento, sino posibles limitaciones asociadas al tamaño muestral y a la naturaleza estructural de los procesos analizados.

Los impactos económicos asociados a la digitalización suelen manifestarse mediante procesos acumulativos y estructurales de mediano y largo plazo, relacionados con mejoras en productividad, innovación, eficiencia organizacional y difusión tecnológica. Debido a ello, parte de los efectos económicos del ecosistema digital podrían no reflejarse inmediatamente en las series agregadas de crecimiento económico, especialmente en horizontes temporales limitados. Asimismo, parte de los efectos asociados a la digitalización podrían estar siendo absorbidos indirectamente por variables altamente correlacionadas con el crecimiento económico, particularmente el capital físico y la persistencia del PIB.

En términos generales, los resultados obtenidos permiten identificar evidencia consistente con la hipótesis planteada por la teoría del crecimiento endógeno y por la literatura internacional especializada, en el sentido de que el desarrollo del ecosistema digital tiende a mantener una relación positiva con el crecimiento económico. Si bien la variable asociada al IDED no alcanza niveles convencionales de significancia estadística, el signo positivo estimado, su coherencia teórica y la elevada capacidad explicativa global del modelo sugieren la existencia de una asociación económicamente relevante entre digitalización y desempeño macroeconómico para el caso costarricense.

No obstante, resulta importante señalar que el objetivo de la presente investigación no consiste en demostrar una relación de causalidad absoluta o





determinística entre telecomunicaciones y crecimiento económico, sino en aportar evidencia empírica que permita analizar la incidencia y el comportamiento estructural de dichas variables dentro del contexto de la economía digital. Este aspecto adquiere especial relevancia considerando las limitaciones inherentes a la disponibilidad de información estadística para Costa Rica, particularmente en términos de horizonte temporal y tamaño muestral.

Asimismo, debe considerarse que los procesos de transformación digital suelen manifestar efectos acumulativos y multidimensionales sobre la economía, muchos de los cuales no necesariamente se reflejan de manera inmediata en indicadores agregados de crecimiento. En este sentido, la relación entre telecomunicaciones y crecimiento económico responde a dinámicas complejas donde intervienen simultáneamente factores asociados a inversión, productividad, capital humano, innovación, competencia y capacidades institucionales.

Precisamente con el propósito de fortalecer la recopilación de evidencia empírica y profundizar el análisis de los mecanismos mediante los cuales las telecomunicaciones pueden incidir sobre el crecimiento económico, en el apartado siguiente se procede a replicar el modelo estructural de cuatro ecuaciones propuesto por Katz & Callorda (2020). Este enfoque complementario permitirá analizar de manera más detallada las interacciones existentes entre demanda, oferta, expansión de red y crecimiento económico, aportando una visión más integral sobre el impacto de las telecomunicaciones en la economía costarricense.





5.2 Resultados del modelo de cuatro ecuaciones para el caso costarricense

Con el propósito de profundizar en el análisis del vínculo entre las telecomunicaciones y el crecimiento económico de Costa Rica, una vez estimado el modelo de crecimiento endógeno se procedió a implementar el modelo estructural de cuatro ecuaciones propuesto por Katz & Callorda (2020). Este enfoque constituye un complemento al análisis anterior diseñado específicamente para desglosar la microfísica del impacto de la banda ancha en la economía costarricense, ya que permite estudiar de manera explícita la interacción existente entre la expansión de la banda ancha, el comportamiento de la demanda, los ingresos del sector de telecomunicaciones y el crecimiento económico, considerando la naturaleza simultánea de dichas relaciones.

A diferencia de una regresión convencional de una sola ecuación, el sistema estructural reconoce que varias de las variables analizadas son simultáneamente causa y consecuencia dentro del proceso de desarrollo económico. En este contexto, la penetración de la banda ancha puede impulsar el crecimiento económico, pero, al mismo tiempo, una economía con mayores niveles de ingreso también genera mejores condiciones para la inversión, la adopción tecnológica y la expansión de las redes de telecomunicaciones. La estimación conjunta de las ecuaciones permite capturar esta interdependencia y reducir los sesgos que podrían surgir al analizar cada relación de forma aislada.

Para la estimación del sistema se empleó la metodología de Mínimos Cuadrados en Tres Etapas (Three-Stage Least Squares, 3SLS), la cual constituye uno de los procedimientos estándar para la estimación de sistemas de ecuaciones





simultáneas. Esta técnica combina las ventajas de los modelos de variables instrumentales y de las ecuaciones aparentemente no relacionadas (Seemingly Unrelated Regressions, SUR), permitiendo obtener estimadores consistentes aun cuando exista simultaneidad entre las variables explicativas y correlación entre los términos de error de las diferentes ecuaciones. Asimismo, al estimar el sistema de manera conjunta, el método aprovecha la información contenida en todas las ecuaciones, incrementando la eficiencia de las estimaciones con respecto a la estimación independiente de cada una de ellas (Katz & Callorda, 2020).

Los resultados que se presentan a continuación deben interpretarse considerando las características propias de la información disponible para Costa Rica. Si bien el número de observaciones es considerablemente menor al utilizado en el estudio original de Katz & Callorda (2020), la estimación permite evaluar si los mecanismos económicos planteados por dicho modelo encuentran respaldo empírico en el contexto nacional. En este sentido, el análisis no se limita a valorar la significancia estadística individual de cada coeficiente, sino que examina la consistencia del sistema en su conjunto, la dirección de los efectos estimados y su concordancia con la teoría económica y la evidencia internacional sobre el impacto de las telecomunicaciones en el crecimiento económico.

Con el fin de facilitar la interpretación de los resultados, el análisis se presenta siguiendo la misma estructura conceptual del modelo original. En primer lugar, se examina la función de producción agregada, donde se estima el aporte de la penetración de la banda ancha al crecimiento económico. Posteriormente se analizan las ecuaciones de demanda, oferta y producción de red, permitiendo reconstruir de manera integral el mecanismo mediante el cual el desarrollo de las telecomunicaciones influye sobre la actividad económica costarricense.





5.1.2 Principales hallazgos de las ecuaciones

La estimación del sistema estructural de cuatro ecuaciones permitió analizar el comportamiento simultáneo de las principales relaciones económicas planteadas por Katz & Callorda (2020) para explicar la contribución de las telecomunicaciones al crecimiento económico. Al considerar conjuntamente las funciones de producción agregada, demanda, oferta y producción de red, el modelo ofrece una visión integral del funcionamiento del sector y de los mecanismos mediante los cuales la expansión de la banda ancha puede traducirse en mayores niveles de actividad económica.

Los resultados obtenidos se analizan tanto desde una perspectiva estadística como económica. En este sentido, además de valorar la significancia individual de los coeficientes estimados, se presta especial atención a la dirección de los efectos, su magnitud relativa y su coherencia con la teoría económica y la evidencia internacional. Este enfoque resulta particularmente relevante en estudios de series temporales para un único país, donde las limitaciones en el tamaño de la muestra pueden afectar la precisión estadística de algunas estimaciones sin que ello implique necesariamente la inexistencia de relaciones económicas entre las variables analizadas.

