ESTUDIO DE IMPACTO DEL MARCO REGULATORIO 2018 - 2020.

PRODUCTO 6 AJUSTADO.

DICIEMBRE 14 DE 2021

econometría
Consultores

TACHYON
CONSULTORES

© 2021
Comisión de Regulación de Comunicaciones
www.crcom.gov.co

Lina María Quevedo
Laura Hernández
Miguel Andrés Durán
Víctor Baldrich

Elaborado por
Unión Temporal Econometría -Tachyon
www.econometria.com
www.tachyonweb.com

Oscar Rodríguez Nieto. Econometría consultores
Julián Gómez, Tachyon consultores
Benjamín Venegas, Econometría consultores
Juan Manuel García, Econometría consultores
Christiann Orjuela, Econometría consultores

ESTUDIO DE IMPACTO

DEL MARCO REGULATORIO 2018 - 2020

PRODUCTO 6

TABLA DE CONTENIDO

ACRÓNIMOS VI

INTRODUCCIÓN 1

CAPÍTULO 1 3

ANTECEDENTES, LITERATURA Y EXPERIENCIAS INTERNACIONALES 3

1.1 Revisión de literatura y experiencias internacionales 3

1.1.1 La regulación en las telecomunicaciones y su impacto en la sociedad 3

1.1.2 Cláusulas de permanencia (Resolución 4930 de 2016) 6

1.1.3 Acceso a operadores virtuales (Resoluciones 5108 de 2017 y 5827 de 2019) 10

1.1.4 Compartición de infraestructura (Resolución 5283 de 2017) 11

1.1.5 Mejoramiento de la penetración de los servicios de telecomunicaciones para reducir la brecha digital (Resolución 5321 de 2018) 13

CAPÍTULO 2 17

RESOLUCIONES CRC 5108/2017 Y CRC 5827 DE 2019 17

2.1 Teoría del cambio 17

2.2 Hipótesis 1: Las señales enviadas al mercado por la expedición de la Resolución 5108 de 2017 incentivan la entrada, permanencia y consolidación de los OMV 22

2.2.1 Variables de resultado 22

2.2.2 Variables de control 22

2.2.3 Metodología 23

2.2.4 Análisis descriptivo 26

2.2.5 Correlación de variables 32

2.2.6 Resultados, análisis y conclusiones 33

2.3 Hipótesis 2: Las señales enviadas al mercado por la expedición de la resolución 5108 de 2017 incrementa la oferta de acceso a los OMV 46

2.3.1 Variables de resultado 46

2.3.2 Variables de control 46

2.3.3 Metodología 46
2.3.4 Datos de entrada, fuentes, tratamiento, descriptivos estadísticos y correlación de las variables de control 48
2.3.5 Correlación de variables 48
2.3.6 Resultados, análisis y conclusiones 48
2.4 Hipótesis 3: Las señales enviadas al mercado por la expedición de la Resolución 5827 de 2019 facilita la transferencia de costos o eficiencias a los usuarios finales ... 49
2.4.1 Variables de resultado 49
2.4.2 Variables de control 49
2.4.3 Metodología 49
2.4.4 Datos de entrada, fuentes, tratamiento, descriptivos estadísticos y correlación de las variables de control 50
2.4.5 Análisis descriptivo y hechos relevantes 51
2.4.6 Indicador de resultado 55
2.4.7 Correlación de variables 56
2.4.8 Resultados, análisis y conclusiones 57
2.5 Conclusiones generales 60
2.6 Sendas y recomendaciones 60
CAPÍTULO 3 63
RESOLUCIÓN 5321 DE 2018 63
3.1 Antecedentes 63
3.2 Teoría del Cambio e identificación de hipótesis 65
3.3 Hipótesis 1: La excepción regulatoria sobre las metas de calidad en los 876 municipios incentivó la ampliación de cobertura y el despliegue de nuevas tecnologías para la provisión de servicios móviles 69
3.3.1 Estructura del modelo propuesto, variables de resultado y control 69
3.3.2 Datos de entrada, fuentes, tratamiento, descriptivos estadísticos y correlación de las variables de control 73
3.3.3 Conformación de la muestra 74
3.3.4 Análisis descriptivo 76
3.3.5 Correlación entre las variables 79
3.3.6 Resultados, análisis y conclusiones 80
3.4 Hipótesis 2: La excepción regulatoria sobre las metas de calidad promocionó la oferta de servicios de internet fijo en los 240 municipios que no contaban con el servicio a nivel residencial y los 26 municipios que no contaban con la cobertura del servicio en el segmento corporativo. 90
3.4.1 Estructura del modelo propuesto, variables de resultado y control 90

3.4.2 Datos de entrada, fuentes, tratamiento y descriptivos estadísticos 91
3.4.3 Resultados del modelo, análisis y conclusiones 94
3.5 Hipótesis 3: La excepción regulatoria sobre las metas de calidad en los 876 municipios impulsó la penetración de los servicios de telecomunicaciones fijos, especialmente los de internet, así como de servicios móviles. 96
3.5.1 Estructura del modelo propuesto, variables de resultado y control 96
3.5.2 Datos de entrada, fuentes, tratamiento y descriptivos estadísticos 98
3.5.3 Resultados del modelo, análisis y conclusiones 105
3.6 Hipótesis 4: La excepción regulatoria sobre las metas de calidad en los 876 municipios no tuvo efectos sobre los indicadores de calidad 5.1.3.1 (Indicadores de calidad para servicios de telefonía móvil 2G y 3G) y 5.1.3.3. (Servicio de datos móviles). 116
3.6.1 Estructura del modelo propuesto, variables de resultado y control 116
3.6.2 Datos de entrada, fuentes, tratamiento y descriptivos estadísticos 120
3.6.3 Resultados del modelo, análisis y conclusiones 131
3.7 Conclusiones 134
3.8 Sendas y recomendaciones 134
CAPÍTULO 4 137
RESOLUCIÓN 5283 DE 2017 137
4.1 Antecedentes 137
4.2 Teoría del Cambio e identificación de hipótesis 139
4.3 Hipótesis 1: Los topes tarifarios generaron un incremento en el uso que se hace de las infraestructuras pasivas, el cual se manifiesta en un incremento en el número de postes y ductos compartidos entre los agentes involucrados 144
4.3.1 Estructura del modelo propuesto, variables de resultado y control 144
4.3.2 Datos de entrada, fuentes y tratamiento 147
4.3.3 Análisis descriptivo 147
4.3.4 Correlación entre variables 149
4.3.5 Resultados análisis y conclusiones 149
4.4 Hipótesis 2: Los topes tarifarios generaron un incremento en el uso que se hace de las infraestructuras pasivas, que se manifiesta en un mayor número de acuerdos firmados 152
4.4.1 Estructura del modelo propuesto, variables de resultado y control 152
4.4.2 Datos de entrada, fuentes y tratamiento 155
4.4.3 Análisis descriptivo 155
4.4.4 Correlación entre variables 156
4.4.5 Resultados, análisis y conclusiones 156

4.5 Hipótesis 3: Los topes tarifarios generaron una disminución en los costos de compartición de infraestructura de postes y ductos utilizados para el despliegue de redes o la prestación de servicios de telecomunicaciones. 157
4.5.1 Estructura del modelo propuesto, variables de resultado y control 157
4.5.2 Datos de entrada, fuentes y tratamiento 159
4.5.3 Análisis descriptivo 159
4.5.4 Resultados, análisis y conclusiones 160
4.6 Hipótesis 4: La actualización de los topes tarifarios generó efectos positivos a nivel municipal sobre la competencia en los servicios de internet fijo y televisión por suscripción en términos de una disminución de los indicadores de concentración de mercado 160
4.7 Hipótesis 5: La actualización de los topes tarifarios generó efectos positivos a nivel municipal en términos de un incremento en el número de suscriptores del servicio de internet fijo y televisión por suscripción 161
4.7.1 Estructura del modelo propuesto, variables de resultado y control 161
4.7.2 Datos de entrada, fuentes y tratamiento 163
4.7.3 Análisis descriptivo 164
4.7.4 Correlación entre las variables 166
4.7.5 Resultados, análisis y conclusiones 168
4.8 Hipótesis 6: La actualización de los topes tarifarios generó una disminución de los precios minoristas de los servicios de internet fijo y televisión por suscripción 173
4.8.1 Estructura del modelo propuesto, variables de resultado y control 173
4.8.2 Datos de entrada, fuentes y tratamiento 176
4.8.3 Análisis descriptivo 177
4.8.4 Correlación entre las variables 178
4.8.5 Resultados, análisis y conclusiones 178
4.9 Conclusiones generales 183
4.10 Sendas y recomendaciones 184
CAPÍTULO 5 187
EFECTOS CONJUNTOS DE LAS RESOLUCIONES CRC 4930 DE 2016 Y 5283 DE 2017 187
5.1 Hipótesis: Incidencia de las medidas regulatorias sobre la concentración de los mercados 187
5.1.1 Comportamiento de la variable de resultado 188
5.1.2 Estructura del modelo propuesto, variables de resultado y control 190
5.1.3 Correlación entre variables 192
5.1.4 Resultados 194
5.1.5 Análisis de impactos y conclusiones 200

CAPÍTULO 6 204
RESOLUCIÓN 4930 DE 2016 204
6.1 Antecedentes 204
6.2 Teoría del cambio e identificación de hipótesis 205
6.3 Supuesto: En la medida que se reduce el porcentaje de suscriptores de un operador con cláusula de permanencia, la tasa de cancelación del servicio aumenta 209
6.3.1 Datos de entrada y fuentes 209
6.3.2 Estructura del modelo propuesto 210
6.3.3 Resultados 211
6.4 Hipótesis 2: el mayor nivel de competencia y los cambios introducidos por la resolución CRC 4930 de 2016, redujo las tarifas entre los cargos de conexión con cláusula y sin ella 212
6.5 Conclusiones generales 213
6.6 Sendas y recomendaciones 213
6.6.1 Recomendaciones específicas de esta medida regulatoria 213
6.6.2 Recomendación general 214
ANEXO 1: LISTADO DE MUNICIPIOS DE FRONTERA 215

ACRÓNIMOS

AIC	Criterio de información de Akaike
ANTV	Autoridad Nacional de Televisión
BEREC	Body of European Regulators for Electronic Communications
BIC	Criterio de Información Bayesiano
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
CEDE	Centro de Estudios sobre Desarrollo Económico
CITS	Crafts Instructor Training Scheme
CRC	Comisión de Regulación de Comunicaciones
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
DNP	Departamento Nacional de Planeación
EE. UU	Estados Unidos
EIS	Equidad e Inclusión Social
EPM	Empresas Públicas de Medellín
ESP	Empresa de Servicio Publico
ETB	Empresa de Telecomunicaciones de Bogotá
EVDO	Evolution-Data Optimized
FDT	Fondo de Desarrollo de las Telecomunicaciones
FENALCO	Federación Nacional de Comerciantes
FTTP	Fiber to the premises
GfK	Growth for Knowledge
HHI	Herfindal Hirshman Index
HSDPA	High Speed Downlink Packet Access
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
IFT	Instituto Federal de Telecomunicaciones de México
IPAS	Infraestructuras Pasivas
IPC	Índice de precios al consumidor
IPUIF	Ingreso Promedio por Usuario a Nivel Nacional del Servicio de Internet Fijo
IPUTVS	Ingreso Promedio por Usuario a Nivel Nacional del Servicio de Televisión por Suscripción
ITU	Unión Internacional de Telecomunicaciones
KPMG	Klynveld Peat Marwick Goerdeler
Mbps	Megabit por segundo
MinTIC	Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicaciones
MPOB	Malaysian Palm Oil Board
NBI	Necesidades Básicas Insatisfechas
OBI	Oferta Básica de Interconexión
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
OfCom	Regulador de comunicaciones del Reino Unido
OLS	Mínimos Cuadrados Ordinarios
OMR	Operador Móvil de Red

OMV	Operadores Móviles Virtuales
PGI	Procedures, Guidance, and Information
PIB	Producto Interno Bruto
PIF	Penetración De Internet Fijo
POB	Población del Municipio
PPC	Percent Plan Complete
PRST	Proveedores de Redes y Servicios de Telecomunicaciones
PTVS	Penetración de Televisión por Suscripción
REG	Regulation
SA	Sociedad Anónima
SAS	Sociedad por Acciones Simplificada
TDT	Televisión Digital Terrestre
TIC	Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
UE	Unión Europea
UIT	Unión Internacional de Telecomunicaciones
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
UNIANDES	Universidad de los Andes
UT	Unión Temporal
VIF	Factor de Inflación de Varianza
WCDMA	Wideband Code Division Multiple Access
ZOMAC	Zonas más Afectadas por el Conflicto

INTRODUCCIÓN

La Comisión de Regulación de Comunicaciones (CRC) ha encargado a la Unión Temporal Econometría Tachyon el desarrollo del estudio del impacto del marco regulatorio expedido por la CRC entre los años 2016 y 2020, el cual comprende la evaluación de impacto de las siguientes regulaciones:

- Resolución CRC 4930 de 2016, que modificó las cláusulas de permanencia para comunicaciones fijas y televisión por suscripción;

- Resoluciones CRC 5108 de 2017 y CRC 5827 de 2019 que actualizaron los valores del cargo de acceso a redes móviles, para generar un entorno que les permitiera a los Operadores Móviles Virtuales (OMV) entrar al mercado de manera competitiva;

- Resolución CRC 5283 de 2017, que actualizó las condiciones de acceso, uso y remuneración de infraestructura pasiva de telecomunicaciones (postes y ductos); estableció obligaciones para los acuerdos de compartición de infraestructura TIC, y formuló una metodología para fijar topes tarifarios de contraprestación mensual de la infraestructura a compartir; y

- Resolución CRC 5321 de 2018 que modificó el Régimen de Calidad para incentivar la prestación del servicio en municipios apartados y el uso de tecnologías de microondas y fibra óptica en las redes de transporte, estableciendo una excepción de cumplimiento de los indicadores de calidad fijos y móviles para 876 municipios.

De acuerdo con los Términos de Referencia de la consultoría, el estudio comprende los siguientes entregables:

- **Producto 1**: Contiene el plan de trabajo y la definición de los requerimientos de información para la evaluación de las resoluciones;

- **Producto 2**: Contiene los antecedentes, el desarrollo de hipótesis y la propuesta metodológica para evaluar las resoluciones CRC 5108 de 2017 (incluyendo la CRC 5827 de 2019) y CRC 5321 de 2018;

- **Producto 3**: Contiene los antecedentes, el desarrollo de hipótesis y la propuesta metodológica para evaluar las resoluciones CRC 4930 de 2016 y CRC 5283 de 2017;

- **Producto 4**: Contiene el desarrollo de la evaluación de impacto, los resultados y las conclusiones para las resoluciones CRC 5108 de 2017 (incluyendo la CRC 5827 de 2019) y CRC 5321 de 2018;

- **Producto 5**: Contiene el desarrollo de la evaluación de impacto, los resultados y las conclusiones para las resoluciones CRC 4930 de 2016 y CRC 5283 de 2017;

- **Producto 6**: Documento compilatorio de los entregables del 2 al 5, y presentación final de la evaluación.

El presente documento corresponde al producto 6 de la consultoría y se compone de un capítulo inicial sobre antecedentes y luego un capítulo con la metodología y resultados de cada una de las resoluciones evaluadas.

Capítulo 1

ANTECEDENTES, LITERATURA Y EXPERIENCIAS INTERNACIONALES

1.1 REVISIÓN DE LITERATURA Y EXPERIENCIAS INTERNACIONALES

Las resoluciones cuyo impacto busca evaluar el presente trabajo, tienen como objetivos principales: i) la mejora de la oferta y el desempeño de los mercados del sector de las telecomunicaciones en todo el territorio nacional e ii) incentivar la penetración de las tecnologías de comunicación en municipios apartados.

Este apartado busca establecer algunas generalidades de la regulación en el sector de las telecomunicaciones y su importancia dentro del desarrollo social y económico que ha sido identificado por algunos autores alrededor de todo el mundo; y, en segundo lugar, busca presentar algunas metodologías que se aplicaron para evaluar el impacto regulatorio en el sector de las telecomunicaciones en distintos países en donde se llevaron a cabo políticas de esta naturaleza.

Para lograr estos objetivos, se realizó una revisión de la literatura relacionada consultando estudios de impacto regulatorio previos adelantados por la CRC, páginas web de diferentes entes reguladores alrededor del mundo (Específicamente EE. UU., Reino Unido, España, Chile, Perú y México) y bases de datos electrónicas de revistas académicas. Después de identificar los principales artículos y antecedentes, se sintetizó la información y se logró extraer la información que se presenta a continuación.

1.1.1 La regulación en las telecomunicaciones y su impacto en la sociedad

La mayor parte de los estudios consultados dan cuenta que el principal objetivo que persigue la regulación del sector de las telecomunicaciones alrededor del mundo es el de reducir la brecha digital a través de estimular mayor competencia, mayor penetración, menor concentración del mercado y precios asequibles para la toda la población.

Al respecto, algunos autores afirman que la brecha digital tiene que ver con el desempeño del mercado (Prieger, 2003) o con factores socioculturales como la educación, los ingresos y la ocupación de la población (Fairlie, 2004). En otras palabras, la desigualdad en el acceso a servicios de información como el Internet, la telefonía fija y móvil y la televisión, obedece a múltiples y complejos procesos que exigen la actuación del Estado, pues se ha observado que una mayor penetración de las tecnologías de la información conduce a un mejoramiento en los rendimientos

del agro (LoPiccalo, 2020), y en general de las economías nacionales, tal como lo documenta (Batuo, 2015), quien encuentra que la infraestructura en las telecomunicaciones, para 44 países africanos, fue un factor determinante para su crecimiento económico.

De lo anterior se puede inferir la importancia de que las tecnologías de la comunicación lleguen a la mayor cantidad de personas posible, sin embargo, como ya se mencionó, existen diversos factores derivados del mercado, que hacen que algunas regiones, especialmente las más apartadas y menos pobladas, sean excluidas por los prestadores de servicio privado, pues invertir recursos en estas zonas, supone un detrimento en la eficiencia del retorno de su inversión. Al respecto, (Rubio Campillo, 2015) hace un análisis del impacto de algunas políticas regulatorias en el sector de las telecomunicaciones en España encaminadas a mejorar el acceso de toda la población y encuentra que, si bien algunas de estas medidas mejoraron la penetración de estos servicios, también implicaron una pérdida de eficiencia en el desempeño económico de las empresas proveedoras de los mismos.

Dicho lo anterior, vale la pena resaltar que el Estado debe incentivar la inclusión de toda la población a los servicios básicos, incluyendo los de la comunicación, por lo que se hace necesaria la actuación de los gobiernos que garantice que las tecnologías de la comunicación lleguen incluso a poblaciones en donde no es rentable invertir para los agentes privados que prestan estos servicios. En este sentido, se ha encontrado que la regulación en el sector de las telecomunicaciones tiene efectos positivos y significativos en la penetración del mismo, particularmente en segmentos de la población de más bajos recursos, tal como lo señalan (Hawthorne & Grzybowski, 2019) quienes llegan a esta conclusión para un país con profundos problemas de desigualdad como lo es Sudáfrica.

Sin embargo, también se ha observado que la regulación no necesariamente tiene efectos homogéneos sobre todos los segmentos del sector de las telecomunicaciones y, además, que incentivar un mercado puede tener efectos en otros, pues se evidenció, en un estudio llevado a cabo en 86 países en vías de desarrollo, que la regulación enfocada a incentivar la competencia en el segmento de la telefonía móvil digital impactó de manera positiva su crecimiento y el del segmento de telecomunicación fija; mientras que incentivar la competencia en la telefonía móvil análoga tiene impactos positivos en su crecimiento pero negativos en el del segmento de la telecomunicación fija. Lo que quiere decir que la telefonía móvil digital es complementaria de los servicios de telecomunicación fija mientras el segmento de telefonía análoga es sustituto de esta última. (Gasmi & Virto, 2010)

También es importante mencionar que la implementación de la regulación y los objetivos que con esta se busca alcanzar, no tienen un impacto homogéneo en todos los países y que su impacto se ve afectado por el nivel tecnológico con que cuenta cada país, tal como lo muestran (Gulati & Yates, 2012), quienes hacen un análisis empírico de 158 países separándolos en dos grupos para

su estudio: i) los países desarrollados tecnológicamente y ii) los países en vía de desarrollo tecnológico en el sector de las comunicaciones. Así, encontraron que, para los países desarrollados, ni la competencia, ni la regulación ni la estructura política son factores determinantes en la penetración de la banda ancha, pero sí lo es la inversión en el sector de las telecomunicaciones; por otro lado, para los países en vía de desarrollo tecnológico se encontró que la competencia y la inversión tienen un efecto positivo y estadísticamente significativo en el número de líneas fijas de banda ancha por cada 100 habitantes.

Basándose en todo lo anteriormente expuesto, se puede concluir que los estudios consultados apuntan a que la infraestructura de telecomunicaciones y el desarrollo de las tecnologías de información constituyen factores relevantes para el crecimiento económico y la inclusión social (Batuo, 2015) (LoPiccalo, 2020) (Hawthorne & Grzybowski, 2019). Sin embargo, las características del mercado pueden llevar a la exclusión de algunas regiones al interior de los países, beneficiando en menor medida a las comunidades más vulnerables de la sociedad ampliando las brechas socioeconómicas, por lo cual, se necesita de la actuación del Estado para que por medio de la regulación incentive la competencia, la fijación de precios justos y el acceso universal a las tecnologías de información en todo el territorio nacional. Asimismo, se hace necesario evaluar las diferentes regulaciones para medir su efectividad para alcanzar los objetivos que se establecieron en el momento de su implementación.

En este sentido, evaluar el impacto regulatorio permite identificar cuáles medidas lograron sus objetivos y cuáles no lo hicieron, este factor es importante, ya que les permite a los tomadores de decisiones políticas tener argumentos sólidos para implementar programas, emitir legislación y dictar disposiciones con respaldo técnico, máxime, cuando se trata de sectores tan relevantes como el de las telecomunicaciones. Sin embargo, al hacer una consulta de los diferentes sitios web se encuentra que Colombia es pionero en este tema, pues la CRC ha venido haciendo evaluaciones periódicas del impacto de la regulación en el sector de las telecomunicaciones, mientras que para otros países de Latinoamérica no fue posible encontrar una práctica similar en dicho sector[1].

Con el ánimo de identificar precedentes que apoyen el diseño metodológico de la presente evaluación de impacto regulatorio en el sector de las telecomunicaciones en Colombia, se consultaron varios estudios que llevaron a cabo evaluaciones similares o con un enfoque semejante al que se propone en el presente documento.

Así, la literatura consultada da cuenta de diversas técnicas econométricas para evaluar el impacto de la regulación en el sector de las telecomunicaciones alrededor de todo el mundo, sin embargo,

[1] Se consultaron las páginas Web de los agentes reguladores del sector de telecomunicaciones de Chile, Perú, México, Panamá, Costa Rica, España, Reino Unido y los Estados Unidos, sin embargo, solamente en los tres últimos se identificó información relevante para este estudio.

no fue posible identificar estudios sobre reglamentación igual a la que se propone evaluar en este trabajo, por lo cual, a continuación, se presentan los trabajos que resultaron ser más similares a lo que se quiere lograr, enfocándose en la metodología propuesta por los diferentes autores y las principales conclusiones a las que llegaron.

1.1.2 Cláusulas de permanencia (Resolución 4930 de 2016)

El creciente mercado de las telecomunicaciones y la entrada de nuevos oferentes al mismo dan al usuario de estos servicios una amplia gama de posibilidades para poder elegir la compañía que evalúe como su mejor opción. Sin embargo, la utilidad del consumidor al momento de cambiarse de una empresa a otra se puede ver reducida por cuenta de los costos de cambio en que incurre cuando lo hace, estos costos se clasifican en costos de procedimiento, financieros o de cambio relacional ((Jacob & Subramoniam, 2018). Algunos de estos costos, pueden llegar a ser naturales del proceso de cambio, tal como lo señalan (Shah, Gul, Shakir, & Qureshi, 2013):

> *"En el sector de las telecomunicaciones hay un gran número de costos críticos que deben ser considerados cuando el usuario cambia de proveedor. Estos incluyen los costos de informar a otros del cambio (…), los costos de adquirir nuevas líneas, el costo asociado con romper relaciones de largo tiempo con un proveedor de servicio, el costo de aprender nuevos procedimientos al relacionarse con un proveedor nuevo y el costo de encontrar un nuevo operador con la misma o más alta calidad que la firma existente".*

Además de los costos naturales en los que incurren los usuarios de servicios de telecomunicaciones ante un cambio de operador, como los ya mencionados, también existen los costos artificiales derivados de los contratos firmados entre usuarios y empresas, como lo son las cláusulas de permanencia o compromisos de fidelidad. Estos costos pueden llegar a ser una barrera artificial al cambio de operador y entorpecer la dinámica natural del mercado, ya que un aumento de los costos financieros de cambio puede llegar a ser una estrategia para los operadores con posición dominante para mantener su posición. (Lörincz & Nagy, 2010).

Esta problemática fue identificada por la CRC y en los considerandos de la Resolución 4930 de 2016 afirma que "(…) tal como se han venido aplicando las cláusulas de permanencia mínima en la actualidad, las mismas constituyen una barrera artificial al cambio de operador". Es decir, la citada Resolución tenía como objetivo la disminución de los costos de cambio de los usuarios de servicios fijos de telecomunicaciones y que los usuarios tengan mayor claridad sobre las condiciones bajo las cuales celebran un contrato con un operador.

Si bien la Comisión de Regulación de Comunicaciones (2015) identificó varios casos alrededor del mundo en los cuales las cláusulas de permanencia en el sector de las telecomunicaciones estaban siendo prohibidas o reguladas, no se logró identificar ningún estudio que hiciera un análisis del impacto regulatorio de estas medidas sobre los servicios de telefonía, televisión e Internet fijos. Sin embargo, se lograron identificar algunos estudios que evalúan la efectividad de

medidas similares con el objetivo de disminuir barreras artificiales en el momento en que los usuarios de servicios de telecomunicaciones quieran cambiar de operador. Estos estudios aportan un soporte teórico y metodológico para desarrollar la evaluación del impacto regulatorio de la Resolución 4930 de 2016 en tanto aporta elementos conceptuales y de diseño que, siendo modificados según las necesidades y disponibilidad de información, tendrán relevancia en este estudio.

El antecedente más relevante que se logró identificar fue un estudio del impacto regulatorio llevado a cabo en Colombia. (Martín, Serna, & Riascos, 2017) llevan a cabo una evaluación de la Resolución CRC 4444 de 2014, a través de la cual se prohibía los términos de duración fija en los contratos de telefonía móvil, llamados también cláusulas de permanencia. Según el estudio, las cláusulas de permanencia les permitía a los operadores crear costos de cambio para los usuarios, reducir la competencia en el mercado minorista, concentrar el mercado de voz y datos y reducir incentivos para invertir en la mejora de la calidad; por lo tanto, prohibir las cláusulas de permanencia debería mejorar el bienestar del consumidor al permitirle comparar precios individuales de servicios de voz y datos móviles y tomar decisiones más informadas.

Los autores del estudio evalúan el impacto de la Resolución en la utilidad del consumidor a través de un modelo de elección discreta en donde el Consumidor i en el mercado t elige su terminal móvil basándose en su nivel indirecto de utilidad (U_{ijt}) , el cual está dado en función a la percepción de cláusulas de permanencia c_{jt}, un conjunto de K caracterísiticas observables x_{jt}, variables no observables x_{jt}, asociados con la terminal j; tambien a su ingreso disponible, determinado por la diferencia entres sus ingresos y_{it} y el precio de la terminal p_{jt}, y un impacto aleatorio de su utilidad e_{ijt}. Así, el modelo que se utiliza está dado por la siguiente ecuación:

$$u_{ijt} = \alpha_i(y_{it} - p_{jt}) + \mathbf{x}_{jt}\beta_i + \tau_i c_{jt} + \xi_{jt} + \varepsilon_{ijt}.$$

Para estimar el modelo, los autores del estudio se valieron de información referente a venta de equipos celulares entre enero de 2014 y junio de 2016, recolectada por la compañía de estudios de mercado GfK y suministrada por Fenalco, y para determinar las características de los usuarios se utilizó la Gran Encuesta Integrada de Hogares del DANE.

Una vez estimado el modelo, se simulan dos situaciones contrafactuales: i) la inexistencia de cláusulas de permanencia antes de julio de 2014 (mes en que se eliminaron para la telefonía móvil) y ii) la existencia de cláusulas de permanencia después de ese mes. "Los resultados en ambos casos muestran que las cláusulas reducen el excedente de los consumidores, de las firmas, y el bienestar social. En el primer contrafactual, la pérdida para los consumidores es de 63,000 millones de pesos corrientes y, en el segundo, de 34,000 millones de pesos corrientes. Adicionalmente se encuentra que las ganancias que se habrían percibido el mercado de haberse

eliminado las clausulas mucho antes de julio de 2014, habrían sido mayores que las ganancias de haberlas eliminado a partir de julio de 2014." (Martín, Serna, & Riascos, 2017)

Otra forma de crear barreras artificiales a la movilidad a través del aumento de los costos por cambio de los usarios, problema que se buscó corregir con la Resolución CRC 4930, es el empaquetamiento de servicios de telecomunicaciones para el consumidor. En este sentido, se encontraron varios estudios que dan cuenta del impacto que tienen estas barreras sobre el bienestar del usuario de los servicios de telecomunicaciones. Así, por ejemplo, (Burnett, 2014) a través de un modelo probit de efectos aleatorios para controlar la heterogeneidad individual, busca analizar el impacto que tuvo el cambio en la regulación en el Reino Unido al permitir que las compañías vendieran paquetes de servicios de telecomunicación (televisión, telefonía fija y móvil).

El modelo que se estimó establece que la probabilidad de que los consumidores se cambien de un operador de telecomunicaciones a otro, está dado por caracteristicas del contrato que se tienen, como los servicios contratados, si estos servicios están empaquetados o no, la cantidad de tiempo que llevan con el operador y, por último, el operador (término que podría interpretarse como un efecto fijo por empresa); y por otro lado la probabilidad de cambio también tiene que ver con variables demográficas, como el ingreso, el desempleo, la cantidad de niños en el hogar, la educación, el género y la edad del consumidor, así, la ecuación del modelo sería:

$$Probabilidad\ de\ Cambio\ = S\ (Servicio, Empaquetado, Duración, Provedor,$$

$$Ingreso, Empleo, Hijos, Educación, Género, Edad)$$

Los resultados de este estudio sugieren que cuando un consumidor adquiere los servicios de telecomunicaciones empaquetados por una compañía, la probabilidad de que se cambie de proveedor de estos servicios, se reduce significativamente. Es decir, este artículo comprueba empíricamente que medidas como la venta de servicios empaquetados reduce la movilidad de los consumidores de una compañía a otra (Burnett, 2014). La importacia de este estudio para el trabajo que se está desarrollando es que ayuda a establecer las variables que determinan la probabilidad de que los usuarios se cambien de una compañía a otra y, dependiendo de la información que se logre recolectar, dichas variables, y la metodología del artículo, pueden ser tenidas en cuenta para evaluar el impacto que la resolución tuvo sobre el bienestar de los consumidores al eliminar costos de cambio.

Por otro lado, Lee et. al (2006) evalúan cómo la decisión del Gobierno koreano de permitir la portabilidad del número de telefonía móvil de los usuarios en 2004, reducía sus costos de cambio y era valorada por ellos. Para evaluar el impacto de esta política, los autores hacen un análisis conjunto y de enfoque de preferencia revelada. Este análisis se basa en una encuesta en donde se les pidió a los respondientes ranquear a los prestadores de servicios de telecomunicación, en

aspectos como marcas, servicio avanzado de datos, precio y calidad de servicio. La especificación empírica del modelo utilizado para modelar la utilidad individual de j alternativas en un conjunto específico t está dado por:

$$U_{ijt} = \beta_{i\mathrm{SKT}}\mathrm{SKT}_{ijt} + \beta_{i\mathrm{KTF}}\mathrm{KTF}_{ijt} + \beta_{i\mathrm{SAT}}\mathrm{SAT}_{ijt} + \beta_{i\mathrm{EVDO}}\mathrm{EVDO}_{ijt} + \beta_{i\mathrm{PRICE}}\mathrm{PRICE}_{ijt} + \beta_{i\mathrm{FAIL}}\mathrm{FAIL}_{ijt} + \beta_{i\mathrm{NP}}\mathrm{NP}_{ijt} + \beta_{i\mathrm{UNCH}}\mathrm{UNCH}_{ijt} + \beta_{i\mathrm{SW}}\mathrm{SW}_{ijt} + \varepsilon_{ijt}$$

Donde SKT y KFT son las variables Dummy para las marcas de compañías de telecomunicaciones en el Reino Unido; SAT se refiere al nivel de satisfacción que tiene el consumidor en cuanto al servicio prestado; EVDO es una variable Dummy para la disponibilidad de opciones avanzadas de datos por parte del provedor; PRICE es el precio mensual, incluyendo el costo del aparato telefónico; FAIL es el número de llamadas interrumpidas por cada 10 llamadas; NP es la variable Dummy de portabilidad del número telefónico ofrecido por el provedor de servicio; UNCH la variable Dummy de adquirir un nuevo equipo telefónico; SW la variable Dummy para el cambio de operador.

Después de evaluar los estimadores, los autores concluyen que si bien los costos de cambio se reducen significativamente al introducir la portabliidad del número, el resto de costos de cambio asociados a otras variables, sigue siendo alto. Por lo cual los autores recomiendan algunas medidas regulatorias adicionales; por ejemplo, aquellas que ayuden a los consumidores a hacer comparaciones de costo y calidad entre los distintos provedores de servicios de telecomunicaciones para tomar decisiones mejor informados. (Lee, Kim, Lee, & Park, 2006). Este estudio es importante, ya que crea un antecedente teórico pues incluye variables de calidad y precios en la función de utilidad que los agentes quieren maximizar al cambiarse de un operador a otro. Además, el modelo utilizado, puede ser una metodología replicable, teniendo en cuenta los datos e información que se disponen.

Así mismo, un antecedente relevante en el contexto colombiano, es el análisis que llevó a cabo la CRC para determinar los impactos que tuvo la portabilidad del número de telefonía de los usuarios sobre el bienestar del consumidor, en variables como el porcentaje de portabilidad observado durante los meses posteriores a la entrada en vigencia de la Resolución 2355 de 2010, y el índice de concentración de Herfindahl e Hirschman (HHI). Estas observaciones se llevan a cabo a través de series de tiempo y se verifica si hubo un cambio de tendencia en ellas como efecto de la Resolución (CRC, 2012). Esta metodología puede ser replicable llevando a cabo regresiones de series de tiempo interrumpidas, buscando establecer si es significativo el cambio de la tendencia de la serie como consecuencia de la regulación.

Por último, para la evaluación del impacto regulatorio, en varias hipótesis de este trabajo, tanto en la Resulución 4930 de 2016 como en la 5283 de 2016, se incluye la metodología de interacción

de las variables explicativas, muy usada en la estimación de modelos econométricos para medir los impactos de políticas públicas en el desempeño económico, como ya se mencionó, esta metodología es analizada y expuesta por (Aiken, West, & Toothanker, 1994) y profundizada por (Rosel, Jara, & Herrero, 2014) Diversos estudios en el campo de la economía han usado esta metodología, entre ellos, recientemente, (Wales, Shirokova, Beliaeva, & Micelotta, 2021) quienes a través de una estimación que incluye interacción en variables explicativas analizan el impacto de las instituciones en la relación desempeño-orientación empresarial en 31 países alrededor del mundo.

1.1.3 Acceso a operadores virtuales (Resoluciones 5108 de 2017 y 5827 de 2019)

Dos de las resoluciones cuyo impacto se busca evaluar a través de este trabajo (5108 y 5827) tienen como objetivo incentivar la competencia en el sector de las telecomunicaciones garantizando condiciones propicias para que los Operadores Móviles Virtuales (OMV) mejoren su desempeño económico y logren consolidarse en el mercado. En este sentido, se consultaron varios estudios que evaluaran legislación que persiguiera dicho objetivo. Así se encontró un estudio que se valió de la estimación de un modelo de elección discreta de individuos con respuestas específicas ante cambios en precios de acuerdo con sus preferencias individuales. Con datos tomados de seis olas de una encuesta periódica realizada en Sudáfrica entre el 2009 y el 2014, su objetivo fue el de evaluar el impacto que tuvo la regulación y la ampliación del número de oferentes dentro del mercado de las telecomunicaciones, en los precios, la cobertura y el bienestar del consumidor para ese país africano. Una vez estimado el modelo, se utilizó como herramienta para simular situaciones contrafactuales en las cuales se modeló la ausencia de regulación y la entrada de nuevos competidores. Según los resultados, se estima que la entrada de nuevos competidores en el mercado de telefonía móvil tiene un impacto positivo en el excedente del consumidor, mayormente en los usuarios de altos ingresos, por lo cual se observa que la entrada de nuevos competidores no reduce la inequidad, sino que la aumenta. Se observa también, que la regulación en el mercado de las telecomunicaciones impulsada en Sudáfrica durante los años 2010 a 2014 tuvo un efecto positivo en la reducción de los precios del servicio de telefonía móvil. Así mismo, el estudio también concluye que la regulación tuvo efectos positivos y significativos en la penetración de telefonía móvil, principalmente en la población de más bajos ingresos (Hawthorne & Grzybowski, 2019). Este estudio sirve como antecedente de las resoluciones 5827 y 5108, ya que al igual que estas, la norma evaluada por el autor tenía como objetivo la mejora del bienestar del usuario al incentivar el aumento de oferentes del mercado de las telecomunicaciones.

Por otro lado, el regulador europeo de comunicaciones (BEREC por sus siglas en inglés) desarrolló un estudio en el que luego de una fusión de empresas del sector de servicios móviles evidenció que con la entrada de OMV se lograron beneficios para el consumidor en términos de

reducción de precios y mejoras en innovación (BEREC, 2015). Estos resultados los identificó haciendo uso de la metodología de diferencias en diferencias en donde el grupo de comparación se construyó usando información de otros países de la Unión Europea. Concretamente, la especificación del modelo fue:

$$\ln(p_{i,t}) = \gamma_t D_{i,t} + \delta_1 CREC\ PIB_{i,t} + \delta_2 \ln(TTLL_{i,t}) + \tau_t + c_{i,k} + \varepsilon_{i,t}$$

Donde ln $(p_{i,t})$ es el logaritmo natural del precio real de la respectiva canasta en el país i en el tiempo t, τ_t es un efecto fijo para el periodo de tiempo t, c_i es un efecto fijo para el país i, $D_{i,t}$ son variables dicótomas que toman el valor de 1 para el país donde se llevó a cabo la fusión en cada medio año t después de la fusión, $CREC\ PIB_{i,t}$ es el crecimiento del PIB en el país i en el periodo de tiempo t, ln $(TTLL_{i,t})$ es el logaritmo natural de la tasa de terminación de llamadas en el país i en el periodo de tiempo t.

En el caso de Colombia, y con el objetivo de evaluar las medidas adoptadas por la Resolución 4807 de 2015[2], Econometría S.A. en conjunto con otras firmas (2018) utilizó un modelo de diferencias en diferencias usando como grupo control el comportamiento de las variables de resultado de los OMR. En el caso de este último estudio la especificación del modelo fue:

$$y_{it} = \beta_0 + \beta_1 d_t + \beta_2 D_i + \beta_3 (d_t * D_i) + \gamma Z_{it} + \delta_i + \varepsilon_{it}$$

Donde y_{it} es el indicador analizado para el operador i en el periodo t, D_i es una variable dicótoma que indica si el operador i es un operador móvil virtual, d_t es un contador del número de periodos que han transcurrido a tiempo t desde que se instauró la resolución, Z_{it} es una serie de controles de calidad como el porcentaje de disponibilidad, porcentajes de llamadas caídas entre otros y δ_i es un efecto fijo del operador i. En el caso de los indicadores promedio a nivel de operador y el número de OMV el indicador i refleja la agrupación de agentes.

Es evidente que estos dos últimos estudios resultan particularmente relevantes para evaluar el impacto de las Resoluciones 5827 y 5108, pues el tema tratado por los autores tiene que ver con la entrada al mercado de OMV y se busca establecer cómo eliminar las barreras a la entrada para estos oferentes puede mejorar el bienestar del consumidor en los países en donde esta entrada se presenta.

1.1.4 Compartición de infraestructura (Resolución 5283 de 2017)

Según la literatura consultada, la compartición de infraestructura pasiva y su regulación alrededor del mundo busca reducir los costos de entrada de nuevos competidores con el fin de incentivar la competencia en el sector de las telecomunicaciones y hacer que los precios sean competitivos

[2] cuyo objetivo era el de dinamizar la entrada y competencia de los OMV en el mercado de telecomunicaciones colombiano

para el usuario de estos servicios. Así lo expone la CRC en los considerandos de la Resocución 5283 de 2017, citando el numeral 3 del artículo 2 de la Ley 1341 de 2019: "El Estado fomentará el despliegue y uso efiente de la infraestructura para la provisión de redes de comunicaciones y los servicios que sobre ellas se puedan prestar, y promoverá el óptimo aprovechamiento de los recursos escasos con el ánimo de generar competencia, calidad y eficiencia, en beneficio de los usuarios (…)"

Tal es la importancia de la compartición de infraestructura en las telecomunicaciones, no solo en Colombia sino alrededor del mundo, que el Parlamento Europeo emitió la Directiva 2014/61/UE en cuyo artículo 3 señala que: "Los Estados miembros garantizarán que todos los operadores de redes tengan derecho a ofrecer a las empresas autorizadas para suministrar redes de comunicaciones electrónicas acceso a su infraestructura física con vistas al despliegue de elementos de las redes de comunicaciones electrónicas de alta velocidad." (Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea, 2014).

Esta Directiva de la Unión Europea ha tenido un impacto significativo en la tasa de compartición de infraestructura para las telecomunicaciones fijas, ya que se evidencia que en el 2020 en aproximadamente el 85% de los países de Europa se llevó a cabo esta práctica, siendo la tasa más alta de todos los continentes y estando por encima de la media mundial que es de alrededor el 66%. (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2021).

Algunos estudios dan cuenta de los resultados de la compartición de la infraestrcutrura alrededor del mundo. Así, por ejemplo, (Ofcom, 2010) presenta las experiencias de cinco países (Australia, Canadá, Francia, Portugal y los Estados Unidos). Sin embargo la evaluación es cualitativa y no desarrollan una metodología econométrica para ninguno de ellos. Los resultados de esta evaluación apuntan a que en todos estos países, la compartición de infraestructura en las telecomunicaciones es una práctica exitosa, particularmente en Francia en donde, a 2010, 700 Km de los ductos de telecomunicación eran compartidos; y en Portugal, donde 1.200Km de ductos de telecomunicaciones eran compartidos en octubre de 2008.

En un ejercicio parecido, el Instituto Federal de Telecomunicaciones de México (IFT) realiza una síntesis del impacto regulatorio en el sector de las telecomunicaciones de seis países (España, Costa Rica, Bahréin, Portugal, Chile y Francia). Este análisis no da cuenta de las diferentes metodologías que se usaron para medir el impacto regulatorio en esos países, pero sí muestra los efectos que tuvo la regulación en dichos países. En general se muestra que la regulación tiene impactos positivos en cuanto a la penetración, la competencia, el uso eficiente de la infraestructura y los precios de los servicios de telecomunicaciones, lo que repercute en un mejoramiento en el bienestar de los usuarios finales, (IFT, 2018). Este estudio es un antecedente valioso, ya que aporta conclusiones que sustentan algunas hipótesis que se quieren evaluar en este trabajo, particularmente las relacionadas con la Resolución 5283.

De otra parte, (Friederiszick, Grajek, & Röller, 2008) hacen un análisis del impacto que tiene la regulación sobre la inversión en infraestructura en el sector de las telecomunicaciones, estimando un modelo de ajuste parcial, en el que el stock de infraestructura actual (Inf_{kjt}) está determinado por i) La infraestructura existente (Inf_{kjt-1}), ii) cambios en la demanda ($Demand_{kjt}$), iii) cambios de costos ($Cost_{kjt}$), iii) presión competitiva ($Comp_{kjt}$) y iv) regulación (Reg_{kjt}). De este modo, el modelo estimado para evaluar el impacto regulatorio está dado por la siguente ecuación:

$$Infr_{kjt} = \alpha_0 + \alpha_1 Infr_{kjt-1} + Demand_{kjt}\boldsymbol{\beta_1} + Cost_{kjt}\boldsymbol{\beta_2} + Comp_{kjt}\boldsymbol{\beta_3} + Reg_{kjt}\boldsymbol{\beta_4} + v_{kjt}.$$

El análisis empírico del modelo se hizo utilizando un conjunto de datos de 180 líneas fijas y operadores móviles de 25 países de la Unión Europea en un rango temporal de 10 años (1997-2006). Una vez estimado el modelo, los autores encontraron que la regulación a la entrada de nuevos competidores, desincentiva la inversión de los nuevos actores en la infraestructura, pues los "resultados sugieren que los participantes duplicarían con creces su infraestructura en 5 años si no tuvieran acceso regulado a los circuitos locales de los operadores tradicionales. En términos de la inversión total en telecomunicaciones en Europa, la inversión perdida equivale al 8,4%, que es una cantidad significativa" (Friederiszick, Grajek, & Röller, 2008). La explicación de esto, es que los nuevos competidores pueden ofrecer sus servicios a los usuarios finales a través de redes de empresas tradicionales, y la necesidad de crear nueva infraestructura es muy baja.

Esta metodología resulta ser muy importante para la evaluación de la Resolución 5283 de 2017 ya que un modelo que se propone, será una adaptación del utilizado por los autores y servirá de antecedente para determinar si la entrada en vigencia de la Resulución citada tuvo un impacto sobre la infraestructura compartida por operadores de servicios de telecomunicaciones en el territorio nacional.

1.1.5 Mejoramiento de la penetración de los servicios de telecomunicaciones para reducir la brecha digital (Resolución 5321 de 2018)

Uno de los estudios consultados evalúa dos políticas españolas cuyo objetivo era eliminar las barreras de entrada a nuevos competidores al mercado de dos diferentes tecnologías de banda ancha (por cable y por fibra óptica), con el fin de determinar cuál fue el impacto de estas medidas en el despliegue de la banda ancha por el territorio español y en el desempeño económico de los inversores. La metodología que el autor utilizó fue la estimación de cuatro modelos de mínimos cuadrados en dos etapas para cada una de las dos tecnologías evaluadas. La variable dependiente fue la inversión en infraestructura y las variables explicativas, variables socioeconómicas identificadas como determinantes en el desempeño del mercado del Internet fijo de banda ancha. Así la especificación del modelo fue la siguiente:

$$infr_{i,t} = \beta_1 RENTA_{i,t} + \beta_2 DIMENSIÓN_i + \beta_3 DEMOGRAFÍA_{i,t} + \beta_4 TIEMPO_{i,t} + \varepsilon_i$$

Donde la renta estaba instrumentalizada por el PIB per cápita; la dimensión por la extensión territorial de la provincia; la demografía por el número de ciudades medianas, el número de ciudades grandes, la concentración de población en la capital de la provincia, una dummy para las provincias insulares y la extensión urbana de la provincia; por último el tiempo se evalúo teniendo en cuenta dos años en los que la muestra fue recolectada.

Los resultados que arrojó este estudio fueron que i) la regulación hizo que la tecnología de cable fuese distribuida de forma más homogénea en todo el territorio español que la de fibra óptica; ii) la normatividad hizo que la inversión en la tecnología de cable fuese menos eficiente que la de la fibra óptica, pues en el primer caso la inversión privada respondía a fines ajenos a la rentabilidad económica, como a la obligatoriedad de operar en zonas específicas así no fuese rentable, lo que disminuyó el margen de ganancias de los inversionistas pero logró llevar el servicio a zonas que eran poco atractivas para el mercado; y iii) la regulación no logró quitar barreras a la entrada de nuevos competidores al mercado de Internet fijo de banda ancha por medio de la tecnología de cable pero sí para la tecnología de fibra óptica (Rubio Campillo, 2015)

El documento de (Rubio Campillo, 2015) resulta relevante para esta evaluación de impacto de la regulación, ya que las variables explicativas de la inversión en infraestructura de telecomunicaciones sirven de referencia y pueden ser incluidas en los distintos modelos que se vayan a utilizar. Así pues, este estudio sirve como un antecedente importante en el momento de evaluar el impacto de la resolución 5321 de 2018, pues al igual que esta resolución, la normatividad que evalúa el autor tenía como objetivo garantizar el acceso a servicios de telecomunicaciones a zonas apartadas y, así, reducir la brecha digital.

También resulta relevante un antecedente de evaluación del impacto regulatorio en Qatar, donde la Autoridad Reguladora del Mercado de las Telecomunicaciones propuso tres escenarios de regulación de la calidad del servicio de telecomunicaciones. El primero de plena libertad del mercado; el segundo consideraba la implementación de un sistema de medición de indicadores de calidad medido directamente por los operadores, y en caso de no cumplir con las metas establecidas se penalizaban financieramente; y el tercero donde los operadores también median directamente los indicadores, pero en este caso no se penalizaban por el incumplimiento de las metas. La metodología que se utilizó puede considerarse un experimento controlado, en donde las variables relevantes eran comparadas entre un escenario y otro, sin embargo, no se detalla la manera en que se controlaban las demás variables explicativas y no se desarrolla un modelo econométrico sofisticado, pero es un estudio que con una metodología simple logra evaluar el impacto que tiene sobre indicadores de bienestar del consumidor de diferentes tipos de regulación en la calidad de los servicios de Telecomunicaciones, tal como lo estableció la Resolución 5321 de 2018. Como resultado, el estudio concluyó que el mejor escenario

correspondía al segundo, en el cual se penalizaba a los operadores en caso de no cumplir los objetivos. El primer escenario implicaba costos al consumidor mientras que el tercero implicaba costos similares al segundo, pero no aseguraba que las empresas mejoraran la calidad del servicio. Este estudio resulta indicativo de los incentivos que puede generar en los operadores de servicios de telecomunicaciones una medida de obligación de reporte sin cumplimiento de metas. (Communications Regulatory Authority, 2014).

Por su parte (Rosston & Wallsten, 2020) mediante un modelo de diferencias en diferencias evalúan el impacto que tuvo un programa de promoción por parte de una entidad privada en los EE. UU., para que hogares con ingresos bajos suscribieran servicio de Internet fijo de banda ancha. Utilizando datos del censo actual de los EE. UU., y el mapa de cobertura de banda ancha, los autores de este estudio encontraron que los hogares elegibles en los estados donde opera la empresa privada que implementó el programa, aumentaron su tasa de suscripción del servicio comparado con hogares similares de estados en donde el servicio lo prestan otras empresas. Se estima que el 66% del aumento en la suscripción de hogares elegibles fue resultado del programa implementado por la empresa en los estados donde opera. Si bien el programa evaluado en este artículo no es demasiado afín a las resoluciones que se examinan en este estudio, esta referencia resulta relevante, ya que se vale de un modelo bastante utilizado para evaluar el impacto que tiene una medida que tiene como objetivo la penetración de los servicios de telecomunicaciones en segmentos vulnerables de la población.