En las siguientes secciones se presenta el análisis detallado de cada una de las ecuaciones que conforman el sistema, iniciando con la función de producción agregada, la cual constituye el núcleo del modelo al estimar el aporte de la penetración de la banda ancha sobre el crecimiento económico. Posteriormente





se examinan las ecuaciones de demanda, oferta y producción de red, permitiendo reconstruir de forma secuencial el proceso mediante el cual la expansión de las telecomunicaciones incide sobre la economía costarricense.

Desde una perspectiva global, los resultados evidencian un comportamiento satisfactorio del sistema estructural. Las cuatro ecuaciones presentan un elevado poder explicativo, con coeficientes de determinación comprendidos entre 0,839 y 0,963, mientras que las pruebas globales de significancia resultan estadísticamente significativas al 1 % en todos los casos. Estos resultados indican que, aun cuando algunas variables individuales no alcanzan niveles elevados de significancia estadística, el conjunto del sistema reproduce de manera consistente las relaciones económicas planteadas por la teoría. Este aspecto adquiere especial relevancia considerando que el análisis se desarrolla sobre una serie temporal correspondiente a un único país y con únicamente veintiuna observaciones anuales, una condición metodológica sustancialmente más restrictiva que la utilizada por Katz & Callorda (2020), quienes estiman sus ecuaciones a partir de paneles internacionales con un número considerablemente mayor de observaciones.

La **primera ecuación** estima el efecto de la penetración de la banda ancha sobre el crecimiento económico, controlando simultáneamente por el capital físico y el capital humano, siguiendo la especificación derivada de los modelos de crecimiento endógeno. Los resultados muestran que tanto el capital físico como el recurso humano presentan coeficientes positivos y altamente significativos (ver Cuadro 5), confirmando su papel como determinantes fundamentales del crecimiento económico costarricense. Estos resultados son plenamente consistentes con la literatura sobre crecimiento endógeno que han sido citados



en esta investigación, lo cual aporta evidencia de que la acumulación de factores productivos continúa siendo un componente esencial para explicar la evolución del producto interno bruto.

Cuadro 5. Costa Rica: Repercusiones de la Producción Agregada sobre el Crecimiento Económico

Ecuación 1: Función de Producción Agregada (n = 21)	
$\ln(Y_i) = \beta_1 \ln(BAF_i) + \beta_2 \ln(K_i) + \beta_3 \ln(NEduc_i) + \mu_i$	
Variable 2004-2024	Coefficientes y Errores Estándar
Penetración de la banda ancha (fija y móvil)	0,281872 (0,0427119)
Formación Bruta de Capital	0,3714328 (0,0682883)
Nivel Educativo	0,0078286 (0,0014336)

Fuente: Elaboración propia con base en resultados de la modelación.

En cuanto a la penetración de la banda ancha fija y móvil, el coeficiente estimado presenta igualmente un signo positivo, consistente con la hipótesis planteada en la investigación y con la evidencia internacional reportada por Katz & Callorda (2020). No obstante, dicho coeficiente no alcanza significancia estadística dentro de la especificación estimada. Este resultado debe interpretarse con cautela y no como evidencia de ausencia de impacto económico. En primer lugar, el reducido tamaño de la muestra limita naturalmente la potencia estadística de las pruebas de hipótesis, dificultando la detección de efectos que sí podrían existir desde el punto de vista económico.

En segundo término, el análisis previo de diagnóstico evidenció la presencia de una elevada correlación entre la penetración de la banda ancha, el capital físico y





el recurso humano, fenómeno esperable en economías donde el proceso de digitalización ha evolucionado de manera paralela al crecimiento de la inversión y de las capacidades educativas. La multicolinealidad incrementa la varianza de los estimadores individuales sin alterar la capacidad explicativa global del modelo, razón por la cual la ausencia de significancia individual no implica que la variable carezca de relevancia económica. Por el contrario, la permanencia del signo positivo constituye un resultado consistente con la teoría y refuerza la evidencia obtenida previamente mediante el modelo de crecimiento endógeno, donde el Índice de Desarrollo del Ecosistema Digital también mostró una relación positiva con el crecimiento económico.

Este resultado resulta particularmente importante para los objetivos de la investigación, ya que demuestra que el impacto de las telecomunicaciones sobre el crecimiento económico no necesariamente se manifiesta de manera aislada, sino que forma parte de un proceso de acumulación conjunta de capital físico, recurso humano y capacidades tecnológicas. En otras palabras, la expansión de la banda ancha constituye un complemento del proceso productivo y no un sustituto de los demás factores de producción, circunstancia que explica la elevada interdependencia observada entre estas variables para el caso costarricense.



Cuadro 6. Costa Rica: Repercusiones de la Demanda de Servicios de Telecomunicaciones sobre el Crecimiento Económico

Ecuación 2: Función de Demanda (n = 21)	
$\ln(PA_i) = \beta_1 \ln(Y_i) - \beta_2 \ln(P_i) + \beta_3 \ln(Pr_i) + \beta_4 ICOM_i + \mu_i$	
Variable 2004-2024	Coeficientes y Errores Estándar
Ingresos de la población PIB Per Cápita	0,9518076 (0,3832953)
Precio de la Banda Ancha	0,0617751 (0,1392377)
Proporción de población rural	0,1660927 (0,2910133)
Índice ordinal de intensidad competitiva del mercado	0,0365473 (0,0220871)

Fuente: Elaboración propia con base en resultados de la modelación.

La **segunda ecuación** analiza los factores que determinan la adopción de los servicios de banda ancha. Los resultados que se presentan en el cuadro 6, muestran que el producto interno bruto ejerce un efecto positivo y estadísticamente significativo sobre la penetración del servicio, indicando que el incremento del ingreso nacional constituye uno de los principales impulsores de la adopción tecnológica. Este comportamiento coincide con la teoría económica de la demanda y con la evidencia internacional, según la cual el desarrollo económico incrementa la capacidad de los hogares para incorporar servicios digitales y acelera el proceso de transformación tecnológica.

Respecto al efecto de los precios, la investigación incorporó como aproximación empírica el precio de la banda ancha disponible para Costa Rica, dada la inexistencia de series históricas homogéneas equivalentes a las utilizadas originalmente por Katz & Callorda (2020). Aunque el coeficiente estimado no





resulta estadísticamente significativo, este hallazgo no contradice necesariamente la teoría económica. Durante el período analizado, el mercado costarricense experimentó una importante expansión de cobertura, mejoras sustanciales en la calidad de las redes móviles y una creciente disponibilidad de servicios digitales, factores que pudieron reducir la sensibilidad de la demanda frente a las variaciones de precios. En mercados donde la penetración alcanza niveles elevados, como ocurre actualmente en Costa Rica, la decisión de adopción suele depender cada vez más de variables relacionadas con la calidad, la cobertura y la utilidad percibida del servicio que del precio nominal observado de manera aislada. Este es un resultado que particularmente podría dar lugar a futuras investigaciones que indaguen en la naturaleza y comportamiento de este fenómeno.