De los documentos consultados, varios estudios del impacto regulatorio adelantados por la CRC en conjunto con otras entidades, hacen valiosos aportes para el desarrollo del presente estudio, de los cuales se puede identificar que una metodología recurrente es la de la evaluación de series de tiempo antes y después de la regulación (conocidas también como series de tiempo interrumpidas), ya que está acorde con la disponibilidad de información en el país y la metodología aporta elementos estadísticos relevantes, robustos y significativos. Así, por ejemplo, la (CRC, 2012) utilizó esta metodología para evaluar el impacto de la resolución 3076 de 2011 sobre la velocidad promedio del Internet en Colombia. Así mismo, es valioso el aporte en metodologías alternativas, como la construcción y análisis de indicadores como el Índice de Moran, utilizado para evaluar el impacto que tuvieron las Resoluciones CRC 5078 de 2016 y 5165 de 2017 sobre la calidad de los servicios de comunicaciones. (Econometría - Quantil y Tachyon, 2018). En este caso, los antecedentes de la propia CRC son buenas referencias para las diferentes evaluaciones de las Resoluciones, ya que muchas de ellas utilizan la información disponible y dan luces de la manera en que esta información puede ser tratada en el momento de hacer un estudio de este tipo, por lo cual, la metodología de series temporales interrumpidas se utiliza en todas las evaluaciones del impacto de las resoluciones de este trabajo.

Estos son algunos de los modelos econométricos que se utilizan para la evaluación del impacto regulatorio, algunos de ellos, servirán como soporte para las distintas metodologías propuestas

para desarrollar el presente trabajo. Sin embargo, dadas las limitaciones en las fuentes de información, no será posible replicarlos en su totalidad, pero sí parcialmente, para lograr resultados robustos de acuerdo con la información con que se cuenta.

Capítulo 2

RESOLUCIONES CRC 5108/2017 Y CRC 5827 DE 2019

En este capítulo se presenta el desarrollo de hipótesis, se plantea la metodología de evaluación para cada una de estas hipótesis, y la evaluación para las resoluciones CRC 5108 de 2017 y CRC 5827 de 2019 que actualizaron los valores del cargo de acceso a redes móviles, para generar un entorno que les permitiera a los Operadores Móviles Virtuales (OMV) entrar al mercado de manera competitiva.

En una primera sección, se propone una teoría del cambio la cual describe las posibles relaciones entre las variables de intervención (resoluciones) y los resultados esperados, así como la posible mediación de variables de control, es decir los factores de contexto y otras variables que pueden interactuar con la regulación para moderar los efectos finales.

En las siguientes secciones para cada una de las hipótesis identificadas se describen las variables de resultado y control correspondientes y se plantea la metodología y el análisis estadístico o econométrico requerido para la identificación de los efectos.

2.1 TEORÍA DEL CAMBIO

En el desarrollo de sus funciones de regulador, para garantizar la provisión de redes y servicios de telecomunicaciones, bajo un modelo de libre competencia y para prevenir conductas desleales y prácticas comerciales restrictivas, la CRC desde 2009 llevó a cabo un conjunto de estudios en relación con los mercados relevantes de voz saliente móvil y el mercado mayorista de terminación móvil-móvil (por ejemplo a través de las resoluciones 2172, 2354, entre otras más) para así evaluar las condiciones de competencia en dichos mercados y el efecto de las medidas regulatorias adoptadas por la CRC sobre dicho asunto en cada momento.

En ese orden de ideas, a través de la resolución 5108, la CRC: i) actualizó el listado de los mercados relevantes; ii) actualizó el valor de cargo de acceso de los mayoristas del mercado de voz saliente móvil, renovando el modelo de costos eficientes de redes móviles basado en la metodología de costos incrementales por servicio[3]; y iii) obligó a los OMR a disponer de acceso

[3] Se diseñó y simuló una red eficiente de una empresa que ofrece servicios móviles, para manejar los tráficos provenientes de otros proveedores de telecomunicaciones, desagregando los elementos de red utilizados por cada uno de ellos, y teniendo en cuenta la infraestructura de acceso de 2G/3G/4G, entre otros.

para los OMV. Todo lo anterior con el fin de dinamizar el mercado de voz saliente y servicios móviles.

Adicionalmente, a través de la resolución 5827 de 2019, se modificó parcialmente la resolución 5108 en lo relacionado con la tarifa de acceso para considerar las condiciones cambiantes del mercado, y que a su vez se vieran reflejadas en que los OMV se beneficien de las eficiencias de los OMR.

Con base en lo anterior, y teniendo en cuenta que las medidas adoptadas por la CRC buscan incentivar la entrada de OMV a los mercados mencionados, la literatura relacionada identifica que con la entrada de estos actores se dinamiza el mercado de servicios móviles, lo cual se ve reflejado en la caída de tarifas, aceleración de la penetración móvil y el incremento de la cantidad de servicios ofrecidos (Kim, y otros, 2011). Precisamente, medidas similares a las de la resolución 5108, adoptadas previamente por la CRC (como por ejemplo la Resolución 2354 de 2010) evidenciaron un incremento en la entrada de nuevos OMV al mercado de servicios móviles. En esa medida se plantea la primera hipótesis en relación con la entrada de OMV:

Hipótesis 1. *Las señales enviadas al mercado por la expedición de la Resolución 5108 de 2017 incentivan la entrada, permanencia y consolidación de los OMV*.

Del mismo modo, experiencias internacionales, como es el caso de la Unión Europea, muestran que en algunos países ha sido necesaria la intervención del regulador para garantizar el acceso a los OMV al mercado de servicios móviles (OECD, 2014). En ese sentido, el DNP (2011) resalta que la oferta voluntaria de acceso de los OMR a los OMV, y que por tanto no requiere la intervención del regulador, se logra cuando los OMV tienen un alto nivel de consolidación en el mercado, siendo esto reforzado por los incentivos que puede tener el OMR respecto del volumen adicional de uso de su red (KPMG, 2020). Es decir, si no se presenta un nivel alto de consolidación de mercado de los OMV, es poco probable que se incremente la oferta de acceso a estos agentes del mercado sin la intervención del regulador. Teniendo en cuenta lo anterior, a continuación, se presenta la segunda hipótesis:

Hipótesis 2. *Las señales enviadas al mercado por la expedición de la Resolución 5108 de 2017 incrementa la oferta de acceso a los OMV*.

Finalmente, en relación con la tercera hipótesis, asociada con la fórmula de remuneración de la provisión de servicios de datos a los OMV por parte de los OMR, la CRC (2018) encontró que al considerar en la fórmula de cálculo (ver ecuación 1 y definiciones a continuación para mayor detalle) la información de ingresos y tráficos[4] del último trimestre con información disponible, se podría estar generando que dicha remuneración no reflejara las condiciones cambiantes del

[4] Que es un componente en la fórmula de remuneración

mercado, ya que el dato proyectado con la fórmula presentaba una menor variación respecto del valor real al usar la información de los últimos dos trimestres disponibles. Por eso, al presentar mayores diferencias con respecto al dato real observado, utilizando la información del último trimestre, la fórmula no transmitía los costos o eficiencias a los OMV por parte de los OMR.

$$PM_{OMV}^{voz/datos} = IPROM_{OMR}^{voz/datos} + (1 - \%_{descuento}^{voz/datos}) \quad (1)$$

Donde $PM_{OMV}^{voz/datos}$ corresponde al precio mayorista máximo para la provisión de servicios de voz o datos al OMV; $IPROM_{OMR}^{voz/datos}$ corresponde al ingreso promedio que obtiene el OMR para servicios de voz por minuto o de datos por MB. Valor estimado trimestralmente como el cociente de los ingresos totales del servicio y tráfico total cursado a partir de la información que los proveedores de redes y servicios de telecomunicaciones móviles reportan a través de los formatos dispuestos en el título. REPORTES DE INFORMACIÓN de la Resolución CRC 5050 de 2016, o aquella que la modifique, sustituya o adicione; $\%_{descuento}^{voz/datos}$ nivel de descuento sobre ingreso promedio del OMR al que puede acceder el OMV para servicio de voz o datos. Varía en virtud del tráfico saliente que para este servicio cursa el OMV, y debe ser aplicado según tabla de la resolución. Además, en la Resolución 5108, para la definición de la variable $IPROM_{OMR}^{voz/datos}$ se toma el mínimo valor de ingresos promedio de cada proveedor estimado trimestre a trimestre a partir del segundo trimestre de 2016 en pesos corrientes.

Básicamente, el análisis que llevó a cabo la CRC con base en la fórmula y definiciones anteriores consistió en identificar la probabilidad de certeza de proyecciones del ingreso promedio, comparado con el ingreso real observado, con base en cifras de ingresos y tráfico del trimestre previo, de los dos trimestres previos, de los tres trimestres previos y de los cuatro trimestres previos. Como resultado, la CRC identificó que la proyección del ingreso promedio presentaba probabilidades similares de certeza cuando se estimaba ya sea con base en información del último trimestre o con base en cifras de dos trimestres previos (CRC, 2018).

Sin embargo, con base en estos resultados, la recomendación fue la de utilizar la información de los dos últimos trimestres, dado que en la práctica permitiría a los diferentes agentes y a los OMV tener más información sobre la tendencia que tendrá el ingreso promedio de cada OMR, puesto que siempre van a tener conocimiento previo de las cifras de tráfico e ingresos de tres de los seis meses que posteriormente serán utilizados en el cálculo del ingreso promedio.

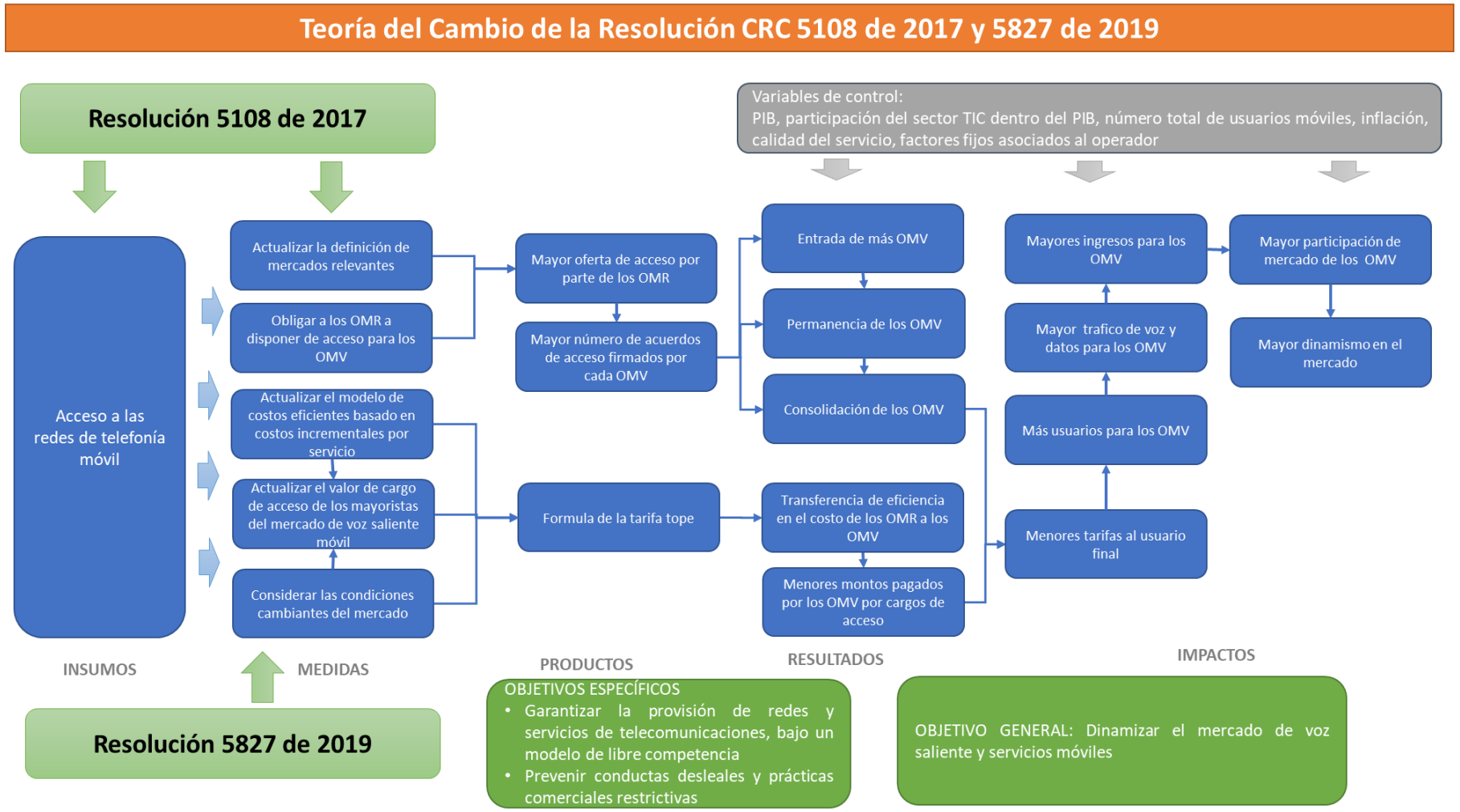
En ese sentido, al utilizar como periodo de referencia para el cálculo de la tarifa la información de ingresos y tráfico de dos periodos anteriores, se refleja de mejor manera las condiciones de mercado y por otra parte los OMV se podrían beneficiar de las eficiencias del OMR que les brinde el acceso. Por lo anterior, la hipótesis plantea:

Hipótesis 3. *Las señales enviadas al mercado por la expedición de la Resolución 5827 de 2019 facilita la transferencia de costos o eficiencias a los OMV por parte de los OMR.*

Lo anterior, podría tener un efecto potencial sobre los usuarios debido a la transferencia de costos o eficiencias de los OMV a los usuarios finales. Así, por ejemplo, KPMG (2020) identifica que, en el caso de Israel, en el que se obligó a los OMR brindar acceso a los OMV brindado condiciones justas y razonables de negociación, con un límite regulatorio en el caso de no lograr un acuerdo entre las partes. Como resultado de lo anterior, los precios finales de los servicios móviles disminuyeron entre 26 y 34% anuales.

Hipótesis 3a. *Las señales enviadas al mercado por la expedición de la Resolución 5827 de 2019 facilita la transferencia de costos o eficiencias a los usuarios finales.*

Figura 2.1 - Teoría del Cambio de la Resolución CRC 5108 de 2017 y 5827 de 2019



Fuente: Desarrollo propio de la UT

2.2 Hipótesis 1: Las señales enviadas al mercado por la expedición de la Resolución 5108 de 2017 incentivan la entrada, permanencia y consolidación de los OMV

2.2.1 Variables de resultado

Independientemente del grupo de comparación y de la metodología seleccionada, para analizar el efecto de las distintas hipótesis asociadas con las resoluciones, se debe identificar claramente la(s) variable(s) de resultado así como el(los) indicador(es) que permiten su medición. Además, y con el objetivo de mejorar las estimaciones que se logran con las distintas metodologías, también se pueden incluir indicadores asociados con variables de control.

Como se mencionó anteriormente, esta hipótesis está relacionada con la identificación de la entrada, permanencia y consolidación de los OMV en el mercado de servicios móviles. Por eso, se considera que la variable de resultado más adecuada es la asociada con la participación de mercado de cada OMV, medida ésta por el porcentaje de sus ingresos (tráfico de voz y servicios móviles) sobre los ingresos totales generados en el mercado. También se incluye la participación de mercado en términos del número de usuarios de voz móvil[5] así como las portaciones netas (portados entrantes menos portados salientes).

Además, con el objetivo de aislar la variabilidad en el tiempo, se propone usar como indicador la diferencia entre la participación de cada OMV de los indicadores anteriores y su propio promedio móvil de seis meses. En la medida que este indicador sea igual o mayor reflejaría que el OMV se está consolidando y si está por debajo (aunque se dé un incremento en el último periodo) reflejaría una pérdida de mercado respecto al resto de OMV.

2.2.2 Variables de control

Considerando que, de manera general, la participación de mercado de una empresa puede depender de la calidad de prestación del servicio, se propone usar los indicadores de calidad en la prestación de servicios móviles, como pueden ser los asociados al porcentaje de disponibilidad y al porcentaje de llamadas caídas, información contenida en la Resolución CRC 5050 de 2016. Teniendo en cuenta que estos datos solo están disponibles para los OMR, para los OMV se tomarán los datos del respectivo OMR con el cual accede a la red[6]. Además, y para capturar características no observables debido a falta de información, se propone usar efectos fijos por

[5] Como un proxy del número total de usuarios móviles. Este dato es un poco menor al total de usuarios móviles porque algunos usuarios de datos móviles pueden no usar el servicio de voz móvil.
[6] Esto no generaría una distorsión pues dicho indicador busca capturar el efecto de la calidad sobre la participación de mercado. En la medida que tanto el OMR como el OMV tengan buenos parámetros de calidad, en relación con los demás operadores, se debería ver reflejado en una mayor participación de mercado.

operador. Finalmente, con el objetivo incluir variables estructurales que pueden afectar la penetración de los OMV, se propone incluir indicadores como el PIB, así como la participación del sector TIC dentro de este, la inflación y el número total de usuarios móviles.

2.2.3 Metodología

Dado que no se puede observar al mismo individuo con y sin intervención[7], y con el fin de definir el mejor grupo de comparación, se consideró que la alternativa más viable para realizar la evaluación de la primera hipótesis es la de considerar a los OMR como el grupo de control o comparación. Sin embargo, previendo posibles afectaciones de la Resolución sobre el comportamiento de los OMR que alojan los OMV, se propone también usar como grupo de control los OMR que no alojan a los OMV. Es decir, teniendo en cuenta que la medida cobija al universo de OMV que participan en el mercado de servicios móviles, y que los OMR participan en el mismo mercado, el comportamiento de la(s) variable(s) resultado de este último agente es un buen referente para identificar cambios en los primeros que evidencien la entrada, permanencia y consolidación de los OMV. Es importarte resaltar que, y como se mencionó anteriormente, se propone utilizar las variables expresadas por usuario para evitar sesgos dados por el nivel de participación de los OMR respecto de los OMV.

La metodología propuesta para probar esta hipótesis es la de diferencias en diferencias. En este caso, se requiere contar con una medición antes y después de la intervención tanto para el grupo tratamiento, que corresponde a los Operadores Móviles Virtuales (OMV), como para el grupo control, compuesto por los Operadores Móviles de Red (OMR), bajo el supuesto de tendencias paralelas.

De manera más formal, para estimar el efecto de la resolución se plantea el siguiente modelo econométrico para cada uno de los indicadores:

$$Yj_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 d_t + \beta_2 Z_i + \beta_3 (d_t * Z_i) + \vec{\alpha}^T \cdot \overrightarrow{CONTROL}_{it} + \varepsilon_{it} \qquad (1)$$

Siendo β_3 el coeficiente utilizado como indicador para la diferencia en diferencias

Con:

$$\vec{\alpha}^T \cdot \overrightarrow{CONTROL}_{it} = \alpha_1 Calidad_{it} + \alpha_2 Crecimiento\ PIB_t + \alpha_3 PTIC_t + \alpha_4 INF_t + \alpha_5 USU_t + \sum_{j=1}^{n} \alpha_j I_i \qquad (2)$$

Donde:

[7] Lo que se conoce en evaluación de impacto como el problema fundamental de la inferencia causal

- d_t es una variable dicotómica (dummy) que toma el valor 0 para el período previo a la entrada en vigor de la Resolución 5108, el cual corresponde al primer trimestre del 2017, y el valor 1 para los trimestres posteriores a dicha fecha. Para aislar el posible efecto de la Resolución 5827 el análisis después de la intervención se hará hasta el segundo trimestre de 2019.

- $\mathrm{Z_i}$ es una variable dicotómica (dummy) que indica si el operador forma parte del grupo de tratamiento -OMV- (1) o del grupo de control -OMR- (0)

- Yj_{it} es cada una de las seis variables de resultado propuestas:

    - $Y1_{it}$ representa porcentaje de ingresos del operador (OMV u OMR) i dentro de los ingresos totales generados en el mercado en un tiempo dado T_t. Esta variable cuenta con información trimestral para todos los operadores desde el año 2014 al año 2021

    - $Y2_{it}$ representa la diferencia entre la participación de cada operador (OMV u OMR) i en los ingresos y su propio promedio móvil de 6 meses en un tiempo dado T_t. Esta variable cuenta con información trimestral para todos los operadores desde el año 2014 al año 2021

    - $Y3_{it}$ representa la participación de cada operador (OMV u OMR) i dentro del total usuarios de voz móvil en un tiempo dado T_t. Esta variable cuenta con información trimestral para todos los operadores desde el año 2014 al año 2021

    - $Y4_{it}$ representa la diferencia entre la participación de cada operador (OMV u OMR) i en el total de usuarios de voz móvil y su propio promedio móvil de 6 meses en un tiempo dado T_t. Esta variable cuenta con información trimestral para todos los operadores desde el año 2014 al año 2021

    - $Y5_{it}$ representa las portaciones netas (portados entran – portados salen) de cada operador (OMV u OMR) i en un tiempo dado T_t. Esta variable cuenta con información trimestral para todos los operadores desde el año 2014 al año 2021

    - $Y6_{it}$ representa la diferencia entre las portaciones netas de cada operador (OMV u OMR) i y su propio promedio móvil de 6 meses en un tiempo dado T_t. Esta variable cuenta con información trimestral para todos los operadores desde el año 2014 al año 2021

- $\overrightarrow{CONTROL_{it}}$ corresponde al vector de indicadores de control que incluyen los siguientes:

- $Calidad_{it}$ representa la calidad de prestación del servicio para el operador i en el periodo T. El dato del OMV será el mismo que el reportado por el OMR con el que el primero accede a la red. Esta variable cuenta con información trimestral desde el año 2017 al año 2021

- $Crecimiento\ del\ PIB_t$ representa el crecimiento del Producto Interno Bruto en el periodo *T*. Esta variable cuenta con información trimestral desde el año 2013 al año 2021

- $PTIC_t$ representa la participación del sector TIC dentro del PIB en el periodo T. Esta variable cuenta con información trimestral desde el año 2013 al año 2021

- INF_t representa la inflación medida a través del IPC para el periodo *T*. Esta variable cuenta con información trimestral desde el año 2014 al año 2021

- USU_t representa el número total de usuarios móviles por operador para el periodo T. Esta variable cuenta con información trimestral desde el año 2013 al año 2021

- ϵ_t es el error residual

Teniendo en cuenta posibles dificultades en el ajuste del modelo, debido a que la participación de mercado de los OMV es baja mientras que la de los OMR es alta (las cuales son complementarias), una alternativa a la modelación anterior es estimar un modelo de series de tiempo a nivel de OMV. Adicionalmente, dado que en la metodología alternativa propuesta adquiere más relevancia analizar el efecto conjunto de las resoluciones, también se incluye en la modelación en efecto de la Resolución 5827 de 2019.

Específicamente, se estimó un modelo de series de tiempo a nivel agregado de OMV para capturar la relación de largo plazo entre los componentes de interés (cointegración). A continuación, se presenta la especificación del modelo.

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 T + \beta_2 d_{t5108} + \beta_3 d_{t5827} + \beta_4 d_{t5108} T + \beta_5 d_{t5827} T + \vec{\alpha}^T \cdot \overrightarrow{CONTROL}_{it} + \varepsilon_t \quad (2)$$

Donde:

- T corresponde a una tendencia temporal
- d_{t5108} es una variable dicotómica (dummy) que toma el valor 0 para los períodos previos a la entrada en vigor de la Resolución 5108, el cual corresponde a antes del primer trimestre del 2017, y el valor 1 para los trimestres posteriores a dicha fecha.
- d_{t5827} es una variable dicotómica (dummy) que toma el valor 0 para los períodos previos a la entrada en vigor de la Resolución 5827, el cual corresponde a antes del tercer trimestre del 2019, y el valor 1 para los trimestres posteriores a dicha fecha.

- $\overrightarrow{CONTROL_{it}}$ [8] corresponde al vector de indicadores de control que incluyen los siguiente:
  - PIB_t representa el crecimiento del Producto Interno Bruto en el periodo *T*. Esta variable cuenta con información trimestral desde el año 2013 al año 2021
  - IPC_t representa el IPC para el periodo *T*. Esta variable cuenta con información trimestral desde el año 2014 al año 2021

- ϵ_t es el error residual

2.2.4 Análisis descriptivo

Antes de realizar la evaluación de impacto con base en la metodología propuesta, a continuación, se presenta un análisis descriptivo de las variables de resultado[9]. En primer lugar, el comportamiento de la participación de mercado, a partir de los ingresos totales (voz móvil, datos móviles y SMS), muestra que a lo largo del tiempo la participación promedio de los Operadores Móviles de Red (OMR) ha sido mayor a la de los Operadores Móviles Virtuales (OMV). Por su parte, el comportamiento de la participación promedio de los OMV en los ingresos totales muestra que hasta el 2016 dicha participación creció, pasando de valores de 0,121% a valores promedio de 0,72%. Después del 2016 se inició una caída en la participación, pero con una caída considerable en el primer trimestre de 2018, periodo para el cual se dio la entrada de un nuevo OMV pero con niveles bajos de participación[10]. Después de este último periodo se continuó con la tendencia a la baja como resultado de la dinámica del mercado, hasta que en el cuarto trimestre del 2018 esto cambió, básicamente por el incremento de la participación de FLASH. Después del 2019 se continuó con la caída en la participación, pasando de una participación promedio de 0,62% en el primer trimestre de 2019 a una participación promedio de 0,29% durante el primer trimestre de 2021.

Al analizar la diferencia entre la participación del respectivo trimestre y el promedio móvil de los 6 meses anteriores, esto tanto los OMR como los OMV, se observa que dicha diferencia se mantiene sin mayores alteraciones pues la mayor diferencia corresponde a 0,3 puntos porcentuales (pp).

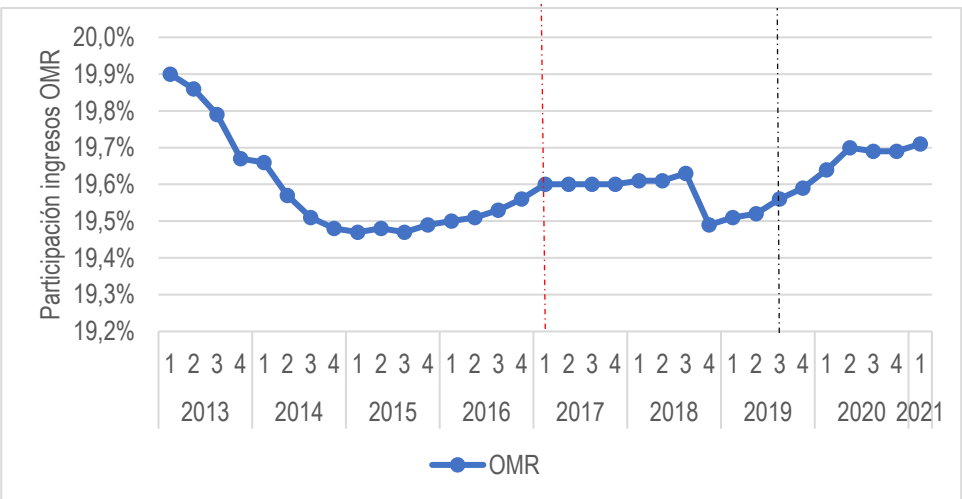
Finalmente, del análisis descriptivo no se observa un cambio de tendencia por la entrada en vigor de la Resolución CRC 5108 de 2017 o de la Resolución CRC 5827 de 2019.

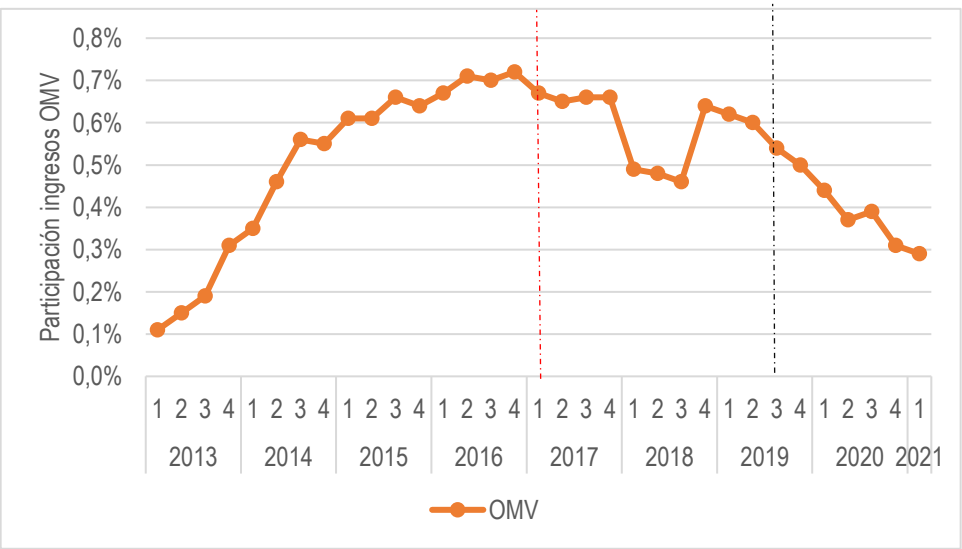
[8] Se especifican las variables control antes de las pruebas de raíz unitaria. Como resultado del test de Dickey-Fuller es posible que se requiere transformar y/o aplicar diferencias para garantizar que las series sean estacionarias.

[9] Como en el 2018 se dio la fusión de UNE-EPM con TIGO, y con el objetivo de aislar en efecto de dicha fusión sobre los datos, se consideró más adecuado analizar las cifras de las variables de resultado de estas dos empresas de manera consolidada para todo el periodo de tiempo. Es decir, se combinaron las cifras de las variables de resultado de las empresas UNE-EPM y TIGO desde el año 2013 al año 2021.

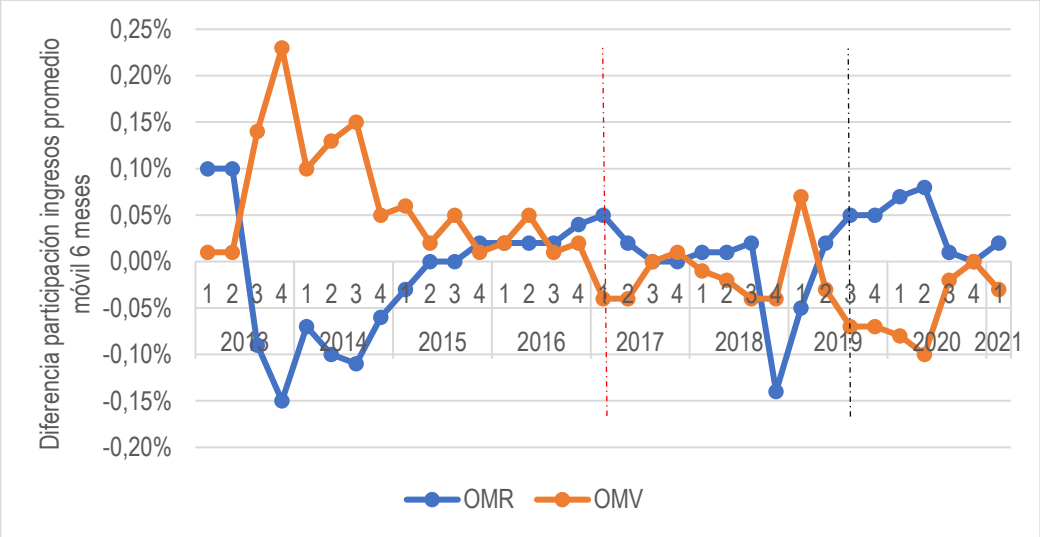
[10] Al entrar un nuevo operador con niveles bajos de participación tiene el efecto automático de disminuir el promedio

Figura 2.2 - Comportamiento en el tiempo de la participación en los ingresos totales del sector móvil y su diferencia con el promedio móvil. Operadores Móviles de Red y Operadores Móviles Virtuales[11]





[11] La línea vertical punteada de color rojo indica el momento de la entrada de la Resolución 5108 de 2017, mientras que la línea vertical de color negro indicada la entrada en vigor de la Resolución 5827 de 2019.



Nota: La línea punteada vertical de color rojo indica la fecha de entrada de la Resolución 5108 mientras que la línea punteada vertical azul la fecha de entrada de la Resolución 5827

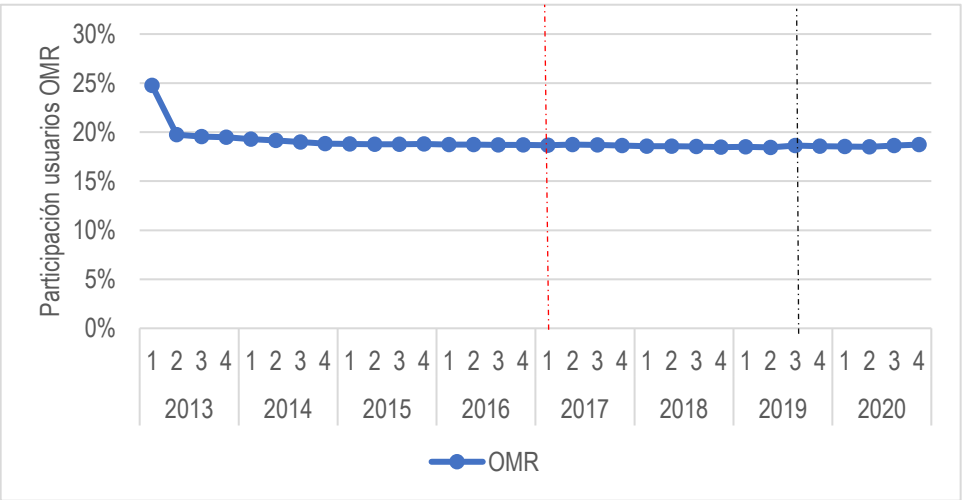
Fuente: Construcción propia con base en información publicada por la CRC

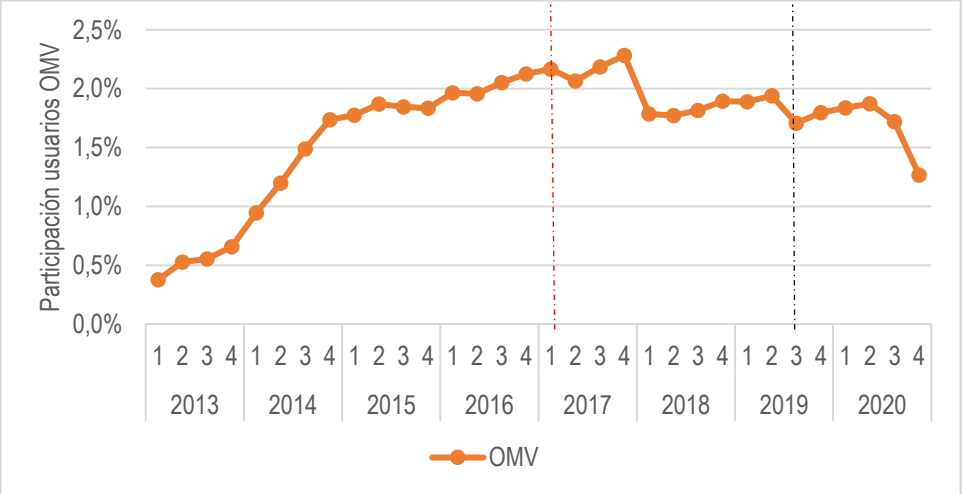
En términos de la participación en el número de usuarios totales[12], se observa que para el caso de los OMR, esta participación se mantiene constante en el tiempo con una participación promedio cercana al 20%. En el caso de los OMV, la participación del número de usuarios totales aumentó hasta el cuarto trimestre del 2017, periodo en el que la participación alcanzó cifras del 2,3%. A partir de ese momento la participación se ubicó en cifras de 1,9% hasta que en el cuarto trimestre del 2020 disminuyó hasta el 1,3%.

La diferencia con el promedio móvil muestra que, si bien se observa un comportamiento inestable, este no supera valores de 0,4 puntos porcentuales (pp). Es decir, las diferencias no son sustanciales. Si se tienen en cuenta las fechas de entrada de las resoluciones de análisis, no se observan cambios de tendencia justo después de la implementación de estas.

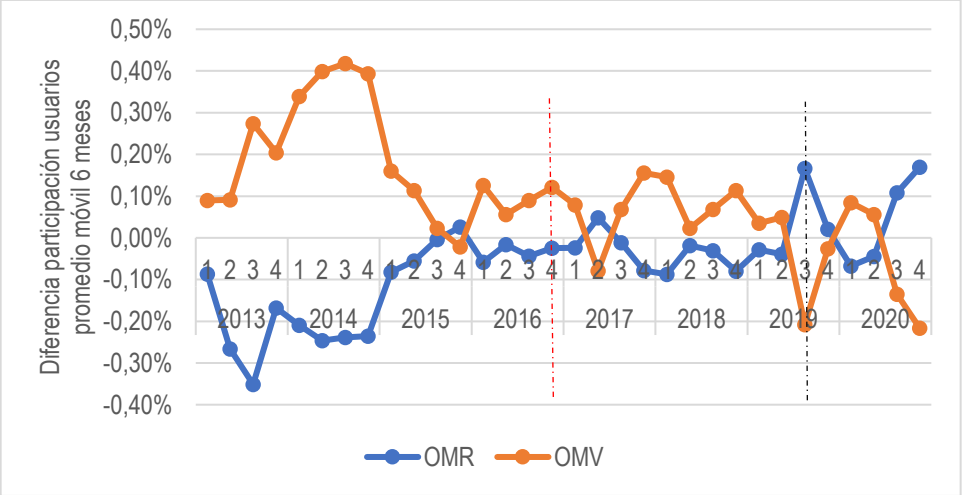
[12] Medido a partir del número de usuarios de voz móvil. Si bien puede existir una diferencia con el número de usuarios totales, este valor se considera es bajo.

Figura 2.3 - Comportamiento en el tiempo de la participación en los usuarios totales del sector móvil y su diferencia con el promedio móvil. Operadores Móviles de Red y Operadores Móviles Virtuales[13]





[13] La línea vertical punteada de color rojo indica el momento de la entrada de la Resolución 5108 de 2017, mientras que la línea vertical de color negro indicada la entrada en vigor de la Resolución 5827 de 2019.



Nota: La línea punteada vertical de color roj0 indica la fecha de entrada de la Resolución 5108 mientras que la línea punteada vertical azul la fecha de entrada de la Resolución 5827

Fuente: Construcción propia con base en información publicada por la CRC

Para terminar, se analizó el comportamiento de la portación neta, como la diferencia entre los portados entrantes y salientes[14]. En este caso, los datos permiten evidenciar que la portación neta promedio de los OMR fue mayoritariamente negativa desde el 2013 hasta el primer trimestre del 2019 en valores cercanos a las -19 mil portaciones. Luego de este último momento, la portación neta promedio de los OMR cambió su tendencia y pasó a ser positiva alrededor de las 16 mil portaciones.

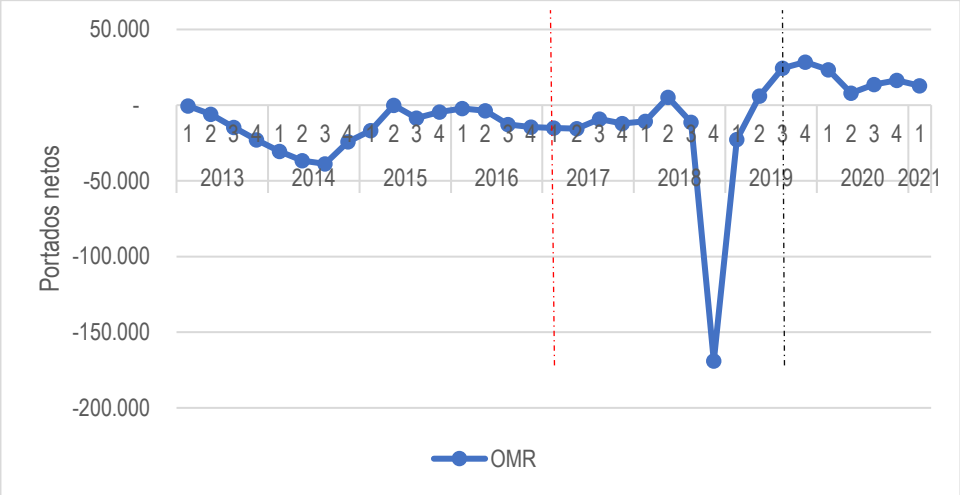
Por su parte, el comportamiento de las portaciones netas de los OMV muestra que hasta el segundo trimestre del 2018 esta fue positiva, ubicándose en valores promedio de cerca de 23 mil portaciones. Sin embargo, a partir del tercer trimestre del 2018, las portaciones netas promedio de los OMV se tornaron negativas en cifras cercanas a las -15 mil portaciones.

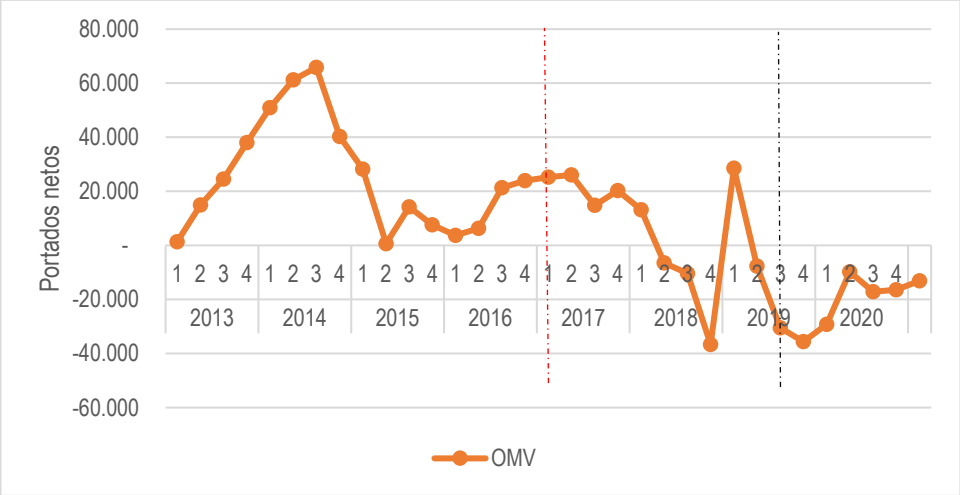
Adicionalmente, si se analiza la diferencia respecto del promedio móvil, los datos se comportan relativamente estables en el tiempo. Excepto por el cuarto trimestre del 2018, en el que la diferencia de los portados netos con el promedio móvil de 6 meses creció hasta más de los 166.000 usuarios para los OMR, y el primer y segundo trimestre del 2019, periodos en los cuales la portación neta de los OMV disminuyó hasta los -100.000, dicha diferencia se ubicó en valores que no superaban los 20.000 usuarios (tanto de forma positiva como negativa).

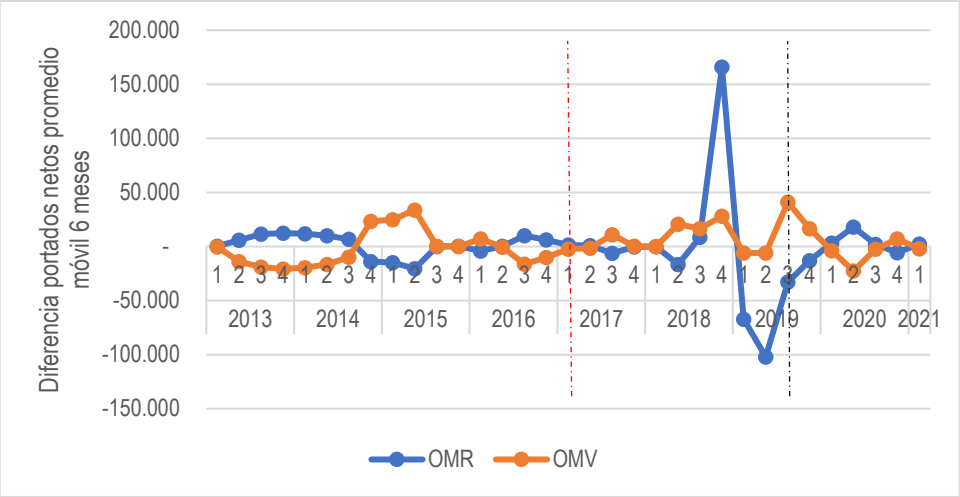
En este caso tampoco se observa un cambio de tendencia como efecto de la entrada en vigor de las resoluciones analizadas.

[14] Si la portación neta es positiva, indicaría que los portados entrantes son mayores que los portados salientes.

Figura 2.4 Comportamiento en el tiempo en la portación neta y su diferencia con el promedio móvil. Operadores Móviles de Red y Operadores Móviles Virtuales







Nota: La línea punteada vertical de color roj0 indica la fecha de entrada de la Resolución 5108 mientras que la línea punteada vertical azul la fecha de entrada de la Resolución 5827

Fuente: Construcción propia con base en información publicada por la CRC

2.2.5 Correlación de variables

Con base en la información disponible, y debido a los cambios de formatos entre resoluciones, no fue posible construir una serie de datos de los indicadores de calidad de prestación de los servicios móviles que abarcara un periodo de tiempo adecuado para la evaluación de la Resolución CRC 5108 de 2017[15]. A continuación, se presenta la matriz de correlación lineal simple:

Cuadro 2.1 – Matriz coeficientes correlación lineal de Pearson

	PART. INGRESOS	DIF. PART. INGRESOS	PART. USUARIOS	DIF. PART. USUARIOS	PORTADOS NETOS	DIF. PORTADOS NETOS	CRECIMIENTO DEL PIB	PART. TIC DENTRO DEL PIB	INFLACIÓN	USUARIOS TOTALES
Part. Ingresos	1									
Dif. Part. Ingresos	0,164	1								
Part. Usuarios	0,9896	-0,133	1							
Dif. Part. Usuarios	-0,37	0,4507	-0,355	1						
Portados netos	0,0324	0,1514	-0,0483	0,399	1					
Dif. Portados netos	-0,0356	0,1625	-0,0689	-0,0699	-0,4399	1				
Crecimiento del PIB	-0,0042	0,0028	-0,0044	-0,0039	0,0007	-0,011	1			
Participación TIC dentro del PIB	0,0396	0,013	0,0487	0,0164	0,0425	0,0079	-0,295	1		

[15] Los datos púbicos se encuentran disponibles desde el tercer trimestre de 2017

	PART. INGRESOS	DIF. PART. INGRESOS	PART. USUARIOS	DIF. PART. USUARIOS	PORTADOS NETOS	DIF. PORTADOS NETOS	CRECIMIENTO DEL PIB	PART. TIC DENTRO DEL PIB	INFLACIÓN	USUARIOS TOTALES
Inflación	0,0083	0,0008	0,0021	-0,0011	0,0159	-0,0111	-0,0804	0,0603	1	
Usuarios totales	0,9839	-0,118	0,9901	-0,3189	-0,0447	-0,0891	-0.0059	-0,0155	-0,0118	1

Fuente Construcción propia con base en información publicada por la CRC y el DANE

Como se puede observar de esta matriz de correlación, en términos de las variables explicativas existe una alta correlación[16] entre los usuarios totales y la participación en los ingresos. Esto mismo sucede con la variable de participación en usuarios. Teniendo en cuenta lo anterior, la variable de usuarios totales no se incluye como variable explicativa en estos modelos, y para ser consistentes, tampoco se incluye en los modelos en diferencias (de participación de ingresos y usuarios). Además, y para guardar una especificación común (a pesar de que la correlación no sea muy alta), no se incluye la variable de usuarios totales en el modelo de portados netos y de diferencia de portados netos.

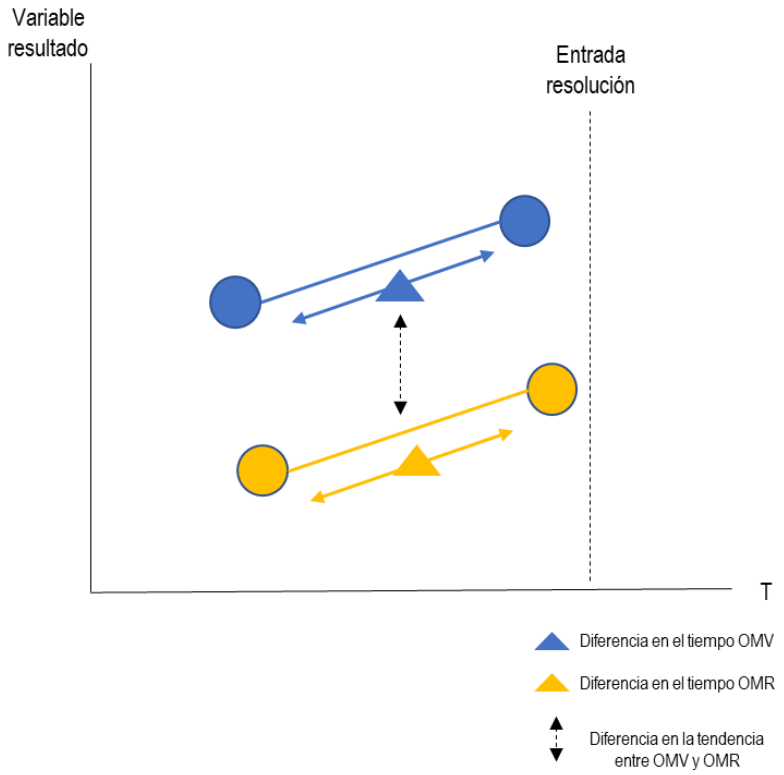
2.2.6 Resultados, análisis y conclusiones

Como se mencionó, el uso de la metodología de diferencias en diferencias depende del cumplimiento del supuesto de tendencias paralelas. Para esto, a continuación, se presenta un análisis de los datos para validar el cumplimiento de dichos supuesto. Básicamente, si la diferencia antes de la intervención (al menos los dos periodos anteriores[17]) en la tendencia de las variables de resultado entre el grupo tratamiento (OMV) y el grupo control (OMR) se mantiene constante, se tendría evidencia para validar el supuesto de tendencias paralelas.

[16] El coeficiente de correlación denota una mayor correlación entre mayor se acerque el valor a uno.

[17] Si se prueba que en los dos periodos anteriores a la entrada en vigor de la resolución la tendencia se mantiene, se tienen elementos se juicio para validar el supuesto de tendencias paralelas. Podría ser más periodos, pero lo importante es que justo antes de la intervención la diferencias entre el grupo tratamiento y control se mantengan. Si fueran menos periodos, es decir uno solo, no se podría validar el supuesto ya que no se podría identificar que las diferencias se mantienen más allá de suponerlo así.

Figura 2.5 - Ejemplo forma de validación supuesto de tenencias paralelas



Fuente Construcción propia

Como se indicó antes, la Resolución 5108 de 2017 entró en vigor durante el primer trimestre de 2017, por lo que, si se evidencia que durante el tercer y cuarto trimestre del 2016 no se observan diferencias en la tendencia de las variables resultado para los OMV y los OMR, se tendría argumentos para validar el supuesto principal de tendencias paralelas. El siguiente cuadro muestra el comportamiento de la participación en el tiempo para los OMV y los OMR en términos de los ingresos, usuarios y portación neta para el tercer y cuarto trimestre del 2016[18]. Además, y para validar el supuesto, se incluye la diferencia en la tendencia entre estos dos agentes y el p-valor de la prueba de diferencia[19]. Como se puede observar (última fila del cuadro siguiente), con los p-valores reportados no se puede rechazar la hipótesis nula de que las tendencias sean iguales, por lo que se valida el supuesto de tendencias paralelas.