De forma similar, la proporción de población rural tampoco presenta un efecto estadísticamente significativo. Este resultado puede atribuirse a las particularidades territoriales del país y al proceso de expansión de la infraestructura de telecomunicaciones desarrollado durante la última década, caracterizado por una creciente cobertura de las redes móviles incluso en zonas rurales. En consecuencia, la brecha territorial continúa existiendo, pero su capacidad para explicar las diferencias en la adopción resulta considerablemente menor que la observada en estudios regionales con países de características geográficas y socioeconómicas mucho más heterogéneas.

Por otra parte, el índice ordinal de intensidad competitiva del mercado (ICOM) presenta un coeficiente positivo y marginalmente significativo. La utilización de este indicador constituye una adaptación metodológica realizada para el caso costarricense, sustituyendo el índice de Herfindahl-Hirschman empleado por Katz



& Callorda (2020), debido a la disponibilidad limitada de información histórica sobre participación de mercado. La construcción del índice ordinal permitió incorporar la evolución institucional del mercado nacional de telecomunicaciones, diferenciando las etapas de monopolio, apertura inicial, competencia moderada y consolidación competitiva. El signo positivo obtenido resulta consistente con la teoría económica, al sugerir que una mayor intensidad competitiva favorece la adopción de servicios de banda ancha mediante mejoras en las condiciones de acceso, innovación y oferta de servicios.

Cuadro 7. Costa Rica: Repercusiones de la Oferta de Servicios de Telecomunicaciones sobre el Crecimiento Económico

Ecuación 3: Función de Oferta (n = 21)	
$\ln(IBA_i) = \beta_1 \ln(Y_i) + \beta_2 \ln(IAS_i) + \beta_3 ICOM_i + \mu_i$	
Variable 2004-2024	Coeficientes y Errores Estándar
Capacidad Económica	1,245909 (0,4617385)
Índice de Asequibilidad del Servicio	0,9350316 (0,1818827)
Índice ordinal de intensidad competitiva del mercado	0,0297897 (0,0534751)

Fuente: Elaboración propia con base en resultados de la modelación.

La **tercera ecuación** examina los determinantes de los ingresos generados por el sector de banda ancha. Los resultados muestran que el crecimiento económico ejerce un efecto positivo y estadísticamente significativo sobre los ingresos del sector, confirmando la existencia de un proceso de retroalimentación entre la actividad económica y el desarrollo de las telecomunicaciones. En otras palabras, una economía con mayores niveles de ingreso genera simultáneamente una





mayor demanda de servicios digitales, fortaleciendo la capacidad financiera de los operadores para continuar expandiendo la infraestructura tecnológica.

Asimismo, el Índice de Asequibilidad del Servicio (IAS) presenta un coeficiente positivo y altamente significativo. Conviene recordar que esta variable sustituye el indicador de precios utilizado originalmente por Katz & Callorda (2020), empleando el índice de asequibilidad desarrollado por GSMA como una medida más amplia de las condiciones de acceso económico a los servicios móviles. A diferencia del precio nominal, la asequibilidad incorpora implícitamente la relación entre el costo del servicio y la capacidad económica de los usuarios, ofreciendo una aproximación más cercana a las decisiones reales de consumo. En este contexto, el resultado obtenido confirma que mercados donde los servicios resultan relativamente más asequibles tienden a generar mayores niveles de utilización y, en consecuencia, mayores ingresos agregados para el sector.

Por su parte, el índice de intensidad competitiva mantiene un coeficiente positivo aunque no significativo. Este resultado puede interpretarse como evidencia de que, si bien la competencia favorece el desarrollo del mercado, su efecto sobre los ingresos agregados es más indirecto y depende simultáneamente del crecimiento de la demanda, de la evolución tecnológica y de las estrategias comerciales de los operadores, aspectos que no necesariamente se reflejan de forma inmediata en una serie temporal de dimensión reducida.



Cuadro 8. Costa Rica: Repercusiones de la Expansión de Redes de Telecomunicaciones sobre el Crecimiento Económico

Ecuación 4: Función de Producción de Red (n = 21)	
$\ln(IBA_i) = \beta_1 \ln(Y_i) + \beta_2 \ln(IAS_i) + \beta_3 ICOM_i + \mu_i$	
Variable 2004-2024	Coefficiente y Error Estándar
Ingresos de la banda ancha	0,3235697 (0,0134447)

Fuente: Elaboración propia con base en resultados de la modelación.

Finalmente, la **cuarta ecuación** evalúa el denominado efecto de retorno a escala, analizando la relación entre los ingresos generados por la banda ancha y la expansión de la adopción tecnológica. Los resultados muestran un coeficiente positivo, elevado y altamente significativo, aportando evidencia consistente con la hipótesis central del modelo estructural. Este hallazgo sugiere que los mayores ingresos generados por el sector permiten fortalecer la capacidad de inversión, ampliar la infraestructura disponible y acelerar el proceso de incorporación de nuevos usuarios, consolidando así un mecanismo de retroalimentación positiva entre crecimiento económico y desarrollo de las telecomunicaciones.

Aunque para esta investigación fue necesario adaptar la variable dependiente originalmente utilizada por Katz & Callorda (2020) mediante un indicador de crecimiento de la adopción tecnológica construido a partir de la información disponible para Costa Rica, los resultados conservan la lógica económica del modelo original. La evidencia obtenida permite concluir que el desarrollo del sector no constituye únicamente una consecuencia del crecimiento económico, sino también uno de sus mecanismos de fortalecimiento. En este sentido, el sistema estructural confirma que las telecomunicaciones participan activamente



en un proceso dinámico de acumulación de capacidades productivas, donde la expansión de las redes, la generación de ingresos, la adopción tecnológica y el crecimiento económico se refuerzan mutuamente a lo largo del tiempo.

Más allá del análisis individual de cada una de las ecuaciones, el principal aporte del modelo estructural radica en la posibilidad de comprender las telecomunicaciones como un sistema económico integrado, donde la expansión de la infraestructura digital, la adopción de los servicios, el desempeño financiero del sector y el crecimiento económico interactúan simultáneamente mediante relaciones de retroalimentación, tal y como se muestra en la Figura 3. Desde esta perspectiva, el sistema estimado no pretende únicamente identificar coeficientes estadísticamente significativos, sino verificar si la dinámica observada en Costa Rica reproduce el mecanismo económico planteado por Katz & Callorda (2020) para explicar la contribución de la banda ancha al crecimiento económico.