Cuadro 2.2 – Prueba validación supuesto tendencias paralelas. Tercer y cuarto trimestre de 2016

Tipo	Trimestre	PARTICIPACIÓN INGRESOS			PARTICIPACIÓN USUARIOS			PORTACIÓN NETA		
		OBS	MEAN	STD. ERR.	OBS	MEAN	STD. ERR.	OBS	MEAN	STD. ERR.
OMV	2016-3	3	0,70%	0,31%	3	2,1%	0,7%	3	21.372,7	16.694,2
	2016-4	3	0,72%	0,32%	3	2,1%	0,7%	3	23.991,0	16.320,4

[18] Como se realiza el análisis para los dos periodos previos no es necesario realizar la prueba para las variables en diferencias
[19] Prueba T de diferencia de medias

Tipo	Trimestre	PARTICIPACIÓN INGRESOS			PARTICIPACIÓN USUARIOS			PORTACIÓN NETA		
		OBS	MEAN	STD. ERR.	OBS	MEAN	STD. ERR.	OBS	MEAN	STD. ERR.
	combined	6	0,71%	0,20%	6	2,1%	0,4%	6	22.681,8	10.457,2
	diff		-0,02%	0,45%		-0,1%	0,9%		- 2.618,3	23.346,3
	P-Value Ha:diff!=0		0,9621			0,9416			0,9161	
OMR	2016-3	5	19,53%	4,62%	5	18,7%	3,9%	5	- 12.776,2	19.020,6
	2016-4	5	19,56%	4,64%	5	18,7%	3,9%	5	- 14.395,2	21.472,8
	combined	10	19,54%	3,09%	10	18,7%	2,6%	10	- 13.585,7	13.525,2
	diff		-0,04%	6,55%		0,0%	5,5%		1.619,0	28.685,6
	P-Value Ha:diff!=0		0,9958			0,9998			0,9564	
Diferencia de la diferencia (diferencia en la tendencia)	diff	3	0,013%	3,9%	3	-0,07%	3,3%	3	-4.237	22420
	P-Value Ha:diff!=0		0,9974			0,9834			0,8563	

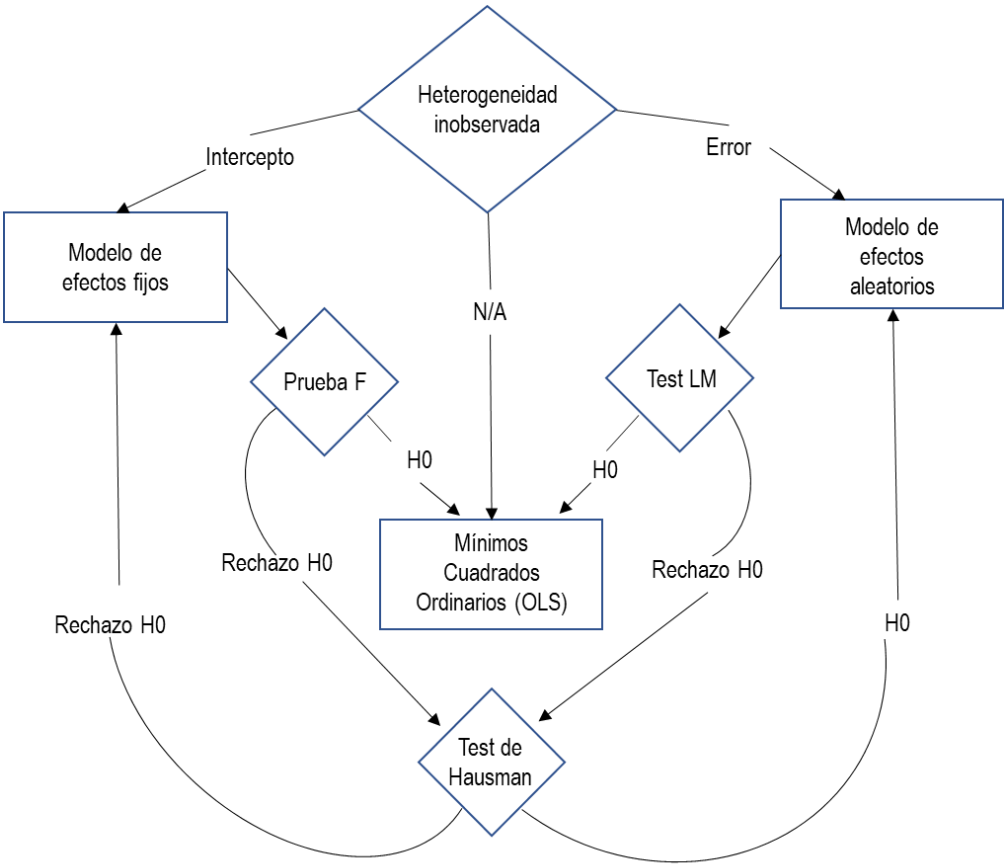
Fuente Construcción propia con base en información publicada por la CRC y el DANE

Validado el supuesto central de la metodología planteada (diferencias en diferencias), el paso siguiente consistió en la identificación de la especificación del modelo más adecuado teniendo en cuenta que se trata de datos panel a nivel de operadores. Para esto, y de acuerdo con el diagrama que se presenta a continuación, se realizaron las siguientes pruebas:

1. Partiendo de un modelo de datos panel con efectos fijos, se realizó la prueba F conjunta. Como resultado de esta prueba, si se rechaza la hipótesis nula hay evidencia de que los datos tienen una estructura panel y por tanto se requiere realizar una segunda prueba para definir si es mejor el modelo haciendo uso de efetos fijos o efectos aleatorios (test de Hausman). En caso de no rechazar la hipótesis nula, la prueba F indicaría que no hay evidencia de efectos individuales fijos y puede ser mejor la especificación usando Mínimos Cuadrados Ordinarios (OLS) que usando efectos fijos. Si se rechaza la prueba F se evidencia la existencia de efectos individuales.
2. Se realiza una segunda prueba que compara OLS con un modelo de posibles efectos aleatorios. Partiendo de un modelo de datos panel con efectos aleatorios, se utiliza el multiplicador de Lagrange Breusch-Pagan. A partir de esta prueba, si no se rechaza la hipótesis nula se tendría evidencia de que podría ser mejor la especificación de Mínimos Cuadrados Ordinarios (OLS), que la de efectos aleatorios.
3. Si se rechazan las dos pruebas anteriores se recurre a la prueba de Hausman para establecer el tipo de modelo de datos panel. La prueba compara en conjunto los coeficientes estimados por un modelo consistente (efectos fijos) frente a un modelo eficiente en presencia de efectos individuales en el error. Al rechazar la hipótesis nula de dicha prueba, se tendría evidencia de que es preferible una especificación de datos panel con efectos fijos, por ser consistente. Por el contrario, si no se rechaza la hipótesis nula es mejor realizar la modelación haciendo uso de efectos aleatorios, pues además de ser eficiente

también sería consistente al no ser significativamente diferentes los coeficientes a los de efectos fijos[20]. Ver la siguiente figura tomada de Myoung (2011)

Figura 2.6 – Esquema teórico paso a paso identificación modelo de series de tiempo



Fuente: Myoung (2011)

Además de lo anterior, se realizaron pruebas para identificar la presencia de heterocedasticidad. Como resultado, en todos los casos se identificó la presencia de heterocedasticidad por lo que se estimó el mejor modelo (a partir de las pruebas anteriores) con errores robustos.

A continuación, se presenta los resultados de los modelos identificados a partir de las pruebas anteriores.

[20] La prueba de especificación de Hausman examina si los efectos individuales no están correlacionados con otros regresores del modelo. Si los efectos individuales están correlacionados con cualquier otro regresor, el modelo de efectos aleatorios
de efectos aleatorios viola el supuesto de Gauss-Markov y deja de ser la mejor estimación lineal insesgada (MELI). Esto se debe a que los efectos individuales forman parte del término de error en un modelo de efectos aleatorios.
Por lo tanto, si se rechaza la hipótesis nula, se favorece un modelo de efectos fijos frente al modelo de efectos aleatorios. En un modelo de efectos fijos, los efectos individuales forman parte del intercepto y la correlación entre el intercepto y los regresores no viola ningún supuesto de Gauss-Markov ; un modelo de efectos fijos sigue siendo MELI. (Myoung, 2011)

Cuadro 2.3 – Estimaciones modelo diferencias en diferencias Resolución 5108 de 2017

VARIABLES	(1) PARTICIPACIÓN INGRESOS	(2) DIF PART INGRESOS	(3) PARTICIPACIÓN USUARIOS	(4) DIF PART USUARIOS	(5) PORTADOS NETOS	(6) DIF PORTADOS
Z	-0.190*	0.000864	-0.179**	0.00338	57,610	2,090
	(0.104)	(0.00191)	(0.0905)	(0.00275)	(54,929)	(13,393)
d	0.000575	0.000301	-0.00325	0.000887	5,682	8,159
	(0.00920)	(0.00128)	(0.0101)	(0.00103)	(66,877)	(24,848)
d*Z	-0.000132	-0.000903	0.00910	-0.00234	-18,235	5,847
	(0.00934)	(0.00177)	(0.0124)	(0.00202)	(64,701)	(25,683)
Crecimiento del PIB	0.00252	0.00739	-0.00614	0.00141	663,437	-773,242
	(0.0377)	(0.0361)	(0.0269)	(0.0187)	(809,213)	(1.331e+06)
Participación sector TIC dentro del PIB	-0.0141	0.0355	-0.329	0.130	1.019e+07	6.266e+06
	(1.899)	(1.107)	(3.112)	(0.773)	(1.312e+07)	(1.709e+07)
Inflación	8.66e-05	8.50e-05	-6.04e-05	7.23e-05	3,582	1,077
	(0.000851)	(0.000392)	(0.00113)	(0.000225)	(6,687)	(5,813)
Constante	0.195***	-0.00182	0.199***	-0.00526	-348,899	-180,367
	(0.0621)	(0.0323)	(0.0546)	(0.0205)	(322,101)	(548,494)
Observaciones	181	177	181	180	179	177
R-squared						0.008
Tipo modelo	Datos panel: efectos aleatorios	Datos panel: efectos aleatorios	Datos panel: efectos aleatorios	Datos panel: efectos aleatorios	Datos panel: efectos aleatorios	OLS

Nota. Errores estándar en paréntesis y *** p<0,001, ** p<0,05, *p<0,1

Fuente Construcción propia con base en información publicada por la CRC

Con base en estos resultados, se identifica que la Resolución 5108 de 2017 no tuvo efectos sobre las variables analizadas. En ningún caso, el coeficiente β_3 asociado a la interacción entre d_t y Z_i resulta ser significativo en términos estadísticos. En síntesis, frente a la hipótesis de si la Resolución 5108 de 2017 incentivó la entrada, permanencia y consolidación de los OMV, se evidencia que no tuvo efectos observables.

Sin embargo, como se indicó en la metodología, con el objetivo de establecer el posible efecto de la Resolución 5827 de 2019 sobre los indicadores analizados, se estimó un modelo de series de tiempo interrumpidas que incorpora no solo el efecto de dicha resolución sino también de la Resolución 5108. Para mayor claridad sobre la especificación de los modelos, se retoma la ecuación general planteada para el modelo se series de tiempo interrumpidas (esta se presentó en detalle al inicio del capítulo).

$$y_{it} = \beta_0 + \beta_1 T + \beta_2 d_{t5108} + \beta_3 d_{t5827} + \beta_4 d_{t5108} T + \beta_5 d_{t5827} T + \beta_6 Z_i + \beta_7 T Z_i + \beta_8 Z_i d_{t5108} + \beta_9 Z_i d_{t5827} + \beta_{10} Z_i d_{t5108} T + \beta_{11} Z_i d_{t5827} T + \vec{\alpha}^T \cdot \overrightarrow{CONTROL_{it}} + \varepsilon_t$$

Con base en esta especificación, a continuación, se presentan los resultados respectivos.

Cuadro 2.4 – Estimaciones modelo series de tiempo interrumpidas

VARIABLES	(1) PARTICIPACIÓN INGRESOS	(2) DIF PART INGRESOS	(3) PARTICIPACIÓN USUARIOS	(4) DIF PART USUARIOS	(5) PORTADOS NETOS	(6) DIF PORTADOS
T	-6.35e-05	0.000122	-0.000478	0.000262	1,684	3,912
	(0.000783)	(0.000293)	(0.00102)	(0.000364)	(10,742)	(6,181)
Z	-0.272	0.0530	-0.488**	0.131**	1.682e+06	31,215
	(0.175)	(0.0595)	(0.196)	(0.0619)	(1.193e+06)	(626,356)
Z*T	0.000366	-0.000236	0.00138*	-0.000579**	-7,397	-131.1
	(0.000601)	(0.000269)	(0.000781)	(0.000279)	(5,343)	(2,835)
d5108	0.0184	0.0473	-0.0311	0.0717	1.375e+06	1.565e+06
	(0.228)	(0.104)	(0.296)	(0.106)	(3.252e+06)	(2.762e+06)
d5827	-0.0999	0.00217	-0.128	-0.0281	-698,099	-890,977
	(0.349)	(0.151)	(0.453)	(0.162)	(8.769e+06)	(5.079e+06)
d5108*T	-7.53e-05	-0.000209	0.000143	-0.000318	-6,050	-6,906
	(0.00102)	(0.000456)	(0.00132)	(0.000472)	(14,363)	(12,141)
d5827*T	0.000422	-4.08e-06	0.000544	0.000122	3,225	3,795
	(0.00146)	(0.000633)	(0.00189)	(0.000676)	(36,596)	(21,310)
Z*d5108	0.0729	-0.0812	0.0797	-0.117	-1.738e+06	-922,021
	(0.228)	(0.0920)	(0.296)	(0.105)	(2.475e+06)	(2.180e+06)
Z*d5827	0.155	-0.0298	0.338	0.0313	-1.606e+06	3.935e+06
	(0.421)	(0.138)	(0.547)	(0.195)	(7.543e+06)	(4.333e+06)
T*d5108*Z	-0.000332	0.000357	-0.000367	0.000519	7,780	3,996
	(0.000996)	(0.000405)	(0.00129)	(0.000459)	(10,763)	(9,484)
T*d5827*Z	-0.000656	0.000116	-0.00144	-0.000140	6,350	-16,479
	(0.00176)	(0.000577)	(0.00229)	(0.000816)	(31,481)	(18,221)
Crecimiento del PIB	-0.00125	-0.000126	-0.00217	-6.79e-05	-32,406	63,095
	(0.0231)	(0.0104)	(0.0300)	(0.0107)	(429,760)	(188,486)
Participación sector TIC dentro del PIB	-0.111	-0.0285	-0.174	-0.000753	-4.826e+06	8.710e+06
	(1.616)	(0.631)	(2.100)	(0.751)	(3.103e+07)	(1.596e+07)
Inflación	-7.52e-05	1.14e-05	-9.09e-05	-4.13e-05	443.7	-4,081
	(0.00111)	(0.000517)	(0.00144)	(0.000516)	(12,268)	(7,897)
Constante	0.213	-0.0263	0.300	-0.0588	-247,271	-1.107e+06
	(0.213)	(0.0724)	(0.264)	(0.0912)	(3.057e+06)	(1.692e+06)
Observaciones	236	231	236	234	234	231
R-squared		0.007			0.021	0.008
Coeficientes conjuntos OMV						
$\beta_8 + \beta_9 + \beta_{10} + \beta_{11}$ Efecto total: nivel y tendencia	0,2269 (0,399)	-0,1105 (0,1314)	0,446 (0,518)	-0,0849 (0,185)	-3.329.492 (7.302.845)	3.000.749 (3.837.969)
$\beta_1 + \beta_7$ Tendencia pre intervención	0,0003 (0,0008)	-0,000114 (0,00030)	0,00089 (0,0011)	-0,000316 (0,0003)	-5.713,48 (9.938,16)	3.780,59 (5.742,77)
$\beta_2 + \beta_8$ Cambio nivel de la tendencia como efecto Resolución 5108	0,091 (0,253)	-0,034 (0,084)	0,048 (0,329)	-0,0449 (0,117)	-363.381,5 (2.269.397)	643.072,4 (1.375.406)
$\beta_1 + \beta_4 + \beta_7 + \beta_{10}$ Tendencia post Resolución 5108	0,018 (0,227)	0,047 (0,103)	-0,029 (0,295)	0,071 (0,105)	1.368.952 (3.244.253)	1.562.052 (2.757.756)
$\beta_3 + \beta_9$	0,055	-0,028	0,2101	0,00325	-2.303.719	3.044.275

VARIABLES	(1) PARTICIPACIÓN INGRESOS	(2) DIF PART INGRESOS	(3) PARTICIPACIÓN USUARIOS	(4) DIF PART USUARIOS	(5) PORTADOS NETOS	(6) DIF PORTADOS
Cambio nivel de la tendencia como efecto Resolución 5827	(0,38)	(0,085)	(0,4984)	(0,177)	(3.844.684)	(2.367.069)
$\beta_1 + \beta_4 + \beta_5 + \beta_7 + \beta_{10} + \beta_{11}$ Tendencia post Resolución 5827	0,018 (0,226)	0,0473 (0,1033)	-0,0308 (0,294)	0,071 (0,105)	1.378.527 (3.237.730)	1.549.368 (2.754.232)
Coeficientes conjuntos OMR						
β_1 Tendencia pre intervención	-0,000063 (0,0007)	0,00012 (0,00029)	-0,000478 (0,0010)	0,00026 (0,0003)	1,683,77 (10.742,13)	3.911,69 (6.180,78)
β_2 Cambio nivel de la tendencia como efecto Resolución 5108	0,018 (0,228)	0,0473 (0,103)	-0,0311 (0,296)	0,0717 (0,105)	1.374.619 (3.252.349)	1.565.093 (2.762.108)
$\beta_1 + \beta_4$ Tendencia post Resolución 5108	-0,00014 (0,00054)	-0,00009 (0,00032)	-0,00033 (0,0007)	-0,0000562 (0,00025)	-4.365,79 (9.852,64)	-2.994,14 (9.434,4)
β_3 Cambio nivel de la tendencia como efecto Resolución 5827	-0,099 (0,348)	0,0022 (0,151)	-0,1281 (0,453)	-0,0281 (0,162)	-698.098,9 (8.768.698)	-890.977,4 (5.079.116)
$\beta_1 + \beta_4 + \beta_5$ Tendencia post Resolución 5827	0,00028 (0,0013)	-0,0000913 (0,00057)	0,000208 (0,0017)	0,000066 (0,0006)	-1.140,39 (34.043,69)	800,88 (18.856,6)
Tipo modelo[21]	Datos panel: efectos aleatorios	OLS	Datos panel: efectos aleatorios	Datos panel: efectos aleatorios	OLS	OLS

Nota. Errores estándar en paréntesis y *** p<0,001, ** p<0,05, *p<0,1

Fuente Construcción propia con base en información publicada por la CRC

Como se describió antes, en este caso para analizar el efecto de la resolución se debe analizar la significancia de la suma de los coeficientes correspondientes. Para eso, además de realizar la estimación del modelo, se realizó una prueba t de significancia conjunta. Como resultado, el cuadro anterior presenta el coeficiente correspondiente junto con su significancia, a partir del cual, se concluye que no se evidencia impacto de la resolución sobre las variables analizadas. Además de lo anterior, se observa que la significancia global del modelo no es adecuada pues ningún coeficiente de manera individual resulta ser significativa.

Teniendo en cuenta la no significancia global del modelo anterior, para la estimación del modelo alternativo de series de tiempo, lo primero que se debe garantizar es que las variables independientes sean estacionarias. Para esto, se aplicó el test de raíz unitaria aumentado Dickey-Fuller, que incluye además de la tabla de rezagos, la significancia del componente tendencial. Como resultado, se pudo establecer que la mayoría de variables independientes son integradas de

[21] Teniendo en cuenta el posible efecto que puede tener la inclusión de la tendencia temporal, las pruebas F, Breush Pagan y Hausman se realizaran sin incluir esta variable y sus interacciones.

orden uno (I(1)). Es decir, para la mayoría de las variables independientes se requiere aplicar una diferencia para que estas sean estacionarias.

Cuadro 2.5 – Resultados pruebas de raíz unitaria

VARIABLE	TRANSFORMACIÓN	DIFERENCIAS	TENDENCIA	REZAGOS	P-VALUE	ESTACIONARIA
Participación en ingresos	Ninguna	1	Sí	0	0	Sí
Diferencia[22] en la participación ingresos	Ninguna	1	No	0	0,0002	Sí
Participación usuarios	Ninguna	1	No	0	0	Sí
Diferencia en la participación usuarios	Ninguna	1	No	0	0	Sí
Portados netos	Ninguna	1	No	16	0,9395	No
Diferencia en la participación portados netos	Ninguna	1	No	16	0,0732	No
PIB	Logaritmo natural	1	No	0	0	Sí
IPC	Logaritmo natural	1	No	0	0,0027	Sí

Fuente Construcción propia con base en información publicada por la CRC

Como se puede observar, las variables dependientes de participación de ingresos, la diferencia en la participación de ingresos, la participación de usuarios y la diferencia en la participación de usuarios requieren de una diferencia para rechazar la hipótesis nula de raíz unitaria. Es decir, se requiere de una diferencia para ser estacionarias. Por el contrario, en el caso de las variables dependientes de portados netos y la diferencia en la participación de portados netos se requiere más de una diferencia para transformarla en una serie estacionaria.

Similarmente, para las variables de control que se incluyen en el modelo (PIB e inflación)[23] también es necesario realizar las pruebas de raíz unitaria ya que para el modelo de cointegración se requiere que las variables dependientes e independientes tengan el mismo grado de integración.

Cuadro 2.6 – Estimaciones modelo series de tiempo OMV

VARIABLES	(1) PARTICIPACIÓN INGRESOS	(2) DIF PART INGRESOS	(3) PARTICIPACIÓN USUARIOS	(4) DIF PART USUARIOS
T	0,00296***	0,000360	0,00909***	0,00202*
	(0,000289)	(0,000366)	(0,000809)	(0,00106)
d5108	0,300***	0,00258	0,827***	0,0390
	(0,0462)	(0,0507)	(0,0767)	(0,0983)
d5827	0,541***	-0,140**	1,314***	0,492
	(0,0585)	(0,0625)	(0,246)	(0,344)
d5108*T	-0,00134***	-1,54e-05	-0,00366***	-0,000169

[22] Es importante resaltar que esta diferencia no es la misma diferencia necesaria para que una serie sea estacionaria. En este caso, se refiere a la diferencia con el promedio móvil de 6 meses.
[23] No se incluye la participación del sector TIC dentro de la inflación pues con la transformación de la variable (PIB) se observa una alta correlación entre ellas.

VARIABLES	(1) PARTICIPACIÓN INGRESOS	(2) DIF PART INGRESOS	(3) PARTICIPACIÓN USUARIOS	(4) DIF PART USUARIOS
	(0,000201)	(0,000221)	(0,000337)	(0,000431)
d5827*T	-0,00228***	0,000573**	-0,00554***	-0,00209
	(0,000250)	(0,000266)	(0,00102)	(0,00143)
Logaritmo natural PIB	0,00569**	0,0108***	-0,0516***	-0,0292
	(0,00272)	(0,00279)	(0,0117)	(0,0188)
Logaritmo natural IPC	-0,142***	-0,0533*	-0,360***	-0,148*
	(0,0242)	(0,0272)	(0,0617)	(0,0736)
Constante	-0,0741	0,0274	0,271	0,572**
	(0,0643)	(0,0608)	(0,198)	(0,223)
Observaciones	32	32	32	32
R-squared	0,945	0,713	0,977	0,519
p-value prueba raíz unitaria errores	0,0001	0	0,0003	0,0079
Tendencia	No	No	No	No
Coeficientes conjuntos				
$\beta_2 + \beta_3 + \beta_4 + \beta_5$ Efecto total	0,837*** (0,050)	-0,14* (0,068)	2,13*** (0,263)	0,53 (0,37)
β_1 Tendencia pre intervención	0,003***	0,000360	0,00909***	0,00202*
β_2 Cambio nivel de la tendencia como efecto Resolución 5108	0,3***	0,00258	0,827***	0,0390
$\beta_1 + \beta_4$ Tendencia post Resolución 5108	0,0016*** (0,0003)	0,0003 (0,0003)	0,005*** (0,0006)	0,002** (0,0007)
β_3 Cambio nivel de la tendencia como efecto Resolución 5827	0,541***	-0,140**	1,314***	0,492
$\beta_1 + \beta_4 + \beta_5$ Tendencia post Resolución 5827	-0,0006*** (0,0001)	0,001*** (0,0001)	- 0,0001 (0,0009)	-0,0002 (0,0013)

Nota. Errores estándar en paréntesis y *** p<0,001, ** p<0,05, *p<0,1, los p-valores de las pruebas conjuntas se encuentran en gris y los coeficientes sin resaltar

Fuente Construcción propia con base en información publicada por la CRC

Previendo posibles problemas de autocorrelación o correlación en los términos de error que puedan afectar las estimaciones, a continuación, se presenta las estimaciones usando el estimador Newey-West. Como se puede observar, los resultados de las dos estimaciones son consistentes en cuanto a la significancia de los parámetros.

Cuadro 2.7 – Estimaciones modelo series de tiempo OMV. Estimador de Newey-West

VARIABLES	(1) PARTICIPACIÓN INGRESOS	(2) DIF PART INGRESOS	(3) PARTICIPACIÓN USUARIOS	(4) DIF PART USUARIOS
T	0.00296***	0.000360	0.00909***	0.00202
	(0.000301)	(0.000400)	(0.00100)	(0.00125)
d5108	0.300***	0.00258	0.827***	0.0390
	(0.0506)	(0.0459)	(0.0807)	(0.115)
d5827	0.541***	-0.140**	1.314***	0.492

VARIABLES	(1) PARTICIPACIÓN INGRESOS	(2) DIF PART INGRESOS	(3) PARTICIPACIÓN USUARIOS	(4) DIF PART USUARIOS
	(0.0640)	(0.0517)	(0.240)	(0.349)
d5108*T	-0.00134***	-1.54e-05	-0.00366***	-0.000169
	(0.000219)	(0.000201)	(0.000353)	(0.000504)
d5827*T	-0.00228***	0.000573**	-0.00554***	-0.00209
	(0.000273)	(0.000218)	(0.000999)	(0.00145)
Logaritmo natural PIB	0.00569*	0.0108***	-0.0516***	-0.0292*
	(0.00285)	(0.00233)	(0.0127)	(0.0149)
Logaritmo natural IPC	-0.142***	-0.0533*	-0.360***	-0.148
	(0.0252)	(0.0293)	(0.0772)	(0.0906)
Constante	-0.0741	0.0274	0.271	0.572**
	(0.0687)	(0.0612)	(0.231)	(0.217)
Observaciones	32	32	32	32

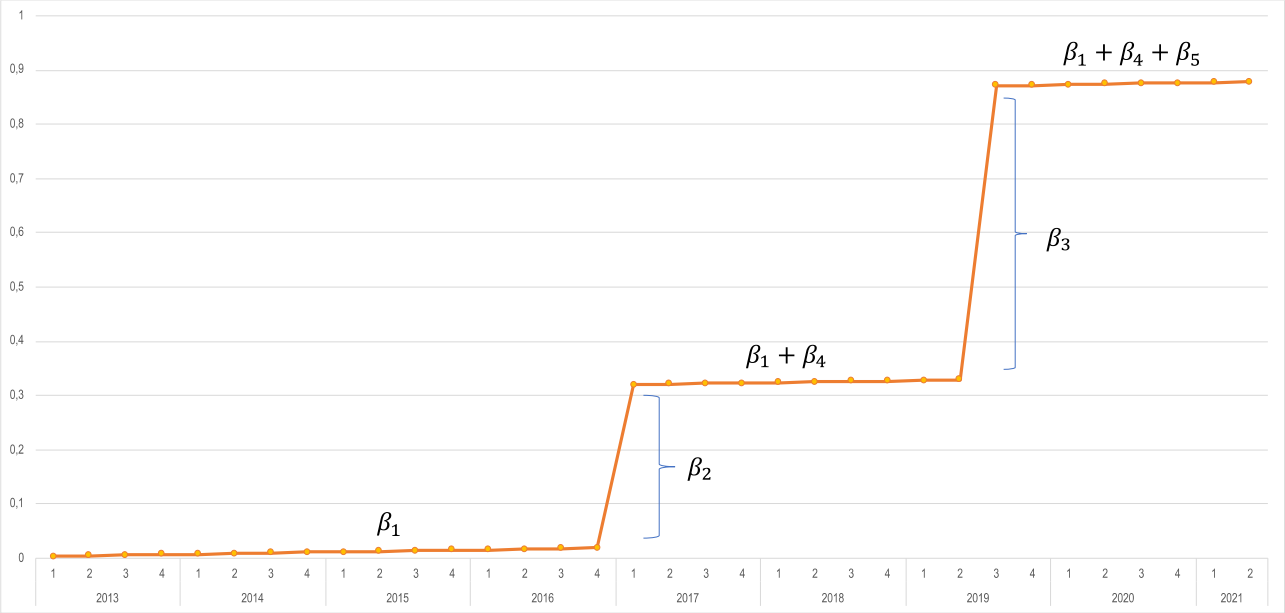
Nota. Errores estándar en paréntesis y *** p<0,001, ** p<0,05, *p<0,1

Fuente Construcción propia con base en información publicada por la CRC

Con base en las estimaciones anteriores, se identifica que las resoluciones 5108 y 5827 tuvieron un efecto global positivo sobre la participación en los ingresos de los OMV (vistos estos en conjunto). Al desagregar los efectos, se identifica que con la entrada de la Resolución 5108 se dio un cambio de nivel positivo en el nivel (β_2) que se vio reforzado además por un ligero incremento en la tendencia ($\beta_1+\beta_4$). Es decir, con la entrada de dicha resolución se generó un incremento en la participación de los ingresos de los OMV.

Además, con la Resolución 5827 se generó un nuevo cambio positivo en el nivel pero negativo en la pendiente de la tendencia. En otras palabras, con la entrada en vigor de esta última resolución, también se generó un incremento de los ingresos de los OMV.

Figura 2.7 - Efectos significativos resolución 5108 y 5827 sobre la participación ingresos de los OMV[24]



Fuente Construcción propia con base en información publicada por la CRC

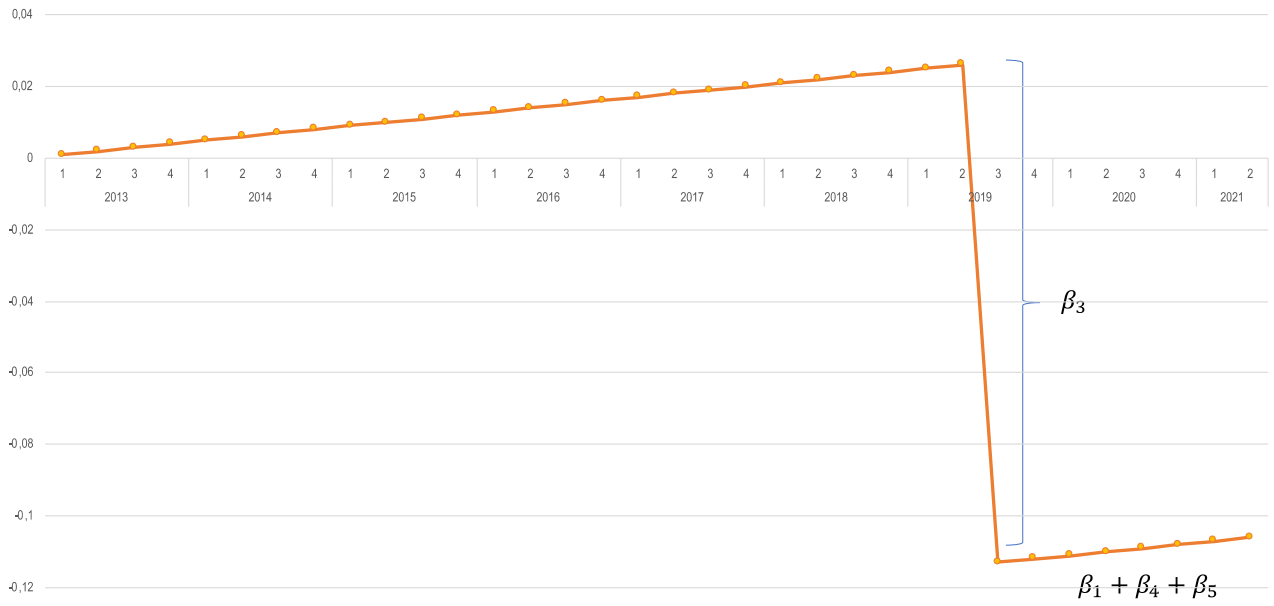
Si bien la gráfica anterior no incluye el efecto de las variables de control (por simplicidad), el modelo permite evidenciar un efecto ingreso positivo y un efecto precio negativo. El incremento del PIB genera un efecto ingreso que permite a los usuarios que permanecen esta modalidad consumir un mayor número de los servicios ofrecidos por los OMV. Por el contrario, el incremento del IPC (inflación) genera un efecto precios que encarece dichos servicios generando así una disminución en su demanda.

En el caso de la diferencia en la participación de los ingresos, solo se identifica cambios como efecto de la Resolución 5827 así como posterior a esta. Con la entrada en vigor de la Resolución 5827 se dio una reducción inmediata de la diferencia en la participación de los ingresos. Esto quiere decir, que la participación de los ingresos disminuyó respecto de su promedio móvil de 6 meses. A pesar de esta disminución inmediata, posteriormente se generó un incremento sostenido en dicha diferencia, lo cual implica un crecimiento de la participación respecto del promedio de 6 meses.

Los efectos de las variables control también evidencian un efecto ingreso positivo y un efecto precio negativo.

[24] Esta y las demás gráficas similares no incluyen los efectos de las variables de control

Figura 2.8 - Efectos significativos resolución 5108 y 5827 sobre la diferencia en participación ingresos de los OMV

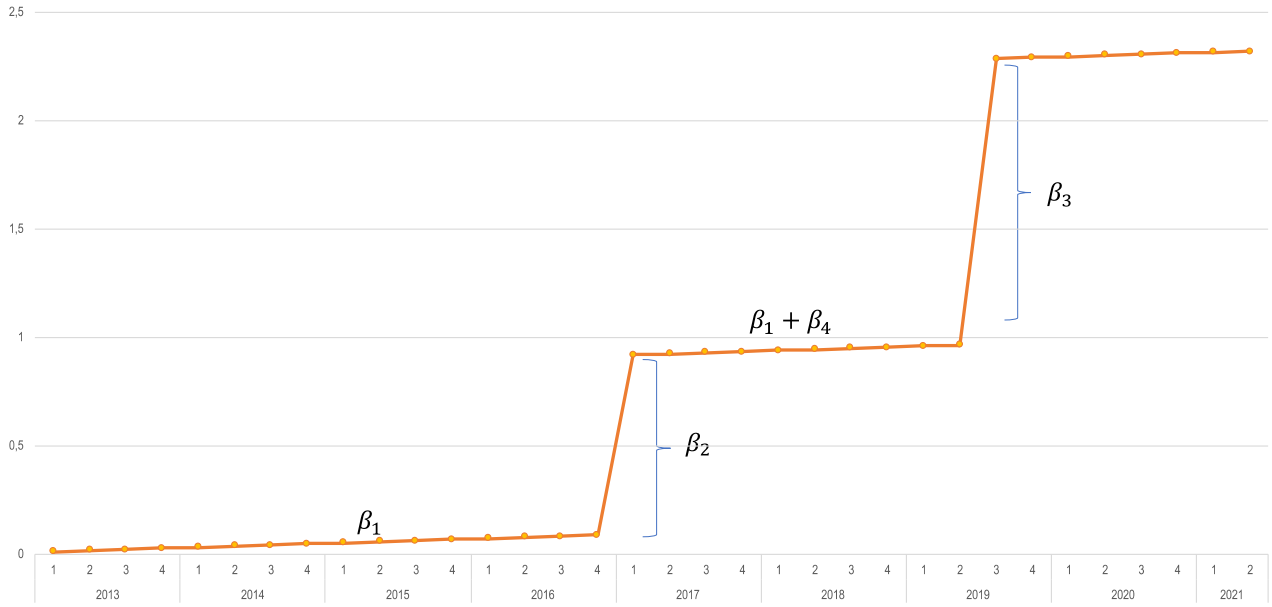


Fuente Construcción propia con base en información publicada por la CRC

En lo que tiene que ver con la participación de los usuarios, el efecto es similar al encontrado para los ingresos. Se identifica un efecto global que se traduce en un incremento en la participación de los usuarios. Al desagregar este efecto, se encuentra que la Resolución 5108 tuvo el efecto de incrementar de manera inmediata la participación de usuarios de los OMV y que además se acompañó de un incremento sostenido posterior. Del mismo modo, la Resolución 5827 generó un cambio positivo en el nivel de la serie. Sin embargo, luego de dicho cambio de nivel no se identificó cambios significativos en la pendiente de la tendencia.

Respecto de las variables de control, en este caso se identifica un efecto negativo del crecimiento del PIB y de la inflación. El efecto negativo y significativo de logaritmo natural del PIB puede estar denotando que ante mayores ingresos de los usuarios, estos prefieren contratar servicios postpago y no contratar servicios con los OMV que tienen la característica de ser en su mayoría prepago. En el caso de la inflación, dicho efecto denota un efecto precios como se describió anteriormente.

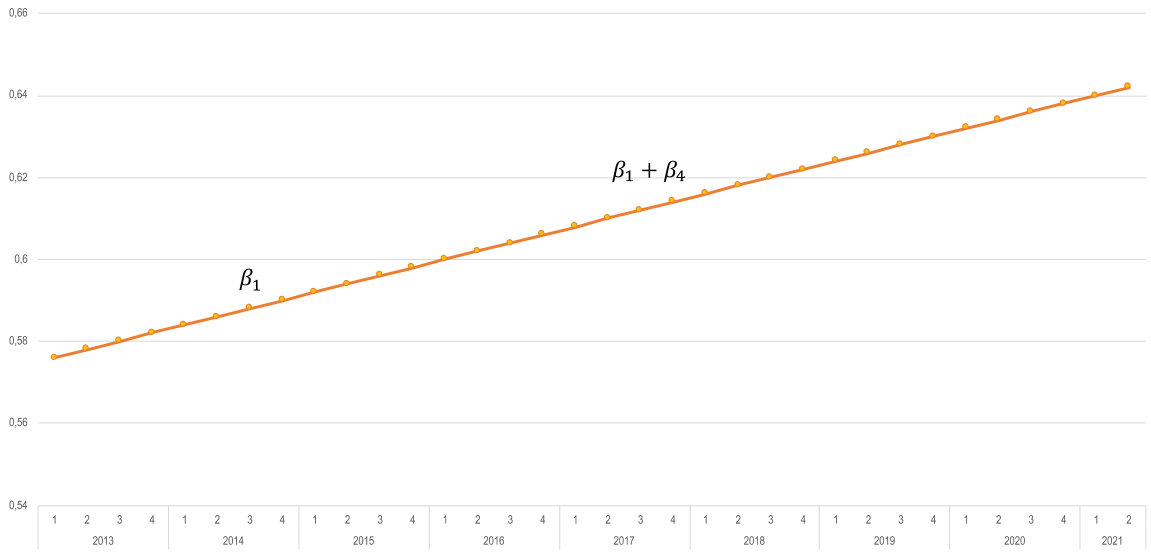
Figura 2.9 - Efectos significativos resolución 5108 y 5827 sobre la participación usuarios de los OMV



Fuente Construcción propia con base en información publicada por la CRC

Finalmente, al analizar el efecto sobre la diferencia (respecto a su promedio de 6 meses) en la participación de usuarios, solo se identifica un cambio positivo en la pendiente de la tendencia luego de la entrada en vigor de la Resolución 5108. Eso quiere decir que la participación del número de usuarios aumentó respecto de su promedio móvil de 6 meses.

Figura 2.10 - Efectos significativos resolución 5108 y 5827 sobre la diferencia en la participación usuarios de los OMV



Fuente Construcción propia con base en información publicada por la CRC

Frente a las variables control, se identifica un efecto negativo del crecimiento del PIB, que se podría explicar por la preferencia de los usuarios a consumir servicios postpago ante un incremento en el ingreso. No se identifican efectos de la inflación sobre esta variable dependiente.

Para terminar, dado que no se pudo establecer el mismo grado de integración entre la variable de portados netos y su diferencia con las variables de control, no se estimó un modelo se series de tiempo para dichas variables dependientes. Es decir, frente a estos resultados no se puede establecer una relación de largo plazo mediada por la ecuación presentada anteriormente.

Cuadro 2.8 – Resultados pruebas de raíz unitaria

VARIABLE	TRANSFORMACIÓN	DIFERENCIAS	TENDENCIA	REZAGOS	P-VALUE	ESTACIONARIA
Portados netos	Ninguna	1	No	16	0,9395	No
Diferencia en la participación portados netos	Ninguna	1	No	16	0,0732	No
PIB	Logaritmo natural	1	No	0	0	Sí
IPC	Logaritmo natural	1	No	0	0,0027	Sí

Fuente Construcción propia con base en información publicada por la CRC

En síntesis, frente a la hipótesis de si la Resolución 5108 de 2017 y la Resolución 5827 de 2019 incentivaron la entrada, permanencia y consolidación de los OMV, se evidencia que tuvo efectos positivos en dicha materia. Es decir, tomando la participación en los ingresos y usuarios, es claro que sí se dieron cambios positivos sobre los OMV.

2.3 Hipótesis 2: Las señales enviadas al mercado por la expedición de la Resolución 5108 de 2017 incrementa la oferta de acceso a los OMV

2.3.1 Variables de resultado

En el caso de la hipótesis 2, el indicador que se identifica como más adecuado para medir la oferta de acceso a los OMV es el número de acuerdos de acceso nuevos firmados por cada OMV en cada uno de los años analizados (antes y después de la resolución). Esta información se consolida en el formato 3.4 de la Resolución 5050 de 2016.

2.3.2 Variables de control

En este caso se identifica que como variables control se pueden incluir indicadores estructurales como el PIB, así como la participación del sector TIC dentro de este, la inflación y el número total de usuarios móviles.

2.3.3 Metodología

Considerando las variables de resultado identificadas, la metodología que se considera más adecuada es la de la comparación antes después a través de un modelo de series de tiempo interrumpidas. En este caso es posible observar a un mismo OMV antes y después de la intervención regulatoria mediante el uso de series de tiempo con un impulso escalón a partir del periodo de la Resolución, que permita identificar los efectos encontrados versus tendencias previas e identificar el impacto inmediato y el cambio en la tendencia de la serie de tiempo. Concretamente, la especificación econométrica corresponde a:

$$y_{it} = \beta_0 + \beta_1 T + \beta_2 d + \beta_3 T d + \vec{\alpha}^T \cdot \overrightarrow{CONTROL_{it}} + \varepsilon_t \qquad (1)$$

Siendo $\beta_2 + \beta_3$ serían los coeficientes a analizar.

Con:

$$\vec{\alpha}^T \cdot \overrightarrow{CONTROL_{it}} = \alpha_1 Crecimiento\ del\ PIB_t + \alpha_2 PTIC_t + \alpha_3 INF_t + \alpha_4 USU_t \qquad (2)$$

Donde:

- y_{it} es el número de acuerdos de acceso nuevos firmados el operador i en el periodo t (entre el 2014 y el 2021),
- T corresponde a una tendencia temporal
- d_t es una variable dicotómica (dummy) que toma el valor 0 para el período previo a la entrada en vigor de la Resolución 5108, el cual corresponde al primer trimestre del 2017, y el valor 1 para los trimestres posteriores a dicha fecha.
- $\overrightarrow{CONTROL_{it}}$ corresponde al vector de indicadores de control que incluyen los siguiente:
    - $Crecimiento\ del\ PIB_t$ representa el crecimiento del Producto Interno Bruto en el periodo T. Esta variable cuenta con información trimestral desde el año 2013 al año 2021
    - $PTIC_t$ representa la participación del sector TIC dentro del PIB en el periodo T. Esta variable cuenta con información trimestral desde el año 2013 al año 2021
    - INF_t representa la inflación medida a través del IPC para el periodo *T*. Esta variable cuenta con información trimestral desde el año 2014 al año 2021
    - USU_t representa el número total de usuarios móviles por operador para el periodo
- ϵ_t es el error residual

2.3.4 Datos de entrada, fuentes, tratamiento, descriptivos estadísticos y correlación de las variables de control

En el caso de la hipótesis 2, el indicador que se identifica como más adecuado para medir la oferta de acceso a los OMV es el número de acuerdos de acceso nuevos firmados por cada OMV en cada uno de los años analizados (antes y después de la resolución). Esta información se consolida en el formato 3.4 de la Resolución 5050 de 2016.

De acuerdo con los datos disponibles y lo esperado para este tipo de operadores, la mayoría de los OMV ha firmado un contrato de acceso a la red de un OMR. SUMA móvil SAS es el único OMV que ha firmado dos contratos, uno con Colombia Móvil en 2017 y otro con Colombia Telecomunicaciones SA ESP en el 2020.

Cuadro 2.9 – Identificación contratos de acceso firmados por los OMV

OMV	AÑO	OMR
UFF móvil SAS	2010	Colombia Móvil
Almacenes Éxito Inversiones SAS	2012	Colombia Móvil
VIRGIN Mobile Colombia SAS	2011	Colombia Telecomunicaciones SA ESP - Movistar
SUMA móvil SAS	2017	Colombia Móvil
SUMA móvil SAS	2020	Colombia Telecomunicaciones SA ESP - Movistar
Logística FLASH Colombia SAS		Colombia Móvil
Scarlet Mobile Colombia SAS	2015	Colombia Móvil
Dimecom comunicaciones SAS	2016	Colombia Móvil

Fuente: Construcción propia con base en información publicada por la CRC

2.3.5 Correlación de variables

En este caso, como la variable de tratamiento es casi que constante, y dado que las variables de control son las mismas de la hipótesis anterior, no se incluye la tabla de correlaciones. Frente a los resultados de la correlación presentados anteriormente, vale la pena resaltar la alta correlación entre el PIB y la participación del sector TIC dentro del PIB.

2.3.6 Resultados, análisis y conclusiones

Considerando que la mayoría de OMV ha firmado un único acuerdo de acceso de red, no se justifica realizar la estimación del modelo. Como resultado, es claro que, si bien la Resolución 5108 de 2017 obligó a los OMR a brindar acceso a su red a los OMV, estos últimos no tienen incentivos a fraccionar su tráfico firmando múltiples contratos debido a los efectos en las tarifas (entre mayor el tráfico hasta cierto tope, menor la tarifa mayorista cobrada por los OMR).

2.4 HIPÓTESIS 3: LAS SEÑALES ENVIADAS AL MERCADO POR LA EXPEDICIÓN DE LA RESOLUCIÓN 5827 DE 2019 FACILITA LA TRANSFERENCIA DE COSTOS O EFICIENCIAS A LOS USUARIOS FINALES

2.4.1 Variables de resultado

Para medir la transferencia de costos o eficiencias hacia los usuarios finales, se usa el ingreso promedio por minuto de voz móvil de los distintos operadores como un proxy del precio al usuario final.

2.4.2 Variables de control

Como variables de control se propone usar los indicadores de calidad en la prestación de servicios móviles de los OMR, como lo pueden ser los asociados al porcentaje de disponibilidad y al porcentaje de llamadas caídas. Además, y para capturar características no observables debido a falta de información, se propone usar efectos fijos por operador. Finalmente, con el objetivo incluir variables estructurales, se propone incluir indicadores como el PIB, así como la participación del sector TIC dentro de este, la inflación y el número total de usuarios móviles.

2.4.3 Metodología

Para probar esta hipótesis también se propuso usar series de tiempo interrumpidas. Se considera que este es el modelo más adecuado pues teóricamente el ajuste de los precios se daría sobre los usuarios de todos los operadores. Específicamente, en este caso el modelo sería:

$$y_{it} = \beta_0 + \beta_1 T + \beta_2 d_{t5108} + \beta_3 \mathrm{Z_i} + \beta_4 T d_{t5108} + \beta_5 T \mathrm{Z_i} + \beta_6 d_{t5108} \mathrm{Z_i} + \beta_7 T d_{t5108} \mathrm{Z_i} + \beta_8 d_{t5827} + \beta_9 T d_{t5827} + \beta_{10} d_{t5827} \mathrm{Z_i} + \beta_{11} T d_{t5827}\, \mathrm{Z_i} + \vec{\alpha}^T \cdot \overrightarrow{CONTROL_{it}} + \varepsilon_t \qquad (1)$$

Siendo $\beta_2 + \beta_4 + \beta_6 + \beta_7$ los coeficientes a analizar para la Resolución 5827 y $\beta_8 + \beta_9 + \beta_{10} + \beta_{11}$ para la Resolución 5108.

Con:

$$\vec{\alpha}^T \cdot \overrightarrow{CONTROL_{it}} = \alpha_1 Crecimiento\ del\ PIB_t + \alpha_2 INF_t + \alpha_3 USU_t$$

Donde:

- y_{it} es el ingreso promedio por minuto de voz móvil el operador i en el periodo t,
- T corresponde a una tendencia temporal

- d_{t5108} es una variable dicotómica (dummy) que toma el valor 0 para el período previo a la entrada en vigor de la Resolución 5827, el cual corresponde al tercer trimestre del 2019, y el valor 1 para los trimestres posteriores a dicha fecha.
- d_{t5827} es una variable dicotómica (dummy) que toma el valor 0 para el período previo a la entrada en vigor de la Resolución 5108, el cual corresponde al segundo trimestre del 2017, y el valor 1 para los trimestres posteriores a dicha fecha.
- Z_i es una variable dicótoma que toma el valor de 1 para los operadores OMV y 0 para los OMR,
- $\overrightarrow{CONTROL_{it}}$corresponde al vector de indicadores de control que incluyen los siguiente:
    - $Crecimiento\ del\ PIB_t$ representa el crecimiento del Producto Interno Bruto en el periodo T. Esta variable cuenta con información trimestral desde el año 2013 al año 2021
    - INF_t representa la inflación medida a través del IPC para el periodo T. Esta variable cuenta con información trimestral desde el año 2014 al año 2021
    - $LlamNOEX_t$ representa el número llamadas no exitosas para el periodo T. Esta variable cuenta con información trimestral desde el año 2018 al año 2021
    - $Tperdida_t$ representa la tasa de pérdida de llamadas para el periodo T. Esta variable cuenta con información trimestral desde el año 2018 al año 2021
- ϵ_t es el error residual

Como un ejercicio adicional, se llevó a cabo una estimación de un modelo donde la variable dependiente corresponde a la diferencia entre la tarifa promedio de los OMR y los OMV. Como variables de control se tuvieron en cuenta dos alternativas:

i. Una donde solo se incluyen los indicadores de la entrada en vigor de las resoluciones
ii. Una donde además de lo anterior se incluyen las variables de control del modelo anteriormente descrito.