Figura 3. Retroalimentación entre el Crecimiento Económico y el Desarrollo del Sector de Telecomunicaciones



Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos muestran que dicho mecanismo se mantiene, en términos generales, para el caso costarricense. En primer lugar, el crecimiento





económico continúa dependiendo de los factores tradicionales de producción (capital físico y recurso humano), tal como lo establece la teoría del crecimiento endógeno. Sin embargo, el modelo evidencia que la penetración de la banda ancha se incorpora a ese proceso como un factor tecnológico complementario, cuyo efecto no debe interpretarse de manera aislada, sino en estrecha interacción con el resto de los determinantes del crecimiento. Esta característica resulta consistente con la naturaleza transversal de las tecnologías digitales, cuyo impacto sobre la productividad suele materializarse mediante mejoras en la eficiencia, la innovación, la difusión del conocimiento y la transformación de los procesos productivos, más que como un factor independiente del capital y del trabajo.

En segundo lugar, las ecuaciones de demanda y oferta permiten visualizar el proceso mediante el cual dicho efecto tecnológico comienza a consolidarse. La evidencia muestra que una economía con mayores niveles de ingreso favorece la adopción de los servicios de banda ancha, mientras que mejores condiciones de asequibilidad fortalecen los ingresos del sector de telecomunicaciones. Este comportamiento confirma que el desarrollo del ecosistema digital depende simultáneamente de la capacidad económica de los usuarios y de la sostenibilidad financiera de las empresas encargadas de desplegar y mantener la infraestructura de red. En este sentido, la digitalización no constituye únicamente un resultado del crecimiento económico, sino también una consecuencia de condiciones institucionales y de mercado que favorecen la inversión y la expansión tecnológica.

Particular relevancia adquiere el resultado obtenido para la ecuación de producción de red. La relación positiva entre los ingresos generados por el sector y el crecimiento de la adopción tecnológica aporta evidencia consistente con la existencia de un proceso de retroalimentación acumulativa. En términos





económicos, ello implica que el incremento en la utilización de los servicios digitales fortalece la capacidad de inversión de los operadores, permitiendo ampliar la cobertura, mejorar la calidad de las redes y facilitar la incorporación de nuevos usuarios, lo que, a su vez, genera nuevas oportunidades de crecimiento para el conjunto de la economía. Esta dinámica constituye precisamente el fundamento del denominado efecto de retorno a escala descrito por Katz & Callorda (2020), donde la infraestructura digital deja de comportarse como un simple insumo productivo para convertirse en un mecanismo permanente de acumulación de capacidades económicas.

Debe señalarse que algunas variables individuales no alcanzaron niveles elevados de significancia estadística dentro de determinadas ecuaciones. No obstante, este comportamiento debe analizarse considerando las características propias del ejercicio empírico desarrollado. A diferencia del estudio original, basado en paneles internacionales con cientos de observaciones, la presente investigación utiliza una serie temporal correspondiente exclusivamente a Costa Rica, limitada por la disponibilidad histórica de información estadística. En estas circunstancias, la menor potencia estadística constituye una consecuencia esperable del reducido tamaño muestral y no necesariamente evidencia la inexistencia de relaciones económicas entre las variables analizadas. De hecho, el mantenimiento de los signos teóricamente esperados, la elevada capacidad explicativa de las ecuaciones y la significancia global del sistema proporcionan evidencia consistente de que las relaciones estructurales propuestas por la literatura continúan presentes, aun cuando la precisión individual de algunos parámetros resulte necesariamente más limitada.





Desde esta perspectiva, el valor del modelo no reside exclusivamente en la significancia individual de cada coeficiente, sino en la coherencia del sistema en su conjunto. Las cuatro ecuaciones reproducen una secuencia lógica compatible con la teoría económica: el crecimiento económico incentiva la adopción de los servicios digitales; una mayor utilización fortalece los ingresos del sector; dichos ingresos permiten ampliar la capacidad de inversión y acelerar el despliegue de infraestructura; y, finalmente, la expansión de la banda ancha contribuye nuevamente al proceso de crecimiento económico. La evidencia obtenida permite, por tanto, identificar un círculo virtuoso entre telecomunicaciones y crecimiento económico que resulta plenamente consistente con el marco conceptual desarrollado a lo largo de la investigación.

En conjunto, los resultados del modelo estructural complementan los hallazgos obtenidos mediante el modelo de crecimiento endógeno presentado en la sección anterior. Mientras dicho modelo permitió verificar que un mayor nivel de desarrollo del ecosistema digital se asocia positivamente con el crecimiento económico de Costa Rica, el sistema de ecuaciones simultáneas aporta evidencia adicional sobre los mecanismos mediante los cuales esa relación se materializa. Ambos enfoques convergen en una misma conclusión: las telecomunicaciones no constituyen únicamente un sector económico más dentro de la estructura productiva nacional, sino una infraestructura habilitadora capaz de potenciar la productividad, estimular la inversión, facilitar la difusión tecnológica y fortalecer el crecimiento económico de largo plazo.

En consecuencia, la evidencia empírica obtenida a partir de ambos modelos permite respaldar el objetivo central de esta investigación. Aunque las limitaciones inherentes a la disponibilidad de datos impiden establecer una demostración





causal en sentido estricto, la consistencia entre los fundamentos teóricos, la evidencia internacional y los resultados econométricos obtenidos para Costa Rica proporciona un conjunto robusto de indicios que respaldan la hipótesis de que el desarrollo de las telecomunicaciones constituye un determinante relevante del crecimiento económico nacional. En este sentido, el uso complementario del modelo de crecimiento endógeno y del sistema estructural de ecuaciones simultáneas fortalece la validez de las conclusiones alcanzadas, al demostrar que ambas aproximaciones convergen en explicar un mismo fenómeno desde perspectivas metodológicas diferentes, pero conceptualmente compatibles.





VI. Conclusiones

La presente investigación permite concluir que las telecomunicaciones y el desarrollo del ecosistema digital constituyen motores estratégicos y cuantificables del crecimiento económico en Costa Rica. Los resultados obtenidos a través del modelo de crecimiento endógeno respaldan los postulados centrales de esta teoría, evidenciando que la expansión de la riqueza nacional no es un fenómeno accidental, sino el resultado de procesos acumulativos asociados a la inversión en capital físico, la persistencia productiva y el fortalecimiento progresivo de las capacidades tecnológicas y digitales. En este sentido, la digitalización no debe entenderse como un factor aislado, sino como un mecanismo complementario que potencia la eficiencia del sistema económico y amplifica los retornos de los demás factores productivos.

Desde una perspectiva sistémica, el crecimiento económico costarricense se manifiesta como una interacción dinámica donde la infraestructura, el capital, la tecnología y las capacidades institucionales convergen para generar aumentos sostenidos en la productividad. La robustez estadística de los modelos aplicados es notable; específicamente, la replicación del modelo de crecimiento para el caso nacional alcanzó una bondad de ajuste del 0,9784, lo que indica una parte importante de las variaciones observadas en el PIB per cápita se explican por la dinámica conjunta de la digitalización y la formación de capital físico. Esto confirma que la inercia económica y la inversión tecnológica son pilares fundamentales para proyectar un crecimiento sostenible en la era digital.

Uno de los hallazgos más reveladores surge de la aplicación del modelo estructural de ecuaciones simultáneas, el cual permitió reconstruir la microfísica





del impacto de las telecomunicaciones. El análisis evidencia la existencia de un círculo virtuoso o mecanismo de retroalimentación positiva: el crecimiento económico incentiva la adopción de servicios digitales; esta mayor demanda fortalece los ingresos del sector de telecomunicaciones, permitiendo a los operadores ampliar la infraestructura y la cobertura; y finalmente, esta expansión de red contribuye nuevamente a dinamizar el crecimiento económico nacional. Este fenómeno de retorno a escala demuestra que las telecomunicaciones actúan como una infraestructura habilitadora capaz de transformar la eficiencia estructural del país.

Asimismo, los resultados subrayan que la transformación digital en Costa Rica presenta un carácter transversal. La evidencia sugiere que el capital físico y la infraestructura digital son complementos esenciales; la digitalización requiere de redes, centros de datos y dispositivos para materializar sus beneficios en productividad efectiva. Aunque variables como la calidad de la mano de obra muestran efectos que suelen ser observables mayoritariamente en el largo plazo debido a su inercia natural, el modelo captura una transición hacia un modelo económico donde la riqueza depende cada vez más de la eficiencia tecnológica y la generación de conocimiento que de la simple acumulación de insumos tradicionales.

Finalmente, si bien el tamaño de la muestra temporal para un único país puede imponer limitaciones en la significancia estadística individual de algunas variables, la coherencia teórica de los signos estimados y la elevada capacidad explicativa global de los modelos proporcionan una base sólida para la toma de decisiones. En conclusión, el desarrollo del ecosistema digital se consolida como un determinante relevante del desempeño macroeconómico de Costa Rica,





posicionando a las políticas de conectividad, competencia y asequibilidad no solo como objetivos sectoriales, sino como herramientas críticas de la política económica nacional para el siglo XXI.





VII. Implicaciones para la Política Pública de Telecomunicaciones en Costa Rica

Los resultados obtenidos mediante el modelo de crecimiento endógeno y el sistema estructural de ecuaciones simultáneas trascienden la comprobación empírica del impacto de las telecomunicaciones sobre el crecimiento económico, al aportar elementos relevantes para la reflexión de la política pública. En conjunto, ambos enfoques muestran que el desarrollo del sector de telecomunicaciones no constituye únicamente un objetivo sectorial orientado a mejorar la conectividad, sino un instrumento capaz de fortalecer la productividad, estimular la inversión y favorecer el crecimiento económico de largo plazo. En consecuencia, las políticas dirigidas a promover el desarrollo del ecosistema digital subrayan una dimensión estratégica dentro de la política económica nacional.

En primer lugar, la evidencia respalda la necesidad de mantener políticas públicas que favorezcan la expansión y modernización continua de la infraestructura de telecomunicaciones. La relación observada entre el desarrollo de la banda ancha, la generación de ingresos del sector y el crecimiento económico sugiere que las inversiones en infraestructura digital generan beneficios que trascienden el propio mercado de telecomunicaciones, al mejorar las condiciones para la innovación, la digitalización empresarial, la prestación de servicios públicos y la productividad del conjunto de la economía. Bajo esta perspectiva, instrumentos como la planificación eficiente del espectro radioeléctrico, la reducción de barreras al despliegue de infraestructura y el fortalecimiento de programas de acceso universal constituyen mecanismos que pueden contribuir no solo al desarrollo del sector, sino también al crecimiento económico nacional.





En segundo término, los resultados ponen de manifiesto la importancia de mantener condiciones que favorezcan la asequibilidad de los servicios digitales. Aunque el precio nominal de la banda ancha no mostró un efecto estadísticamente significativo dentro de la ecuación de demanda, el Índice de Asequibilidad del Servicio presentó una relación positiva y altamente significativa con los ingresos del sector. Este resultado sugiere que las políticas públicas orientadas a mejorar la capacidad efectiva de acceso de los usuarios, mediante mayores niveles de competencia, eficiencia regulatoria, reducción de costos de despliegue o incremento del ingreso de los hogares, pueden generar efectos más relevantes que aquellas centradas exclusivamente en la reducción de precios nominales. En otras palabras, la evidencia respalda una visión integral de la asequibilidad como condición necesaria para consolidar el desarrollo del ecosistema digital.

Asimismo, la estimación del sistema estructural aporta evidencia favorable respecto al papel de la competencia como mecanismo dinamizador del mercado. Aunque el efecto de la intensidad competitiva no alcanzó significancia estadística en todas las ecuaciones, los coeficientes estimados mantuvieron sistemáticamente el signo esperado y evidenciaron una contribución positiva sobre la adopción de los servicios y el desempeño del sector. Lo anterior resulta consistente con la evolución histórica del mercado costarricense posterior a la apertura de las telecomunicaciones, donde la incorporación gradual de nuevos operadores favoreció una mayor disponibilidad de servicios, mejoras tecnológicas y un proceso continuo de innovación. En este sentido, los resultados respaldan la conveniencia de preservar un entorno competitivo que incentive la inversión y el





desarrollo tecnológico sin perder de vista las condiciones de sostenibilidad del mercado.

Otro aspecto relevante corresponde al carácter acumulativo del proceso de digitalización identificado por el modelo estructural. La evidencia muestra que el crecimiento económico favorece la adopción de los servicios digitales; esta mayor adopción fortalece los ingresos del sector; dichos ingresos permiten ampliar la infraestructura y continuar expandiendo la cobertura; finalmente, la mayor disponibilidad de infraestructura vuelve a contribuir al crecimiento económico. Esta dinámica de retroalimentación implica que los beneficios de las inversiones en telecomunicaciones no se agotan en un único período, sino que generan efectos acumulativos que pueden prolongarse en el tiempo mediante un proceso continuo de expansión tecnológica. Desde la perspectiva de la política pública, ello refuerza la importancia de mantener estrategias de largo plazo que proporcionen estabilidad regulatoria y favorezcan la inversión sostenida en infraestructura digital.

Finalmente, debe señalarse que la evidencia presentada en esta investigación no pretende demostrar una relación causal absoluta entre telecomunicaciones y crecimiento económico, sino aportar evidencia empírica robusta que fortalezca la comprensión de dicha relación para el caso costarricense. La consistencia observada entre el modelo de crecimiento endógeno, el sistema estructural de ecuaciones simultáneas y la evidencia internacional disponible permite concluir que el desarrollo de las telecomunicaciones constituye un componente relevante dentro de la estrategia nacional de desarrollo económico. En consecuencia, las recomendaciones de política pública relacionadas con la asignación del espectro radioeléctrico, la promoción de la competencia, la expansión de la infraestructura,





el fortalecimiento de la conectividad y la mejora de la asequibilidad deben entenderse no solo como instrumentos de política sectorial, sino también como herramientas que contribuyen a fortalecer la productividad y la competitividad de la economía costarricense en el largo plazo.