Como este modelo no se encuentra a nivel de operador, no se trata de un modelo panel sino de corte transversal que se modela haciendo uso de una especificación de Mínimos Cuadrados Ordinarios (OLS). A continuación, la especificación de los modelos:

$$y_{it} = \beta_0 + \beta_1 T + \beta_1 d_{t5108} + \beta_2 d_{t5827} + \varepsilon_t \qquad (2)$$

$$y_{it} = \beta_0 + \beta_1 T + \beta_1 d_{t5108} + \beta_2 d_{t5827} + \vec{\alpha}^T \cdot \overrightarrow{CONTROL_{it}} + \varepsilon_t \qquad (3)$$

2.4.4 Datos de entrada, fuentes, tratamiento, descriptivos estadísticos y correlación de las variables de control

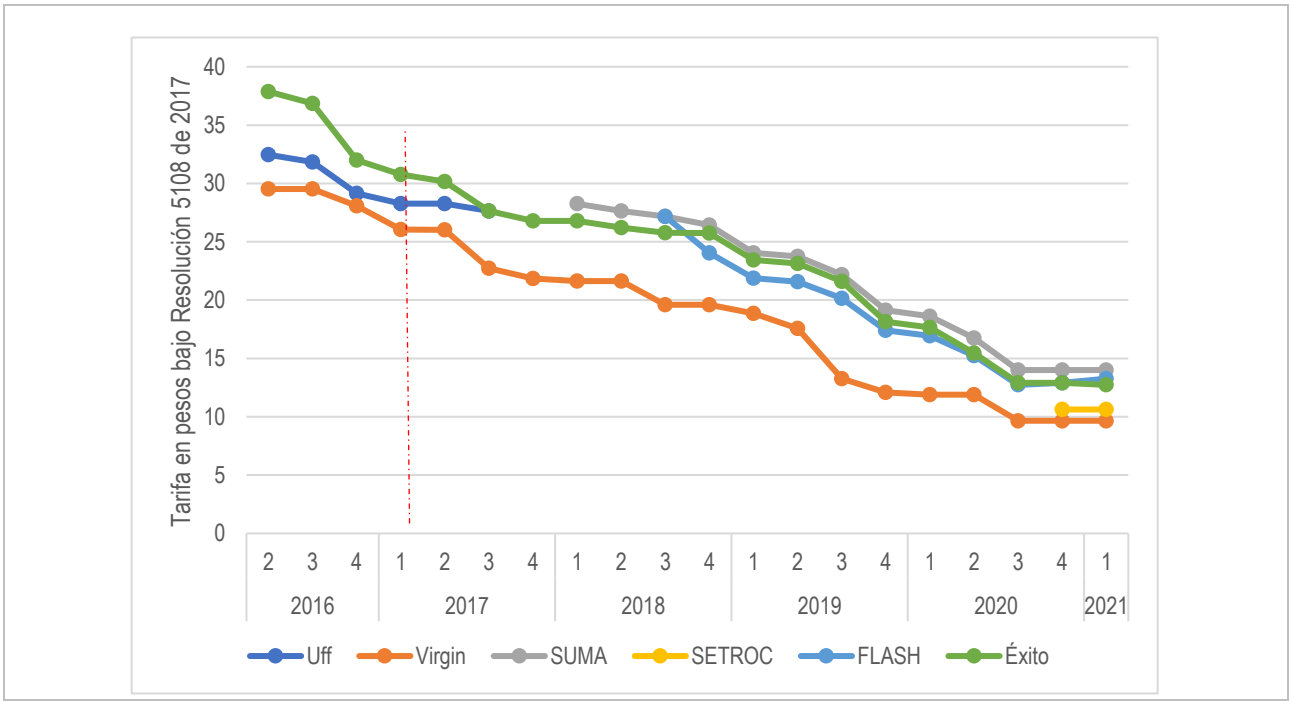
Para medir la transferencia de costos o eficiencias hacia los usuarios finales, se usa el ingreso promedio por minuto de voz móvil de los distintos operadores como un proxy del precio al usuario final.

2.4.5 Análisis descriptivo y hechos relevantes

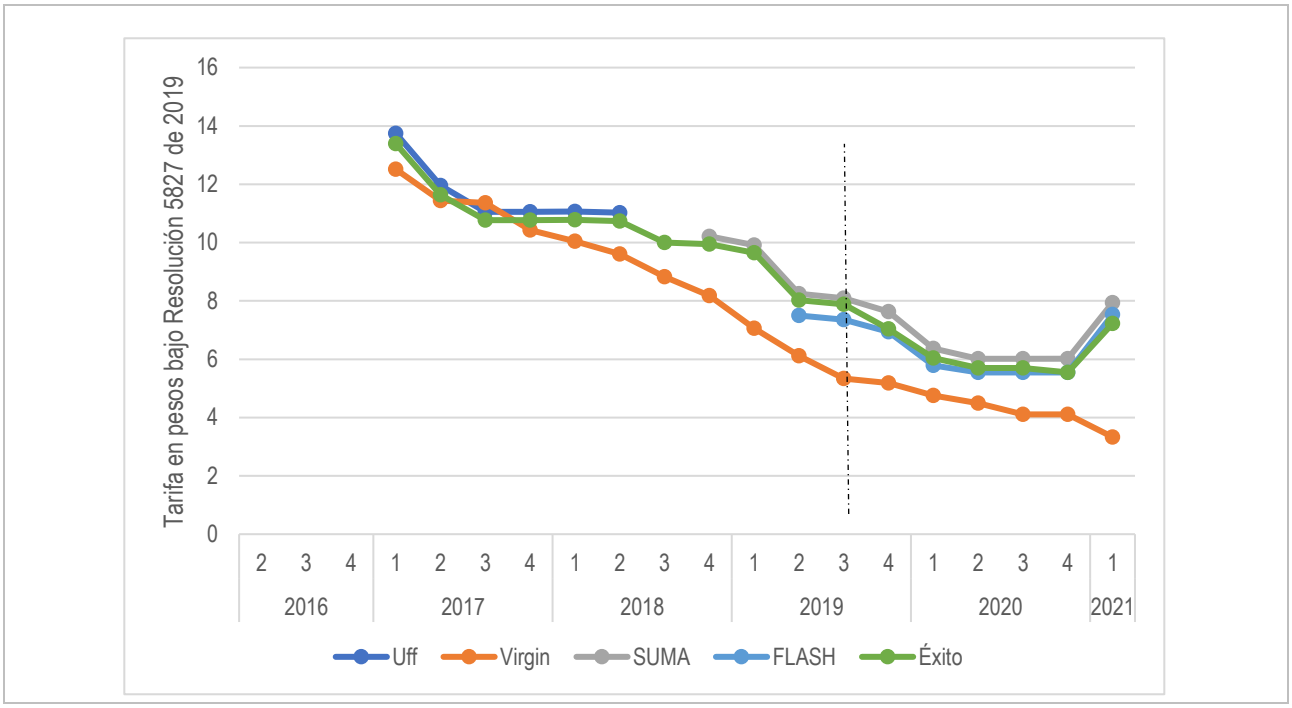
Antes de presentar los análisis descriptivos del indicador de resultado, como un hecho relevante de los cambios regulatorios reflejados en la Resolución 5827 de 2019, a continuación, se presentan los precios mayoristas para la provisión de servicios de voz móvil que resultan de la aplicación de las fórmulas incluidas en esta resolución. Adicionalmente, y como un ejercicio de comparación, también se presentan las tarifas que resultarían de la aplicación de la Resolución 5108 de 2017, es decir de las tarifas que resultarían si se aplicara la fórmula que estuvo en vigor hasta el año 2017.

En primera medida, lo que se puede observar en ambos casos (resoluciones) es que el precio mayorista ha disminuido en el tiempo pasando de cifras cercanas a 30 pesos por minuto a valores cercanos a los 15 pesos por minuto. En el detalle por operador, resalta que consistentemente VIRGIN presenta tarifas mayoristas menores al resto de los operadores.

Figura 2.11 - Tarifas mayoristas en la provisión servicios voz móvil con base en fórmulas Resolución 5108 de 2017 y 5827 de 2019[25][26]



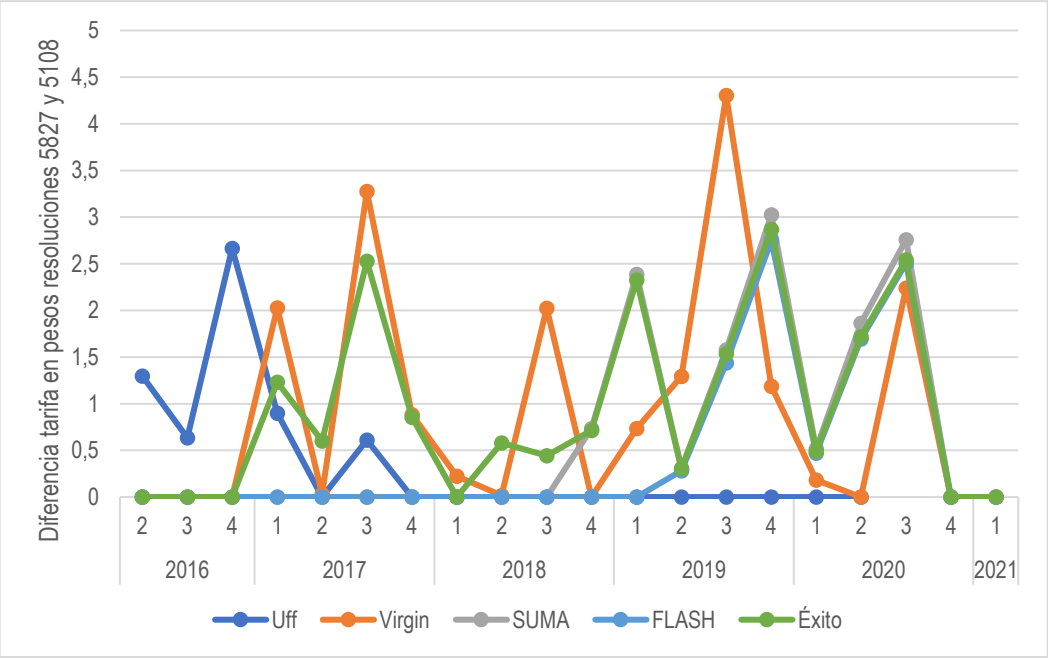
[25] A pesar de que SUMA Móvil presenta dos contratos de red firmados, tal como se mostró en la hipótesis 2, los datos de tarifa mayorista que se presentan en las gráficas solo tienen en cuenta el contrato con Colombia Móvil. Lo anterior debido a que en los datos publicados por la CRC solo se identifica la relación entre SUMA Móvil y Colombia Móvil.
[26] Para el cálculo de la tarifa bajo la Resolución 5827 de 2019 no se cuentan con datos para SETROC



Fuente: Construcción propia con base en información publicada por la CRC

Al revisar las diferencias entre las tarifas con base en las fórmulas de las dos resoluciones (tarifa Resolución CRC 5827 de 2019 menos tarifa Resolución CRC 5108 de 2017), se observa (siguiente gráfica) que estas fluctúan en el tiempo sin superar en la mayoría de los casos los 3 pesos. Además, se observa que las tarifas con la Resolución 5827 son mayores a las que se observarían si continuara la fórmula de la Resolución 5108.

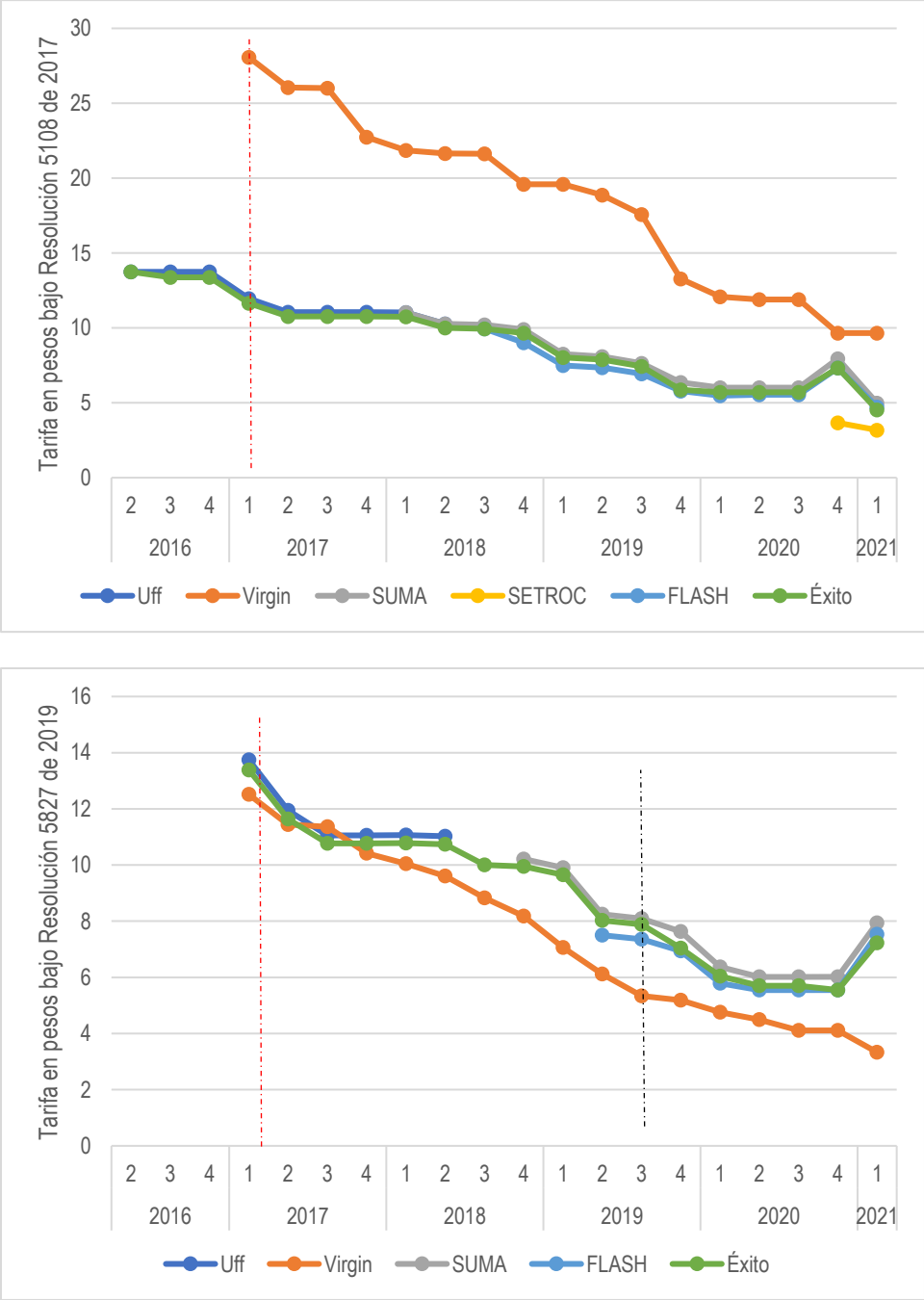
Figura 2.12 - Diferencia tarifas mayoristas en la provisión servicios voz móvil con base en fórmulas Resolución 5108 de 2017 y 5827 de 2019



Fuente: Construcción propia con base en información publicada por la CRC

El mismo ejercicio anterior se realizó para las tarifas mayoristas del servicio de datos. En este caso, también se observa una caída en el tiempo de las tarifas. A nivel específico de operador, VIRGIN también presenta una tarifa menor al de los demás operadores pero solo en el caso de la tarifa de la Resolución 5827 de 2019.

Figura 2.13 - Precios mayoristas en la provisión servicios datos móvil con base en fórmulas Resolución 5108 de 2017 y 5827 de 2019

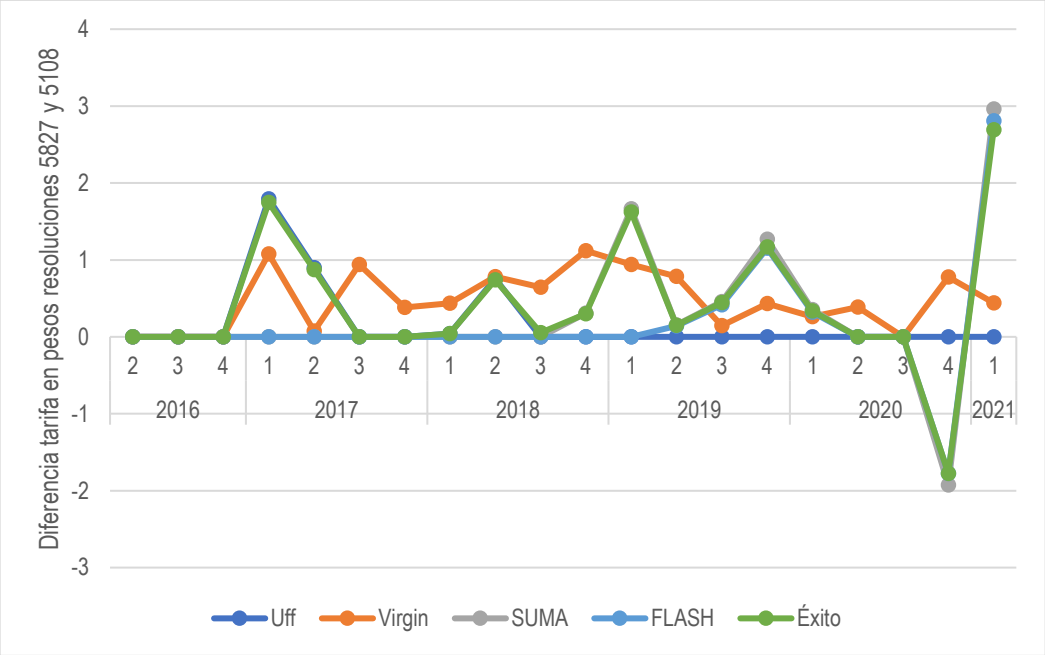


Fuente: Construcción propia con base en información publicada por la CRC

La diferencia en la tarifa usando la fórmula de las dos resoluciones (tarifa Resolución CRC 5827 de 2019 menos tarifa Resolución CRC 5108 de 2017), muestra que las diferencias no superan en la mayoría de los casos los 2 pesos. Además, se observa un comportamiento cambiante en el

tiempo, pero para la mayoría de los periodos analizados la tarifa bajo la Resolución 5827 son mayores que si se continuara bajo la fórmula de la Resolución 5108.

Figura 2.14 - Diferencia precios mayoristas en la provisión servicios de datos con base en fórmulas Resolución 5108 de 2017 y 5827 de 2019

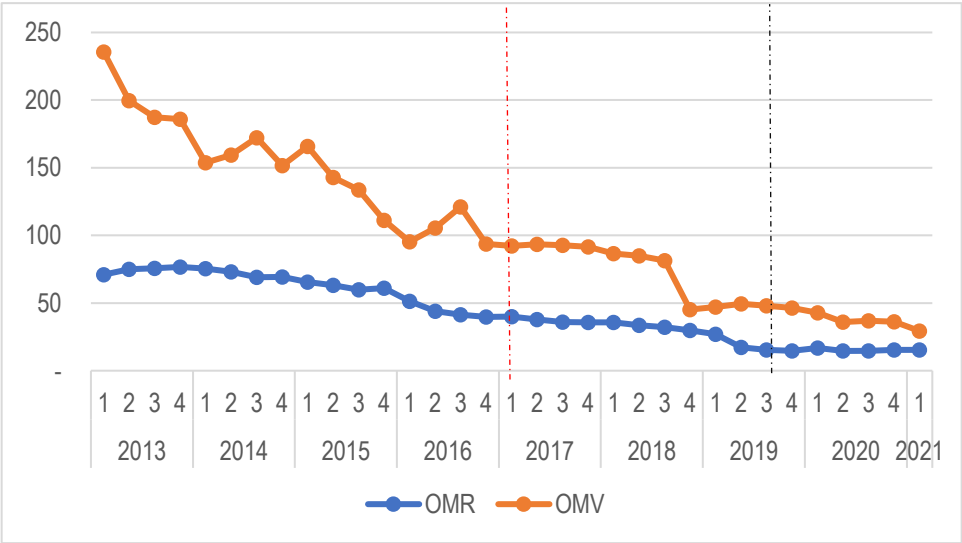


Fuente: Construcción propia con base en información publicada por la CRC

2.4.6 Indicador de resultado

Como lo muestra la siguiente figura, el ingreso promedio por minutos de voz móvil ha caído constantemente desde el año 2013, pasando de valores cercanos a los $240 para los OMV y de $76 para los OMR a valores de $29 para el primero y de $15 para el segundo en el año 2021. Adicionalmente, es importante resaltar que antes del 2018, la diferencia promedio entre el ingreso de los OMR y los OMV se ubicaba en $81 pesos mientras que después de dicho año, dicha diferencia promedio se ubicó en $30.

Figura 2.15 - Comportamiento en el tiempo ingreso promedio por minutos de voz móvil Operadores Móviles de Red y Operadores Móviles Virtuales



Fuente Construcción propia con base en información publicada por la CRC

2.4.7 Correlación de variables

Como variables de control se propuso usar los indicadores de calidad en la prestación de servicios móviles de los OMR. En este caso el uso de esta información si es viable ya que la Resolución CRC 5827 entró en vigor en el año 2019, por lo que se cuenta con datos tanto antes como después de la resolución. Para la construcción de los indicadores de calidad se consolidó un único dato por OMR para cada uno de los periodos de tiempo. Teniendo en cuenta que la información base se encuentra a nivel de operador y municipio, para la construcción de este indicador consolidado se ponderó la medición de calidad correspondiente en cada municipio por el dato de población. Es decir, se calculó un promedio ponderado de las mediciones de calidad de cada operador considerando la población del municipio en donde se realizó la medición.

Además, dado que los reportes de calidad solo los realizan los OMR, para asignar los indicadores de calidad a los OMV se identificó con que empresa estos últimos operadores tienen firmado el respectivo contrato de acceso a la red (información detallada en la hipótesis anterior).

Finalmente, se incluyeron indicadores macroeconómicos como el PIB, la inflación y la participación del sector TIC dentro del PIB.

Al realizar la matriz de correlación de las variables mencionadas, y como se había descrito anteriormente, se evidencia una alta correlación entre el PIB y la participación del sector TIC dentro del PIB. Por lo anterior, como variable control se usa el PIB ya que esta captura el efecto ingreso de los hogares. Por su parte, en términos de los indicadores de calidad, se identifica una

alta correlación entre el indicador de llamadas no exitosas y la tasa de pérdida, por lo que se consideró más adecuado utilizar solo el indicador de llamadas no exitosas

Cuadro 2.10 – Matriz coeficientes correlación lineal de Pearson

	Ingreso promedio por minuto	Crecimiento del PIB	Participación TIC dentro del PIB	Inflación	Llamadas no exitosas	Tasa de pérdida	Usuarios
Ingreso promedio por minuto	1						
Crecimiento del PIB	0,0066	1					
Participación TIC dentro del PIB	0,2565	-0,2955	1				
Inflación	0,1136	-0,0810	0,0602	1			
Llamadas no exitosas	0,3823	0,0546	0,0249	-0,0532	1		
Tasa de pérdida	0,4780	0,0427	-0,0537	0,0512	0,8474	1	
Usuarios totales	-0,2777	-0,0051	-0,0226	-0,0103	-0,2024	-0,2195	1

Fuente Construcción propia con base en información publicada por la CRC y el DANE

2.4.8 Resultados, análisis y conclusiones

Con base en el modelo antes planteado, y utilizando la información disponible, a continuación, se presentan los resultados de las estimaciones correspondientes.

Cuadro 2.11 – Estimaciones modelo de series de tiempo interrumpidas con diferencias por operador. Resolución 5827 de 2019

VARIABLES	INGRESOS PROMEDIO POR MINUTOS DE VOZ MÓVIL
T	-3,49
	(3,75)
d5108	-431,1
	(3012)
Z	358,9
	(807,6)
T*d5108	1,824
	(12,6)
T*Z	-1,756
	(3,67)
d5108*Z	-26,47
	(4317)
d5108*T*Z	0,15
	(18,08)
d5827	208,2
	(1689)
d5827*T	-0,97
	(7,39)
d5827*Z	111,5

VARIABLES	INGRESOS PROMEDIO POR MINUTOS DE VOZ MÓVIL
	(2252)
d5827*T*Z	-0,425
	(9,731)
Crecimiento del PIB	1,701
	(149,7)
Inflación	-4,336
	(7,785)
Usuarios	-3,87e-06***
	(7,20e-07)
Constante	951,7
	(796,9)
Observaciones	280
p-value prueba significancia conjunta	0,98
Tipo modelo	Datos panel: efectos aleatorios
Coeficientes conjuntos	
$\beta_6 + \beta_7 + \beta_{10} + \beta_{11}$ Efecto total	84,71 (3.840,61)
$\beta_1 + \beta_5$ Tendencia pre-intervención	-5,25 (4,29)
$\beta_8 + \beta_{10}$ Cambio nivel de la tendencia como efecto Resolución 5108	319,66 (1.958,48)
$\beta_5 + \beta_8 + \beta_9 + \beta_{11}$ Tendencia post Resolución 5108	205,05 (1.686,33)
$\beta_2 + \beta_6$ Cambio nivel de la tendencia como efecto Resolución 5827	-457,52 (3.308,1)
$\beta_4 + \beta_6 + \beta_7 + \beta_8 + \beta_9 + \beta_{11}$ Tendencia post Resolución 5827	207,03 (207,02)

Nota: No se incluyen los coeficientes de los efectos fijos por operador
Nota 1. Errores estándar en paréntesis y *** p<0,001, ** p<0,05, *p<0,1

Fuente: Construcción propia con base en información publicada por la CRC

Como se describió antes, en este caso para analizar el efecto de la resolución se deben realizar las pruebas correspondientes para seleccionar el modelo más adecuado. Como resultado de estas pruebas, se pudo establecer que el modelo más adecuado es de datos panel con efectos aleatorios. Además, se pudo establecer la necesidad de correr los modelos con errores robustos.

Al analizar la significancia de la suma de los coeficientes asociados se concluye que no se evidencia impacto de las resoluciones sobre los ingresos promedio por minuto de voz móvil. Es decir, de acuerdo con la hipótesis planteada, la entrada en vigor de la Resolución 5108 y 5827 no genera la transferencia de mayores eficiencias a los usuarios finales. Esto puede estar relacionado con el hecho que los OMV al tener una baja participación de mercado son tomadores de precios de los OMR.

Como un ejercicio adicional, se tomó como variable independiente la diferencia entre la tarifa promedio de los OMR y OMV[27] para luego modelarla en función del indicador de la entrada en vigor de las resoluciones 5108 y 5827. Como este modelo no se encuentra a nivel de operador, no se trata de un modelo panel sino de corte transversal que se modela haciendo uso de una especificación de Mínimos Cuadrados Ordinarios (OLS). Además, se realiza el modelo anterior, pero incluyendo las variables de control que no dependen de los operadores (crecimiento del PIB e inflación). A continuación, se presentan los resultados. Estos modelos también se restringen a los datos desde el año 2013.

Cuadro 2.12 – Estimaciones modelo OLS con diferencias por operador. Resoluciones 5108 de 2017 y 5827 de 2019

VARIABLES	(1) DIFERENCIA INGRESOS PROMEDIO POR MINUTOS DE VOZ MÓVIL ENTRE OMV Y OMR	(2) DIFERENCIA INGRESOS PROMEDIO POR MINUTOS DE VOZ MÓVIL ENTRE OMV Y OMR
T		-4,81***
		(0,89)
Res. 5108 de 2017	-42,52***	19,20
	(10,06)	(14,23)
Res. 5827 de 2019	-19,01	18,51*
	(12,3)	(10,7)
Crecimiento del PIB		21,86
		(62,06)
Inflación		-0,94
		(2,13)
Constante	85,62***	1.148,93***
	(5,92)	(190,04)
Observaciones	33	32
R-squared	0.56	0.86

Nota: No se incluyen los coeficientes de los efectos fijos por operador
Nota 1. Errores estándar en paréntesis y *** p<0,001, ** p<0,05, *p<0,1

Fuente: Construcción propia con base en información publicada por la CRC

Los resultados de este modelo permiten evidenciar que, con incluir variables de control, el efecto de la Resolución 5108 no es significativo mientras que el de la Resolución 5827 lo es al 10% pero con el signo no esperado. Es decir, la resolución no generó un efecto de disminuir la diferencia de los ingresos promedio por minuto de voz entre los OMV y los OMR. Esto puede ser explicado por el comportamiento del ingreso promedio, ya que mucho antes de la entrada en vigor de las resoluciones analizadas la diferencia entre los OMV y los OMR venía cerrándose.

[27] Tarifa promedio por minuto promedio de los OMV menos la tarifa promedio por minuto promedio de los OMR

2.5 Conclusiones generales

A manera de conclusión general, con base en los resultados descritos anteriormente, con los modelos especificados se pudo establecer un efecto conjunto de las resoluciones 5108 y 5827 sobre la participación en ingresos y usuarios. Es decir, las resoluciones analizadas incentivaron la entrada y permanencia de los OMV.

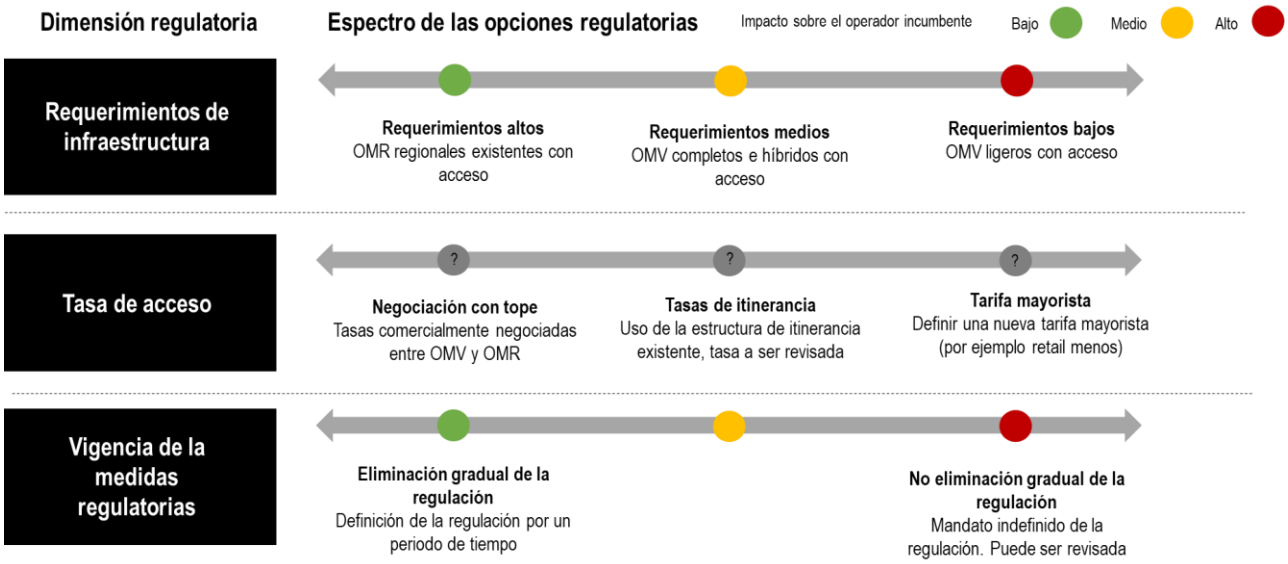
Por su parte, en relación con el incremento de la oferta de acceso a los OMV (hipótesis 2), los datos descriptivos permitieron identificar que excepto por un operador, a lo largo del tiempo los OMV han firmado un único acuerdo de acceso a la red de los OMR, lo cual es consistente con lo esperado. En ese sentido, es claro que, si bien la Resolución 5108 de 2017 obligó a los OMR a brindar acceso a su red a los OMV, estos últimos no tienen incentivos a fraccionar su tráfico firmando múltiples contratos debido a los efectos en las tarifas (entre mayor el tráfico hasta cierto tope, menor la tarifa mayorista cobrada por los OMR).

Finalmente, se pudo establecer que las resoluciones 5108 y 5827 no tuvieron un impacto significativo sobre la transferencia de eficiencias a los usuarios finales, medida esta como el efecto de disminuir la diferencia del ingreso promedio por minuto de voz entre los OMR y los OMV. Es decir, con la entrada en vigor de las respectivas resoluciones no se evidencia que la diferencia de los ingresos disminuyó.

2.6 Sendas y recomendaciones

Si bien es cierto las medidas adoptadas hasta el momento por la CRC han estado en concordancia con medidas adoptadas otros países como Israel, Irlanda y España (KPMG, 2020), en el futuro se requiere considerar medidas adicionales que dinamicen aún más el mercado. En ese sentido, de acuerdo con PWC (2020) existen tres dimensiones sobre las cuales se puede desarrollar la regulación sobre los OMV: la infraestructura, las tasas de acceso y la vigencia de las medidas regulatorias.

Figura 2.16 Dimensiones regulatorias OMV



Fuente: PWC (2020)

A partir de estas dimensiones, los autores del documento anterior identifican que la combinación de opciones regulatorias que potencialmente permitiría una mayor entrada de OMV corresponde a una en la cual se den las siguientes características:

1. Requerimientos parciales de infraestructura o requerimientos nulos,
2. Tasas de acceso bajas definidas por el regulador. Estas tasas se pueden definir indefinidamente o con una periodicidad específica,

Figura 2.17 Combinaciones regulatorias y sus beneficiarios potenciales

Dimensión regulatoria	Requerimientos de infraestructura	Tasa y vigencia regulatoria	Beneficiarios de la regulación
Acceso obligatorio por OMR regionales	Acceso inalámbrico completo	Comercialmente negociada con un tope regulatorio; regulación indefinida	Disruptores regionales
Acceso obligatorio para OMR regionales y HOMR	Acceso inalámbrico completo o infraestructura cableada requerida	Comercialmente negociada con un tope regulatorio; regulación indefinida	Proveedores del servicio de internet
Acceso obligatorio para OMV completos con una tasa mayorista de acceso baja	Solo acceso inalámbrico parcial requerido	Gobierno define tarifas de acceso bajas; eliminación eventual de la regulación	Proveedores del servicios de internet y nuevos OMV
Acceso obligatorio para OMV ligeros	Ninguna	Gobierno define tarifas de acceso bajas; regulación con mandato indefinido	Proveedores del servicios de internet y nuevos OMV

Fuente: PWC (2020)

Por lo anterior, de acuerdo con las medidas adoptadas hasta este momento por la CRC, se propone:

a) Realizar un estudio específico sobre las tarifas de acceso mayorista para los OMV. Como resultado de este estudio se debería establecer si es convenientes que el regulador defina por resolución dicha tarifa y que además sea una tarifa menor a la que actualmente se observa en el mercado. Sobre este aspecto, será importante considerar la agenda regulatoria 2021-2022 en lo que tiene que ver con la revisión del régimen de acceso, uso e interconexión,
b) Llama la atención que ningún OMV ha establecido relaciones con el operador incumbente. Por eso, se recomienda revisar el relacionamiento entre los OMV y los OMR para de ese modo identificar posibles cuellos de botella. En este punto también será importante la agenda regulatoria futura en sentido mencionado anteriormente.

Capítulo 3

RESOLUCIÓN 5321 DE 2018

3.1 ANTECEDENTES

La Resolución CRC 5321 de 2018 modificó algunas disposiciones del Régimen de Calidad, con el objetivo de incentivar la prestación de servicios de comunicaciones en municipios apartados y el uso de tecnologías de microondas y fibra óptica en las redes de transporte, para lo cual se estableció una excepción de cumplimiento de los indicadores de calidad fijos y móviles para 876 municipios.

En la revisión del mercado de datos fijo publicada por la CRC en junio de 2017 (CRC, 2017) se estableció que las categorías de segmentación en función de la población municipal no representaban la realidad de mercado. Se redefinieron las categorías mediante la aplicación de la técnica estadística multivariante de análisis de conglomerados teniendo en cuenta las dimensiones: (I) Desempeño (p.ej. tasa de penetración); (II) Estructura (p.ej. el índice de concentración de mercado – HHI); y (III) Socioeconómica (p.ej. necesidades básicas insatisfechas – NBI -, población, distancia entre el municipio y la capital departamental). Esto llevó a que se crearan nuevas categorías de segmentación municipal para los mercados relevantes de Internet fijo en Colombia: Municipios de política pública que es una categoría aplicable al mercado residencial; así como municipios con mercados nacientes y municipios con mercado de alto desempeño ambas categorías aplicables tanto al caso residencial como al corporativo. Además, como producto de esa misma revisión, la CRC encontró que existían 240 municipios que no contaban con el servicio de Internet fijo residencial y 26 municipios que no contaban con servicio a nivel corporativo.

La CRC encontró que los municipios de Política Pública se caracterizan por ser aquellos que no hacen parte de un área metropolitana, y en promedio, son los más alejados a las ciudades capitales, tienen la menor cantidad de habitantes y la mayor proporción de población con necesidades básicas insatisfechas. De igual forma, son los municipios con las menores tasas de penetración del servicio de Internet y en los que existe un solo proveedor del servicio de Internet, presentando una estructura de mercado cercana al monopolio. También se encontró que eran altamente dependientes de los planes de política pública del MinTIC tales como el Proyecto Nacional de Fibra Óptica (2010) y los proyectos de Conexiones Digitales (2013 y 2015).

Por otra parte, en el análisis de la CRC a los municipios con mercados nacientes, se encontró que se caracterizan por tener en promedio una mayor tasa de penetración, más población y un mayor número de empresas prestadoras del servicio que los municipios de política pública, así como una menor proporción de personas con necesidades básicas insatisfechas, un menor nivel de concentración de mercado y una menor distancia con respecto a las ciudades capitales. Sin embargo, los municipios de este grupo presentaban un precio por Mbps muy superior a los del grupo de política pública, a pesar de tener velocidades similares. Se trata entonces de municipios que se encuentran en un estado intermedio entre los de mercados de Alto Desempeño y los de Política Pública.

En el documento de soporte (CRC, 2017) de la Resolución CRC 5321 de 2018 la CRC indicó que consideraba necesario apalancar el incremento de la penetración del servicio en todo el territorio nacional, para lo cual se deberían contemplar unas condiciones diferenciales en el cumplimiento de los indicadores de calidad de los servicios de telecomunicaciones en los municipios contenidos en la categoría denominada Política Pública. Adicionalmente, se debería incluir los municipios que han entrado a hacer parte de este mercado y los posibles municipios futuros que se espera que entren en el mismo refiriéndose a los que no contaban con el servicio al momento de la revisión.

Luego, en el documento "Ajustes al régimen de calidad - Documento de respuesta a comentarios" (CRC, 2018) y en atención a las observaciones realizadas por agentes del sector, la CRC realizó algunos ajustes sobre el listado inicial de municipios, de manera que teniendo en cuenta los compromisos del Acuerdo Final para la Terminación del Conflicto incluyó a todos los municipios que pertenecen a las Zonas más Afectadas por el Conflicto (ZOMAC) y además adicionó otros municipios que cumplían con un doble criterio: Más de un Operador Portador y menos de un 10% de uso de la capacidad instalada del servicio portador; y mayor a 13.500 habitantes con penetración inferior al 1%[28].

La suma de los criterios anteriores llevó al listado de 876 municipios contenidos en el Anexo 5.7 de la Resolución CRC 5050 de 2016 para los cuales la CRC determinó que se requieren estándares especiales consistentes en adoptar condiciones que faciliten el acceso a los servicios TIC en todo el territorio nacional mediante un régimen de excepción a los artículos: 5.1.3.1 (Indicadores de calidad para servicios de telefonía móvil 2G y 3G), 5.1.3.2. (Mensajes de texto), 5.1.3.3. (Servicio de datos móviles), 5.1.4.1 (telefonía fija), 5.1.4.2. (Calidad para servicios de datos fijos), 5.1.6.1 (disponibilidad de elementos de red central), 5.1.6.2 (disponibilidad de redes de acceso para redes de servicios móviles y redes de acceso a través de ubicaciones fijas cableadas) de la Resolución CRC 5050 de 2016 con el fin de otorgar un incentivo para que estos municipios puedan tener

[28] El documento de la CRC no menciona explícitamente si se trata de la penetración de internet fijo. Se entendería por contexto que efectivamente hace referencia a uso de internet fijo.

cobertura expresada en términos de aumento de la penetración del servicio, el número de suscriptores y la cantidad de municipios con cobertura y, en consecuencia acceso a los servicios.

Por su parte la Superintendencia de Industria y Comercio (SIC) indicó en su análisis del proyecto: "(…) *en efecto, cabe mencionar, con fundamento en lo expresado por la OCDE, que la disminución de las cargas regulatorias puede servir para promover las inversiones y la innovación.*"

3.2 Teoría del Cambio e identificación de hipótesis

Los aspectos clave que buscaba la regulación de la CRC consistían en incentivar la ampliación de cobertura y la oferta de servicios TIC en los municipios exceptuados, incluyendo el despliegue de nuevas tecnologías para la provisión de servicios móviles. Por otra parte, al eliminar la obligación del cumplimiento de metas específicas en ciertos indicadores de calidad del servicio, es necesario validar si se está promoviendo una oferta de servicios TIC con adecuados niveles de calidad en los municipios exceptuados.

Se realizó una búsqueda de estrategias regulatorias similares para 9 países (Argentina, Brasil, Costa Rica, Chile, Ecuador, España, México, Sudáfrica y Perú) y se encontró que en tres de ellos se realiza algún tipo de excepción en las metas de calidad que obedecen a criterios geográficos o de servicio universal: (I) El caso más relevante es Chile donde no se consideran para el cumplimiento de valores mínimos las estaciones base que se encuentren al amparo de una concesión otorgada por subsidio del Fondo de Desarrollo de las Telecomunicaciones y se hace diferenciación en las metas urbanas y rurales (Subsecretaria de Telecomunicaciones, 2008); (II) en España cuando un operador tiene obligaciones de servicio universal en una zona que abarque a más de una comunidad autónoma, el nivel de calidad de servicio en cada una de ellas no podrá ser peor, en relación con cada parámetro, al 20 por ciento del valor establecido en la regulación (Ministerio de Industria, Energía y Turismo, 2014); (III) En India se presenta diferenciación entre tipo de zonas (urbanas por un lado y rurales y montañosas por el otro) para el parámetro de "Fallas reparadas al siguiente día" (TRAI, 2009).

En el caso de Chile, los considerandos de la Resolución mencionada previamente, indicaban que: "(…) *el país adolece del desarrollo de la infraestructura de telecomunicaciones necesaria para el acceso a los servicios de telecomunicaciones en una considerable cantidad de localidades, en las cuales resulta de primera prioridad proporcionar dichos servicios a los usuarios que los requieran* (…) *en dichas localidades resulta urgente brindar los servicios de telecomunicaciones, a través de subsidios del Fondo de Desarrollo de las Telecomunicaciones (FDT), incluso prescindiendo de las exigencias de cobertura y de calidad de servicio vigentes en otras zonas del país, al menos durante el tiempo que sea necesario para que estas redes se desarrollen*".

Considerando los argumentos previos, se establece una primera hipótesis de acuerdo con la cual, la excepción regulatoria tuvo un impacto positivo sobre la oferta entendida en términos de ampliación de cobertura de servicios móviles y el despliegue de nuevas tecnologías móviles en

los 876 municipios que cuentan con la excepción regulatoria. El proxy de esta ampliación de cobertura se refleja en el incremento de estaciones base y en cuanto a el despliegue de nuevas tecnologías móviles en términos de incremento en el número de sectores con tecnología 4G.

Hipótesis 1: *La excepción regulatoria sobre las metas de calidad en los 876 municipios incentivó la ampliación de cobertura y el despliegue de nuevas tecnologías para la provisión de servicios móviles.*

En esa misma dirección, se espera también un impacto positivo sobre la oferta de servicios fijos de Internet, de manera específica en los 240 municipios que en el año 2017 no contaban con servicios fijos de Internet residencial y los 26 municipios que no disponían de Internet fijo corporativo en ese mismo año.

Hipótesis 2: *La excepción regulatoria sobre las metas de calidad promocionó la oferta de servicios de internet fijo en los 240 municipios que no contaban con el servicio a nivel residencial y los 26 municipios que no contaban con la cobertura del servicio en el segmento corporativo.*

Además de estas ampliaciones específicas de la oferta de servicios fijos y móviles, se construye una tercera hipótesis en torno al impacto que la medida pudo tener sobre los consumidores desde el punto de vista del incremento en la penetración de servicios fijos especialmente de Internet y de servicios móviles en los municipios que cuentan con la excepción regulatoria.

Hipótesis 3: *La excepción regulatoria sobre las metas de calidad en los 876 municipios impulsó la penetración de los servicios de telecomunicaciones fijos, especialmente los de internet, así como de servicios móviles.*

Sin embargo, al establecerse una excepción en el cumplimiento de metas de calidad, resulta necesario preguntarse si esto pudo tener un efecto contraproducente en la calidad de servicio que se prestaba.

Se identificó un precedente de interés: En el año 2014 la Autoridad Reguladora de Comunicaciones de Qatar (Communications Regulatory Authority, 2014) propuso tres escenarios de regulación de la calidad del servicio de telecomunicaciones. El primero de plena libertad del mercado; el segundo consideraba la implementación de un sistema de medición de indicadores de calidad medido directamente por los operadores, y en caso de no cumplir con las metas establecidas se penalizaban financieramente; y el tercero donde los operadores también median directamente los indicadores, pero en este caso no se penalizaban por el incumplimiento de las metas. Con base en estos escenarios, se llevó a cabo una evaluación de impacto normativo que estimaba los costos y los beneficios de los operadores por implementación de las medidas propuestas; así como los costos que enfrentaría la entidad reguladora y los beneficios que recibirían los usuarios. Como resultado, el estudio concluyó que el mejor escenario correspondía al segundo, en el cual se penalizaba a los operadores en caso de no cumplir los objetivos. El primer escenario implicaba costos al consumidor mientras que el tercero implicaba costos

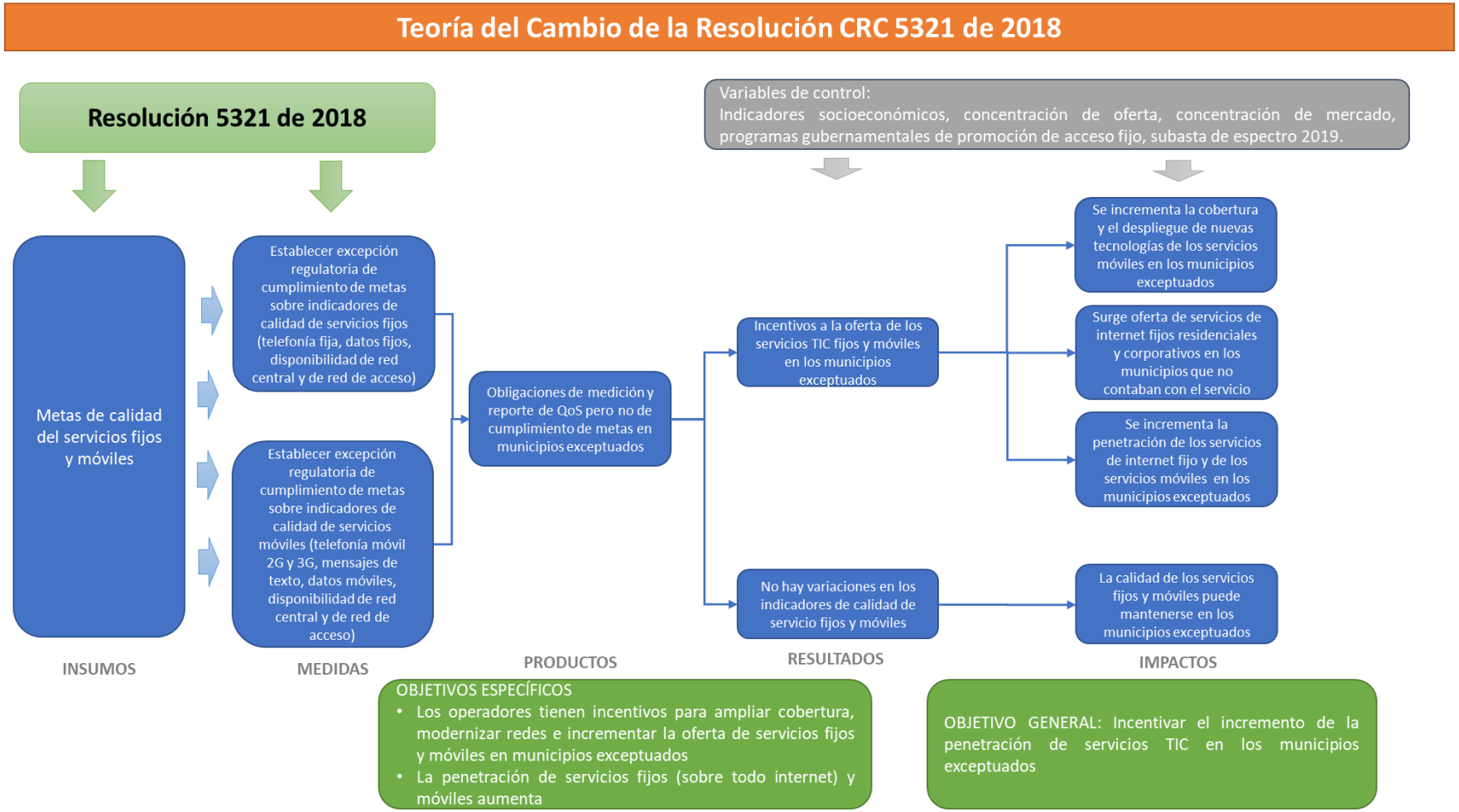
similares al segundo, pero no aseguraba que las empresas mejoraran la calidad del servicio. La situación de Qatar - un país cien veces más pequeño que Colombia, con un PIB per cápita y una penetración de servicios sustancialmente mayor al de nuestro país - no es comparable, pero sí resulta indicativo de los incentivos que puede generar en los PRST una medida de obligación de reporte sin cumplimiento de metas.

Por tanto, se construye una cuarta hipótesis según la cual la medida regulatoria no tuvo impacto sobre la calidad del servicio en los municipios exceptuados. Como se mostró en el Producto 1 de esta consultoría, los análisis del impacto en la calidad del servicio pueden hacerse únicamente sobre los Indicadores de calidad de servicio para telefonía móvil 2G y 3G (porcentaje de llamadas no exitosas, porcentaje de llamadas caídas) y los Indicadores de servicios de datos móviles (intentos no exitosos 4G, pérdida anormal de portadoras 4G, ping, tasa media de datos FTTP y HTTP para 3G).

Hipótesis 4: *La excepción regulatoria sobre las metas de calidad en los 876 municipios no tuvo efectos sobre los indicadores de calidad 5.1.3.1 (indicadores de calidad para servicios de telefonía móvil 2G y 3G) y 5.1.3.3. (servicio de datos móviles).*

De esta manera, en la figura siguiente se resumen los principales elementos de teoría del cambio asociados con la Resolución CRC 5321 de 2018.

Figura 3.1 – Teoría del cambio de la Resolución CRC 5321 de 2018



Fuente Desarrollo de la UT

3.3 HIPÓTESIS 1: LA EXCEPCIÓN REGULATORIA SOBRE LAS METAS DE CALIDAD EN LOS 876 MUNICIPIOS INCENTIVÓ LA AMPLIACIÓN DE COBERTURA Y EL DESPLIEGUE DE NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA LA PROVISIÓN DE SERVICIOS MÓVILES.

3.3.1 Estructura del modelo propuesto, variables de resultado y control

Esta hipótesis está relacionada con la ampliación de la cobertura móvil y el despliegue de nuevas tecnologías móviles, razón por la cual se busca cuantificar los impactos de la regulación en los niveles y tendencias de dos variables de resultado: (I) Número de estaciones base por municipio – como proxy de la cobertura de los servicios móviles en los municipios; y (II) número de sectores de tecnología 4G por municipio.

Los análisis se realizaron sobre un conjunto de "municipios frontera" seleccionados tanto del clúster de 246 municipios de alto desempeño como del clúster de 876 municipios de política pública que fueron objeto de la excepción regulatoria.

La ampliación de cobertura y el despliegue de 4G se pueden ver afectadas en algunos de los municipios por los resultados de las obligaciones de cobertura de la subasta de espectro de 2019. Adicionalmente es de interés incluir variables socioeconómicas por municipio que pueden influir sobre las variables de resultado: la población a nivel municipal, la distancia a la capital departamental y componentes del índice de ciudades modernas que no estén relacionados con TIC, concretamente las dimensiones de: Equidad e inclusión social EIS (pobreza, salud, educación); Productividad, competitividad y complementariedad; y seguridad. También se utilizó un índice que refleja el nivel de competencia de infraestructura móvil por municipio.

En este caso es posible observar a un mismo municipio antes y después de la intervención regulatoria (comparación antes – después), mediante el uso de series de tiempo con un impulso escalón a partir del periodo de la Resolución que permita identificar los efectos encontrados versus tendencias previas e identificar el impacto inmediato y el cambio en la tendencia de la serie de tiempo para el momento clave identificado que es la expedición de la Resolución 5321 de 2018 con efectos medibles sobre el despliegue a partir del segundo trimestre del año 2018.

Se descarta un análisis de diferencias en diferencias porque no se observa una buena compatibilidad entre los municipios que fueron intervenidos y los que no, debido a que mercados con cobertura y desarrollo tecnológico más altos tenderán a crecer más lento que los que están desarrollando la cobertura, como una consecuencia directa de un efecto de curva logística. Adicionalmente, el documento "Revisión del mercado de datos fijos" (CRC, 2017), que sirvió de base para seleccionar los municipios exceptuados, identificó diferencias entre ellos y los demás

municipios, las cuales harían pensar que el supuesto de tendencias paralelas que soporta la técnica de diferencias en diferencias no se cumple; por ejemplo, sobre los Municipios de Política Pública señala que "presenta una mayor elasticidad que los municipios contenidos en las otras dos categorías" y que "estos municipios cuentan con unas condiciones particulares, altamente dependientes de la política nacional del Plan Vive Digital"; en relación con los Mercados de Alto desempeño menciona que "contiene los municipios con menores índices de concentración" a diferencia de los de la categoría anterior que "cuenta con municipios altamente concentrados", y menciona también que "se observa que las tarifas promedio por Mbps de bajada presentan una tendencia decreciente desde el 2013"; y respecto a los Mercados Nacientes dice que se diferencian de los dos anteriores por el "potencial de crecimiento a corto y mediano plazo". ". Pese a estas circunstancias, se incluirá en el análisis un conjunto de "municipios frontera" que no hayan sido sujetos de la intervención regulatoria y que tengan como característica su mayor similitud con los Municipios de política pública. Esto se determinará mediante la estimación de un Probit que permitirá seleccionar los municipios de ambos clúster que tengan mayor probabilidad de pertenecer al grupo de los municipios de política pública. Estos "municipios frontera" se utilizarán como variable para un análisis de grupos múltiples en una Serie de Tiempo Interrumpida - CITS por su sigla en inglés - (Linden, 2015) , con una estructura de datos en panel.

Se realizó un análisis de grupos múltiples en una Serie de Tiempo Interrumpida, con una estructura de datos en panel. Se verificó si existían efectos estacionales a nivel trimestral y en los casos en los que estos mostraron ser significativos, se incluyeron en el modelo después de verificar que eran los que tenían mejor criterio de información de Akaike (AIC) y criterio de información Bayesiano (BIC). En cuanto a los sectores, estos se modelaron mediante un logaritmo porque se encontró que su comportamiento es exponencial en el periodo analizado (ver Figura 3.8). De esta manera el modelo se encuentra descrito mediante las siguientes ecuaciones de regresión:

$$Y1_{it} = \beta_0 + \beta_1 T_t + \beta_2 X_t + \beta_3 T_t X_t + \beta_4 Z_i + \beta_5 Z_i T_t + \beta_6 Z_i X_t + \beta_7 Z_i X_t T_t + \vec{\alpha}^T \cdot \overrightarrow{CONTROL_{it}} + \epsilon_{it} \quad (1)$$

$$ln(Y2_{it}) = \beta_0 + \beta_1 T_t + \beta_2 X_t + \beta_3 T_t X_t + \beta_4 Z_i + \beta_5 Z_i T_t + \beta_6 Z_i X_t + \beta_7 Z_i X_t T_t + \beta_8 T_{2t} + \vec{\alpha}^T \cdot \overrightarrow{CONTROL_{it}} + \epsilon_{it} \quad (2)$$

Con:

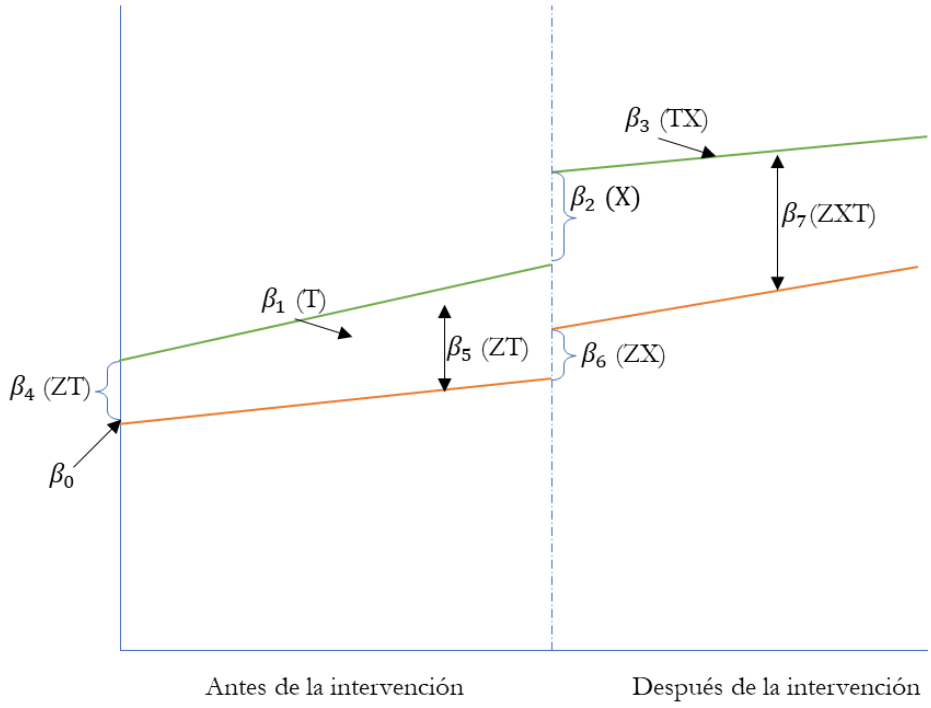
$$\vec{\alpha}^T \cdot \overrightarrow{CONTROL_{it}} = \alpha_1 COB_{it} + \alpha_2 POB_{it} + \alpha_3 EIS_{it-2} + \alpha_4 PCC_{it-2} + \alpha_5 SEG_{it-2} + \alpha_6 INF_{it} \quad (3)$$

Donde:

- Yj_{it} es cada una de las dos variables de resultado propuestas (para j=1, 2):
  - $Y1_{it}$ representa el número de estaciones base por municipio i en el tiempo T_t
  - $Y2_{it}$ representa el número de sectores de tecnología 4G por municipio i en el tiempo T_t
- T_t representa el tiempo. Se tomó en consideración información trimestral entre 4T - 2015 y 4T- 2020.
- X_t es una variable ficticia (dummy) dicotómica que indica el período previo a la intervención (codificado como 0) o el período posterior a la intervención (codificado como 1)
- Z_i es una variable ficticia (dummy) dicotómica que indica si un municipio forma parte del grupo de tratamiento, es decir, de los "municipios de política pública" seleccionados como municipios de frontera (codificado como 1) o forma parte de los "municipios de alto desempeño" seleccionados como municipios de frontera (codificado como 0).
- β_0 representa la línea base en $T_t = 0$
- β_1 representa el cambio en la variable de resultado asociado con la tendencia subyacente previa a la intervención cuando se da un aumento de la unidad de tiempo.
- β_2 representa el cambio en la variable de resultado asociado con la intervención regulatoria, comparado con el contrafactual.
- β_3 representa el cambio de pendiente después de la intervención utilizando la interacción entre tiempo e intervención: TX_t.
- β_4 representa la diferencia en el nivel entre el grupo de tratamiento y el grupo de control antes de la intervención.
- β_5 representa la diferencia en la pendiente entre el tratamiento y el control antes de la intervención.
- β_6 representa la diferencia en el nivel entre el tratamiento y el control en el periodo inmediatamente posterior al inicio de la intervención regulatoria.
- β_7 representa la diferencia en la pendiente entre tratamiento y control después del inicio de la intervención en comparación con antes de la intervención.
- β_8 representa efectos estacionales a nivel trimestral según se indica en la ecuación (2)

Visualmente los coeficientes β se interpretan como se indica en la figura siguiente.

Figura 3.2 - Representación visual de series de tiempo interrumpidas



Fuente: Elaboración de la UT a partir de la Figura 1 de (Linden, 2015)

- COB_{it} es una variable ficticia (*dummy*) dicotómica que indica si en el municipio se dio ejecución a obligaciones de cobertura como producto de la subasta[29] en el periodo T (codificado como 1) o no se dio (codificado como 0)
- POB_{it} representa la población del municipio en el año T
- EIS_{it-2} representa la dimensión de equidad e inclusión social EIS[30] del municipio en el año T-2
- PCC_{it-2} representa la dimensión de productividad, competitividad y complementariedad[31] del municipio en el año T-2
- SEG_{it-2} representa la dimensión de seguridad[32] del municipio en el año T-2
- INF_{it} representa un índice de competencia por infraestructura en la prestación de servicios móviles del municipio en el periodo T
- ϵ_{it} es el error residual

29 Se refiere a la subasta de espectro del año 2019

30 Tomado del índice de ciudades modernas del Departamento Nacional de Planeación (DNP)

31 Ídem

32 Ídem

3.3.2 Datos de entrada, fuentes, tratamiento, descriptivos estadísticos y correlación de las variables de control

Los datos de entrada utilizados para cada una de las variables de resultado y de control, el tratamiento de datos y las observaciones relevantes sobre los mismos se presentan en el cuadro siguiente.

Cuadro 3.1 - Hipótesis 1 - Datos de entrada, fuentes, tratamiento y observaciones

VARIABLE	FUENTE	TRATAMIENTO	OBSERVACIONES
$Y1_{it}$	Formato 7 inventario de sitios - Resolución MinTIC 3484 de 2012.	Se consideró información trimestral. Se tomaron en consideración los años 2015 (cuarto trimestre) a 2020 (cuarto trimestre). Solamente se incluyeron en el análisis los 207 municipios de política pública y 50 de alto desempeño incluidos como municipios de frontera Se eliminaron las estaciones bases repetidas: cuando en una misma coordenada se encuentra reportada más de una estación base por uno o más operadores.	No se incluye en el análisis información del año 2021. Por esa razón no se hace alusión al Formato 3 de la Resolución 175 de 2021
$Y2_{it}$	Formato 8 inventario de sectores de estaciones base - Resolución MinTIC 3484 de 2012.	Se consideró información trimestral. Se tomaron en consideración los años 2015 (cuarto trimestre) a 2020 (cuarto trimestre). Solamente se incluyeron en el análisis los 207 municipios de política pública y 50 de alto desempeño incluidos como municipios de frontera.	
X_t	La Resolución CRC 5321 fue firmada el 21 de febrero de 2018 y tenía vigencia a partir de esa fecha	Se consideró como periodo previo a la intervención todos los años menores o iguales a 2017 y como periodo posterior a la intervención todos los años mayores o iguales al 2018.	
Z_i	Listado de municipios contenido en el Anexo de este documento	Se asignó "1" a los municipios de frontera de política pública y "0" a los municipios de frontera de alto desempeño.	
COB_{it}	Listado de municipios beneficiados con obligaciones de cobertura derivados de la subasta del 2019 y año de instalación	El valor de la variable dicotómica se puso en 1 para los municipios beneficiados con ampliaciones de cobertura de la subasta, a partir del año en el que está prevista la instalación de la primera estación base en el municipio	
CAP_{it}	CAP_{it} es una variable ficticia (dummy) dicotómica que indica si en el año T hubo ejecución de obligaciones de modernización de red como producto de la subasta en el municipio (codificado como 1) o no se dio (codificado como 0) Sin embargo, no se conoce con exactitud la fecha en la cual los Operadores Comcel y Tigo efectivamente han realizado las actualizaciones tecnológicas asociadas con las obligaciones de la subasta de espectro en cada uno de los municipios con población menor a 100.000 habitantes y que contaban con infraestructura de los operadores Comcel o Tigo. Por esa razón se eliminó esta variable del modelo que se había propuesto inicialmente.		
POB_{it}	Población del municipio para cada año según la información del DANE		
$DIST_i$	Panel municipal del CEDE UNIANDES	$DIST_i$ representa la distancia del municipio a la capital departamental Se eliminó esta variable del modelo que se había propuesto inicialmente debido a que presentaba multi co-linealidad	
EIS_{it-2}	Índice de ciudades modernas del DNP con un rezago de dos años	Información disponible entre los años 2010 y 2018	
PCC_{it-2}			
SEG_{it-2}			

VARIABLE	FUENTE	TRATAMIENTO	OBSERVACIONES
INF_{it}	El índice de competencia por infraestructura fue calculado para cada municipio y año utilizando la información del Formato 7 inventario de sitios - Resolución MinTIC 3484 de 2012 mediante la siguiente fórmula: $INF_{it} = \sum_{j=1}^{N} \left(\frac{EB_{ijt}}{EB_{it}}\right)^2$ Donde: EB_{ijt} corresponde al número de estaciones base del Operador j en el municipio i en el tiempo t EB_{it} corresponde al número total de estaciones base en el municipio i en el tiempo t		

Fuente: Construcción propia con base

3.3.3 Conformación de la muestra

Se realizó un análisis que permitió determinar un conjunto de "municipios frontera" cuyo propósito consistió en seleccionar los municipios de ambos clústeres: "política pública" y "alto desempeño" que tenían como característica su mayor similitud y comparabilidad. Para esto, se realizó una estimación mediante un Probit que buscaba determinar la probabilidad que tiene un municipio cualquiera de pertenecer al grupo de los municipios de política pública.

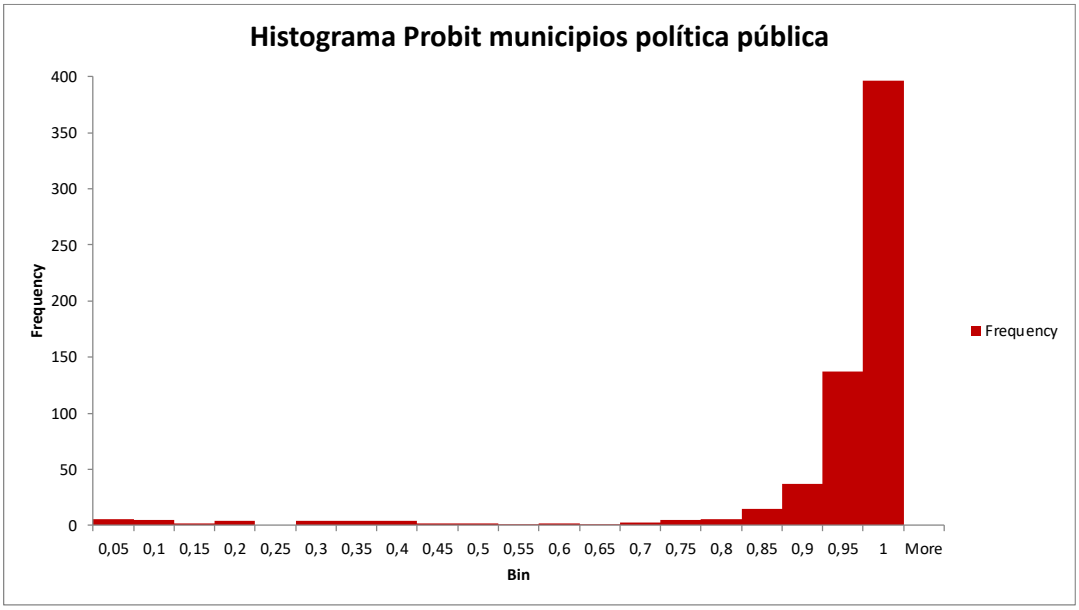
Utilizando como base el documento "Revisión del mercado de datos fijos" de la CRC, se utilizaron como variables para el Probit: la tasa de penetración del servicio de internet fijo, la velocidad promedio de bajada - Mbps, el precio promedio Mbps – velocidad de bajada, el número de empresas que proveen el servicio de internet fijo en el municipio, el HHI residencial, el índice de necesidades básicas insatisfechas (NBI), la población, si el municipio pertenece a un área metropolitana y la distancia del municipio a la capital departamental (CRC, 2017)[33]. De estas, las que resultaron significativas en el modelo fueron: penetración, velocidad promedio de bajada, HHI, área metropolitana y NBI.

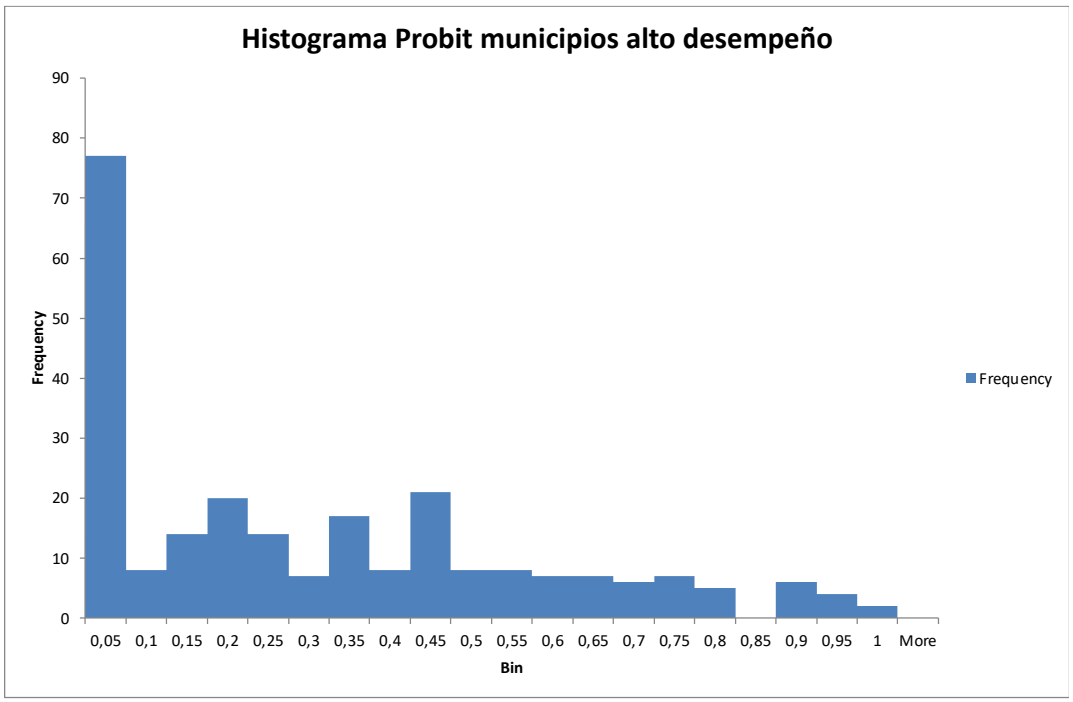
El análisis de los resultados muestra que de los 876 municipios de política pública identificados en el artículo 3 de la Resolución CRC 5321, hay 603 con una probabilidad mayor o igual a 0,5 de pertenecer al clúster de política pública; 33 con una probabilidad menor a 0,5 de pertenecer al clúster de política pública y 240 para los cuales no fue posible estimar la probabilidad. A su vez de los 246 municipios de alto desempeño hay 194 con una probabilidad menor a 0,5 de pertenecer al clúster de política pública y 52 con una probabilidad mayor o igual a 0,5 de pertenecer al clúster

[33] Una descripción detallada de cada variable puede consultarse en el cuadro 8 de (CRC, 2017)

de política pública (ver Figura 3.3). Este primer análisis muestra con claridad que existen municipios de ambos clústeres que comparten características comunes.

Figura 3.3 – Histograma de los Probit de municipios de política pública y de municipios de alto desempeño

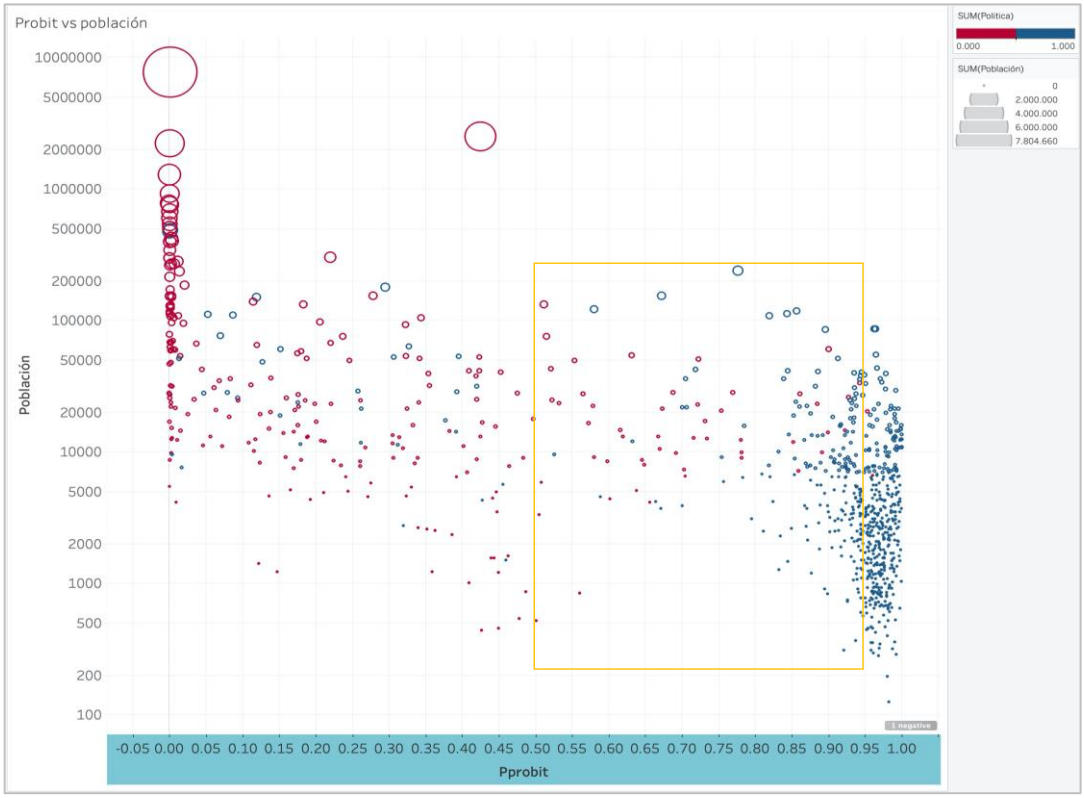




Fuente Construcción propia

Para tener una mejor comprensión de las alternativas disponibles para la definición de los municipios de frontera, se realizó un análisis de dispersión de puntos entre los resultados del Probit y la población del municipio en la Figura 3.4. Se escogieron como municipios de frontera todos aquellos que estuvieran en el rango $0{,}5 \leq Pprobit \leq 0{,}95$, los cuales corresponden a los que se encuentran enmarcados dentro del rectángulo amarillo que se muestra en la Figura 3.4. En total quedaron seleccionados 207 municipios de política pública y 50 municipios de alto desempeño. En el anexo se proporciona un cuadro con los municipios de frontera seleccionados.

Figura 3.4 – Diagrama de dispersión entre la probabilidad de un municipio de pertenecer al grupo de política pública y la población municipal

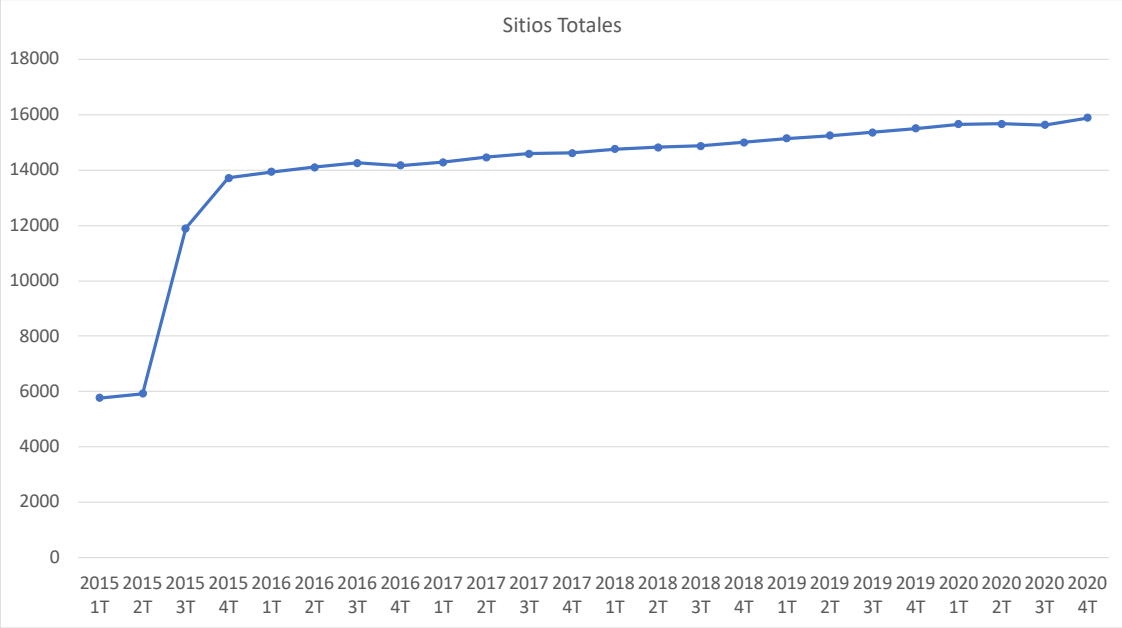


Fuente: Construcción propia

3.3.4 Análisis descriptivo

Adicionalmente, se realizaron un conjunto de estadísticas descriptivas de las variables de resultado para visualizar gráficamente su comportamiento y tendencias. En primer lugar, se revisó la tendencia de las estaciones base en Colombia. La base de datos se construyó con información a partir del primer trimestre del 2015. Sin embargo, el número de estaciones base reportadas por los Operadores Móviles de Red muestra un comportamiento atípico en los dos primeros trimestres de dicho año. A partir del cuarto trimestre del 2015 se observa una tendencia de crecimiento relativamente estable a nivel nacional.

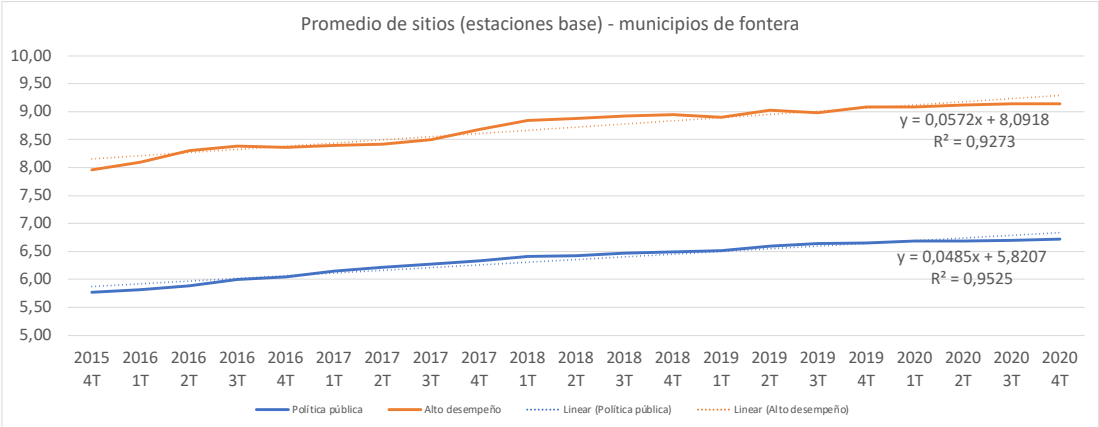
Figura 3.5 – Total de estaciones base (sitios) reportados por los OMR a nivel nacional, sin repeticiones



Fuente: Construcción propia con base

El comportamiento del promedio de estaciones base para los municipios de frontera de política pública y alto desempeño a partir del cuarto trimestre del 2015 se presenta a continuación. Como puede observarse en ambas líneas de la gráfica, los dos conjuntos de municipios presentan una tendencia de crecimiento lineal, pero el punto de partida es mayor y la pendiente de incremento es levemente superior para los municipios de alto desempeño.

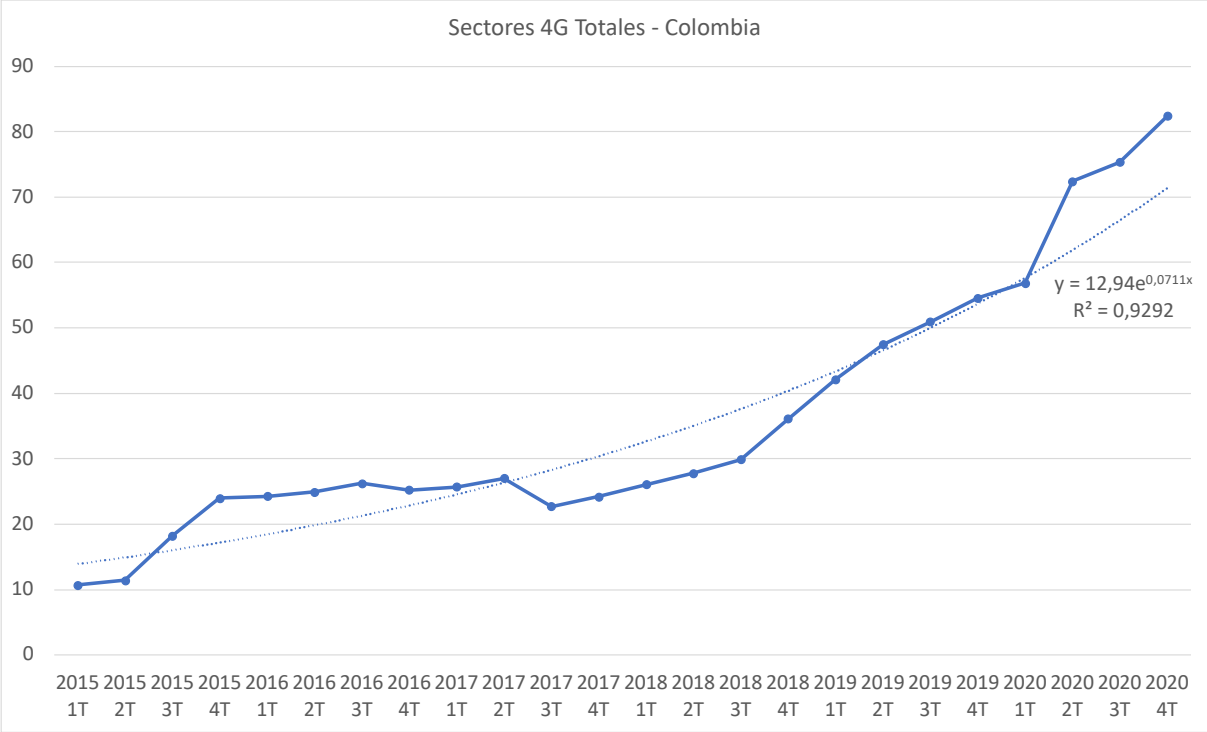
Figura 3.6 – Promedio por municipio de estaciones base (sitios) reportados por los OMR para los municipios de frontera de política pública y alto desempeño



Fuente Construcción propia con base

En lo que tiene relación con el número de sectores 4G a nivel nacional, se observa un estancamiento relativo entre el 2015 – 4T y el 2018 – 3T y luego un dinámico crecimiento a partir del cuarto trimestre del 2018 que se aceleró coincidiendo con el comienzo de la pandemia de COVID-19.

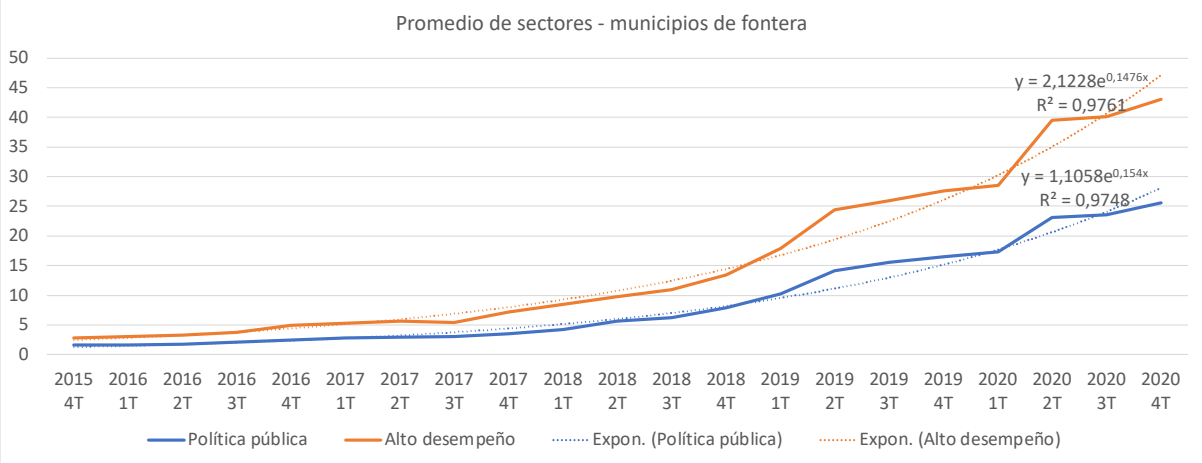
Figura 3.7 – Total de sectores 4G reportados por los OMR a nivel nacional



Fuente: Construcción propia con base

El comportamiento del total de sectores 4G para los municipios de frontera de política pública y alto desempeño a partir del cuarto trimestre del 2015 (ver Figura 3.8), presenta una dinámica de crecimiento que puede ser descrita mediante una curva de tendencia exponencial, si bien el punto de arranque y el ritmo del incremento de los sectores 4G en los municipios de frontera de alto desempeño es levemente más alto que el de los municipios de frontera de política pública.

Figura 3.8 – Promedio por municipio de sectores 4G reportados por los OMR para los municipios de frontera de política pública y alto desempeño



Fuente: Construcción propia con base

3.3.5 Correlación entre las variables

También se analizó la correlación entre las variables de la hipótesis 1. El índice de correlación más alto que se observa entre las variables de control es entre población e índice PCC (0,55) que indica que aglomeraciones de personas más grandes tienden a ser más productivas.

Cuadro 3.2 - Hipótesis 1 – Correlación entre las variables

	Y1T ESTACIONES BASE	COB	MPOBLACION	ÍNDICEDESEG	ÍNDICEDEPCC	ÍNDICEDEEIS	INF
Y1t estaciones base	1						
Cob	0,1073	1					
mpoblacion	0,8279	0,1211	1				
ÍndicedeSEG	-0,3688	-0,0617	-0,2631	1			
ÍndicedePCC	0,5385	0,0772	0,5558	-0,2855	1		
ÍndicedeEIS	0,154	-0,0268	0,1129	-0,2824	0,2376	1	
INF	-0,2364	-0,0048	-0,1731	0,0773	-0,3191	-0,0248	1

	Y2T LNSECTORES	COB	MPOBLACION	DISCAPITAL	ÍNDICEDESEG	ÍNDICEDEPCC	ÍNDICEDEEIS
Y2t lnSectores	1						
Cob	0,2283	1					
mpoblacion	0,5345	0,1061	1				
discapital	0,0488	0,0207	0,1318	1			
ÍndicedeSEG	-0,395	-0,0387	-0,2454	-0,0009	1		
ÍndicedePCC	0,5518	0,0597	0,5816	-0,0263	-0,2703	1	

	Y2T LNSECTORES	COB	MPOBLACION	DISCAPITAL	ÍNDICEDESEG	ÍNDICEDEPCC	ÍNDICEDEEIS
ÍndicedeEIS	0,2206	-0,0578	0,1318	-0,0641	-0,2952	0,2543	1
INF	-0,1521	0,0043	-0,1657	-0,0034	0,0462	-0,3174	-0,0671
t2	0,0231	0,0072	0,0026	-0,0028	-0,0127	0,0049	0,0098
	INF	t2					
INF	1						
t2	-0,0076	1					

Fuente: Construcción propia

3.3.6 Resultados, análisis y conclusiones

Los resultados obtenidos al correr el modelo para las dos variables de resultado se muestran en el Cuadro 3.3; la prueba de significancia de la suma de los betas para Y1 en el Cuadro 3.4; y la prueba de significancia de la suma de los betas para Y2 en el Cuadro 3.5. La prueba de Hausman para modelos panel mostró que era mejor utilizar efectos fijos, que fue como se estimó el modelo.

Cuadro 3.3 - Hipótesis 1 – Resultados obtenidos por el modelo

VARIABLES	Y1 ESTACIONES BASE	Y2 LN SECTORES
t	0,0643***	0,0512***
	-0,0115	-0,0083
x	0,635***	-1,194***
	-0,176	-0,106
tx	-0,0553***	0,118***
	-0,0151	-0,00986
z	-	-
zt	-0,00652	-0,0292***
	-0,0124	-0,00914
zx	-0,251	-0,282**
	-0,191	-0,115
zxt	0,0157	0,0273**
	-0,0164	-0,0109
Cob	-0,0243	-0,0442
	-0,0609	-0,0338
POBLACION	0,234***	0,0329***
	-0,00885	-0,00494
discapital		-
ÍndicedeSeguridad	-0,00222**	-0,00298***
	-0,00104	-0,000744
ÍndicedeProductividadCompetividad	-0,0210***	-0,0126***
	-0,00599	-0,00399
ÍndicedeEquidadeinclusiónsocial	0,00515***	0,00323***
	-0,00176	-0,00122
INF	-0,161	0,544***
	-0,183	-0,172
t2		0,0969***

VARIABLES	Y1 ESTACIONES BASE	Y2 LN SECTORES
		-0,0144
Constant	1,278***	0,0953
	-0,277	-0,182
Observations	5,278	3,754
R-squared	0,265	0,782
Number of CódigoDANEMunicipio	254	247
Standard errors in parentheses		

Nota. Errores estándar en paréntesis y *** p<0,001, ** p<0,05, *p<0,1

Fuente Construcción propia con base

Cuadro 3.4 - Hipótesis 1 – Prueba de significancia conjunta de los β para Y1 - estaciones base

$\beta_2 + \beta_3$ (cambio en la variable de resultado asociado con la intervención regulatoria más cambio de pendiente después de la intervención utilizando la interacción entre tiempo e intervención)

Estaciones Base	Coef.	Std. Err.	t	P> |t|	[95% Conf. Interval]	
(1)	0,5795341	0,1631485	3,55	0	0,2596917	0,8993764

$\beta_1 + \beta_2 + \beta_3$ (tendencia subyacente previa a la intervención más cambio en la variable de resultado asociado con la intervención regulatoria más cambio de pendiente después de la intervención utilizando la interacción entre tiempo e intervención)

Estaciones Base	Coef.	Std. Err.	t	P> |t|	[95% Conf. Interval]	Estaciones Base
(1)	0,6438646	0,1673258	3,85	0	0,3158328	0,9718965

$\beta_1 + \beta_3$ (tendencia subyacente previa a la intervención más más cambio de pendiente después de la intervención utilizando la interacción entre tiempo e intervención)

Estaciones Base	Coef.	Std. Err.	t	P> |t|	[95% Conf. Interval]	Estaciones Base
(1)	0,0090746	0,00993	0,91	0,361	-0,0103926	0,0285417

$\beta_1 + \beta_5$ (tendencia subyacente previa a la intervención más la diferencia en la pendiente entre el tratamiento y el control antes de la intervención)

Estaciones Base	Coef.	Std. Err.	t	P> |t|	[95% Conf. Interval]	
(1)	0,0578107	0,0059567	9,71	0	0,046133	0,0694884

$\beta_2 + \beta_6$ (cambio en la variable de resultado asociado con la intervención regulatoria más la diferencia en el nivel entre el tratamiento y el control en el periodo inmediatamente posterior al inicio de la intervención regulatoria)

Estaciones Base	Coef.	Std. Err.	t	P> |t|	[95% Conf. Interval]	
(1)	0,3834987	0,0884574	4,34	0	0,2100835	0,5569138

$\beta_1 + \beta_3 + \beta_5 + \beta_7$ (tendencia subyacente previa a la intervención más cambio de pendiente después de la intervención utilizando la interacción entre tiempo e intervención más la diferencia en la pendiente entre el tratamiento y el control antes de la intervención más la diferencia en la pendiente entre tratamiento y control después del inicio de la intervención)

Estaciones Base	Coef.	Std. Err.	t	P> |t|	[95% Conf. Interval]	Estaciones Base
(1)	0,0182602	0,004895	3,73	0	0,008664	0,0278565

$\beta_0 + \beta_1$ (línea base más tendencia subyacente previa a la intervención)

Estaciones Base	Coef.	Std. Err.	t	P> |t|	[95% Conf. Interval]	Estaciones Base

(1)	1,342805	0,2785569	4,82	0	0,7967119	1,888899

$\beta_0 + \beta_1 + \beta_2 + \beta_3$ (línea base más tendencia subyacente previa a la intervención más cambio en la variable de resultado asociado con la intervención regulatoria más cambio de pendiente después de la intervención utilizando la interacción entre tiempo e intervención)

Estaciones Base	Coef.	Std. Err.	t	P> |t|	[95% Conf. Interval]	Estaciones Base
(1)	1,922339	0,3304347	5,82	0	1,274543	2,570136

$\beta_0 + \beta_1 + \beta_5$ (línea base más tendencia subyacente previa a la intervención más la diferencia en la pendiente entre el tratamiento y el control antes de la intervención)

Estaciones Base	Coef.	Std. Err.	t	P> |t|	[95% Conf. Interval]	Estaciones Base
(1)	1,336285	0,2779985	4,81	0	0,7912867	1,881284

$\beta_0 + \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_5 + \beta_6 + \beta_7$ (línea base más tendencia subyacente previa a la intervención más cambio en la variable de resultado asociado con la intervención regulatoria más cambio de pendiente después de la intervención utilizando la interacción entre tiempo e intervención más la diferencia en la pendiente entre el tratamiento y el control antes de la intervención más la diferencia en el nivel entre el tratamiento y el control en el periodo inmediatamente posterior al inicio de la intervención regulatoria más la diferencia en la pendiente entre tratamiento y control después del inicio de la intervención)

Estaciones Base	Coef.	Std. Err.	t	P> |t|	[95% Conf. Interval]	Estaciones Base
(1)	1,680234	0,2949731	5,7	0	1,101957	2,25851

Fuente Construcción propia

Cuadro 3.5 - Hipótesis 1 – Prueba de significancia conjunta de los β para $Y2$ – sectores 4G

$\beta_2 + \beta_3$ (cambio en la variable de resultado asociado con la intervención regulatoria más cambio de pendiente después de la intervención utilizando la interacción entre tiempo e intervención)

Sectores	Coef.	Std. Err.	t	P> |t|	[95% Conf. Interval]	
(1)	-1,076054	0,0977484	-11,01	0	-1,267704	-0,884404

$\beta_1 + \beta_2 + \beta_3$ (tendencia subyacente previa a la intervención más cambio en la variable de resultado asociado con la intervención regulatoria más cambio de pendiente después de la intervención utilizando la interacción entre tiempo e intervención)

Sectores	Coef.	Std. Err.	t	P> |t|	[95% Conf. Interval]	Estaciones Base
(1)	-1,024897	0,1020073	-10,05	0	-1,224897	-0,8248969

$\beta_1 + \beta_3$ (tendencia subyacente previa a la intervención más más cambio de pendiente después de la intervención utilizando la interacción entre tiempo e intervención)

Sectores	Coef.	Std. Err.	t	P> |t|	[95% Conf. Interval]	Estaciones Base
(1)	0,1693676	0,0054178	31,26	0	0,1587452	0,1799899

$\beta_1 + \beta_5$ (tendencia subyacente previa a la intervención más la diferencia en la pendiente entre el tratamiento y el control antes de la intervención)

Sectores	Coef.	Std. Err.	t	P> |t|	[95% Conf. Interval]	
(1)	0,0219983	0,0050646	4,34	0	0,0120684	0,0319282

$\beta_2 + \beta_6$ (cambio en la variable de resultado asociado con la intervención regulatoria más la diferencia en el nivel entre el tratamiento y el control en el periodo inmediatamente posterior al inicio de la intervención regulatoria)

Sectores	Coef.	Std. Err.	t	P> |t|	[95% Conf. Interval]	
(1)	-1,476486	0,0596564	-24,75	0	-1,593451	-1,359521

$\beta_1 + \beta_3 + \beta_5 + \beta_7$ (tendencia subyacente previa a la intervención más cambio de pendiente después de la intervención utilizando la interacción entre tiempo e intervención más la diferencia en la pendiente entre el tratamiento y el control antes de la intervención más la diferencia en la pendiente entre tratamiento y control después del inicio de la intervención)

Sectores	Coef.	Std. Err.	t	P> |t|	[95% Conf. Interval]	Estaciones Base
(1)	0,1675561	0,0028037	59,76	0	0,162059	0,1730532

$\beta_0 + \beta_1$ (línea base más tendencia subyacente previa a la intervención)

Sectores	Coef.	Std. Err.	t	P> |t|	[95% Conf. Interval]	Estaciones Base
(1)	0,1464133	0,1830009	0,8	0,424	-0,2123862	0,5052128

$\beta_0 + \beta_1 + \beta_2 + \beta_3$ (línea base más tendencia subyacente previa a la intervención más cambio en la variable de resultado asociado con la intervención regulatoria más cambio de pendiente después de la intervención utilizando la interacción entre tiempo e intervención)

Sectores	Coef.	Std. Err.	t	P> |t|	[95% Conf. Interval]	Estaciones Base
(1)	-0,9296405	0,2155235	-4,31	0	-1,352205	-0,5070759

$\beta_0 + \beta_1 + \beta_5$ (línea base más tendencia subyacente previa a la intervención más la diferencia en la pendiente entre el tratamiento y el control antes de la intervención)

Sectores	Coef.	Std. Err.	t	P> |t|	[95% Conf. Interval]	Estaciones Base
(1)	0,1172547	0,1824217	0,64	0,52	-0,2404092	0,4749186

$\beta_0 + \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_5 + \beta_6 + \beta_7$ (línea base más tendencia subyacente previa a la intervención más cambio en la variable de resultado asociado con la intervención regulatoria más cambio de pendiente después de la intervención utilizando la interacción entre tiempo e intervención más la diferencia en la pendiente entre el tratamiento y el control antes de la intervención

más la diferencia en el nivel entre el tratamiento y el control en el periodo inmediatamente posterior al inicio de la intervención regulatoria más la diferencia en la pendiente entre tratamiento y control después del inicio de la intervención)						
Sectores	Coef.	Std. Err.	t	P> |t|	[95% Conf. Interval]	Estaciones Base
(1)	-1,213674	0,1943921	-6,24	0	-1,594807	-0,8325404

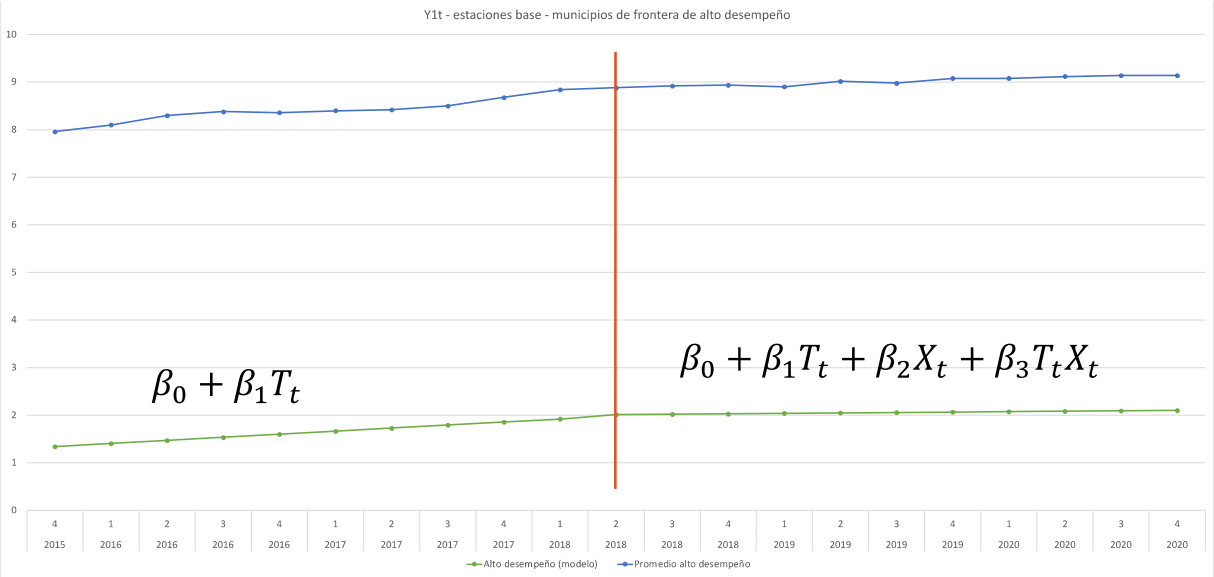
Fuente Construcción propia

De acuerdo con el resultado del modelo para el número de estaciones base Y1 (t) se observa del análisis de las pruebas de significancia conjunta de los betas que antes de la intervención regulatoria el número de estaciones base venía teniendo un crecimiento con una pendiente positiva tanto para los municipios de frontera de alto desempeño ($\beta_1 = 0{,}0643$) como para los municipios de frontera de política pública ($\beta_1 + \beta_5 = 0{,}0578107$) lo que implica que los municipios de frontera de alto desempeño incrementaban el número de estaciones base más rápidamente que los de política pública antes de la intervención regulatoria.

Para los municipios de frontera de alto desempeño se observa un efecto combinado significativo de los coeficientes beta antes y después de la intervención regulatoria como se observa en la Figura 3.9. La curva en azul representa el promedio de estaciones base en los municipios de alto desempeño y la curva en verde la predicción del modelo, considerando únicamente las sumas de coeficientes beta que pasaron las pruebas de significancia conjunta. La diferencia entre las dos curvas es explicada por las variables de control, pero que no se grafican porque se busca es analizar el efecto de la intervención regulatoria. El efecto neto después de la intervención regulatoria muestra un salto positivo al momento de la intervención y luego un cambio neto de pendiente que evidencia un crecimiento levemente menor luego de la intervención.

En todo caso, de acuerdo con el modelo, las variables de control: población e índice de equidad e inclusión social tienen un efecto positivo sobre el número de estaciones base, lo cual era de esperarse, porque se necesita de mayor infraestructura pasiva para atender bases poblacionales más grandes y porque mejores índices de equidad e inclusión social están vinculados con mejores posibilidades de los habitantes de los municipios para acceder a las tecnologías móviles. Por otra parte las siguientes variables de control tienen un efecto significativo ($p<0{,}01$) y negativo sobre las estaciones base (sitios) de los municipios: el índice de seguridad y el índice de productividad y competitividad. A primera vista esto es contra intuitivo, sin embargo, en lo que respecta a "seguridad" el DNP ha indicado que es la única dimensión que presenta mejor desempeño por fuera del Sistema de Ciudades (DNP, 2017), lo que implicaría que municipios pequeños tengan un mejor índice de seguridad y explicaría el efecto observado.