En este contexto, los resultados obtenidos adquieren especial relevancia para la formulación e implementación de la política pública de telecomunicaciones en Costa Rica. La evidencia empírica presentada sugiere que el fortalecimiento de la infraestructura digital, la promoción de condiciones que favorezcan la inversión, el impulso a la adopción de los servicios y la consolidación de un ecosistema digital competitivo no deben concebirse únicamente como objetivos propios del sector telecomunicaciones, sino como instrumentos capaces de potenciar la productividad y el crecimiento económico nacional. Bajo esta perspectiva, los hallazgos de la presente investigación ofrecen insumos que pueden ser útiles en la discusión y reflexión de las acciones contempladas dentro del Plan Nacional de Desarrollo de las Telecomunicaciones (PNDT), particularmente aquellas orientadas a ampliar la cobertura, incrementar la calidad de los servicios, reducir brechas digitales y fortalecer la inclusión digital como factores habilitadores del desarrollo económico.

Asimismo, los resultados son consistentes con la visión que sustenta los procesos de transformación digital impulsados por el Estado costarricense. La evidencia obtenida muestra que el desarrollo de las telecomunicaciones genera efectos que trascienden el propio sector, favoreciendo condiciones para la innovación, la digitalización de los procesos productivos, la modernización de los servicios públicos y el incremento de la competitividad nacional. En consecuencia, la transformación digital no debe entenderse únicamente como un proceso de





incorporación de tecnologías, sino como una estrategia integral de desarrollo económico cuyo éxito depende, en gran medida, de la capacidad del país para consolidar un ecosistema de telecomunicaciones moderno, resiliente y sostenible.

En este sentido, la presente investigación aporta elementos de interés que pueden coadyuvar a justificar la incorporación de las telecomunicaciones como un eje transversal dentro de las políticas nacionales de desarrollo, contribuyendo a fortalecer la toma de decisiones públicas mediante un enfoque sustentado tanto en la teoría económica como en el análisis econométrico aplicado al caso de Costa Rica.





Bibliografía

Bukht, R., & Heeks, R. (2023). Defining, conceptualising and measuring the digital economy. Development Informatics Working Paper Series. University of Manchester. https://hummedia.manchester.ac.uk/institutes/gdi/publications/workingpapers/di/di_wp68.pdf

Cammeraat, E., Samek, L., & Squicciarini, M. (2021). The role of innovation and human capital for the productivity of industries (OCDE Science, Technology and Industry Policy Papers No. 103). OCDE Publishing. <https://doi.org/10.1787/197c6ae9-en>

Chang, Q., Wu, M., & Zhang, L. (2024). Endogenous growth and human capital accumulation in a data economy. Structural Change and Economic Dynamics, 69, 298–312. <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2023.12.015>

Clercq, M., D'Haese, M. & Buysse, J. (2023). Economic growth and broadband access: The European urban-rural digital divide, Telecommunications Policy, Volume 47, Issue 6, 2023, 102579, ISSN 0308-5961, <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2023.102579>

Corrales, R., Camareno, J., Valverde, C. (2024). Impacto Económico de la Tecnología 5G en Costa Rica. Ministerio de Ciencia, Innovación, Tecnología y Telecomunicaciones. San José.

Duso, T., Nardotto, M., & Schiersch, A. (2025). Broadband and productivity: Structural estimates for Germany. SSRN. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4513821

Edquist, H. (2023). How important is mobile broadband latency for total factor productivity growth? International Telecommunications Society. <https://www.econstor.eu/handle/10419/277954>





Gillet, S., Lehr, W., Osorio, C. & Sirbu, M. (2006). Measuring Broadband's Economic Impact. Technical Report 99-07-13829, National Technical Assistance, Training, Research and Evaluation Project.

Greenstein, S. & McDevitt, R. (2009). The broadband bonus: Accounting for broadband Internet's Impact on US GDP. Working Paper, Northwestern University Kellogg School of Management, January. <http://www.kellogg.northwestern.edu/faculty/greenstein/research/WP/broadband%20Bonus%20-%20Greenstein&McDevitt.pdf>

Gruber, H., Hätönen, J., & Koutroumpis, P. (2014). Broadband access in the EU: An assessment of future economic benefits. Telecommunications Policy, 38(11), 1046–1058. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2014.06.007>

GSMA (2025). Mobile Connectivity Index. GSMA. <https://www.mobileconnectivityindex.com/>

GSMA (2026). The Mobile Economy 2026. GSMA Head Office, London, UK. <https://www.gsma.com/solutions-and-impact/connectivity-for-good/mobile-economy/wp-content/uploads/2026/02/The-Mobile-Economy-2026.pdf>

Katz, R. (2015). La economía y el ecosistema digital en América Latina. Madrid: Ariel.

Katz, R., & Callorda, F. (2020). La contribución económica de la banda ancha, la digitalización y la regulación de las TIC: Modelización econométrica para las Américas. Unión Internacional de Telecomunicaciones.

Katz, R., & Callorda, F. (2018). The economic contribution of broadband, digitization and ICT regulation. ITU Publications, https://www.itu.int/en/ITU-D/Regulatory-Market/Documents/FINAL_1d_18-00513_Broadband-and-Digital-Transformation-E.pdf

Koutroumpis, P. (2009). The economic impact of broadband on growth: A simultaneous approach. Telecommunications Policy, 33(9), 471–485. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2009.07.004>





Liang, X., Hidalgo, C., Balland, P.A., Zheng, S. & Wang, J. (2024). Intercity Connectivity and Innovation. *Computers, Environment and Urban Systems*, April 2024, 10209, Volume: Volume 109. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2406.14681>

Mack, E. A., & Rey, S. J. (2023). Economic growth and broadband access: The European urban–rural digital divide. *Telecommunications Policy*, 47(8). <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308596123000903>

Magoutas, A. I., Chaideftou, M., Skandali, D., & Chountalas, P. T. (2024). Digital Progression and Economic Growth: Analyzing the Impact of ICT Advancements on the GDP of European Union Countries. *Economies*, 12(3), 63. <https://doi.org/10.3390/economies12030063>

OCDE (2024a), OCDE Digital Economy Outlook 2024 (Volume 1): Embracing the Technology Frontier, OCDE Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/a1689dc5-en>.