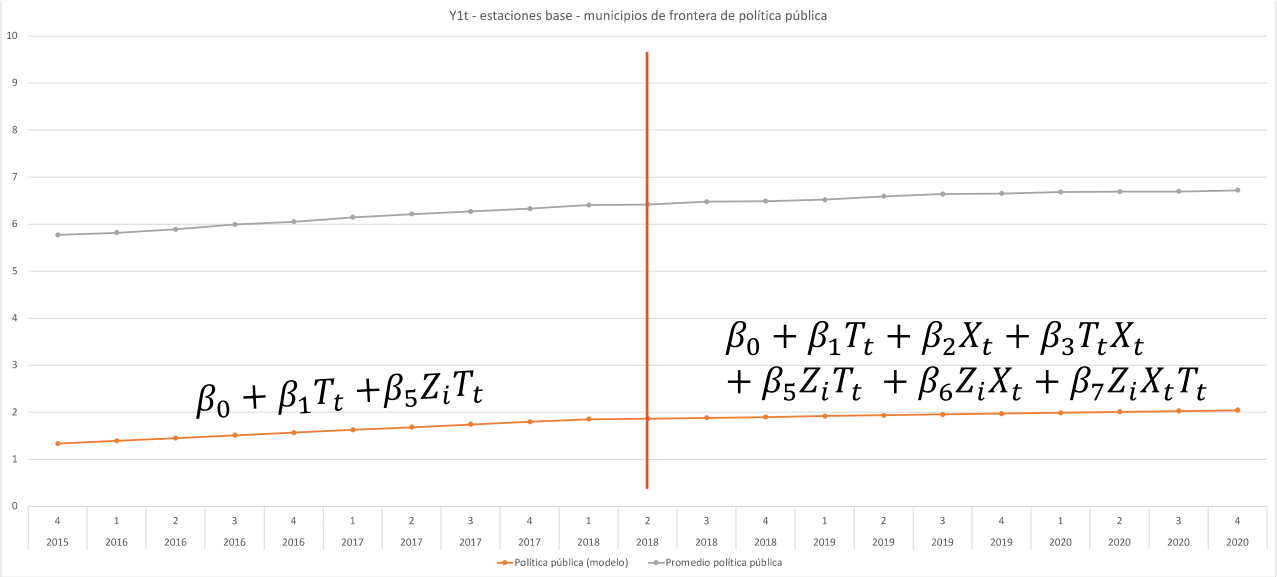
Figura 3.9 – Hipótesis 1 – Representación gráfica para la interpretación de los coeficientes beta significativos del número de sitios para municipios de frontera de alto desempeño



Fuente Construcción propia

Para los municipios de frontera de política pública se observa un efecto combinado significativo de los coeficientes beta antes y después de la intervención regulatoria como se observa en la Figura 3.10. La curva en gris representa el promedio de estaciones base en los municipios de frontera de política pública y la curva en naranja la predicción del modelo, considerando únicamente las sumas de coeficientes beta que pasaron las pruebas de significancia conjunta. La diferencia entre las dos curvas es explicada por las variables de control, pero que no se grafican porque se busca es analizar el efecto de la intervención regulatoria. El efecto neto después de la intervención regulatoria muestra un cambio neto de pendiente que evidencia un crecimiento levemente menor luego de la intervención.

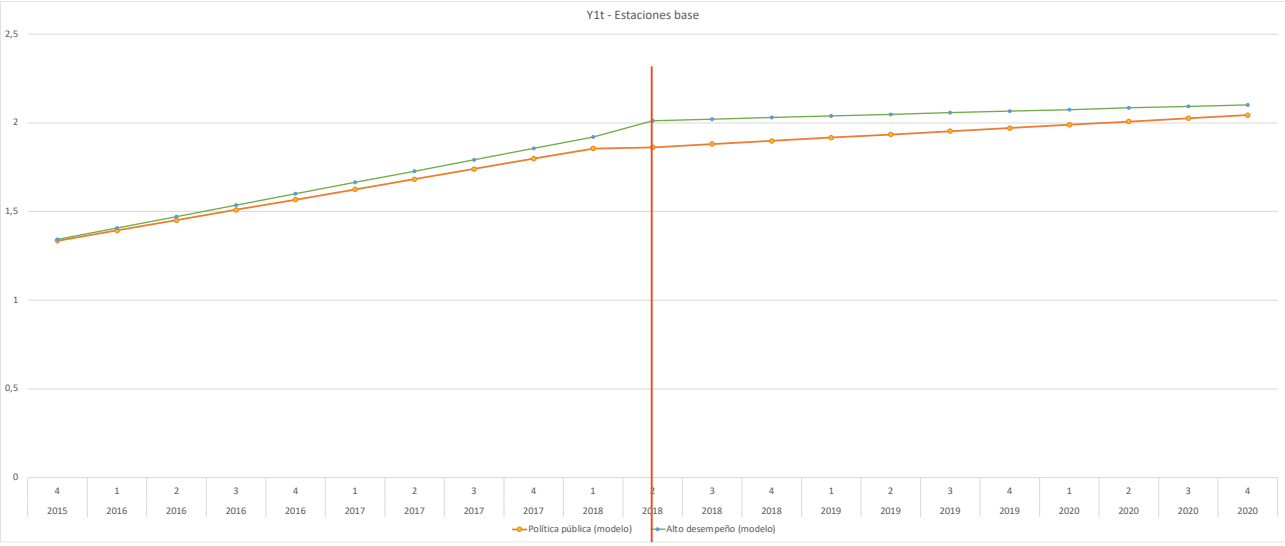
Figura 3.10 – Hipótesis 1 – Representación gráfica para la interpretación de los coeficientes beta significativos del número de sitios para municipios de frontera de política pública



Fuente: Construcción propia

Para facilitar la visualización gráfica del comportamiento del modelo se presentan en la Figura 3.11. El comportamiento del número de sitios en los municipios de frontera de política pública y alto desempeño, muestra que el efecto de la intervención regulatoria generó un cambio negativo en la pendiente que describe el crecimiento del número de sitios, de ambas categorías de municipios. Sin embargo, como se muestra en la figura, la diferencia de crecimiento en las pendientes de las dos categorías con posterioridad a la intervención regulatoria tiene un efecto adicional y es que tiende a cerrarse la brecha en los municipios de frontera de política pública y alto desempeño.

Figura 3.11 – Hipótesis 1 – Representación gráfica de los modelos del número de sitios para municipios de frontera de política pública y alto desempeño



Fuente Construcción propia

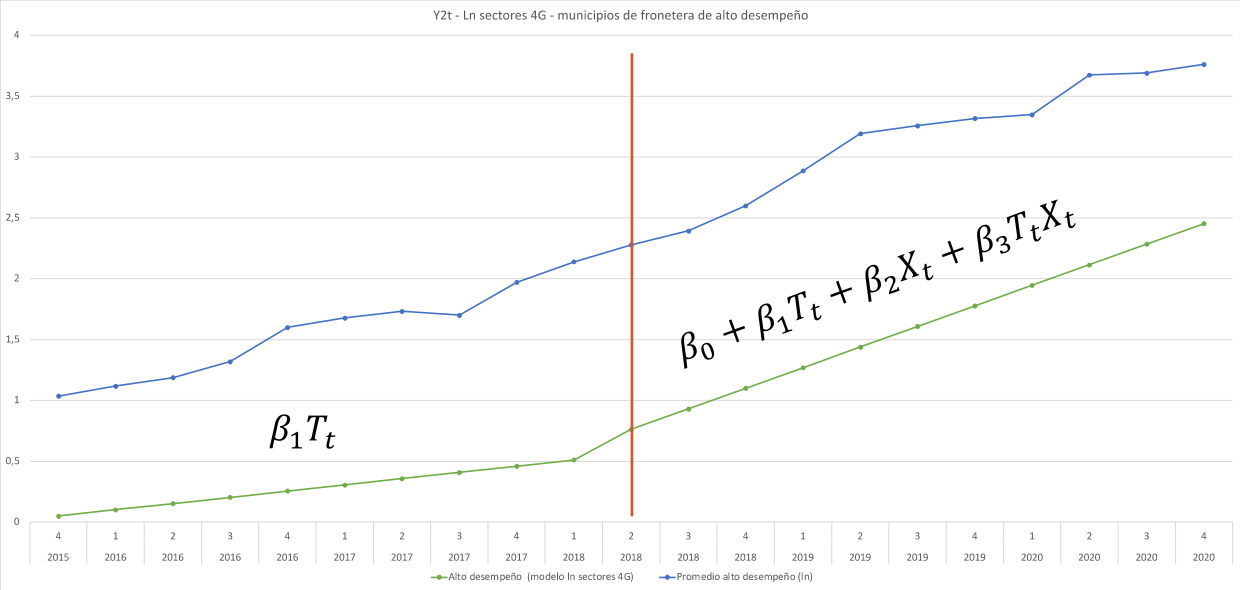
De acuerdo con el resultado del modelo para el logaritmo del número de sectores 4G Y2 (t) se observa del análisis de las pruebas de significancia conjunta de los betas, que antes de la intervención regulatoria el logaritmo del número de sectores 4G venía teniendo un crecimiento con una pendiente positiva tanto para los municipios de frontera de alto desempeño ($\beta_1 = 0{,}0512$) como para los municipios de frontera de política pública ($\beta_1 + \beta_5 = 0{,}022$) lo que implica que los municipios de frontera de alto desempeño incrementaban el número de sectores 4G más rápidamente que los de política pública antes de la intervención regulatoria.

En el análisis de la situación antes y después de la intervención regulatoria para los municipios de frontera de alto desempeño se observa un efecto significativo del coeficiente β_1 antes de la intervención regulatoria y el efecto combinado de los coeficientes $\beta_0 + \beta_1 + \beta_2 + \beta_3$ después de la intervención regulatoria como se observa en la Figura 3.12. La curva en azul representa el promedio del logaritmo de los sectores 4G en los municipios de alto desempeño y la curva en verde la predicción del modelo, considerando únicamente las sumas de coeficientes beta que pasaron las pruebas de significancia conjunta. La diferencia entre las dos curvas es explicada por las variables de control que resultaron ser significativas, pero que no se grafican porque se busca es analizar el efecto de la intervención regulatoria. El efecto neto después de la intervención regulatoria muestra un cambio de pendiente positivo que evidencia un crecimiento significativamente mayor luego de la intervención.

En todo caso, de acuerdo con el modelo, las variables de control: población e índice de equidad e inclusión social tienen un efecto positivo sobre el número de sectores 4G aspecto que tiene una

explicación similar a la proporcionada para las estaciones base. También se observa una correlación positiva entre una mayor concentración en el índice de competencia por infraestructura móvil y el despliegue de sectores 4G, lo que sugiere que, en mercados pequeños como los municipios de frontera de política pública y alto desempeño parece favorecerse el despliegue de sectores 4G en la medida en que los operadores logran mayores economías de escala a nivel local. Por otra parte las siguientes variables de control tienen un efecto significativo y negativo sobre el logaritmo de los sectores 4G de los municipios analizados: el índice de seguridad y el índice de productividad y competitividad aspectos que ya fueron abordados previamente.

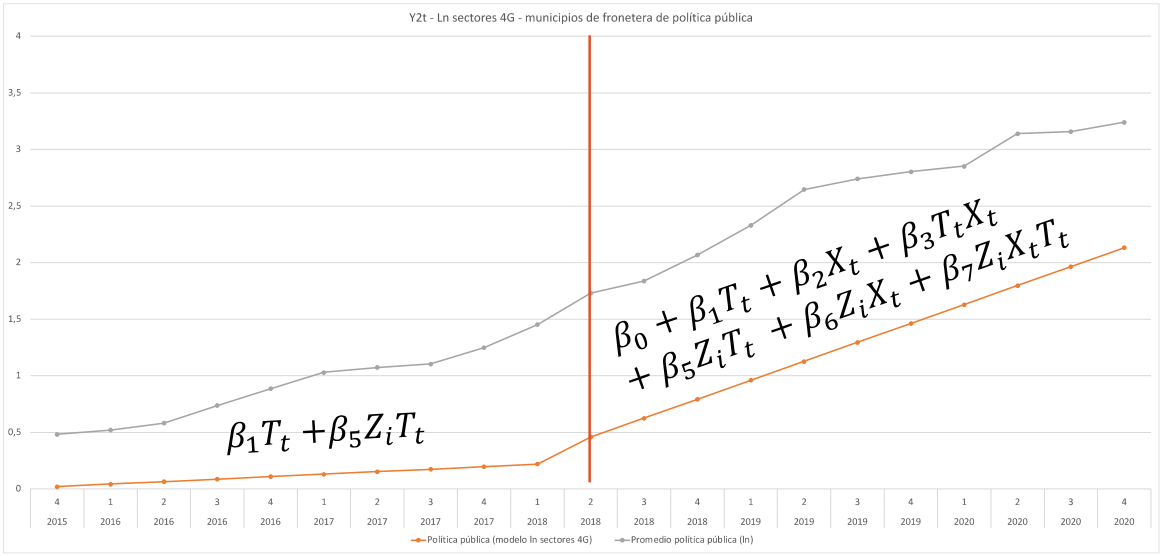
Figura 3.12 – Hipótesis 1 – Representación gráfica para la interpretación de los coeficientes beta significativos del logaritmo del número de sectores 4G para municipios de frontera de alto desempeño



Fuente: Construcción propia

Para los municipios de frontera de política pública se observa un efecto combinado significativo de los coeficientes beta antes y después de la intervención regulatoria como se aprecia en la Figura 3.13. La curva en gris representa el promedio del logaritmo de los sectores 4G en los municipios de frontera de política pública y la curva en naranja la predicción del modelo, considerando únicamente las sumas de coeficientes beta que pasaron las pruebas de significancia conjunta. La diferencia entre las dos curvas es explicada por las variables de control que resultaron ser significativas, pero que no se grafican porque se busca es analizar el efecto de la intervención regulatoria. El efecto neto después de la intervención regulatoria muestra un cambio neto positivo de pendiente que evidencia un crecimiento mayor luego de la intervención.

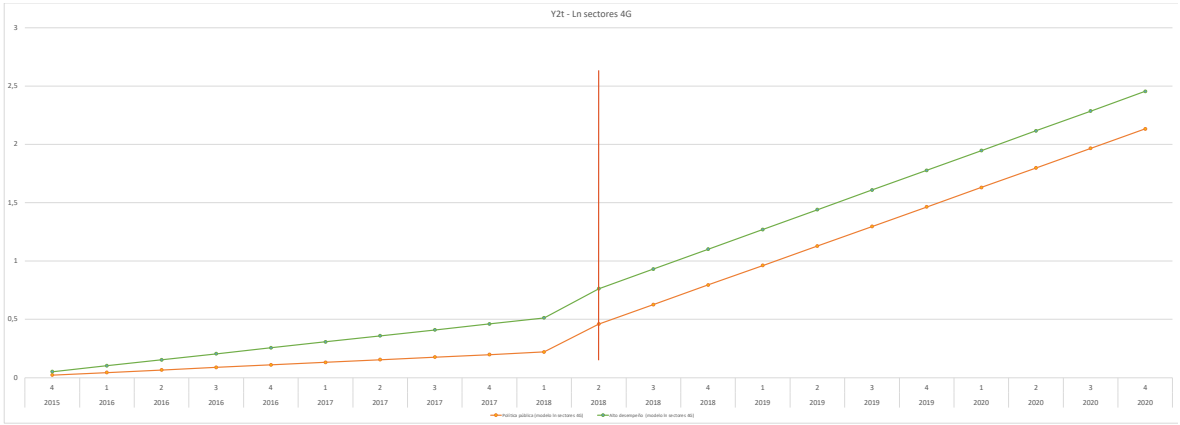
Figura 3.13 – Hipótesis 1 – Representación gráfica para la interpretación de los coeficientes beta significativos del logaritmo del número de sectores 4G para municipios de frontera de política pública



Fuente Construcción propia con base

Para facilitar la visualización gráfica del comportamiento del modelo esta se presenta en la Figura 3.14. El comportamiento del número de sectores 4G en los municipios de frontera de política pública y alto desempeño, muestra que el efecto de la intervención regulatoria generó un cambio positivo y significativo en la pendiente que describe el crecimiento del número de sectores 4G, de ambas categorías de municipios y que el incremento en la pendiente de los municipios de frontera de política pública fue tal, que resulta similar al de los municipios de frontera de alto desempeño.

Figura 3.14 – Hipótesis 1 – Representación gráfica de los modelos del número de sectores 4G para municipios de frontera de política pública y alto desempeño



Fuente Construcción propia

3.4 HIPÓTESIS 2: LA EXCEPCIÓN REGULATORIA SOBRE LAS METAS DE CALIDAD PROMOCIONÓ LA OFERTA DE SERVICIOS DE INTERNET FIJO EN LOS 240 MUNICIPIOS QUE NO CONTABAN CON EL SERVICIO A NIVEL RESIDENCIAL Y LOS 26 MUNICIPIOS QUE NO CONTABAN CON LA COBERTURA DEL SERVICIO EN EL SEGMENTO CORPORATIVO.

3.4.1 Estructura del modelo propuesto, variables de resultado y control

Esta hipótesis está relacionada con el surgimiento de oferta de servicios de Internet fijo en los 240 municipios donde no se prestaba el servicio a nivel residencial y los 26 municipios donde no se prestaba el servicio a nivel corporativo para el tercer trimestre del año 2015. Razón por la cual se busca cuantificar los impactos de la regulación en los niveles y tendencias de dos variables de resultado: (I) La Probabilidad en el tiempo de que un municipio tenga servicio de Internet fijo residencial; y (II) la Probabilidad en el tiempo de que un municipio tenga servicio de Internet fijo corporativo.

En este caso, es importante tomar en consideración la existencia de programas gubernamentales para promocionar el acceso a Internet fijo a nivel municipal. Como variables socioeconómicas por municipio también se identifican: la población a nivel municipal, la distancia a la capital departamental y componentes del índice de ciudades modernas que no estén relacionados con TIC, concretamente las dimensiones de: Equidad e inclusión social EIS (pobreza, salud, educación); Productividad, competitividad y complementariedad; y seguridad.

Se utilizó un modelo Probit cuya variable dependiente corresponde a si un municipio dispone o no de servicios de Internet fijo, discriminando los casos residencial y corporativo. Con esto se puede estimar el efecto esperado de la resolución sobre los municipios que no estaban conectados en el año 2017, al comparar la probabilidad esperada con la situación actual. Se utilizará una estructura de datos en panel, y el probit será descrito mediante el siguiente modelo:

$$Pr(Yj_{it} = 1|X_{it}) = \Phi\left(X_{it}^T\vec{\beta}\right)$$

$$Pr(Yj_{it} = 0|X_{it}) = 1 - \Phi\left(X_{it}^T\vec{\beta}\right)$$

$$X_{it}^T\vec{\beta} = \beta_0 + \beta_1 POB_{it} + \beta_2 DIST_i + \beta_3 EIS_{it-2} + \beta_4 PCC_{it-2} + \beta_5 SEG_{it-2} + \beta_6 PGI_{it} + \beta_7 REG_{it} + \epsilon_{it}$$

Donde:

- Pr representa la probabilidad

- Φ representa la función de distribución acumulativa de la distribución normal estándar
- Yj_{it} es cada una de las dos variables de resultado propuestas (para j=1, 2):
  - $Y1_{it}$ representa la probabilidad en el tiempo de que un municipio tenga servicio de Internet fijo residencial
  - $Y2_{it}$ representa la probabilidad en el tiempo de que un municipio tenga servicio de Internet fijo corporativo
- POB_{it} representa la población del municipio en el año T
- $DIST_i$ representa la distancia del municipio a la capital departamental
- EIS_{it-2} representa la dimensión de equidad e inclusión social EIS[34] del municipio en el año T-2 (rezago de dos años)
- PCC_{it-2} representa la dimensión de productividad, competitividad y complementariedad[35] del municipio en el año T-2 (rezago de dos años)
- SEG_{it-2} representa la dimensión de seguridad[36] del municipio en el año T-2 (rezago de dos años)
- PGI_{it} es una variable ficticia (*dummy*) dicotómica que indica si en el año T hubo ejecución de programas gubernamentales para promocionar el acceso a Internet fijo en el municipio (codificado como 1) o no se dio (codificado como 0)
- REG_{it} es una variable ficticia (*dummy*) dicotómica que indica si en el año T operaba la excepción regulatoria sobre las metas de calidad del servicio en el municipio i (codificado como 1) o no (codificado como 0)
- ϵ_{it} es el error residual

En el modelo planteado el coeficiente β_7 indica en cuanto aumenta la probabilidad de tener internet residencial o corporativo en un municipio gracias a la Resolución.

Por otra parte se revisaron los efectos marginales mediante el cálculo de $\frac{\partial \Phi\left(X_{it}^{T}\vec{\beta}\right)}{\partial REG_{it}}$

3.4.2 Datos de entrada, fuentes, tratamiento y descriptivos estadísticos

Los datos de entrada utilizados para cada una de las variables de resultado y de control, el tratamiento de datos y las observaciones relevantes sobre los mismos se presentan en el cuadro siguiente.

[34] Tomado del índice de ciudades modernas del Departamento Nacional de Planeación (DNP)
[35] Ídem
[36] Ídem

Cuadro 3.6 - Hipótesis 2 - Datos de entrada, fuentes tratamiento y observaciones

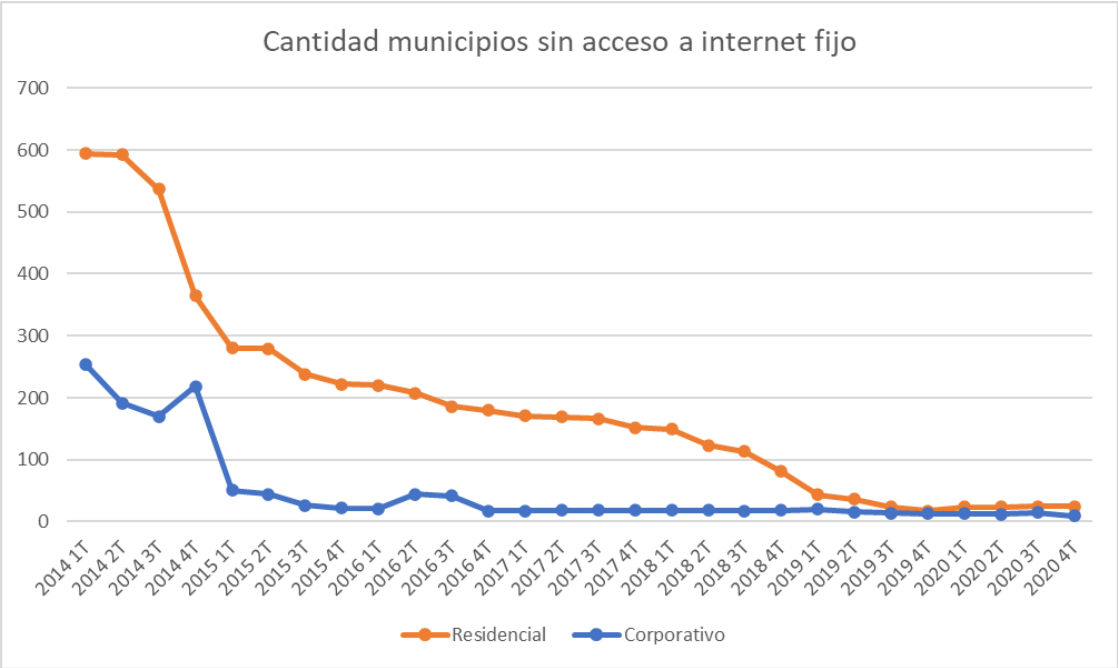
VARIABLE	FUENTE	TRATAMIENTO	OBSERVACIONES
$Y1_{it}$	Número de usuarios de Internet fijo por municipio, discriminando el Internet fijo residencial del Internet fijo corporativo conforme al formato 1.5. Acceso fijo a internet de la Resolución CRC 5050 de 2016.	Se consideró información anual entre el primer trimestre del año 2014 y el cuarto trimestre del año 2020.	
$Y2_{it}$			
POB_{it}	Población del municipio para cada año según la información del DANE		
$DIST_i$	Panel municipal del CEDE UNIANDES		
EIS_{it}	Índice de ciudades modernas del DNP con un rezago de dos años	Información disponible entre los años 2010 y 2018	
PCC_{it}			
SEG_{it}			
PGI_{it}	Se construyó una base de datos de los municipios beneficiados por programas gubernamentales para promocionar el acceso a Internet Fijo	Cuando un municipio era beneficiado por un programa gubernamental la variable dicotómica se puso en 1 desde el año en el que efectivamente se vio beneficiado hasta la finalización del programa.	Se tomaron en consideración los siguientes programas del MinTIC: • Conexiones Digitales 1 (inicio 2013 – fin 2018) • Conexiones Digitales 2 (inicio 2015 – fin 2018) • Hogares conectados (inicio en 2020 – en ejecución): o Incentivos a la demanda Fase 1 o Incentivos a la demanda Fase 2 o Incentivos a la oferta o Fortalecimiento a la infraestructura local
REG_{it}	La Resolución CRC 5321 fue firmada el 21 de febrero de 2018 y tenía vigencia a partir de esa fecha	Se consideró como periodo previo a la intervención todos los años menores o iguales a 2017 y como periodo posterior a la intervención todos los años mayores o iguales al 2018	

Fuente: Construcción propia

Adicionalmente, se realizaron un conjunto de estadísticas descriptivas de las variables de resultado para visualizar gráficamente su comportamiento y tendencias.

Se revisó la tendencia del número de municipios que no disponían de internet fijo residencial o internet fijo corporativo entre el año 2015 y el año 2020 (ver Figura 3.15). Se observa en la gráfica una clara disminución en el número de municipios sin servicio, particularmente en el segmento residencial.

Figura 3.15 – Número de municipios que no disponen de internet fijo residencial o internet fijo corporativo



Fuente: Construcción propia con base en información de postdata - formato 1.5. Acceso fijo a internet de la Resolución CRC 5050 de 2016.

También se analizó la correlación entre las variables de la hipótesis 2 y se encontró que en general hay bajo nivel de correlación entre estas. Los índices de correlación más altos que se observan son entre Índice EIS e índice PCC (0,54) que indica que municipios más productivos tienden a tener mejor desempeño en equidad e inclusión social; y entre los índices PGI y REG (-0,6504) que indica que los programas de promoción de acceso fijo a internet han estado más enfocados en los municipios de alto desempeño.

Cuadro 3.7 - Hipótesis 2 – Correlación entre las variables

	PROBABILIDAD INTERNET RESIDENCIAL	MPOBLACION	DISCAPITAL	ÍNDICEDE EQUIDAD E INCLUSIÓN SOCIAL	ÍNDICE PRODUCTIVIDAD Y COMEPTITIVIDAD	ÍNDICEDE SEGURIDAD	PGI	REG
Probabilidad Internet Residencial	1,000							
mpoblacion	0,0500	1,000						
discapital	-0,1816	-0,1058	1,000					
Índicede Equidad e Inclusión Social	0,3722	0,1962	-0,3014	1,000				
Índice Productividad y comeptitividad	0,2191	0,3677	-0,3178	0,5432	1,000			
Índicede Seguridad	-0,2579	-0,1228	0,2005	-0,3800	-0,3811	1,000		

	PROBABILIDAD INTERNET RESIDENCIAL	MPOBLACION	DISCAPITAL	ÍNDICEDE EQUIDAD E INCLUSIÓN SOCIAL	ÍNDICE PRODUCTIVIDAD Y COMEPTITIVIDAD	ÍNDICEDE SEGURIDAD	PGI	REG
PGI	0,0764	0,0388	-0,1042	0,0947	0,1404	0,1065	1,000	
REG	0,2658	0,0030	0,0020	0,1607	0,0214	-0,1754	-0,6504	1,000

	PROBABILIDAD INTERNET CORPORATIVO	MPOBLACION	DISCAPITAL	ÍNDICEDE EQUIDAD E INCLUSIÓN SOCIAL	ÍNDICE PRODUCTIVIDAD Y COMPETITIVIDAD	ÍNDICE DE SEGURIDAD	PGI	REG
Probabilidad Internet Corporativo	1,000							
mpoblacion	0,0278	1,000						
discapital	-0,1664	-0,1058	1,000					
Índicede Equidad e Inclusión Social	0,1606	0,1962	-0,3014	1,000				
Índice Productividad y competitividad	0,1041	0,3677	-0,3178	0,5432	1,000			
Índice de Seguridad	-0,1849	-0,1228	0,2005	-0,3800	-0,3811	1,000		
PGI	0,0185	0,0388	-0,1042	0,0947	0,1404	0,1065	1,000	
REG	0,1162	0,0030	0,0020	0,1607	0,0214	-0,1754	-0,6504	1,000

Fuente: Construcción propia

3.4.3 Resultados del modelo, análisis y conclusiones

Los resultados obtenidos al correr el modelo para las dos variables de resultado se muestran a continuación.

Cuadro 3.8 - Hipótesis 2 – Resultados obtenidos por el modelo

VARIABLES	(1) PROBABILIDAD_INT_RESID	(2) PROBABILIAD_ACCESO_CORPO
mPOBLACIÓN	0,0156***	0,0546***
	(0,000974)	(0,00245)
Discapital	-0,00142***	-0,00299***
	(0,000179)	(0,000233)
ÍndicedeEquidadeinclusiónso	0,0268***	0,0140***
	(0,000867)	(0,00122)
ÍndicedeProductividadCompeti	0,000443	-0,0157***
	(0,00167)	(0,00251)
ÍndicedeSeguridad	-0,0154***	-0,0170***
	(0,000594)	(0,000982)
PGI	1,304***	0,485***

VARIABLES	(1) PROBABILIDAD_INT_RESID	(2) PROBABILIAD_ACCESO_CORPO
	(0,0302)	(0,0411)
REG	1,939***	1,108***
	(0,0348)	(0,0532)
Constant	-0,248***	1,985***
	(0,0646)	(0,104)
Observations	31.367	31.367

Nota. Errores estándar en paréntesis y *** p<0,001, ** p<0,05, *p<0,1

Fuente Construcción propia con base

Cuadro 3.9 - Hipótesis 2 – Efectos marginales para Y1 - internet residencial (evaluada en las medias)

			DELTA-METHOD			
	DY/DX	STD. ERR.	Z	P>|Z|	[95% CONF.	INTERVAL]
Mpoblacion	,0024905	,0001547	16,10	0,000	,0021873	,0027936
Discapital	-,0002275	,0000285	-7,99	0,000	-,0002833	-,0001717
ÍndicedeEquidadeinclusiónsocial	,0042912	,000133	32,28	0,000	,0040306	,0045518
ÍndicedeProductividadCompetividad	,0000709	,000267	0,27	0,791	-,0004524	,0005942
ÍndicedeSeguridad	-,0024597	,0000927	-26,54	0,000	-,0026414	-,0022781
PGI	,2084134	,004346	47,96	0,000	,1998954	,2169314
REG	,3099593	,0047596	65,12	0,000	,3006306	,319288

Fuente: Construcción propia con base

Cuadro 3.10 - Hipótesis 2 – Efectos marginales para Y2 - internet corporativo (evaluada en las medias)

			DELTA-METHOD			
	DY/DX	STD. ERR.	Z	P>|Z|	[95% CONF.	INTERVAL]
Mpoblacion	,003631	,0001695	21,43	0,000	,0032989	,0039632
Discapital	-,0001987	,0000156	-12,74	0,000	-,0002292	-,0001681
ÍndicedeEquidadeinclusiónso	,0009284	,0000814	11,40	0,000	,0007688	,001088
ÍndicedeProductividadCompeti	-,0010412	,0001671	-6,23	0,000	-,0013688	-,0007136
ÍndicedeSeguridad	-,0011278	,000067	-16,84	0,000	-,001259	-,0009965
PGI	,0322389	,002741	11,76	0,000	,0268667	,0376111
REG	,0736917	,003617	20,37	0,000	,0666025	,080781

Fuente: Construcción propia con base

El modelo muestra que la Resolución CRC 5321 tuvo efecto positivos y significativos ($p<0.01$) para que los municipios que no contaban con internet residencial o internet corporativo pudieran tener acceso al servicio. El análisis de los efectos marginales muestra que la regulación contribuyó en aumentar al menos 0.309 puntos porcentuales la probabilidad que existiera internet fijo

residencial en un municipio y en 0.073 puntos porcentuales la probabilidad que existiera internet fijo corporativo en un municipio. De hecho, entre todas las variables consideradas, el modelo muestra que la excepción regulatoria es la que más contribuye a incrementar la probabilidad que tiene un municipio de contar con internet residencial o internet corporativo seguida en segundo lugar por los programas de incentivos a la oferta o a la demanda de internet fijo adelantados por el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.

3.5 Hipótesis 3: La excepción regulatoria sobre las metas de calidad en los 876 municipios impulsó la penetración de los servicios de telecomunicaciones fijos, especialmente los de internet, así como de servicios móviles.

3.5.1 Estructura del modelo propuesto, variables de resultado y control

La tercera hipótesis busca establecer si la excepción regulatoria tuvo un impacto directo sobre la penetración de los servicios fijos de Internet y los servicios móviles en los municipios que fueron objeto de la excepción regulatoria, razón por la cual se busca cuantificar los impactos de la regulación en los niveles y tendencias de dos variables de resultado: (I) Penetración de usuarios de internet fijo; y (II) penetración del servicio móvil.

Como en el caso de la hipótesis 2, también en esta tercera hipótesis es importante revisar la existencia de programas gubernamentales para promocionar acceso a Internet fijo a nivel municipal, así como el posible efecto de las obligaciones de cobertura derivadas de la subasta de espectro de 2019 sobre los servicios móviles. También debe considerarse el efecto que puede tener el índice de concentración de Herfindahl-Hirschman (HHI) de los accesos a Internet fijo y a servicio móvil en cada municipio, como medida de la influencia de la intensidad de competencia

Como variables socioeconómicas por municipio se identifican: la población a nivel municipal, la distancia a la capital departamental y componentes del índice de ciudades modernas que no estén relacionados con TIC, concretamente las dimensiones de: Equidad e inclusión social EIS (pobreza, salud, educación); Productividad, competitividad y complementariedad; y seguridad con un rezago de dos años como se explicó previamente.

Se utilizarán los "municipios frontera" ya descritos en la sección 3.3.3 como variable para un análisis de grupos múltiples en una Serie de Tiempo Interrumpida con una estructura de datos en panel. Se verificó si existían efectos estacionales a nivel trimestral y en los casos en los que estos mostraron ser significativos, se incluyeron en el modelo después de verificar que eran los que tenían mejor criterio de información de Akaike (AIC) y criterio de información Bayesiano (BIC).

Considerando lo anterior el modelo inicial propuesto fue descrito mediante el siguiente modelo de regresión:

$$Y1_{it} = \beta_0 + \beta_1 T_t + \beta_2 X_t + \beta_3 T_t X_t + \beta_4 Z_i + \beta_5 Z T_t + \beta_6 Z_i X_t + \beta_7 Z_i X_t T_t + \vec{\alpha}^T \cdot \overrightarrow{CONTROL_{it}} + \epsilon_{it} \quad (1)$$

$$Y2_{it} = \beta_0 + \beta_1 T_t + \beta_2 X_t + \beta_3 T_t X_t + \beta_4 Z_i + \beta_5 Z T_t + \beta_6 Z_i X_t + \beta_7 Z_i X_t T_t + \beta_8 T_{2t} + \beta_9 T_{3t} + \vec{\alpha}^T \cdot \overrightarrow{CONTROL_{it}} + \epsilon_{it} \quad (2)$$

Con:

$$\vec{\alpha}^T \cdot \overrightarrow{CONTROL_{it}} = \alpha_1 COB_{it} + \alpha_2 POB_{it} + \alpha_3 EIS_{it-2} + \alpha_4 PCC_{it-2} + \alpha_5 SEG_{it-2} + \alpha_6 PGI_{it} + \alpha_7 IHH_IF_{it} + \alpha_8 IHH_SM_{it} \quad (3)$$

Donde:

- Yj_{it} es cada una de las dos variables de resultado propuestas (para j=1, 2):
  - $Y1_{it}$ representa la penetración de usuarios de internet fijo de un municipio i en un tiempo dado T_t
  - $Y2_{it}$ representa la penetración de usuarios móviles de un municipio i en un tiempo T_t
- T_t representa el tiempo
- X_t es una variable ficticia (dummy) dicotómica que indica el período previo a la intervención (codificado como 0) o el período posterior a la intervención (codificado como 1)
- Z_i es una variable ficticia (dummy) dicotómica que indica si un municipio forma parte del grupo de tratamiento, es decir, de los "municipios de política pública" seleccionados como municipios de frontera (codificado como 1) o forma parte de los "municipios de alto desempeño" seleccionados como municipios de frontera (codificado como 0).
- Los coeficientes β_k con k = 1, … ,7 tienen la misma interpretación que se explicó en la hipótesis 1 de esta Resolución CRC 5321.
- β_8 y β_9 representan efectos estacionales a nivel trimestral según se indica en la ecuación (2)

- COB_{it} es una variable ficticia (*dummy*) dicotómica que indica si en el municipio se dio ejecución a obligaciones de cobertura como producto de la subasta[37] en el año T (codificado como 1) o no se dio (codificado como 0)
- POB_{it} representa la población del municipio en el año T
- EIS_{it-2} representa la dimensión de equidad e inclusión social EIS[38] del municipio en el año T-2
- PCC_{it-2} representa la dimensión de productividad, competitividad y complementariedad[39] del municipio en el año T-2
- SEG_{it-2} representa la dimensión de seguridad[40] del municipio en el año T-2
- PGI_{it} es una variable ficticia (*dummy*) dicotómica que indica si en el año T hubo ejecución de programas gubernamentales para promocionar el acceso a Internet fijo en el municipio (codificado como 1) o no se dio (codificado como 0)
- IHH_IF_{it} representa el índice de Herfindhal Hirshmann para Internet fijo en el municipio
- IHH_SM_{it} representa el índice de Herfindhal Hirshmann para líneas en servicio móviles en el municipio
- ϵ_{it} es el error residual

Sin embargo, al hacer análisis de colinealidad, las pruebas de VIF evidenciaron problemas de colinealidad con las variables de control EIS_{it-2}, PCC_{it-2}, IHH_IF_{it}, e IHH_SM_{it} como se muestra más adelante. Para resolverlos se realizó un proceso iterativo en el cual se fueron descartando algunas de las variables de control, utilizando como criterio las pruebas de VIF y la aplicación de criterios de información de Akaike (AIC) y Bayesiano (BIC). De esta forma se modificó el vector de control y el modelo final que describe a la penetración de usuarios de internet fijo es:

$$\vec{\alpha}^T \cdot \overrightarrow{CONTROL_{it}} = \alpha_1 COB_{it} + \alpha_2 POB_{it} + \alpha_3 PCC_{it-2} + \alpha_4 SEG_{it-2} + \alpha_5 PGI_{it} \quad (4)$$

Y a su vez, el vector de control utilizado para la penetración del servicio móvil es:

$$\vec{\alpha}^T \cdot \overrightarrow{CONTROL_{it}} = \alpha_1 COB_{it} + \alpha_2 POB_{it} + \alpha_3 EIS_{it-2} + \alpha_4 SEG_{it-2} + \alpha_5 PGI_{it} \quad (5)$$

3.5.2 Datos de entrada, fuentes, tratamiento y descriptivos estadísticos

[37] Se refiere a la subasta de espectro del año 2019
[38] Tomado del índice de ciudades modernas del Departamento Nacional de Planeación (DNP)
[39] Ídem
[40] Ídem

Los datos de entrada utilizados para cada una de las variables de resultado y de control, el tratamiento de datos y las observaciones relevantes sobre los mismos se presentan en el cuadro siguiente.

Cuadro 3.11 - Hipótesis 3 - Datos de entrada, fuentes tratamiento y observaciones

VARIABLE	FUENTE	TRATAMIENTO	OBSERVACIONES
$Y1_{it}$	El formato 1.5. Acceso fijo a internet de la Resolución CRC 5050 de 2016 y la información demográfica por municipio reportada por el DANE.	Se consideró información trimestral entre el año 2012 y el año 2020.	El modelo se corrió a partir del año 2014 de conformidad con la disponibilidad de información de las variables del vector de control
$Y2_{it}$	El formato 2 líneas en servicio estimadas por municipio para servicios móviles. Resolución MinTIC 3484 de 2012 y la información demográfica por municipio reportada por el DANE.	Se consideró información trimestral entre el año 2013 y el año 2020.	No existe información para el año 2012. El modelo se corrió a partir del año 2014 de conformidad con la disponibilidad de información de las variables del vector de control
X_t	La Resolución CRC 5321 fue firmada el 21 de febrero de 2018 y tenía vigencia a partir de esa fecha	Se consideró como periodo previo a la intervención todos los años menores o iguales a 2017 y como periodo posterior a la intervención todos los años mayores o iguales al 2018	
Z_i	Listado de municipios de frontera contenido en el Anexo de este documento		
COB_{it}	Listado de municipios beneficiados con obligaciones de cobertura derivados de la subasta del 2019 y año de instalación	El valor de la variable dicotómica se puso en 1 para los municipios beneficiados con ampliaciones de cobertura de la subasta, a partir del año en el que está prevista la instalación de la primera estación base en el municipio	
CAP_{it}	CAP_{it} es una variable ficticia (dummy) dicotómica que indica si en el año T hubo ejecución de obligaciones de modernización de red como producto de la subasta en el municipio (codificado como 1) o no se dio (codificado como 0) Sin embargo, no se conoce con exactitud la fecha en la cual los Operadores Comcel y Tigo efectivamente han realizado las actualizaciones tecnológicas asociadas con las obligaciones de la subasta de espectro en cada uno de los municipios con población menor a 100.000 habitantes y que contaban con infraestructura de los operadores Comcel o Tigo. Por esa razón se eliminó esta variable del modelo que se había propuesto inicialmente.		
POB_{it}	Población del municipio para cada año según la información del DANE.	Para el análisis de internet fijo se utilizó la población en la cabecera municipal y para el análisis de servicios móviles se utilizó la población total del municipio.	
$DIST_i$	Panel municipal del CEDE UNIANDES	$DIST_i$ representa la distancia del municipio a la capital departamental	

VARIABLE	FUENTE	TRATAMIENTO	OBSERVACIONES
		Se eliminó esta variable del modelo que se había propuesto inicialmente debido a que presentaba multi co-linealidad	
EIS_{it-2}	Índice de ciudades modernas del DNP con un rezago de dos años	Información disponible entre los años 2010 y 2018	Esta variable se eliminó del modelo de penetración de usuarios de internet fijo porque presentaba colinealidad
PCC_{it-2}			Esta variable se eliminó del modelo de penetración de usuarios de internet fijo porque presentaba colinealidad
SEG_{it-2}			
PGI_{it}	Se construyó una base de datos de los municipios beneficiados por programas gubernamentales para promocionar el acceso e Internet Fijo	Cuando un municipio era beneficiado por un programa gubernamental la variable dicotómica se puso en 1 desde el año en el que efectivamente se vio beneficiado hasta la finalización del programa.	Se tomaron en consideración los siguientes programas del MinTIC: Conexiones Digitales 1 (inicio 2013 – fin 2018) Conexiones Digitales 2 (inicio 2015 – fin 2018) Hogares conectados (inicio en 2020 – en ejecución): Incentivos a la demanda Fase 1 Incentivos a la demanda Fase 2 Incentivos a la oferta Fortalecimiento a la infraestructura local
IHH_IF_{it}	El HHI fue calculado usando la información del formato 1.5. Acceso fijo a internet de la Resolución CRC 5050 de 2016		Esta variable se eliminó del modelo porque presentaba colinealidad
IHH_SM_{it}	El HHI fue calculado usando la información del formato 2 líneas en servicio móviles estimadas por municipio. Resolución MinTIC 3484 de 2012		Esta variable se eliminó del modelo porque presentaba colinealidad

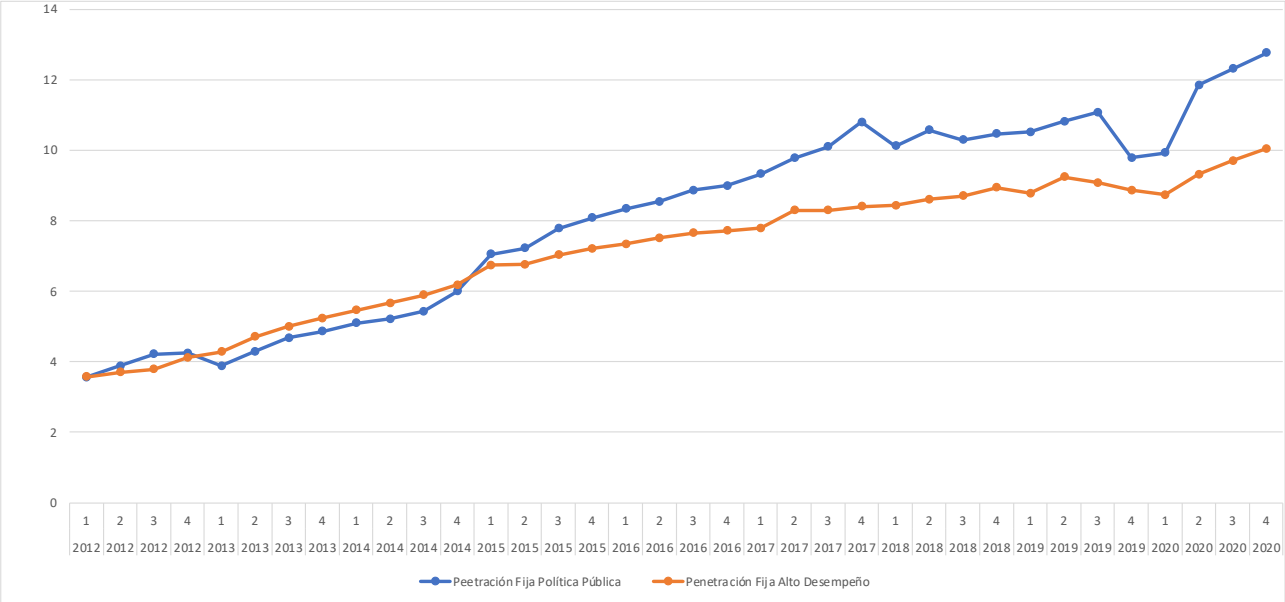
Fuente Construcción propia

Al igual que en la hipótesis 1, para la hipótesis 3 se trabajó con los municipios de frontera de política pública y alto desempeño; y se realizaron un conjunto de estadísticas descriptivas de las variables de resultado para visualizar gráficamente su comportamiento y tendencias.

En el caso de internet fijo se analizó la penetración utilizando un promedio ponderado por municipio[41] y como se muestra en la Figura 3.16, los municipios de frontera de alto desempeño tenían una penetración mayor que los de política pública entre el año 2012 y 2014, situación que cambia en ese año donde los municipios de política pública registran una penetración promedio de internet fijo levemente mayor que los de alto desempeño.

[41] Lo que es equivalente a sumar el número de usuarios de internet fijo de todos los municipios frontera de una categoría y dividirlos por la población total en la categoría, con lo cual se obtiene el promedio de la categoría. Para internet fijo se utilizó la población en cabecera.

Figura 3.16 – Porcentaje de penetración promedio de internet fijo por cada 100 habitantes para los municipios de frontera de política pública y alto desempeño

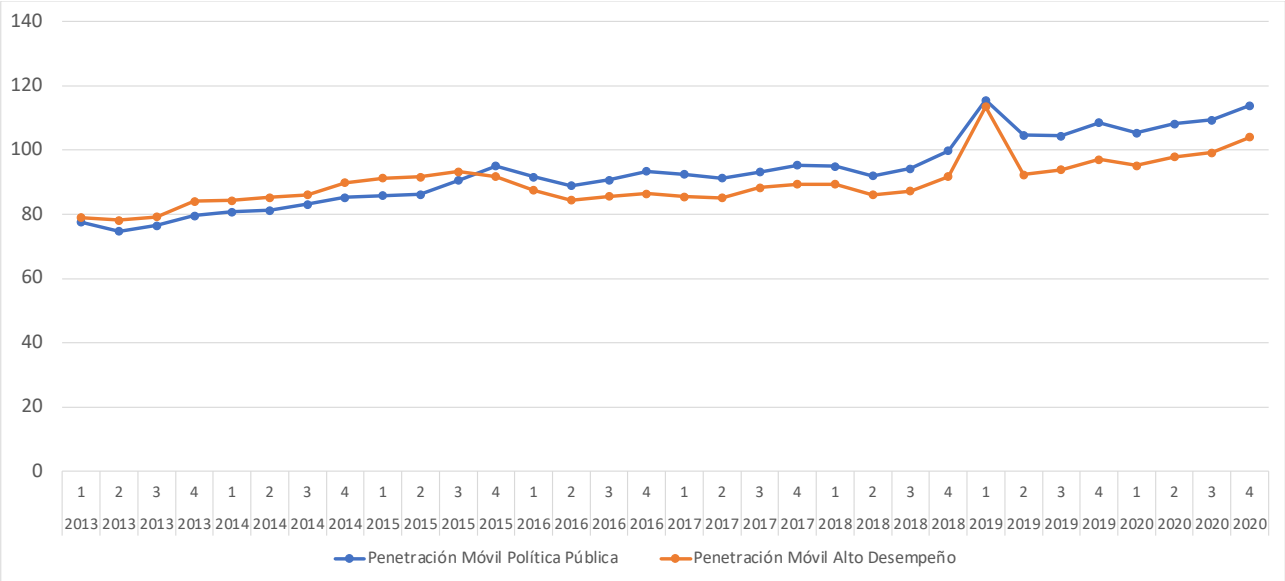


Fuente: Construcción propia

A su vez en la Figura 3.17 se presenta el promedio ponderado de la penetración de servicios móviles por cada 100 habitantes[42], del cual sólo hay información a partir del año 2013. Se observa un comportamiento similar: con una mayor penetración de los municipios de frontera de alto desempeño entre los años 2013 y 2015 y luego una mayor penetración móvil de los municipios de política pública a partir de este último año.

[42] Lo que es equivalente a sumar el número de líneas móviles de todos los municipios frontera de una categoría y dividirlos por la población total en la categoría, con lo cual se obtiene el promedio de la categoría. Para servicios móviles se utilizó la población total.

Figura 3.17 – Penetración promedio de servicios móviles por cada 100 habitantes para los municipios de frontera de política pública y alto desempeño



Fuente: Construcción propia

También se analizó la correlación entre las variables de la hipótesis 3. El índice de correlación más alto que se observa para las variables de control es entre población e índice PCC (0,578) como se presenta a continuación.

Cuadro 3.12 - Hipótesis 3 – Correlación entre las variables de control del modelo inicial

	Y1IT PENETRACIÓN INTERNET FIJO	COB	MPOBLACION	DISCAPITAL	ÍNDICEDESEG	ÍNDICEDEPCC	ÍNDICEDEEIS
Y1it penetración internet fijo	1						
Cob	-0,0121	1					
mpoblacion	0,0634	0,1191	1				
discapital	-0,0385	0,022	0,1204	1			
ÍndicedeSEG	-0,2235	-0,071	-0,3596	-0,0552	1		
ÍndicedePCC	0,0351	0,0728	0,5784	-0,0359	-0,2939	1	
ÍndicedeEIS	0,3178	-0,0027	0,1167	-0,0429	-0,2811	0,2424	1
PGI	-0,0625	-0,1634	-0,0357	-0,0132	0,2789	-0,0356	-0,1116
HHI móvil	-0,0905	-0,0521	-0,2164	0,0224	0,2265	-0,4052	-0,1355
HHI fijo	0,2	-0,1735	-0,0924	-0,0565	0,0073	-0,1812	0,084
	PGI	HHI móvil	HHI fijo				
PGI	1						
HHI móvil	0,1571	1					
HHI fijo	0,2843	0,1621	1				

	Y2IT PENETRACIÓN USUARIOS MÓVILES	COB	MPOBLACION	DISCAPITAL	ÍNDICEDESEG	ÍNDICEDEPCC	ÍNDICEDEEIS
Y2it penetración usuarios móviles	1						
Cob	0,0176	1					
mpoblacion	0,0515	0,1191	1				
discapital	0,0659	0,022	0,1198	1			
ÍndicedeSEG	-0,1896	-0,071	-0,3605	-0,0466	1		
ÍndicedePCC	0,078	0,0728	0,5828	-0,0328	-0,2978	1	
ÍndicedeEIS	0,2535	-0,0027	0,1206	-0,0488	-0,2786	0,2485	1
PGI	-0,1255	-0,1635	-0,036	-0,013	0,279	-0,0357	-0,1113
HHI móvil	-0,0237	-0,0521	-0,2164	0,0224	0,2265	-0,4052	-0,1355
HHI fijo	-0,0594	-0,1737	-0,1049	-0,0546	-0,0128	-0,1958	0,1025
t2	-0,0297	0	-0,0001	0,0001	0	-0,0001	0,0002
t3	-0,0065	0	0,0001	-0,0001	0	0,0001	-0,0002
	PGI	HHI móvil	HHI fijo	t2	t3		
PGI	1						
HHI móvil	0,1571	1					
HHI fijo	0,2838	0,1621	1				
t2	0,0556	0,0385	-0,0007	1			
t3	-0,0559	0,0014	-0,0139	-0,3333	1		

Fuente: Construcción propia

Se verificó la colinealidad mediante un análisis de VIF para las variables del modelo inicial descrito por las ecuaciones (1), (2) y (3) y se encontró evidencia de colinealidad.

Cuadro 3.13 - Hipótesis 3 – Evaluación de VIF para el modelo inicial Y1(t) izquierda y Y2(t) derecha

VARIABLE	Y1 PENETRACIÓN INTERNET FIJO	
	VIF	1/VIF
tx	317,49	0,003150
zxt	299,65	0,003337
x	292,22	0,003422
zx	280,26	0,003568
t	37,13	0,026933
zt	24,14	0,041422
EIS	14,77	0,067703
HHI_IF	12,50	0,080023
HHI_SM	12,25	0,081647
PCC	11,99	0,083434
SEG	8,26	0,121067
PGI	7,37	0,135755
MPOB	2,61	0,382917
COB	1,22	0,816510
Mean VIF	94,42	

VARIABLE	Y2 PENETRACIÓN USUARIOS MÓVILES	
	VIF	1/VIF
tx	318,54	0,003139
zxt	299,74	0,003336
x	294,37	0,003397
zx	280,32	0,003567
t	37,21	0,026875
zt	24,15	0,041414
EIS	14,77	0,067697
HHI_IF	12,52	0,079860
HHI_SM	12,38	0,080755
PCC	12,02	0,083197
SEG	8,27	0,120861
PGI	7,55	0,1324445
MPOB	2,61	0,382900
t2	1,58	0,632889
t3	1,51	0,663358
COB	1,23	0,815883
Mean VIF	83,05	

Fuente: Construcción propia

Como se describió previamente, se realizaron varias iteraciones hasta encontrar que el modelo con mejores criterios de información y que no presentaba colinealidad, es el descrito por las ecuaciones (1) y (4) para Y1(t); y por las ecuaciones (2) y (5) para Y2(t). Las matrices de correlación y VIF respectivas, se presentan a continuación.

Cuadro 3.14 - Hipótesis 3 – Correlación entre las variables de control del modelo final

	Y1 PENETRACIÓN INTERNET FIJO	COB	MPOB	DIST	SEG	PCC	PGI
Y1 Penetración Internet fijo	1						
COB	-0,0121	1					
MPOB	0,0561	0,1191	1				
DIST	-0,0331	0,022	0,1201	1			
SEG	-0,2023	-0,071	-0,3554	-0,0392	1		
PCC	0,0277	0,0728	0,5873	-0,0305	-0,2957	1	
PGI	-0,0625	-0,1634	-0,0357	-0,0132	0,2789	-0,0356	1

	Y2 PENETRACIÓN USUARIOS MÓVILES	COB	MPOB	DIST	SEG	EIS	PGI
Y2 Penetración usuarios móviles	1						
COB	0,0176	1					
MPOB	0,0482	0,1191	1				
DIST	0,0666	0,022	0,1202	1			
SEG	-0,1793	-0,071	-0,3555	-0,0392	1		
EIS	0,2308	-0,0027	0,1228	-0,0516	-0,2746	1	
PGI	-0,1255	-0,1635	-0,036	-0,013	0,279	-0,1113	1

Fuente: Construcción propia

Cuadro 3.15 - Hipótesis 3 – Evaluación de VIF para el modelo final

VARIABLE	Y1 PENETRACIÓN INTERNET FIJO VIF	1/VIF
tx	317,23	0,003152
zxt	298,28	0,003353
x	291,98	0,003425
zx	279,68	0,003576
t	36,14	0,027666
zt	22,82	0,04382
PCC	9,98	0,100243
SEG	6,25	0,160114
PGI	6,19	0,161526
MPOB	2,59	0,38581
COB	1,21	0,823613
Mean VIF	115,67	

VARIABLE	Y2 PENETRACIÓN USUARIOS MÓVILES VIF	1/VIF
tx	316,36	0,003161
zxt	297,57	0,003361
x	293,48	0,003407
zx	279,37	0,003579
t	35,01	0,028566
zt	22,59	0,04427
EIS	9,89	0,101156
PGI	6,89	0,145207
SEG	6,16	0,162366
MPOB	1,74	0,573206
t2	1,56	0,64041
t3	1,49	0,67288
COB	1,22	0,817205
Mean VIF	97,95	

Fuente: Construcción propia

3.5.3 Resultados del modelo, análisis y conclusiones

Los resultados obtenidos al correr el modelo para las dos variables de resultado se muestran a continuación.

Cuadro 3.16 - Hipótesis 3 – Resultados obtenidos por el modelo

VARIABLES	(Y1) PENETRACIÓN_FIJA	(Y2) PENETRACIÓN_MÓVIL
t	0,00161***	0,00152
	(0,000416)	(0,00180)
x	0,0230	-0,195**
	(0,0193)	(0,0837)

VARIABLES	(Y1) PENETRACIÓN_FIJA	(Y2) PENETRACIÓN_MÓVIL
tx	-0,000818	0,0129***
	(0,000905)	(0,00392)
o,z	-	-
zt	0,00163***	0,00807***
	(0,000456)	(0,00197)
zx	-0,00467	0,0559
	(0,0210)	(0,0909)
zxt	-0,000282	-0,00459
	(0,000993)	(0,00430)
COB	-0,00612	-0,0300
	(0,00496)	(0,0215)
MPOB	0,000461	-0,0179***
	(0,000557)	(0,00241)
o,DIST	-	-
SEG	-0,000217***	0,000554*
	(6,60e-05)	(0,000284)
EIS		-0,000380
		(0,000500)
PGI	0,0163***	-0,00343
	(0,00277)	(0,0122)
t2		-0,0319***
		(0,00750)
t3		-0,0260***
		(0,00732)
PCC	0,000769*	
	(0,000399)	
Constant	0,0215	1,229***
	(0,0165)	(0,0620)
Observations	7196	7194
R-squared	0,102	0,111
Number of ID_MUNICIPIO	257	257

Nota. Errores estándar en paréntesis y *** p<0,001, ** p<0,05, *p<0,1

Fuente Construcción propia con base en información de la CRC

Cuadro 3.17 - Hipótesis 3 – Prueba de significancia conjunta de los β para Y1 – penetración de internet fijo

$\beta_2 + \beta_3$ (cambio en la variable de resultado asociado con la intervención regulatoria más cambio de pendiente después de la intervención utilizando la interacción entre tiempo e intervención)

Penetración Internet fijo	Coef.	Std. Err.	t	P> |t|	[95% Conf. Interval]	
(1)	0,0222303	0,018411	1,21	0,227	-0,0138609	0,0583214

$\beta_1 + \beta_2 + \beta_3$ (tendencia subyacente previa a la intervención más cambio en la variable de resultado asociado con la intervención regulatoria más cambio de pendiente después de la intervención utilizando la interacción entre tiempo e intervención)

Penetración Internet fijo	Coef.	Std. Err.	t	P> |t|	[95% Conf. Interval]	Estaciones Base
(1)	0,0238447	0,0184908	1,29	0,197	-0,012403	0,0600924

$\beta_1 + \beta_3$ (tendencia subyacente previa a la intervención más cambio de pendiente después de la intervención utilizando la interacción entre tiempo e intervención)

Penetración Internet fijo	Coef.	Std. Err.	t	P> |t|	[95% Conf. Interval]	Estaciones Base
(1)	0,0007968	0,0008083	0,99	0,324	-0,0007877	0,0023813

$\beta_1 + \beta_5$ (tendencia subyacente previa a la intervención más la diferencia en la pendiente entre el tratamiento y el control antes de la intervención)

Penetración Internet fijo	Coef.	Std. Err.	t	P> |t|	[95% Conf. Interval]	Estaciones Base
(1)	0,0032443	0,0002102	15,44	0	0,0028323	0,0036563

$\beta_2 + \beta_6$ (cambio en la variable de resultado asociado con la intervención regulatoria más la diferencia en el nivel entre el tratamiento y el control en el periodo inmediatamente posterior al inicio de la intervención regulatoria)

Penetración Internet fijo	Coef.	Std. Err.	t	P> |t|	[95% Conf. Interval]	Estaciones Base
(1)	0,0183802	0,009575	1,92	0,055	-0,0003898	0,0371501

$\beta_1 + \beta_3 + \beta_5 + \beta_7$ (tendencia subyacente previa a la intervención más cambio de pendiente después de la intervención utilizando la interacción entre tiempo e intervención más la diferencia en la pendiente entre el tratamiento y el control antes de la intervención más la diferencia en la pendiente entre tratamiento y control después del inicio de la intervención)

Penetración Internet fijo	Coef.	Std. Err.	t	P> |t|	[95% Conf. Interval]	Estaciones Base
(1)	0,0021444	0,0004052	5,29	0	0,00135	0,0029388

$\beta_0 + \beta_1$ (línea base más tendencia subyacente previa a la intervención)

Penetración Internet fijo	Coef.	Std. Err.	t	P> |t|	[95% Conf. Interval]	
(1)	0,0231638	0,0165	1,4	0,16	-0,0091813	0,0555088

$\beta_0 + \beta_1 + \beta_2 + \beta_3$ (línea base más tendencia subyacente previa a la intervención más cambio en la variable de resultado asociado con la intervención regulatoria más cambio de pendiente después de la intervención utilizando la interacción entre tiempo e intervención)

Penetración Internet fijo	Coef.	Std. Err.	t	P> |t|	[95% Conf. Interval]	
(1)	0,045394	0,0248903	1,82	0,068	-0,0033986	0,0941867

$\beta_0 + \beta_1 + \beta_5$ (línea base más tendencia subyacente previa a la intervención más la diferencia en la pendiente entre el tratamiento y el control antes de la intervención)

Penetración Internet fijo	Coef.	Std. Err.	t	P> |t|	[95% Conf. Interval]	Estaciones Base
(1)	0,0247936	0,0164609	1,51	0,132	-0,0074748	0,0570621

$\beta_0 + \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_5 + \beta_6 + \beta_7$ (línea base más tendencia subyacente previa a la intervención más cambio en la variable de resultado asociado con la intervención regulatoria más cambio de pendiente después de la intervención utilizando la interacción entre tiempo e intervención más la diferencia en la pendiente entre el tratamiento y el control antes de la intervención más la diferencia en el nivel entre el tratamiento y el control en el periodo inmediatamente posterior al inicio de la intervención regulatoria más la diferencia en la pendiente entre tratamiento y control después del inicio de la intervención)

Penetración Internet fijo	Coef.	Std. Err.	t	P> |t|	[95% Conf. Interval]	Estaciones Base
(1)	0,0420739	0,0187602	2,24	0,025	0,0052981	0,0788497

Fuente Construcción propia

Cuadro 3.18 - Hipótesis 3 – Prueba de significancia conjunta de los β para Y2 – penetración de servicios móviles

$\beta_2 + \beta_3$ (cambio en la variable de resultado asociado con la intervención regulatoria más cambio de pendiente después de la intervención utilizando la interacción entre tiempo e intervención)

Penetración usuarios móviles	Coef.	Std. Err.	t	P> |t|	[95% Conf. Interval]	
(1)	0,1825361	0,0799838	-2,28	0,023	-0,3393287	-0,0257434

$\beta_1 + \beta_2 + \beta_3$ (tendencia subyacente previa a la intervención más cambio en la variable de resultado asociado con la intervención regulatoria más cambio de pendiente después de la intervención utilizando la interacción entre tiempo e intervención)

Penetración usuarios móviles	Coef.	Std. Err.	t	P> |t|	[95% Conf. Interval]	Estaciones Base
(1)	0,1810208	0,0803159	-2,25	0,024	-0,3384645	-0,023577

$\beta_1 + \beta_3$ (tendencia subyacente previa a la intervención más cambio de pendiente después de la intervención utilizando la interacción entre tiempo e intervención)

Penetración usuarios móviles	Coef.	Std. Err.	t	P> |t|	[95% Conf. Interval]	Estaciones Base
(1)	0,0144112	0,0035179	4,1	0	0,0075149	0,0213074

$\beta_1 + \beta_5$ (tendencia subyacente previa a la intervención más la diferencia en la pendiente entre el tratamiento y el control antes de la intervención)

Penetración usuarios móviles	Coef.	Std. Err.	t	P> |t|	[95% Conf. Interval]	Estaciones Base
(1)	0,0095818	0,0009464	10,12	0	0,0077265	0,011437

$\beta_2 + \beta_6$ (cambio en la variable de resultado asociado con la intervención regulatoria más la diferencia en el nivel entre el tratamiento y el control en el periodo inmediatamente posterior al inicio de la intervención regulatoria)

Penetración usuarios móviles	Coef.	Std. Err.	t	P> |t|	[95% Conf. Interval]	Estaciones Base
(1)	0,1395464	0,04193	-3,33	0,001	-0,221742	-0,0573507

$\beta_1 + \beta_3 + \beta_5 + \beta_7$ (tendencia subyacente previa a la intervención más cambio de pendiente después de la intervención utilizando la interacción entre tiempo e intervención más la diferencia en la pendiente entre el tratamiento y el control antes de la intervención más la diferencia en la pendiente entre tratamiento y control después del inicio de la intervención)

Penetración usuarios móviles	Coef.	Std. Err.	t	P> |t|	[95% Conf. Interval]	Estaciones Base
(1)	0,0178831	0,001771	10,1	0	0,0144114	0,0213549

$\beta_0 + \beta_1$ (línea base más tendencia subyacente previa a la intervención)

Penetración usuarios móviles	Coef.	Std. Err.	t	P> |t|	[95% Conf. Interval]	
(1)	1,230664	0,0621972	19,79	0	1,108738	1,352589

$\beta_0 + \beta_1 + \beta_2 + \beta_3$ (línea base más tendencia subyacente previa a la intervención más cambio en la variable de resultado asociado con la intervención regulatoria más cambio de pendiente después de la intervención utilizando la interacción entre tiempo e intervención)

Penetración usuarios móviles	Coef.	Std. Err.	t	P> |t|	[95% Conf. Interval]	
(1)	1,048128	0,1011177	10,37	0	0,849906	1,246349

$\beta_0 + \beta_1 + \beta_5$ (línea base más tendencia subyacente previa a la intervención más la diferencia en la pendiente entre el tratamiento y el control antes de la intervención)

Penetración usuarios móviles	Coef.	Std. Err.	t	P> |t|	[95% Conf. Interval]	Estaciones Base
(1)	1,23873	0,0620868	19,95	0	1,117021	1,360439

$\beta_0 + \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_5 + \beta_6 + \beta_7$ (línea base más tendencia subyacente previa a la intervención más cambio en la variable de resultado asociado con la intervención regulatoria más cambio de pendiente después de la intervención utilizando la interacción entre tiempo e intervención más la diferencia en la pendiente entre el tratamiento y el control antes de la intervención más la diferencia en el nivel entre el tratamiento y el control en el periodo inmediatamente posterior al inicio de la intervención regulatoria más la diferencia en la pendiente entre tratamiento y control después del inicio de la intervención)

Penetración usuarios móviles	Coef.	Std. Err.	t	P> |t|	[95% Conf. Interval]	Estaciones Base
(1)	1,107485	0,0731683	15,14	0	0,9640528	1,250918

Fuente Construcción propia

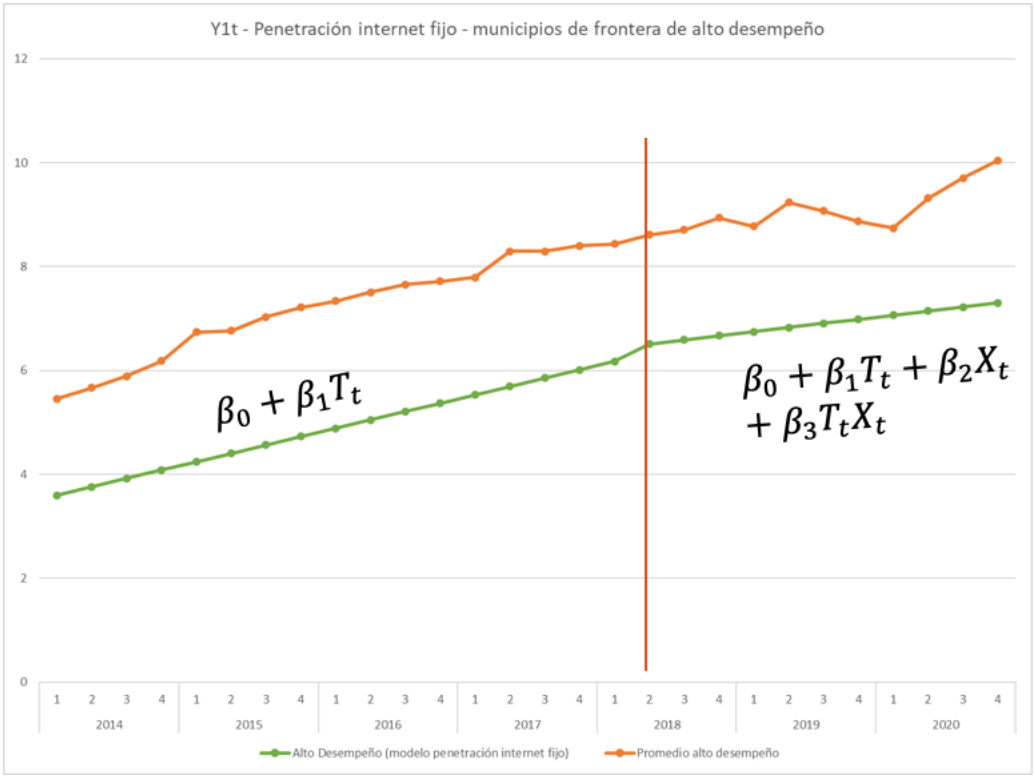
De acuerdo con el resultado del modelo para la penetración de internet fijo Y1 (t) se observa del análisis de las pruebas de significancia conjunta de las betas que antes de la intervención regulatoria la penetración de internet fijo venía teniendo un crecimiento con una pendiente positiva tanto para los municipios de frontera de alto desempeño ($\beta_0 + \beta_1 = 0{,}023$) como para los municipios de frontera de política pública ($\beta_0 + \beta_1 + \beta_5 = 0{,}024$) lo que implica que los municipios de frontera de política pública incrementaban la penetración de internet fijo un oco más rápido que los de alto desempeño antes de la intervención regulatoria.

Para los municipios de frontera de alto desempeño se observa un efecto significativo de los coeficientes beta después de la intervención regulatoria ($\beta_0 + \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 = 0{,}045$) con una disminución en la pendiente de la curva después de la intervención regulatoria como se muestra en la Figura 3.18. La curva en naranja representa el promedio de penetración de internet fijo en los municipios de alto desempeño y la curva en verde la predicción del modelo, considerando únicamente las sumas de coeficientes beta que pasaron las pruebas de significancia conjunta. La diferencia entre las dos curvas es explicada por las variables de control que resultaron ser significativas, pero que no se grafican porque se busca es analizar el efecto de la intervención regulatoria. No se observan efectos de la intervención regulatoria.

De acuerdo con el modelo, la siguiente variable de control tienen un efecto significativo ($p<0{,}01$) y positivo sobre la penetración de internet fijo en un municipio: la presencia de programas del MinTIC (PGI) para la promoción de la oferta y la demanda de internet fijo.

De acuerdo con el modelo, la siguiente variable de control tienen un efecto significativo ($p<0,01$) y negativo sobre la penetración de internet fijo en un municipio: el índice de seguridad. A primera vista esto es contra intuitivo, sin embargo, el DNP ha indicado que "seguridad" es la única dimensión que presenta mejor desempeño por fuera del Sistema de Ciudades (DNP, 2017), lo que implicaría que municipios pequeños tengan un mejor índice de seguridad y explicaría el efecto observado.

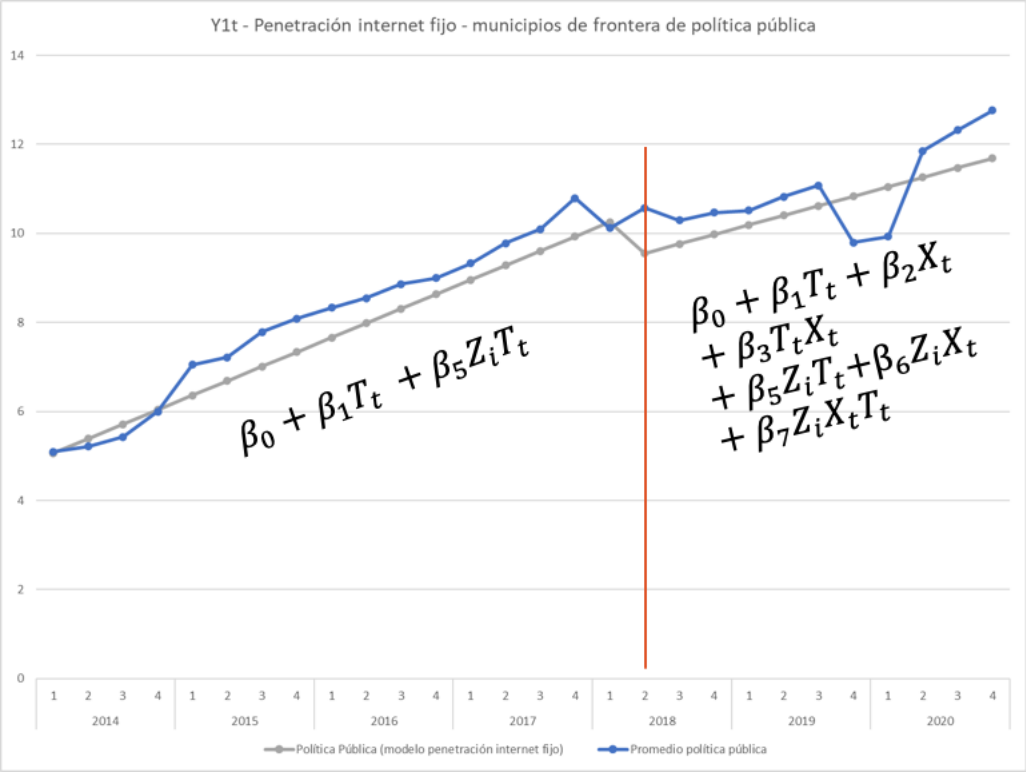
Figura 3.18 – Hipótesis 3 – Representación gráfica para la interpretación de los coeficientes beta significativos de la penetración de internet fijo para municipios de frontera de alto desempeño



Fuente: Construcción propia

Para los municipios de frontera de política pública se observa un efecto combinado significativo de los coeficientes beta antes y después de la intervención regulatoria como se aprecia en la Figura 3.19. La curva en azul representa el promedio de la penetración fija en los municipios de frontera de política pública y la curva en gris la predicción del modelo, considerando únicamente las sumas de coeficientes beta que pasaron las pruebas de significancia conjunta. La diferencia entre las dos curvas es explicada por las variables de control que resultaron ser significativas, pero que no se grafican porque se busca es analizar el efecto de la intervención regulatoria. El efecto neto después de la intervención regulatoria muestra una disminución en la pendiente que evidencia una tendencia de crecimiento menor luego de la intervención.

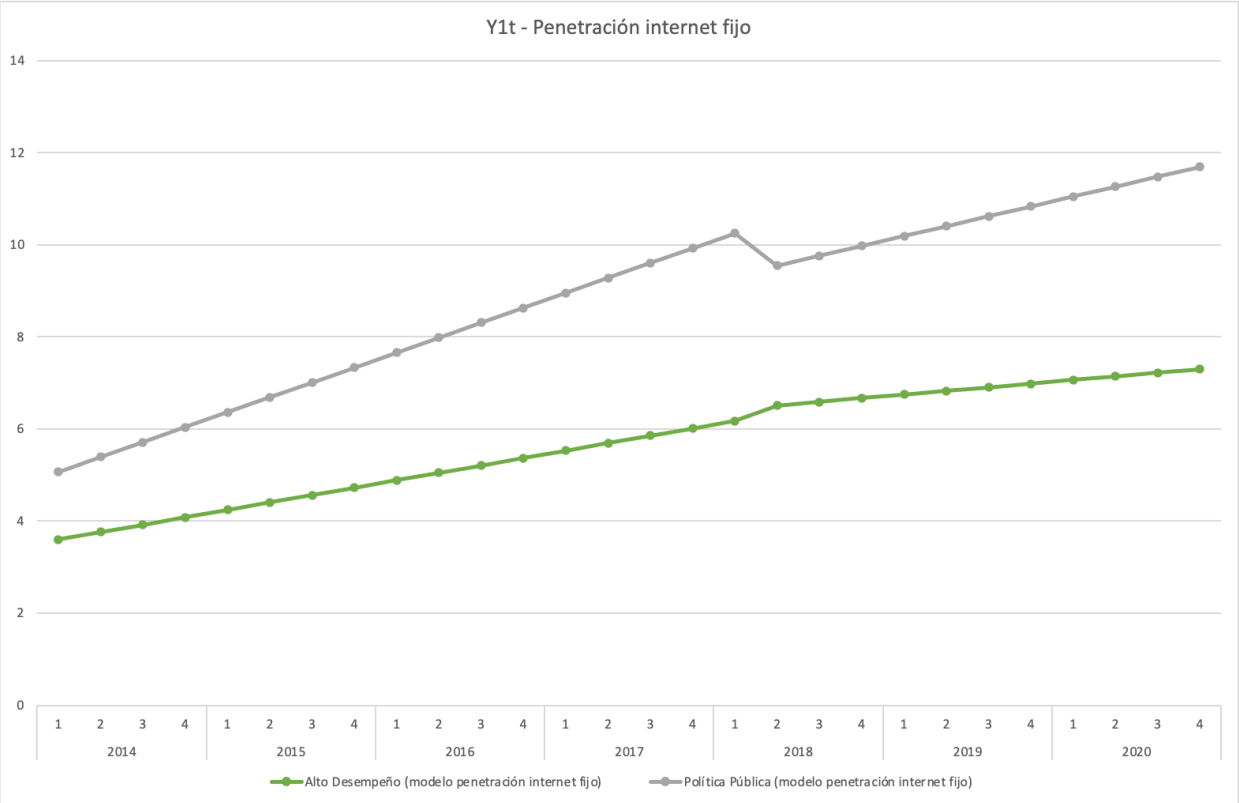
Figura 3.19 – Hipótesis 3 – Representación gráfica para la interpretación de los coeficientes beta significativos de la penetración de internet fijo para municipios de frontera de política pública



Fuente: Construcción propia

Para facilitar la visualización gráfica del comportamiento del modelo esta se presenta en la Figura 3.20 El comportamiento de la penetración de internet fijo en los municipios de frontera de política pública y alto desempeño, muestra que el efecto de la intervención regulatoria generó una disminución en la pendiente que describe el crecimiento de la penetración de internet fijo de los municipios de frontera de política pública, así como en la penetración de internet fijo de los municipios de frontera de alto desempeño.

Figura 3.20 – Hipótesis 3 – Representación gráfica de los modelos de la penetración de internet fijo para municipios de frontera de política pública y alto desempeño



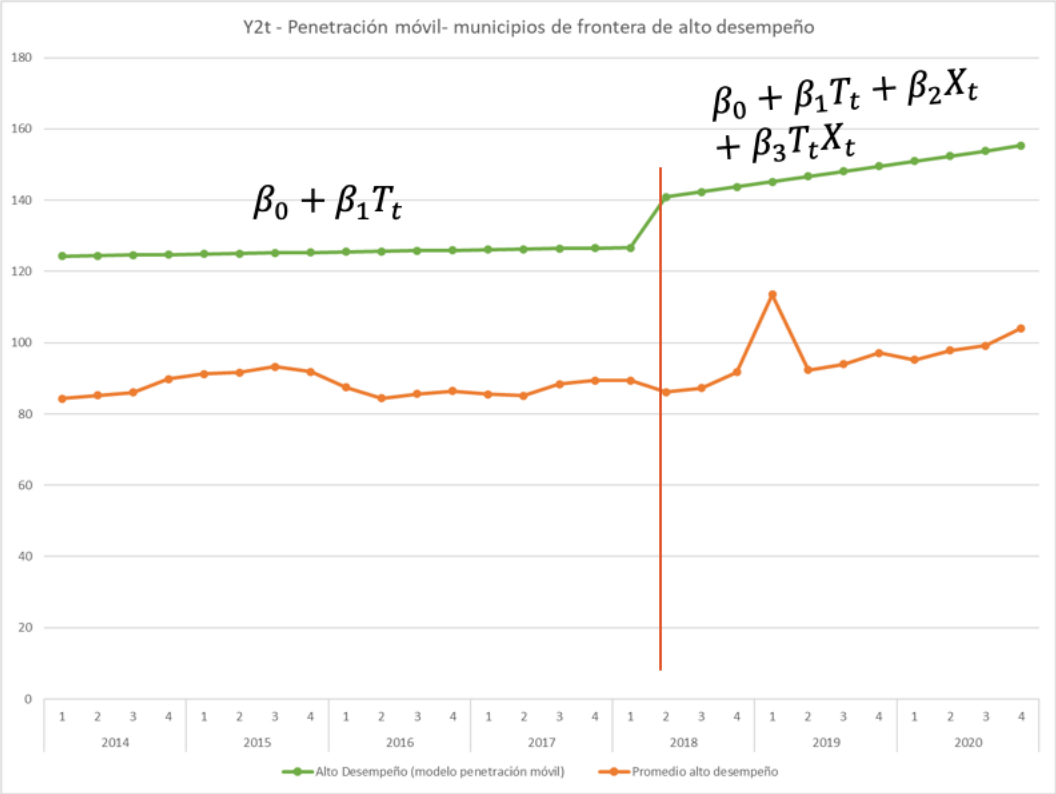
Fuente: Construcción propia

De acuerdo con el resultado del modelo para la penetración de usuarios móviles Y2 (t) se observa del análisis de las pruebas de significancia conjunta de los betas que antes de la intervención regulatoria la penetración de usuarios móviles venía teniendo un crecimiento con una pendiente positiva tanto para los municipios de frontera de alto desempeño ($\beta_0 + \beta_1 = 1{,}2306$) como para los municipios de frontera de política pública ($\beta_0 + \beta_1 + \beta_5 = 1{,}2387$). Se observa que los municipios de frontera de política pública incrementaban la penetración de usuarios móviles más rápidamente que los de alto desempeño antes de la intervención regulatoria.

Para los municipios de frontera de alto desempeño se observa efecto significativo de los coeficientes beta después de la intervención regulatoria como se observa en la Figura 3.21. La curva en naranja representa el promedio de penetración de usuarios móviles en los municipios de alto desempeño y la curva en verde la predicción del modelo, considerando únicamente las sumas de coeficientes beta que pasaron las pruebas de significancia conjunta. La diferencia entre las dos curvas es explicada por las variables de control que resultaron ser significativas, pero que no se grafican porque se busca es analizar el efecto de la intervención regulatoria. El efecto neto

después de la intervención regulatoria muestra un cambio neto positivo de pendiente que evidencia una tendencia de crecimiento mayor luego de la intervención.

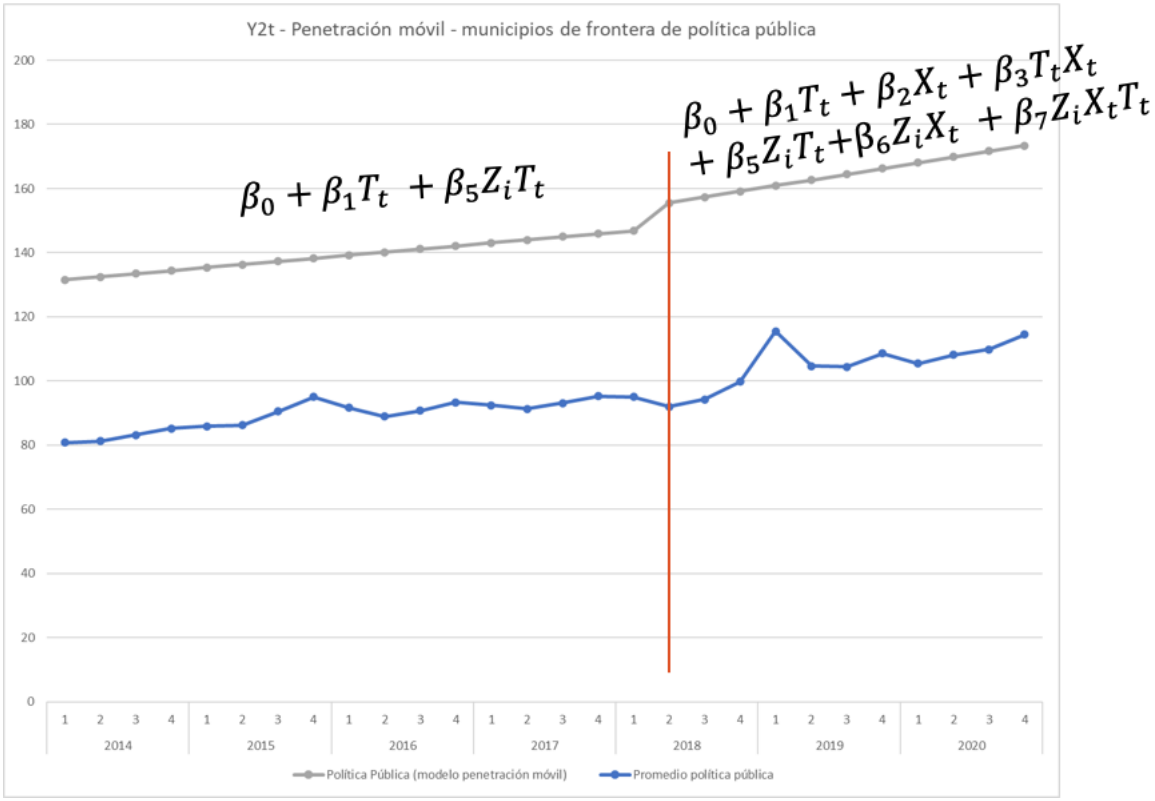
Figura 3.21 – Hipótesis 3 – Representación gráfica para la interpretación de los coeficientes beta significativos de la penetración de usuarios móviles para municipios de frontera de alto desempeño



Fuente: Construcción propia

Para los municipios de frontera de política pública se observa un efecto combinado significativo de los coeficientes beta antes y después de la intervención regulatoria como se aprecia en la Figura 3.22. La curva en azul representa el promedio de la penetración móvil en los municipios de frontera de política pública y la curva en gris la predicción del modelo, considerando únicamente las sumas de coeficientes beta que pasaron las pruebas de significancia conjunta. La diferencia entre las dos curvas es explicada por las variables de control que resultaron ser significativas, pero que no se grafican porque se busca es analizar el efecto de la intervención regulatoria. El efecto neto después de la intervención regulatoria muestra un cambio neto positivo de pendiente que evidencia una tendencia de crecimiento mayor luego de la intervención.

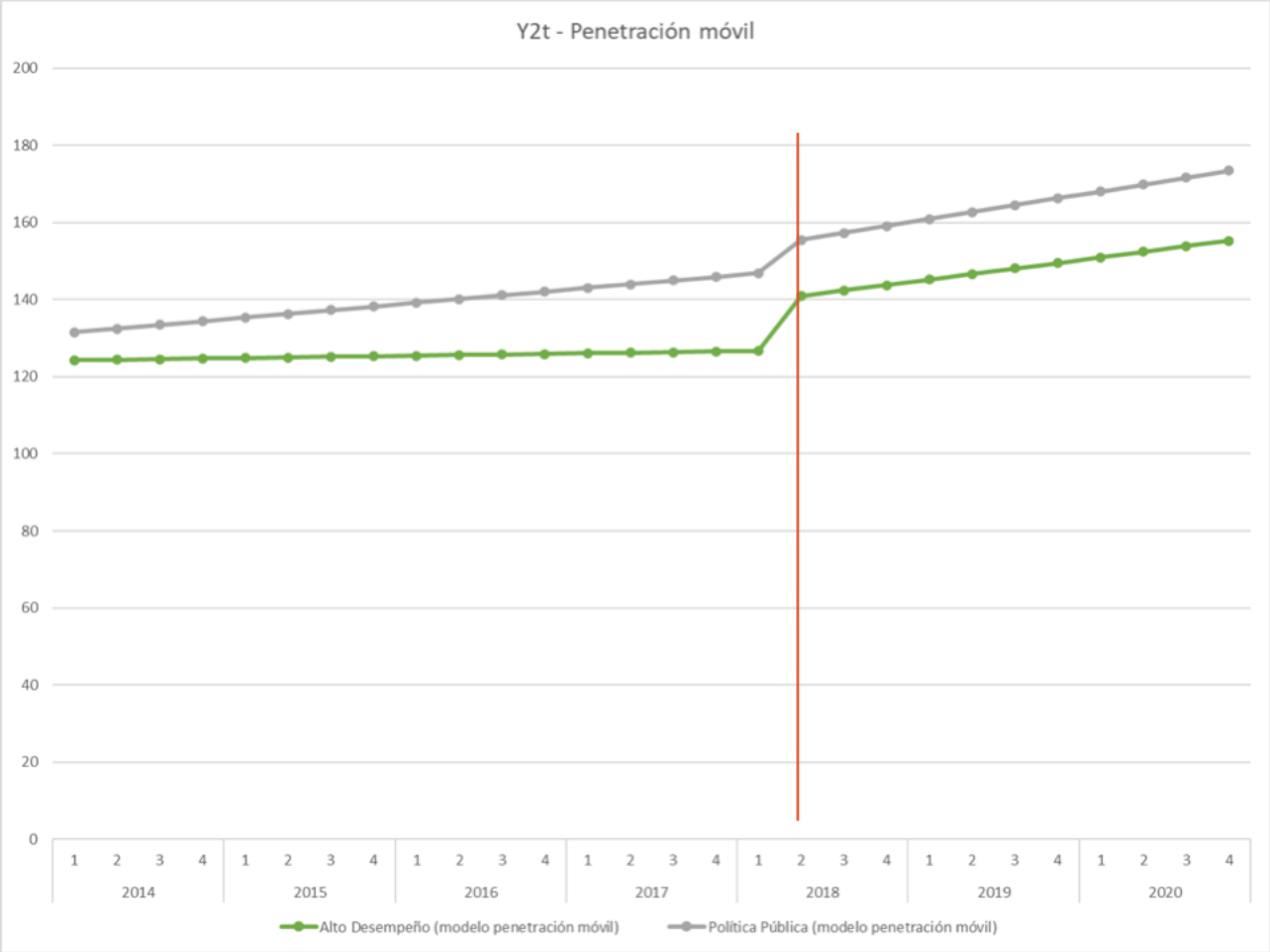
Figura 3.22 – Hipótesis 3 – Representación gráfica para la interpretación de los coeficientes beta significativos de la penetración de usuarios móviles para municipios de frontera de política pública



Fuente: Construcción propia

Para facilitar la visualización gráfica del comportamiento del modelo esta se presenta en la Figura 3.23. El comportamiento de la penetración móvil en los municipios de frontera de política pública y alto desempeño, muestra que el efecto de la intervención regulatoria generó un cambio positivo en la pendiente que describe el crecimiento de la penetración móvil tanto en los municipios de frontera de política pública como en los municipios de frontera de alto desempeño.

Figura 3.23 – Hipótesis 3 – Representación gráfica de los modelos de la penetración de usuarios móviles para municipios de frontera de política pública y alto desempeño



Fuente: Construcción propia

De acuerdo con el modelo, existe un leve efecto estacional significativo ($p<0,01$) pero negativo sobre la penetración de internet móvil en el segundo y tercer trimestre.

3.6 Hipótesis 4: La excepción regulatoria sobre las metas de calidad en los 876 municipios no tuvo efectos sobre los indicadores de calidad 5.1.3.1 (Indicadores de calidad para servicios de telefonía móvil 2G y 3G) y 5.1.3.3. (Servicio de datos móviles).

3.6.1 Estructura del modelo propuesto, variables de resultado y control

La cuarta hipótesis busca entender el efecto que tiene eliminar las metas sobre la calidad de servicio prestada, razón por la cual se busca cuantificar los impactos de la regulación en los niveles

y tendencias de dos conjuntos de variables de resultado: (I) Indicadores de calidad de servicio para telefonía móvil 2G y 3G (porcentaje de llamadas no exitosas, porcentaje de llamadas caídas); e (II) indicadores de servicios de datos móviles (intentos no exitosos 4G, pérdida anormal de portadoras 4G, ping, tasa de datos media FTP y HTTP)

Para este caso la unidad de análisis son los municipios de política pública (los 876 municipios del Anexo 5.7 de la Resolución CRC 5050 que corresponden al grupo de tratamiento) y los municipios con mercados de alto desempeño, comparando la situación antes y después de la Resolución CRC 5321/2018.

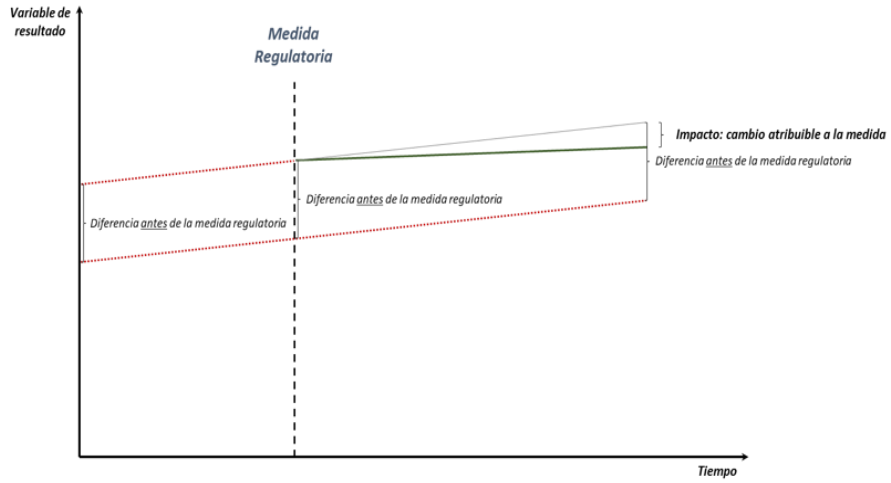
Es posible que mayores niveles de competencia en el servicio móvil en un municipio tengan incidencia sobre una mejor calidad de servicio, por lo que se utilizará el índice de concentración de Herfindahl-Hirschman (HHI) de los suscriptores móviles en cada municipio, como medida de competencia.

Como variables socioeconómicas por municipio se identifican: la población a nivel municipal, la distancia a la capital departamental y componentes del índice de ciudades modernas que no estén relacionados con TIC, concretamente las dimensiones de: Equidad e inclusión social EIS (pobreza, salud, educación); Productividad, competitividad y complementariedad; y seguridad con un rezago de dos años como se explicó previamente.

La metodología propuesta es la de diferencias en diferencias. En este caso, se requiere contar con una medición antes y después de la intervención tanto para el grupo tratamiento como para el grupo control, bajo el supuesto de tendencias paralelas. En este caso se utilizará como grupo de control a los municipios de alto desempeño sobre los cuales se mantuvieron las metas de calidad de servicio. Lo que es distinto entre la hipótesis 1 y la hipótesis 4 y que permite usar diferencias en diferencias en esta esta última hipótesis, es que la gestión de la calidad de las redes por parte de los PRST obedece a criterios de ingeniería en los despliegues de infraestructura que corresponden a estándares corporativos e implican la instalación de elementos de red que son relativamente uniformes; y no a temas de la naturaleza y la estructura de los mercados, en especial en el caso de los PRST móviles que son los que se van a comparar. Sobre este aspecto, es importante considerar que antes de la intervención regulatoria estos PRSTM ya venían cumpliendo indicadores de calidad en muchos de los 876 municipios de política pública donde efectivamente ya prestaban el servicio. Esto sin desconocer que las condiciones de operación de las redes sí pueden estar influenciadas por las características de los municipios.

Se espera entonces que el cambio de la tendencia de la variable de resultado observada será efecto de la resolución. Es importante resaltar que este supuesto no puede ser estrictamente validado pues no se cuenta con la información del grupo tratamiento si no hubiera sido tratado.

Figura 3.24 - Técnica de Diferencias en Diferencias



Fuente Desarrollo de la UT

Esta técnica supone que los factores externos que influyen sobre las variables de resultado actúan de igual manera sobre los agentes intervenidos como sobre los no intervenidos, y supone también que no existen efectos de las medidas regulatorias sobre los últimos. Si esto se cumple, puede afirmarse que el cambio en las variables de resultado, en caso de no haber intervención, sería el mismo entre los dos grupos y que por lo tanto el contrafactual corresponde con la situación del grupo control después de la intervención más la diferencia que inicialmente existía entre él y el conjunto de agentes intervenidos.

Para estimar el efecto de la resolución se plantea el siguiente modelo econométrico para cada uno de los indicadores:

$$Yj_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 d_t + \beta_2 Z_i + \beta_3 (d_t * Z_i) + \vec{\alpha}^T \cdot \overrightarrow{CONTROL}_{it} + \varepsilon_{it} \qquad (1)$$

Siendo β_3 el coeficiente utilizado como indicador para la diferencia en diferencias

Con:

$$\vec{\alpha}^T \cdot \overrightarrow{CONTROL}_{it} = \alpha_1 POB_{it} + \alpha_2 DIST_i + \alpha_3 EIS_{it-2} + \alpha_4 SEG_{it-2} + \alpha_5 IHH_SM_{it} \qquad (2)$$

Donde:

- Yj_{it} es cada una de las nueve variables de resultado propuestas (para j=1, … ,9):

  - $Y1_{it}$ representa el porcentaje de llamadas no exitosas 2G de un municipio i en un tiempo dado T_t
  - $Y2_{it}$ representa el porcentaje de llamadas no exitosas 3G de un municipio i en un tiempo dado T_t
  - $Y3_{it}$ representa el porcentaje de llamadas caídas 2G de un municipio i en un tiempo dado T_t
  - $Y4_{it}$ representa el porcentaje de llamadas caídas 3G de un municipio i en un tiempo dado T_t
  - $Y5_{it}$ representa comunicaciones no exitosas 4G de un municipio i en un tiempo dado T_t
  - $Y6_{it}$ representa pérdida anormal de portadoras 4G de un municipio i en un tiempo dado T_t
  - $Y7_{it}$ representa el ping nacional (3G) de un municipio i en un tiempo dado T_t
  - $Y8_{it}$ representa la tasa de datos media FTP (3G) de un municipio i en un tiempo dado T_t
  - $Y9_{it}$ representa tasa de datos media HTTP (3G) de un municipio i en un tiempo dado T_t

- Z_i es una variable ficticia (*dummy*) dicotómica que indica si un municipio forma parte del grupo de tratamiento, es decir, de los "municipios de política pública" (codificado como 1) o forma parte de los "municipios de alto desempeño" (codificado como 0).
- d_t es una variable ficticia (*dummy*) dicotómica que indica el período previo a la intervención (codificado como 0) o el período posterior a la intervención (codificado como 1)

- POB_{it} representa la población del municipio en el año T
- $DIST_i$ representa la distancia del municipio a la capital departamental en el año T
- EIS_{it-2} representa la dimensión de equidad e inclusión social EIS[43] del municipio en el año T-2
- PCC_{it-2} representa la dimensión de productividad, competitividad y complementariedad[44] del municipio en el año T-2
- SEG_{it-2} representa la dimensión de seguridad[45] del municipio en el año T-2
- IHH_SM_{it} representa el índice de Herfindhal Hirshmann para suscriptores móviles en el municipio medido en términos de número de usuarios móviles
- ϵ_t es el error residual

[43] Tomado del índice de ciudades modernas del Departamento Nacional de Planeación (DNP)
[44] Ídem
[45] Ídem

3.6.2 Datos de entrada, fuentes, tratamiento y descriptivos estadísticos

Los datos de entrada utilizados para cada una de las variables de resultado y de control, el tratamiento de datos y las observaciones relevantes sobre los mismos se presentan en el cuadro siguiente.