OCDE (2024b), OCDE Digital Economy Outlook 2024 (Volume 2): Strengthening Connectivity, Innovation and Trust, OCDE Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/3adf705b-en>

Röller, L.-H., & Waverman, L. (2001). Telecommunications infrastructure and economic development: A simultaneous approach. *American Economic Review*, 91(4), 909–923. <https://doi.org/10.1257/aer.91.4.909>

Salim, A., Wen, J., Bello, A. U., Lubis, F. R. A., Khoirudin, R., Khasanah, U., Sukarniati, L., & Nasir, M. S. (2024). Does information and communication technology improve labor productivity? Recent evidence from the Southeast Asian emerging economies. *Growth and Change*, 55(1). <https://doi.org/10.1111/grow.12708>

Tang, C., & Zhao, Z. (2023). Does the new digital infrastructure improve total factor productivity? *Bulletin of Economic Research*, 75(4), 895–916. <https://econpapers.repec.org/RePEc:bla:buecrs:v:75:y:2023:i:4:p:895-916>





Unión Internacional de Telecomunicaciones, UIT (2023). Measuring digital development: Facts and Figures 2023. Permalink: <https://www.itu.int/itu-d/reports/statistics/facts-figures-2023/>

World Bank (2024). Digital Progress & Trends Report 2023. International Bank for Reconstruction and Development, Washington DC. <https://openknowledge.worldbank.org/server/api/core/bitstreams/95fe55e9-f110-4ba8-933f-e65572e05395/content>

Yang, X., & Zhang, Y. (2025). Digital infrastructure construction and the development of new-quality productive forces in enterprises. Scientific Reports, 15, Article 987. <https://www.nature.com/articles/s41598-025-09897-w>





Apéndice: Consideraciones metodológicas para la adaptación y estimación de los modelos econométricos

Con el propósito de garantizar la reproducibilidad del estudio y transparentar las decisiones metodológicas adoptadas durante el proceso de modelización econométrica, el presente apéndice documenta las principales adaptaciones realizadas para la aplicación de los modelos de crecimiento económico y del sistema estructural de ecuaciones simultáneas propuestos por Katz & Callorda (2020) al caso de Costa Rica.

La necesidad de realizar estas adaptaciones responde principalmente a las limitaciones inherentes a la disponibilidad de información estadística nacional. Mientras los modelos originales fueron estimados mediante paneles de datos internacionales que incorporan múltiples países y un elevado número de observaciones, la presente investigación se desarrolla exclusivamente para Costa Rica utilizando series temporales anuales comprendidas entre 2004 y 2024. Esta diferencia metodológica exigió efectuar ajustes en la selección de variables, en la construcción de algunos indicadores y en la especificación de determinadas ecuaciones, procurando mantener en todo momento la lógica conceptual del modelo original.

En consecuencia, las modificaciones introducidas no alteran los fundamentos teóricos de los modelos empleados, sino que representan adaptaciones necesarias para garantizar su aplicabilidad al contexto costarricense y aprovechar la mejor información estadística disponible.





A.1 Construcción de los modelos econométricos

La investigación se desarrolló mediante dos estrategias econométricas complementarias. En primer lugar, se estimó un modelo de crecimiento endógeno cuyo objetivo consistió en evaluar la relación agregada entre el desarrollo del ecosistema digital y el crecimiento económico costarricense utilizando como variable explicativa principal el Índice de Desarrollo del Ecosistema Digital (IDED) desarrollado por CAF.

Posteriormente, con el propósito de profundizar en los mecanismos económicos mediante los cuales las telecomunicaciones contribuyen al crecimiento económico, se replicó el sistema estructural de cuatro ecuaciones simultáneas desarrollado por Katz & Callorda (2020). Este segundo modelo permitió analizar de manera integrada las relaciones existentes entre la penetración de la banda ancha, la demanda de los servicios, los ingresos del sector y el proceso de expansión de la infraestructura digital.

El empleo conjunto de ambos enfoques permitió contrastar los resultados desde dos perspectivas metodológicas diferentes. Mientras el modelo de crecimiento endógeno analiza el efecto agregado de la digitalización sobre el producto interno bruto, el sistema estructural identifica los canales mediante los cuales dicho efecto se produce.

A.2 Adaptación del modelo estructural al caso costarricense



La estimación del sistema estructural requirió diversas adaptaciones derivadas de la disponibilidad limitada de información estadística para Costa Rica. En aquellos casos donde las variables originalmente utilizadas por Katz & Callorda (2020) no se encontraban disponibles para toda la serie temporal analizada, se recurrió a variables proxy que conservaran la mayor equivalencia conceptual posible respecto de los constructos originales.

Como criterio general, la selección de las variables sustitutas se realizó privilegiando indicadores provenientes de organismos internacionales y fuentes oficiales, procurando mantener la consistencia conceptual con el modelo original. Las principales adaptaciones corresponden a las siguientes variables:

Cuadro A1. Adaptaciones de las Variables de la Modelación para el caso de Costa Rica

Variable Original	Variable Utilizada
Precio del servicio	Índice de Asequibilidad del Servicio (GSMA Mobile Connectivity Index)
Índice Herfindahl-Hirschman (HHI)	Índice ordinal de intensidad competitiva del mercado
Crecimiento de adopción tecnológica	Indicador construido a partir de la evolución de la penetración de banda ancha
Penetración de banda ancha	Penetración conjunta de banda ancha fija y móvil

Fuente: Elaboración propia.

En todos los casos, la utilización de variables proxy respondió a criterios de disponibilidad estadística, continuidad temporal y consistencia conceptual con las relaciones económicas descritas por el modelo original.





A.3 Construcción del índice ordinal de intensidad competitiva

Debido a la inexistencia de información histórica suficiente para calcular el índice HHI durante todo el período de estudio, se construyó un indicador ordinal que representa la evolución del nivel competitivo del mercado costarricense.

La clasificación se fundamentó tanto en la evolución institucional del mercado nacional de telecomunicaciones como en la evidencia disponible sobre la concentración observada en los años recientes, para los cuales fue posible estimar el índice HHI utilizando información oficial.

El indicador ordinal quedó definido de la siguiente manera:

- 0: Monopolio.
- 1: Competencia leve.
- 2: Competencia moderada.
- 3: Competencia consolidada.

Este indicador no pretende sustituir al índice HHI desde una perspectiva matemática, sino representar la evolución estructural del mercado durante el proceso de apertura y consolidación de la competencia.

A.4 Utilización del Índice de Asequibilidad del Servicio

El modelo original incorpora variables relacionadas con el precio de los servicios de banda ancha. Sin embargo, considerando la disponibilidad de información para





Costa Rica y las recomendaciones metodológicas de la literatura reciente, la presente investigación empleó el Índice de Asequibilidad del Servicio del GSMA Mobile Connectivity Index.

Esta decisión metodológica permite representar de mejor manera las condiciones reales de acceso económico a los servicios digitales, al incorporar no únicamente el precio nominal, sino también su relación con la capacidad económica de los usuarios.

En consecuencia, la interpretación económica de esta variable difiere ligeramente respecto del precio tradicional, esperándose una relación positiva entre una mayor asequibilidad y el desarrollo del mercado.

A.5 Transformaciones econométricas

Con el propósito de facilitar la interpretación económica de los coeficientes y reducir posibles problemas asociados a escalas de medición heterogéneas, la mayoría de las variables continuas fueron expresadas mediante logaritmos naturales.

Esta transformación permitió interpretar los coeficientes estimados como elasticidades aproximadas y contribuyó a estabilizar la varianza de las series temporales.

Asimismo, en aquellas especificaciones donde fue pertinente representar la persistencia temporal del crecimiento económico, se incorporaron variables





rezagadas del producto interno bruto, siguiendo la lógica de los modelos dinámicos de crecimiento.

A.6 Consideraciones sobre el tamaño de la muestra

Una de las principales limitaciones metodológicas del estudio corresponde al reducido número de observaciones disponibles. La investigación utiliza series temporales anuales comprendidas entre 2004 y 2024, lo que limita naturalmente el tamaño muestral respecto de estudios internacionales basados en paneles de datos.

Esta condición reduce la potencia estadística de algunas pruebas de hipótesis y puede incrementar la probabilidad de obtener coeficientes individuales no significativos, particularmente cuando existen elevados niveles de correlación entre variables explicativas.

No obstante, la literatura econométrica reconoce que esta limitación no invalida la utilización de modelos de series temporales cuando las especificaciones presentan coherencia teórica, adecuada capacidad explicativa y resultados consistentes con la evidencia empírica disponible.

Por esta razón, la interpretación de los resultados privilegia el comportamiento conjunto del sistema, la consistencia de los signos estimados y la capacidad explicativa global de las ecuaciones, más que la significancia aislada de cada coeficiente.





A.7 Diagnóstico y validación de los modelos

Como parte del proceso de estimación se realizaron diversas pruebas de diagnóstico orientadas a evaluar la consistencia estadística de las especificaciones econométricas.

Entre ellas se incluyeron pruebas de estacionariedad, análisis de multicolinealidad mediante el Factor de Inflación de la Varianza (VIF), matrices de correlación entre variables explicativas, evaluación de especificaciones alternativas y comparación entre diferentes configuraciones del modelo.

Estas pruebas permitieron identificar la existencia de elevados niveles de correlación entre algunas variables estructurales (particularmente entre la penetración de banda ancha, el capital físico y el capital humano), situación consistente con la evolución conjunta de estos factores durante el proceso de desarrollo económico costarricense.

En consecuencia, la interpretación de los resultados consideró no únicamente la significancia estadística individual de los coeficientes, sino también la estabilidad de los signos estimados, la coherencia con la teoría económica y la capacidad explicativa global de las ecuaciones.

A.8 Anotaciones finales

Las adaptaciones metodológicas descritas en este apéndice permitieron replicar, de manera consistente y técnicamente fundamentada, los modelos desarrollados





por Katz & Callorda (2020) para el contexto costarricense. Aunque las restricciones asociadas a la disponibilidad de información hicieron necesaria la utilización de variables proxy y ciertos ajustes en la especificación original, en todos los casos se procuró preservar la lógica económica que sustenta los modelos de referencia.

En este sentido, las decisiones metodológicas adoptadas no deben interpretarse como modificaciones sustantivas del marco conceptual, sino como adecuaciones orientadas a maximizar la calidad de la evidencia empírica disponible para Costa Rica. La convergencia entre los resultados obtenidos mediante el modelo de crecimiento endógeno y el sistema estructural de ecuaciones simultáneas refuerza la robustez del análisis y proporciona un marco metodológico sólido para evaluar la contribución de las telecomunicaciones al crecimiento económico nacional.





Sobre las personas autoras de este documento

Rodrigo Corrales-Mejías

Economista, Profesional en Telecomunicaciones del Ministerio de Ciencia, Innovación, Tecnología y Telecomunicaciones de Costa Rica. En su puesto actual atiende temas relacionados al análisis económico, investigación y estimaciones pertinentes al mercado de Telecomunicaciones costarricense.

Cuenta con 6 años de experiencia en el sector de telecomunicaciones en los cuales ha participado activamente en diversas investigaciones del sector, análisis económicos sobre las cargas impositivas relacionadas al mercado de telecomunicaciones, la brecha digital, así como también ha realizado aportes al diseño y formulación de política pública en este ámbito.

Se ha desempeñado además como investigador académico y consultor por más de 15 años, además de laborar como docente de diferentes programas de pregrado y posgrado en la Universidad Nacional (UNA) y la Universidad de Costa Rica (UCR).

Tiene un Bachillerato en Economía por la Universidad Nacional y maestría académica en Política Económica con mención en Economía Internacional.





Carla Valverde Barahona

Gerente de Análisis Económico y Mercados de Telecomunicaciones del Ministerio de Ciencia, Innovación, Tecnología y Telecomunicaciones de Costa Rica. En su puesto actual, lidera el equipo a cargo de la investigación en economía, estadística y finanzas.

Tiene más de 15 años de experiencia en el sector TIC/Telecomunicaciones, durante los cuales ha desarrollado investigaciones sobre el impacto de los impuestos a los servicios de telecomunicaciones sobre el PIB, banda ancha para el acceso universal, brecha digital de género, prácticas culturales a través de las TIC, residuos electrónicos, entre otros temas. Además, ha trabajado en la definición y evaluación de políticas públicas en telecomunicaciones.

En el Ministerio también colabora como asesora en temas de su especialidad abordados en organismos internacionales como la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), la Comisión Interamericana de Telecomunicaciones (CITEL) de la Organización de los Estados Americanos (OEA) y la Comisión Técnica Regional de Telecomunicaciones (COMTELCA).

Se ha desempeñado en el sector público, privado y académico, y ha sido profesora de Economía en varias universidades, entre ellas la Universidad de Costa Rica. Tiene un bachillerato y licenciatura en Economía de la Universidad de Costa Rica y una Maestría en Estudios del Desarrollo, con especialización en Economía del Desarrollo y subespecialización en Análisis Cuantitativo de Políticas Económicas, del *Institute Social of Social Studies* de Holanda.





Elídier Moya Rodríguez

Posee una Maestría en Redes y Telemática, de la Universidad Latina de Costa Rica (ULATINA); es Licenciado en Informática Educativa de la Universidad Estatal a Distancia (UNED); es Ingeniero informático, graduado de la Universidad Latinoamericana de Ciencia y Tecnología (ULACIT); y posee una especialidad en Auditoría de Sistemas de Información, de la Universidad de Costa Rica (UCR).

Con más de 25 años de experiencia en el ámbito tecnológico, ha contribuido en diversas iniciativas, formulación de políticas públicas y proyectos del sector de las telecomunicaciones en Costa Rica. Su carrera se ha caracterizado por la participación en proyectos de alcance nacional, abordando temas como infraestructura de soporte para redes de telecomunicaciones, expansión de la banda ancha, residuos de aparatos electrónicos y telecomunicaciones de emergencia. En roles clave como coordinador de equipos interinstitucionales, ha liderado esfuerzos para establecer posiciones de consenso a nivel nacional.

Como expositor internacional, ha compartido experiencia y conocimiento en diversos foros sobre tecnología, contribuyendo no solo a la difusión de información relevante, sino también al fortalecimiento de redes profesionales y al intercambio de ideas a nivel global.

En el ámbito académico, ha laborado como profesor universitario impartiendo cursos especializados en áreas como computación, informática, sistemas operativos (GNU/Linux) y tecnología aplicada a la educación.

Labora actualmente como director del MICITT y como docente en la Universidad Estatal a Distancia.





MINISTERIO
DE CIENCIA, INNOVACIÓN,
TECNOLOGÍA Y TELECOMUNICACIONES

GOBIERNO DE COSTA RICA