Cuadro 3.19 - Hipótesis 4 - Datos de entrada, fuentes tratamiento y observaciones

VARIABLE	FUENTE	TRATAMIENTO	OBSERVACIONES
$Y1_{it}$	CRC F2.2 Indicadores de calidad para el acceso a servicios de voz móvil	Se consideró la información entre el tercer trimestre de 2017 (primera disponible) y hasta el cuarto trimestre de 2020 para los siguientes niveles de agregación: • Capital de departamento, división Administrativa y municipios categoría Especial, uno, dos, tres o cuatro • Municipios de Zona 2 con tres (3) o menos estaciones base de la misma tecnología • Zona Satelital Para cada municipio se generó un promedio trimestral del indicador considerando la información reportada por todos los Operadores.	
$Y2_{it}$			
$Y3_{it}$			
$Y4_{it}$			
$Y5_{it}$	CRC F2.4 Indicadores de calidad para servicios de datos móviles 4G basados en mediciones de gestores de desempeño.	Se consideró la información entre el tercer trimestre de 2017 (primera disponible) y hasta el cuarto trimestre de 2020 para los siguientes niveles de agregación: • Capital de departamento, división Administrativa y municipios categoría Especial, uno, dos, tres o cuatro • Zona Satelital Para cada municipio se generó un promedio trimestral del indicador considerando la información reportada por todos los Operadores.	
$Y6_{it}$			
$Y7_{it}$	Indicadores de calidad para servicios de datos móviles basados en mediciones externas para el servicio Formato 2.4 de la Resolución CRC 5050 de 2016 (del tercer trimestre de 2017 a primer trimestre de 2020). Resolución CRC 4734 de 2015 – Formato 21. Se utilizaron únicamente los reportes de tecnologías HSDPA, UMTS y WCDMA para los indicadores PING, FTTP y HTTP (del primer trimestre de 2016 a primer trimestre de 2017)	Se consideró la información entre el primer trimestre de 2016 (primera disponible la cual viene desde la Resolución CRC 4734 de 2015) y hasta el cuarto trimestre de 2020. El modelo se realizó entre el primer trimestre de 2016 y el primer trimestre de 2020 porque no hay información para los trimestres 2 y 3 del 2020. Para cada municipio se generó un promedio trimestral del indicador considerando la información reportada por todos los Operadores.	No existe información para el segundo y tercer trimestre de 2020 donde se suspendió la medición por causa de la pandemia de COVID-19.
$Y8_{it}$			
$Y9_{it}$			
Z_i	CRC Resolución 5321 de 2018. Artículo 3 y DANE - lista de municipios de Colombia	A los municipios contenidos en el artículo 3 de la Resolución CRC 5321 se les asignó "1" y al resto "0"	
d_t	CRC Resolución 5321 de 2018.	A partir del tercer trimestre del 2018 se asignó "1" y a los trimestres previos se les asignó "0". En todo	

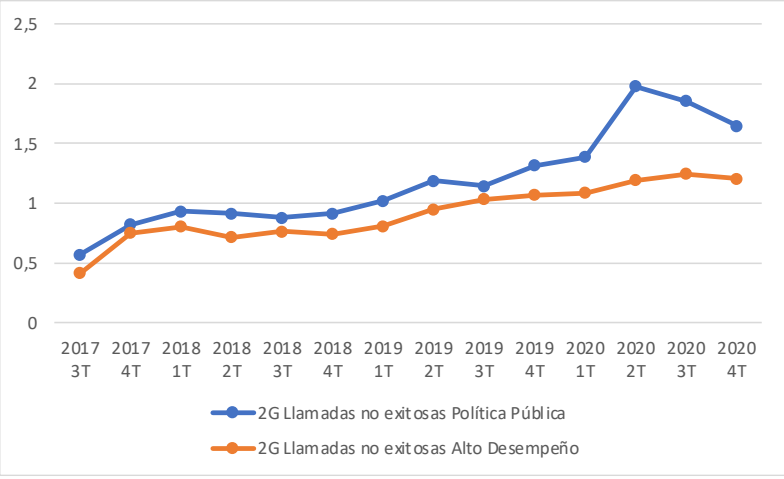
VARIABLE	FUENTE	TRATAMIENTO	OBSERVACIONES
		caso, era necesario tomar una decisión con respecto al segundo trimestre del 2018 porque la Resolución CRC 5321 fue firmada el 21 de febrero de 2018 y tenía vigencia a partir de esa fecha. Se decidió contar la medida regulatoria a partir del tercer trimestre de 2018 porque es a partir de ese momento que se puede observar el pleno efecto de la medida.	
POB_{it}	Población del municipio para cada año según la información del DANE		
$DIST_i$	Panel municipal del CEDE UNIANDES		
EIS_{it-2}	Índice de ciudades modernas del DNP con un rezago de dos años	Información disponible entre los años 2010 y 2018	
SEG_{it-2}			
IHH_SM_{it}	El HHI fue calculado usando la información del formato 2 líneas en servicio estimadas por municipio para servicios móviles. Resolución MinTIC 3484 de 2012		

Fuente Construcción propia

Adicionalmente, se realizaron un conjunto de estadísticas descriptivas de las variables de resultado para visualizar gráficamente su comportamiento y tendencias.

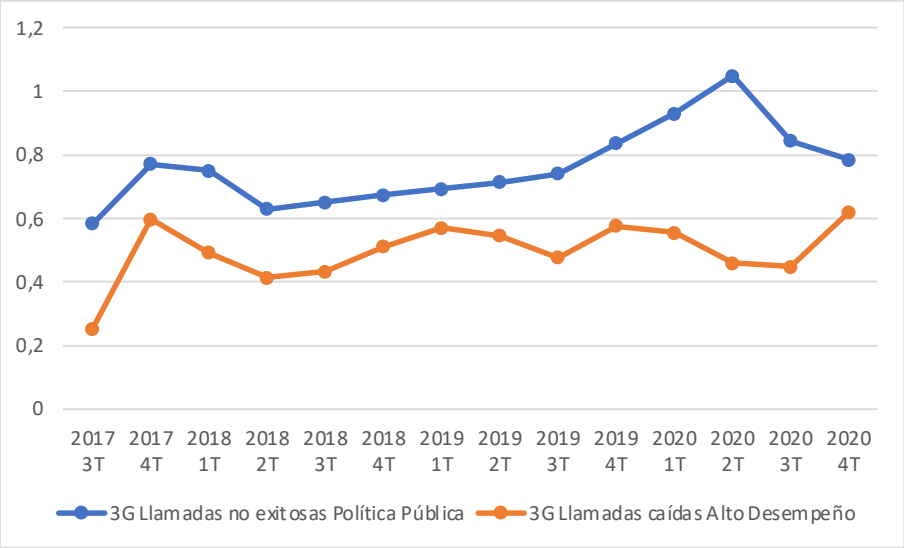
En general se observa que hay más llamadas no exitosas 2G o 3G en los municipios de política pública que en los de alto desempeño.

Figura 3.25 – Descriptores estadísticos $Y1_t$ - porcentaje de llamadas no exitosas 2G



Fuente: Construcción propia con base en CRC F2.2 Indicadores de calidad para el acceso a servicios de voz móvil

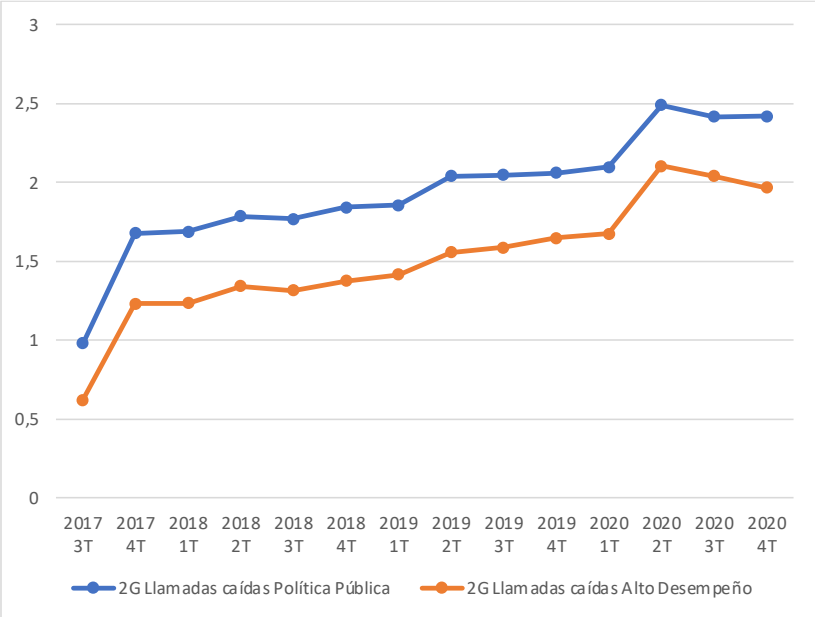
Figura 3.26 – Descriptores estadísticos $Y2_t$ - porcentaje de llamadas no exitosas 3G



Fuente: Construcción propia con base en CRC F2.2 Indicadores de calidad para el acceso a servicios de voz móvil

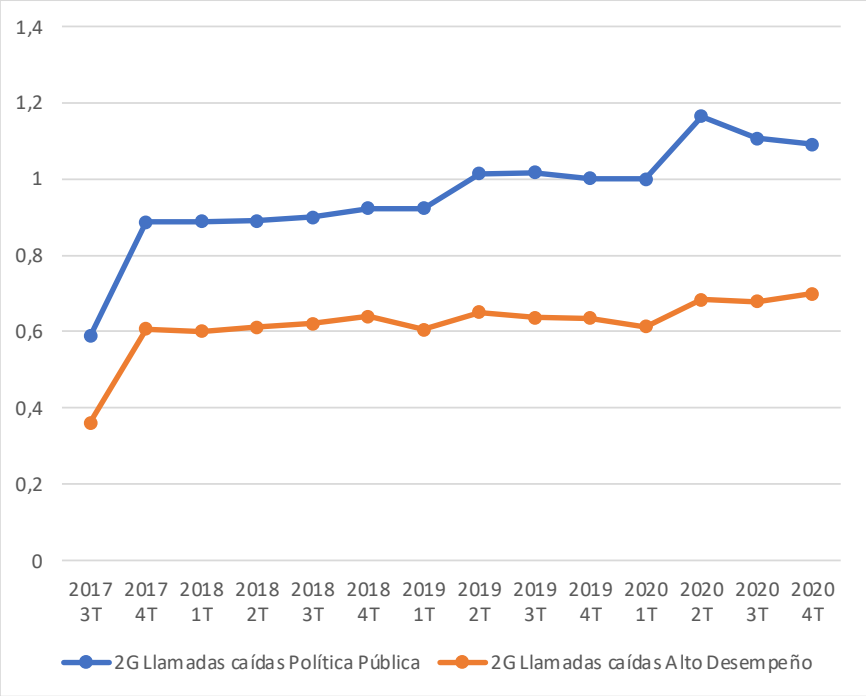
En general se observa que hay más llamadas caídas 2G o 3G en los municipios de política pública que en los de alto desempeño.

Figura 3.27 – Descriptores estadísticos $Y3_t$ - porcentaje de llamadas caídas 2G



Fuente: Construcción propia con base en CRC F2.2 Indicadores de calidad para el acceso a servicios de voz móvil

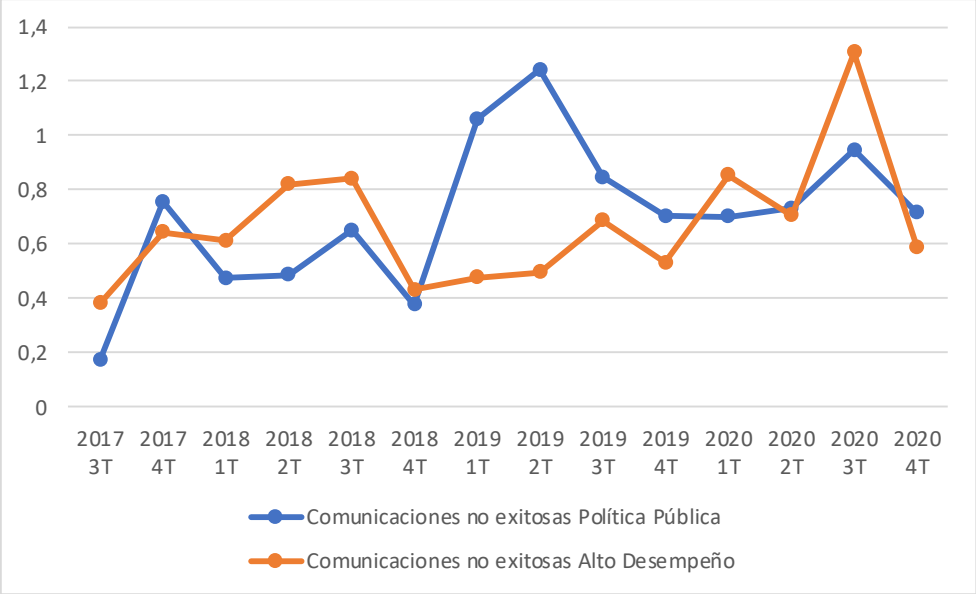
Figura 3.28 – Descriptores estadísticos $Y4_t$ - porcentaje de llamadas caídas 3G



Fuente: Construcción propia con base en CRC F2.2 Indicadores de calidad para el acceso a servicios de voz móvil

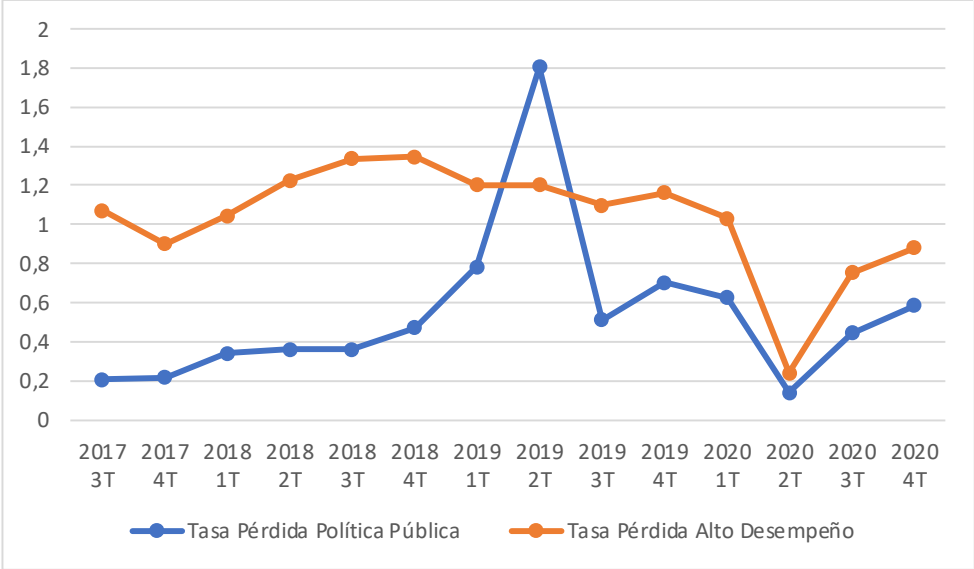
Las comunicaciones no exitosas 4G muestran un comportamiento poco uniforme en el tiempo y se observa que los municipios de política pública tienen un mejor indicador (menos porcentaje de comunicaciones no exitosas) que los de alto desempeño en seis de los catorce periodos analizados. De igual manera la tasa de pérdida anormal de portadoras 4G es más uniforme (excepto por el salto en 2019 – 2T) y muestra un resultado donde los municipios de política pública tendrían un mejor indicador (menor pérdida anormal de portadoras) que los de alto desempeño. Hay posibles explicaciones técnicas para este comportamiento, por ejemplo: si el tráfico promedio de 4G por sector es comparativamente menor en los municipios de política pública que en los de alto desempeño, esto puede incidir en mejores indicadores de calidad de servicio. En todo caso, se verificó en mayor detalle la información disponible para tasa de pérdida anormal de portadoras 4G y porcentaje de comunicaciones no exitosas para 4G y se encontró que solo hay datos completos para 20 municipios de política pública de un total de 876. Sin embargo, se cuenta con un total de 280 observaciones para los 14 trimestres. Los análisis que se presentan más adelante consideran que los municipios de política pública y de alto desempeño fueron escogidos con el mismo criterio de selección para las mediciones de 4G, pero considerando que estos no son representativos de todo el universo de los municipios, sino de los que cumplen con estas condiciones específicas y que son los únicos que se miden.

Figura 3.29 – Descriptores estadísticos $Y5_t$ – comunicaciones no exitosas 4G



Fuente: Construcción propia con base en CRC F2.4 Indicadores de calidad para servicios de datos móviles 4G basados en mediciones de gestores de desempeño.

Figura 3.30 – Descriptores estadísticos $Y6_t$ – pérdida anormal de portadoras 4G

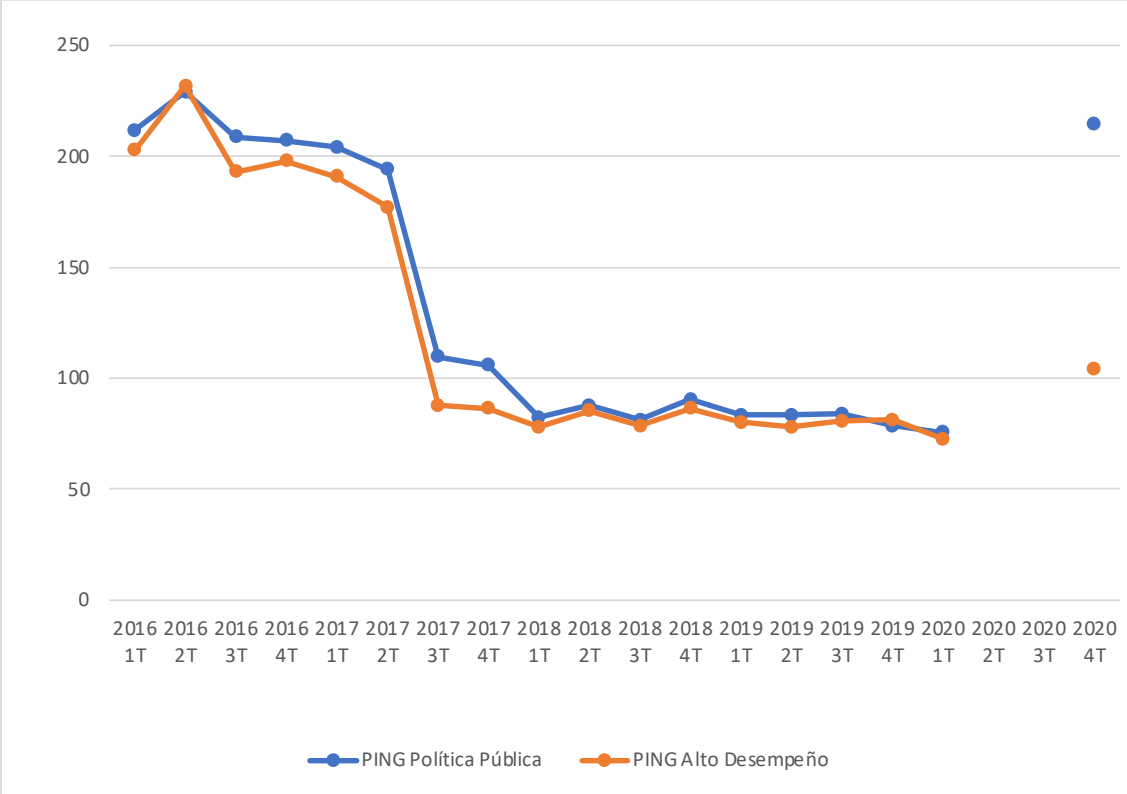


Fuente: Construcción propia con base en CRC F2.4 Indicadores de calidad para servicios de datos móviles 4G basados en mediciones de gestores de desempeño.

En cuanto a los indicadores de calidad de servicio para datos 3G el ping nacional se presenta en la Figura 3.31, la tasa de datos media FTP en la Figura 3.32 y la tasa de datos media HTTP en la Figura 3.33. Se cuenta con información completa de 120 municipios de política pública y 31 de alto desempeño. En las tres gráficas se observa que no existe información para los periodos 2020

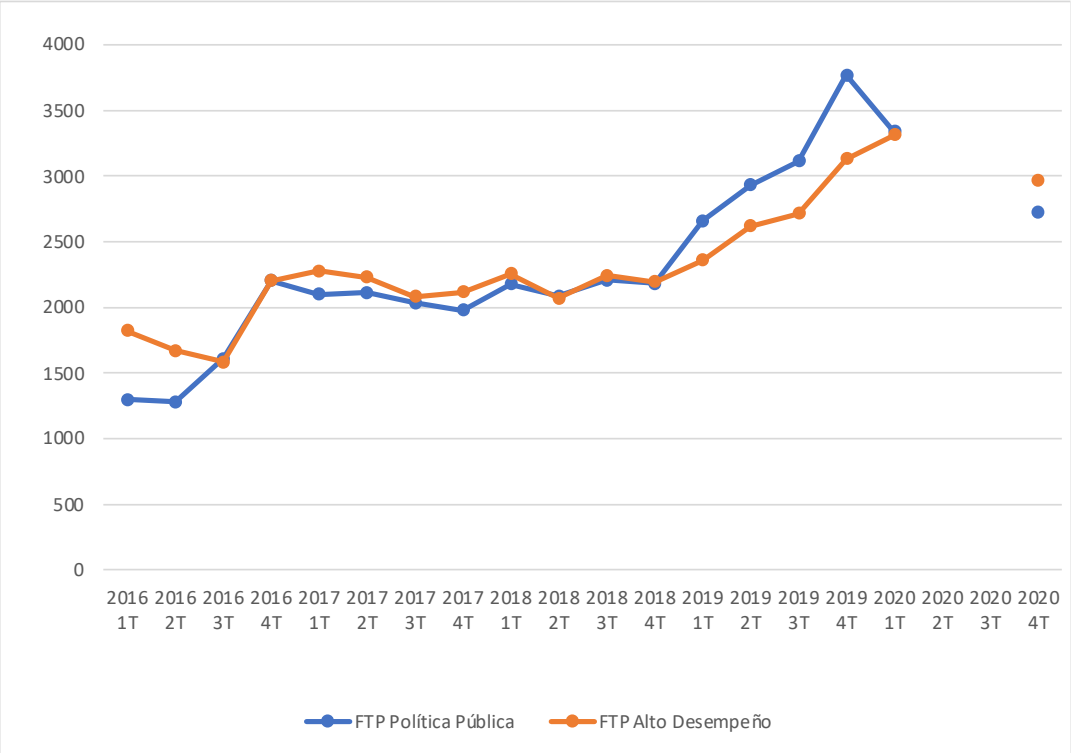
– 2T y 2020 -3T. En estos últimos dos casos la razón es la suspensión de las mediciones como consecuencia de la pandemia de COVD-19. Por esta razón se considerarán para el análisis únicamente los datos entre los periodos 2016-1T y 2020 – 1T. En el caso del indicador de ping nacional la medición tiende a ser mejor en los municipios de alto desempeño (un valor menor) que en los de política pública. En el caso de los indicadores FTP y HTTP los municipios de política pública están por debajo de los de alto desempeño en los primeros trimestres analizados, pero luego los superan.

Figura 3.31 – Descriptores estadísticos $Y7_t$ – ping nacional 3G [ms]



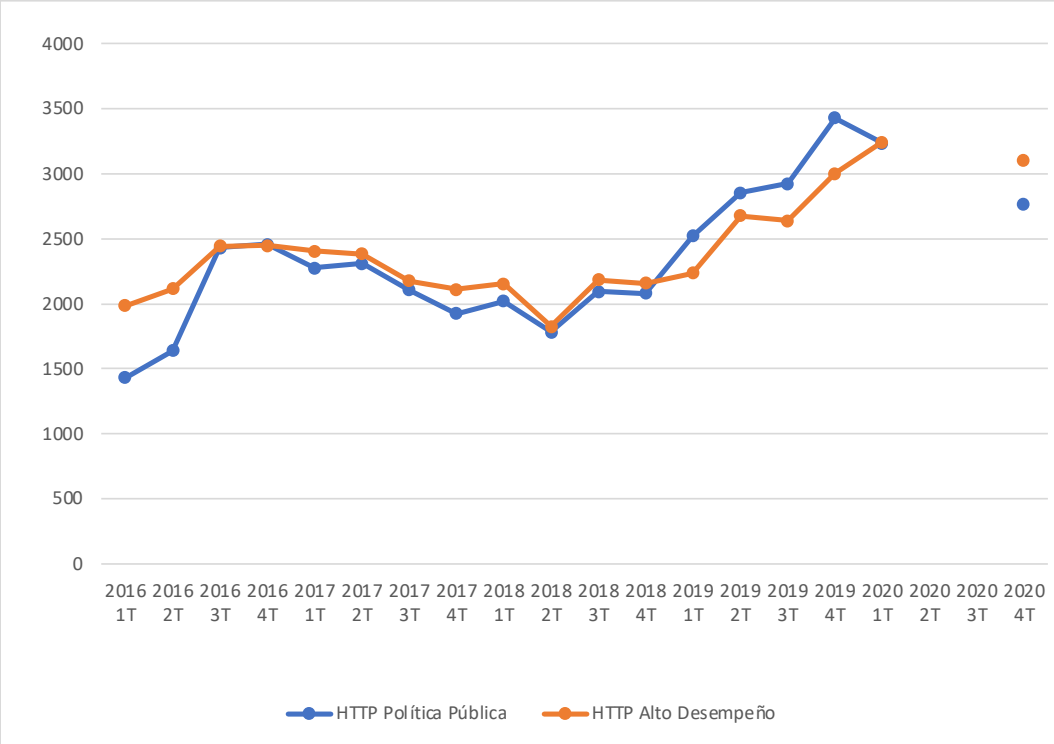
Fuente: Construcción propia con base en el formato 21 de la Resolución CRC 4734 de 2015 (del primer trimestre de 2016 a primer trimestre de 2017) y formato 2.4 de la Resolución CRC 5050 de 2016 (del tercer trimestre de 2017 a primer trimestre de 2020)

Figura 3.32 – Descriptores estadísticos $Y8_t$ – tasa de datos media FTP 3G [kbps]



Fuente: Construcción propia con base en el formato 21 de la Resolución CRC 4734 de 2015 (del primer trimestre de 2016 a primer trimestre de 2017) y formato 2.4 de la Resolución CRC 5050 de 2016 (del tercer trimestre de 2017 a primer trimestre de 2020)

Figura 3.33 – Descriptores estadísticos $Y9_t$ – tasa de datos media HTTP 3G [kbps]



Fuente: Construcción propia con base en el formato 21 de la Resolución CRC 4734 de 2015 (del primer trimestre de 2016 a primer trimestre de 2017) y formato 2.4 de la Resolución CRC 5050 de 2016 (del tercer trimestre de 2017 a primer trimestre de 2020)

También se analizó la correlación entre las variables de control de la hipótesis 4 y se encontró que en general hay bajo o medio nivel de correlación entre las variables. La variable que se encuentra más correlacionada es el índice EIS con el índice PCC (0,5398).

Cuadro 3.20 - Hipótesis 4 – Correlación entre las variables

	Y1IT LLAMADAS NO EXITOSAS 2G	D	Z	ZD	MPOBLACION	DISCAPITAL	ÍNDICEDESEG
Y1it llamadas no exitosas 2G	1						
d	0,084	1					
z	0,0492	0,0007	1				
zd	0,0927	0,6461	0,6771	1			
mpoblacion	-0,0233	0,0027	-0,1867	-0,1259	1		
discapital	0,0246	-0,0003	0,2457	0,1665	-0,1164	1	
ÍndicedeSEG	0,0234	-0,0884	0,2988	0,1512	-0,1313	0,2193	1
ÍndicedePCC	-0,0811	0,0037	-0,5694	-0,3852	0,3823	-0,314	-0,4022
ÍndicedeEIS	-0,0573	0,0703	-0,4009	-0,2263	0,2087	-0,3157	-0,4242

	Y1IT LLAMADAS NO EXITOSAS 2G	D	Z	ZD	MPOBLACION	DISCAPITAL	ÍNDICEDESEG
HHI móvil	0,0062	-0,0225	0,3042	0,1946	-0,1548	0,2103	0,2333
	ÍndicedePCC	ÍndicedeEIS	HHI móvil				
ÍndicedePCC	1						
ÍndicedeEIS	0,5398	1					
HHI móvil	-0,4894	-0,239	1				

	Y2IT LLAMADAS NO EXITOSAS 3G	D	Z	ZD	MPOBLACION	DISCAPITAL	ÍNDICEDESEG
Y2it llamadas no exitosas 3G	1						
d	0,0184	1					
z	0,0679	0,0055	1				
zd	0,0581	0,651	0,6761	1			
mpoblacion	-0,0233	0,002	-0,1875	-0,1264	1		
discapital	0,1023	0,0034	0,242	0,1659	-0,1159	1	
ÍndicedeSEG	0,0764	-0,0799	0,2981	0,1559	-0,132	0,2268	1
ÍndicedePCC	-0,0993	-0,0019	-0,5683	-0,386	0,3823	-0,3113	-0,4067
ÍndicedeEIS	-0,1321	0,0644	-0,3978	-0,227	0,2074	-0,3165	-0,4335
HHI móvil	0,0714	-0,0173	0,3049	0,1977	-0,1545	0,2098	0,243
	ÍndicedePCC	ÍndicedeEIS	HHI móvil				
ÍndicedePCC	1						
ÍndicedeEIS	0,5406	1					
HHI móvil	-0,4889	-0,2444	1				

	Y3IT LLAMADAS CAÍDAS 2G	D	Z	ZD	MPOBLACION	DISCAPITAL	ÍNDICEDESEG
Y3it llamadas caídas 2G	1						
d	0,2062	1					
z	0,1478	0,0007	1				
zd	0,234	0,6461	0,6771	1			
mpoblacion	-0,0809	0,0027	-0,1867	-0,1259	1		
discapital	0,0731	-0,0003	0,2457	0,1665	-0,1164	1	

	Y3IT LLAMADAS CAÍDAS 2G	D	Z	ZD	MPOBLACION	DISCAPITAL	ÍNDICEDESEG
ÍndicedeSEG	0,1062	-0,0884	0,2988	0,1512	-0,1313	0,2193	1
ÍndicedePCC	-0,2539	0,0037	-0,5694	-0,3852	0,3823	-0,314	-0,4022
ÍndicedeEIS	-0,1229	0,0703	-0,4009	-0,2263	0,2087	-0,3157	-0,4242
HHI móvil	0,1793	-0,0225	0,3042	0,1946	-0,1548	0,2103	0,2333
	ÍndicedePCC	ÍndicedeEIS	HHI móvil				
ÍndicedePCC	1						
ÍndicedeEIS	0,5398	1					
HHI móvil	-0,4894	-0,239	1				

	Y4IT LLAMADAS CAÍDAS 3G	D	Z	ZD	MPOBLACION	DISCAPITAL	ÍNDICEDESEG
Y4it llamadas caídas 3G	1						
d	0,1159	1					
z	0,207	0,0055	1				
zd	0,2225	0,651	0,6761	1			
mpoblacion	-0,0874	0,002	-0,1875	-0,1264	1		
discapital	0,1059	0,0034	0,242	0,1659	-0,1159	1	
ÍndicedeSEG	0,1727	-0,0799	0,2981	0,1559	-0,132	0,2268	1
ÍndicedePCC	-0,2942	-0,0019	-0,5683	-0,386	0,3823	-0,3113	-0,4067
ÍndicedeEIS	-0,1781	0,0644	-0,3978	-0,227	0,2074	-0,3165	-0,4335
HHI móvil	0,2315	-0,0173	0,3049	0,1977	-0,1545	0,2098	0,243
	ÍndicedePCC	ÍndicedeEIS	HHI móvil				
ÍndicedePCC	1						
ÍndicedeEIS	0,5406	1					
HHI móvil	-0,4889	-0,2444	1				

	Y5IT COMUNICACIONES NO EXITOSAS 4G	D	Z	ZD	MPOBLACION	DISCAPITAL	ÍNDICEDESEG
Y5it comunicaciones no exitosas 4G	1						
d	0,0708	1					
z	0,0265	0,0768	1				
zd	0,047	0,2827	0,8978	1			
mpoblacion	0,0333	-0,0128	-0,1425	-0,1328	1		
discapital	-0,123	0,01	0,2693	0,2387	-0,2033	1	
ÍndicedeSEG	-0,0532	-0,0816	0,0801	0,1038	-0,0553	0,2463	1
ÍndicedePCC	-0,0487	-0,0845	-0,4884	-0,4894	0,467	-0,2822	-0,1617
ÍndicedeEIS	-0,0502	-0,0481	-0,5182	-0,4905	0,2468	-0,2863	-0,2528
HHI móvil	-0,0483	-0,0166	0,3858	0,3608	-0,2373	0,3009	0,1879

	ÍndicedePCC	ÍndicedeEIS	HHI móvil				
ÍndicedePCC	1						
ÍndicedeEIS	0,5805	1					
HHI móvil	-0,5708	-0,394	1				

	Y6IT PÉRDIDA DE PORTADORAS 4G	D	Z	ZD	MPOBLACION	DISCAPITAL	ÍNDICEDESEG
Y6it pérdida de portadoras 4G	1						
d	0,0338	1					
z	-0,1876	0,0424	1				
zd	-0,1365	0,2635	0,8823	1			
mpoblacion	0,25	-0,0014	-0,124	-0,1115	1		
discapital	-0,2735	-0,0139	0,2287	0,189	-0,1962	1	
ÍndicedeSEG	0,1102	-0,149	-0,0571	-0,0494	-0,0229	0,2146	1
ÍndicedePCC	0,37	-0,0195	-0,413	-0,3921	0,5053	-0,2199	0,0792
ÍndicedeEIS	0,1982	-0,0005	-0,4773	-0,4335	0,2361	-0,2477	-0,1154
HHI móvil	-0,3836	-0,0837	0,3074	0,256	-0,2408	0,2457	-0,0012
	ÍndicedePCC	ÍndicedeEIS	HHI móvil				
ÍndicedePCC	1						
ÍndicedeEIS	0,4903	1					
HHI móvil	-0,4527	-0,3045	1				

	Y7IT PING NACIONAL 3G	D	Z	ZD	MPOBLACION	DISCAPITAL	ÍNDICEDESEG
Y7it ping nacional 3G	1						
d	-0,5305	1					
z	0,0269	0,007	1				
zd	-0,4297	0,8197	0,3932	1			
mpoblacion	-0,0526	0,0084	-0,3338	-0,1304	1		
discapital	-0,0165	0,0147	0,2551	0,1148	-0,2033	1	
ÍndicedeSEG	0,113	-0,1481	0,2748	-0,0046	-0,1755	0,3385	1
ÍndicedePCC	-0,0293	-0,0086	-0,661	-0,2744	0,5388	-0,4204	-0,4953
ÍndicedeEIS	-0,079	0,0638	-0,4723	-0,1338	0,3496	-0,3984	-0,5653
HHI móvil	-0,0159	0,0141	0,3957	0,1887	-0,2431	0,2543	0,2264
	ÍndicedePCC	ÍndicedeEIS	HHI móvil				
ÍndicedePCC	1						
ÍndicedeEIS	0,6828	1					
HHI móvil	-0,5116	-0,2931	1				

	Y8IT FTP 3G	D	Z	ZD	MPOBLACION	DISCAPITAL	ÍNDICEDESEG
Y8it FTP 3G	1						

	Y8IT FTP 3G	D	Z	ZD	MPOBLACION	DISCAPITAL	ÍNDICEDESEG
d	0,3505	1					
z	0,0107	0,007	1				
zd	0,3159	0,8202	0,3927	1			
mpoblacion	0,0459	0,0085	-0,334	-0,1302	1		
discapital	-0,008	0,0135	0,2541	0,113	-0,2029	1	
ÍndicedeSEG	-0,0438	-0,1486	0,274	-0,0058	-0,1751	0,3388	1
ÍndicedePCC	0,0328	-0,0086	-0,6608	-0,274	0,5386	-0,4204	-0,4945
ÍndicedeEIS	0,0359	0,0635	-0,4727	-0,134	0,3496	-0,3972	-0,564
HHI móvil	0,0211	0,0137	0,3955	0,188	-0,2429	0,2553	0,2254
	ÍndicedePCC	ÍndicedeEIS	HHI móvil				
ÍndicedePCC	1						
ÍndicedeEIS	0,6827	1					
HHI móvil	-0,5124	-0,2941	1				

	Y9IT HTTP 3G	D	Z	ZD	MPOBLACION	DISCAPITAL	ÍNDICEDESEG
Y9it HTTP 3G	1						
D	0,2299	1					
Z	-0,014	0,007	1				
Zd	0,2077	0,8202	0,3927	1			
mpoblacion	0,0546	0,0085	-0,334	-0,1302	1		
discapital	-0,0106	0,0135	0,2541	0,113	-0,2029	1	
ÍndicedeSEG	-0,0327	-0,1486	0,274	-0,0058	-0,1751	0,3388	1
ÍndicedePCC	0,0605	-0,0086	-0,6608	-0,274	0,5386	-0,4204	-0,4945
ÍndicedeEIS	0,0318	0,0635	-0,4727	-0,134	0,3496	-0,3972	-0,564
HHI móvil	-0,0521	0,0137	0,3955	0,188	-0,2429	0,2553	0,2254
	ÍndicedePCC	ÍndicedeEIS	HHI móvil				
ÍndicedePCC	1						
ÍndicedeEIS	0,6827	1					
HHI móvil	-0,5124	-0,2941	1				

Fuente Construcción propia con base

3.6.3 Resultados del modelo, análisis y conclusiones

Los resultados obtenidos al correr el modelo para las nueve variables de resultado se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro 3.21 - Hipótesis 4 – Resultados obtenidos por el modelo

VARIABLES	(1) PROM_PORC_INTENTO_LLAM_NO_EXIT2G	(2) PROM_PORC_INTENTO_LLAM_NO_EXIT3G	(3) PROM_PORCENTAJE_LLAMADA_CAIDA2G	(4) PROM_PORCENTAJE_LLAMADA_CAIDA3G	(5) PORCENTAJE__COMUN_NO_EXITOSO4G	(6) TASA_PERDIDA_ANORMAL	(7) INDICADOR_PING_NACIONAL	(8) INDICADOR_TASA_DATO_MEDIA_FTP	(9) INDICADOR_TASA_DATO_MEDIA_HTTP
d	0,330***	0,0904	0,635***	0,140***	0,131	0,0222	-80,65***	567,0***	232,7***
	-0,0981	-0,0637	-0,0495	-0,0255	-0,0868	-0,0769	-5,067	-80,87	-73,26
z	-0,138	-0,00286	-0,00068	0,0208	-0,0694	-0,211	6,505	3,179	-15,24
	-0,104	-0,0675	-0,0525	-0,027	-0,167	-0,147	-4,555	-72,66	-65,83
zd	0,193*	-0,0215	-0,0014	0,0759***	0,11	0,330**	-6,165	348,3***	325,5***
	-0,112	-0,0725	-0,0563	-0,0289	-0,179	-0,158	-5,681	-90,62	-82,1
POBLACION	9,28E-08	8,93e-08*	6,33e-08*	4,94e-08***	7,19e-08*	7,44e-08**	-0,00636***	0,0522	0,0392
	-7,24E-08	-4,67E-08	-3,66E-08	-1,87E-08	-3,96E-08	-3,57E-08	-0,00241	-0,0384	-0,0348
discapital	-9,69E-05	0,000868***	-0,000308*	-0,000391***	-0,00276***	-0,00408***	-0,0426**	-0,0914	0,146
	-0,000347	-0,000225	-0,000175	-8,98E-05	-0,000588	-0,000531	-0,0201	-0,321	-0,291
ÍndicedeSeguridad	-0,000776	-0,000453	0,00129***	0,00143***	-0,00223	0,00879***	0,0833	1,632*	1,356
	-0,000924	-0,000601	-0,000467	-0,00024	-0,00162	-0,00157	-0,0578	-0,921	-0,834
ÍndicedeProductividadCompeti	-0,0178***	-0,00447***	-0,0222***	-0,0113***	-0,00998***	0,0200***	0,0584	8,131***	7,360***
	-0,00245	-0,00159	-0,00124	-0,000636	-0,00351	-0,0034	-0,149	-2,383	-2,159
ÍndicedeEquidadeInclusiónSo	-0,00391***	-0,0102***	7,45E-05	-0,000886**	-0,00491**	-0,000168	-0,163*	-0,623	-1,559
	-0,00144	-0,000936	-0,00073	-0,000374	-0,00239	-0,00217	-0,0962	-1,532	-1,388
HHI_movil	-4,87e-05***	1,05E-05	4,90e-05***	3,78e-05***	-8,02e-05***	-0,000251***	-0,00121*	0,0251**	-0,0205**
	-1,14E-05	-7,39E-06	-5,76E-06	-2,95E-06	-2,94E-05	-2,82E-05	-0,000719	-0,0115	-0,0104
Constant	1,813***	1,066***	1,521***	0,721***	1,940***	0,876***	175,5***	1,460***	2,009***
	-0,173	-0,112	-0,0874	-0,0449	-0,297	-0,275	-10,43	-166,3	-150,7
Observations	14,268	14,107	14,268	14,107	1,464	1,395	3,577	3,588	3,588
R-squared	0,016	0,022	0,113	0,131	0,038	0,245	0,287	0,133	0,065

Nota. Errores estándar en paréntesis y *** p<0,001, ** p<0,05, *p<0,1

Fuente Construcción propia con base en información de la CRC

De acuerdo con el resultado del modelo, no se observa que la Resolución CRC 5321 haya tenido efectos sobre el comportamiento de los indicadores: porcentaje de intentos de llamada no exitosa 3G, porcentaje de llamadas caídas 2G, porcentaje de comunicaciones no exitosas 4G y ping nacional 3G.

En cambio se observa que la regulación pudo afectar la calidad del servicio en forma negativa incrementando el porcentaje de intentos de llamadas no exitosas 2G en los municipios de política pública. En el caso de este indicador el nivel de significancia es bajo ($p<0.1$).

Con un mayor nivel de significancia ($p<0.05$) se observan posibles efectos negativos en el incremento de la tasa de pérdida anormal de portadoras 4G en los municipios de política pública. Sin embargo sobre estos indicadores de 4G es importante mencionar que si bien se utilizó el mismo criterio de selección en los municipios de política pública y alto desempeño, estos no son representativos de todo el universo de los municipios, sino de los que cumplen con estas condiciones específicas de selección y que son los únicos que se miden, razón por la cual la conclusión no puede extenderse a la totalidad de los municipios de política pública, porque no se midieron.

Con un alto nivel de significancia ($p<0.01$) se observan efectos negativos sobre el porcentaje de llamadas caídas 3G en los municipios de política pública pero por otra parte se observan posibles efectos positivos sobre la tasa de datos media HTTP y el indicador de tasa de datos media FTP en los municipios de política pública.

Estos resultados del modelo indican que la eliminación de las metas de calidad del servicio en los municipios de política pública tiende a afectar de manera más adversa los servicios de voz (llamadas no exitosas 2G y llamadas caídas 3G); sin embargo, las diferencias observadas en las estadísticas descriptivas (ver por ejemplo Figura 3.25 y Figura 3.28) no evidencian que se haya generado un grave deterioro de la calidad del servicio promedio al comparar los municipios de política pública con los de alto desempeño. En promedio para los municipios de política pública el porcentaje de llamadas no exitosas 2G es inferior a 2% y el de llamadas caídas en 3G es inferior a 1,2%.

El modelo también evidencia que algunas de las variables de control seleccionadas contribuyen a la explicación de los indicadores de calidad del servicio de manera significativa. Notablemente el índice de competencia de suscriptores móviles tiene efectos sobre siete de las nueve variables de resultado de calidad de servicio analizadas; el índice de productividad y competitividad municipal sobre ocho; y el índice de equidad e inclusión social municipal sobre cinco.

3.7 CONCLUSIONES

Respecto de la hipótesis 1 se encontró que con posterioridad a la expedición de la Resolución CRC 5321 disminuyó la velocidad del crecimiento (pendiente) del número de estaciones base (sitios) tanto en los municipios de frontera de política pública como en los de alto desempeño. En cambio, el comportamiento del número de sectores 4G en los municipios de frontera de política pública y alto desempeño, muestra que el efecto de la intervención regulatoria generó un cambio positivo y significativo en la pendiente que describe el crecimiento del número de sectores 4G de ambas categorías de municipios y que el incremento en la pendiente de los municipios de frontera de política pública fue tal, que resulta similar a la pendiente que describe el crecimiento de sectores 4G de los municipios de frontera de alto desempeño.

Por otra parte, se verificó la hipótesis 2, encontrando que efectivamente la excepción regulatoria sobre las metas de calidad promocionó de manera general la oferta de servicios de internet fijo en los 240 municipios que no contaban con el servicio a nivel residencial y los 26 municipios que no contaban con la cobertura del servicio en el mercado corporativo para el tercer trimestre del año 2015. El análisis de los efectos marginales muestra que la regulación contribuyó en aumentar al menos 0,309 puntos porcentuales la probabilidad que existiera internet fijo residencial en un municipio y en 0,073 puntos porcentuales la probabilidad que existiera internet fijo corporativo en un municipio.

En cuanto a la hipótesis 3, se encontró que con posterioridad a la intervención regulatoria se observó una disminución en la pendiente que describe el crecimiento de la penetración de internet fijo tanto de los municipios de frontera de política pública como de los municipios de frontera de alto desempeño. Por otra parte, el efecto de la intervención regulatoria generó un cambio positivo en la pendiente que describe el crecimiento de la penetración móvil tanto en los municipios de frontera de política pública como en los municipios de frontera de alto desempeño.

En cuanto a la hipótesis 4, se encontró que la excepción regulatoria sobre las metas de calidad del servicio en los 876 municipios no tuvo efectos sobre el comportamiento de los indicadores: porcentaje de intentos de llamada no exitosa 3G, porcentaje de llamadas caídas 2G, porcentaje de comunicaciones no exitosas 4G y ping nacional 3G. En cambio, se observan efectos negativos sobre el porcentaje de llamadas caídas 3G y, con menor significancia, efectos negativos sobre los intentos de llamadas no exitosas 2G. Por otra parte se observan posibles efectos positivos sobre la tasa de datos media HTTP y el indicador de tasa de datos media FTP en los municipios de política pública.

3.8 SENDAS Y RECOMENDACIONES

A partir de los análisis efectuados, se establecen las siguientes **recomendaciones**:

1. **Ajustar y actualizar la lista de municipios contenida en el Anexo 7 de la Resolución CRC5321 de 2018** para los cuales se estable la excepción regulatoria para el cumplimiento de los indicadores de calidad para servicios fijos y móviles de que trata el artículo 5.1.1.6. de la Resolución CRC 5321 de 2018
    a. La razón para establecer esta recomendación surge a partir de los análisis Probit de municipios de política pública y alto desempeño que fueron desarrollados por la Consultoría. Se evidenciaron 33 municipios que tienen la excepción regulatoria, pero cuentan con una probabilidad menor a 0,5 de pertenecer al clúster de política pública y 240 para los cuales no fue posible estimar la probabilidad. De igual manera se encontraron 52 municipios que forman parte del clúster de alto desempeño, pero obtuvieron una probabilidad mayor o igual a 0,5 de pertenecer al clúster de política pública. Esto puede indicar que es necesario establecer ajustes sobre la lista de municipios que cuentan en la actualidad con la excepción regulatoria, considerando además que la lista fue determinada en el año 2017, pero usando datos anteriores a esa fecha.
2. **Mantener la medida regulatoria contemplada en el artículo 5.1.1.6 pero aplicándola a un listado de municipios actualizado**.
    a. La razón para establecer esta recomendación surge a partir de los siguientes resultados obtenidos por esta Consultoría:
        i. El modelo muestra que la Resolución CRC 5321 tuvo efectos positivos y significativos para que los municipios que no contaban con internet residencial o internet corporativo pudieran tener acceso al servicio.
        ii. Los análisis presentados evidenciaron impactos positivos sobre el despliegue de infraestructura móvil.
            1. La diferencia de crecimiento en las pendientes del número de estaciones base entre los municipios de frontera de política pública y alto desempeño con posterioridad a la intervención regulatoria muestran que se generó una tendencia de cierre de brecha entre ambos tipos de municipios.
            2. Se evidencia un cambio neto positivo de pendiente en el crecimiento del número de sectores 4G tanto en los municipios de frontera de política pública como los de alto desempeño luego de la intervención regulatoria
        iii. Los análisis presentados evidenciaron impactos positivos sobre la penetración móvil.
            1. El efecto neto después de la intervención regulatoria muestra un cambio neto positivo de pendiente que evidencia una tendencia de crecimiento mayor luego de la intervención tanto en los municipios

de frontera de política pública como en los municipios de frontera de alto desempeño.

iv. La eliminación de las metas de calidad del servicio en los municipios de política pública tiende a afectar de manera más adversa los servicios de voz (llamadas no exitosas 2G y llamadas caídas 3G); sin embargo, las diferencias observadas no evidencian que se haya generado un grave deterioro de la calidad del servicio promedio al comparar los municipios de política pública con los de alto desempeño. Para el resto de los indicadores de calidad del servicio se encontró que la excepción regulatoria sobre las metas de calidad del servicio no tuvo efectos adversos sobre el comportamiento de los indicadores.

Adicionalmente, se sugiere a la CRC la posible **senda de trabajos futuros** en los siguientes temas:

1. **Revisar los criterios que fueron utilizados en el año 2017 para definir cuando un municipio debe formar parte del clúster de política pública**, considerando la evolución sectorial que se ha dado en los últimos 4 años. En la medida en que las condiciones de los municipios cambian se deben hacer más exigentes las condiciones para la excepción regulatoria. En particular, deben verificarse las condiciones objetivas que permitan verificar si grandes ciudades que hoy están cubiertas por la excepción (por ejemplo: Santa Marta y Valledupar) deben seguir estándolo.

Capítulo 4

RESOLUCIÓN 5283 DE 2017

4.1 ANTECEDENTES

La Resolución CRC 5283 de 2017 actualizó las condiciones de acceso, uso y remuneración de infraestructura pasiva perteneciente al sector de telecomunicaciones; para tal fin estableció un conjunto de obligaciones que se deben observar a la hora de constituir acuerdos de compartición de infraestructura TIC, y estableció una metodología de remuneración producto de la elaboración de un modelo de costos eficientes que permite fijar los topes tarifarios de contraprestación mensual de la infraestructura a compartir (postes y ductos).

Los antecedentes de compartición de infraestructura pasiva en Colombia se remontan a la Ley 680 de 2001 que estableció mecanismos de compartición para la prestación del servicio público de televisión mediante el uso de la infraestructura de postes y ductos de empresas o propietarios de infraestructura de los servicios públicos domiciliarios. En el 2008 la entonces CRT mediante Resolución 2014 reguló el derecho de los operadores de servicios públicos de telecomunicaciones al uso de postes y ductos de todos los operadores de telecomunicaciones y estableció los topes tarifarios para postes (8 y 12 metros) y para ductos (4 y 6 pulgadas).

De esa manera la situación observada al momento de la modificación regulatoria del año 2017 es que ya existían algunos acuerdos de compartición vigentes entre los PRST, algunos de ellos desde el año 2008 y que en las Ofertas Básicas de Interconexión (OBI) de los PRST se incluían, entre otras, las instalaciones esenciales de postes y ductos.

El documento de soporte de la revisión de las condiciones de compartición de acceso y uso de elementos pasivos de redes de telecomunicaciones realizado por la CRC (CRC, 2017) evidenció la necesidad de cambiar la metodología de costeo utilizada para la compartición de infraestructura de red fija (postes y ductos) usando para ello un modelo de costos eficientes, producto de lo cual resultaría una modificación en los topes tarifarios para la compartición de infraestructura que fueron definidos en el año 2008.

Además, la modificación regulatoria del año 2017 tomó en consideración el principio del uso eficiente de la infraestructura y de los recursos escasos establecido en la Ley 1341 de 2009, el cual fue incluido con el ánimo de generar competencia, calidad y eficiencia, en beneficio de los

usuarios, siempre y cuando se remunere dicha infraestructura a costos de oportunidad, sea técnicamente factible, no degrade la calidad de servicio que el propietario de la red viene prestando a sus usuarios y a los terceros, no afecte la prestación de sus propios servicios y se cuente con suficiente infraestructura, teniendo en cuenta la factibilidad técnica y la remuneración a costos eficientes del acceso a dicha infraestructura.

En ese contexto, la Resolución 5283 de 2017 estableció el derecho de todos los PRST así como de los operadores de televisión por cable y de radiodifusión sonora y de televisión al uso de la infraestructura de postes y ductos de todos los PRST y los operadores de televisión por cable e indicó que la obligación de acceso a postes y ductos, que son instalaciones esenciales, se da siempre y cuando se tenga disponibilidad, sea técnicamente viable y exista acuerdo sobre contraprestación económica y condiciones de uso; pero también indicó que en caso de oferta amplia, pública y abierta, que garantice la competencia, demostrada a solicitud de parte, se pueden excluir postes y ductos como instalación esencial.

La Resolución también indicó que en caso de no haber acuerdo entre las partes sobre las condiciones de uso y remuneración, la CRC, previa solicitud de la parte interesada, establecería las condiciones de uso y remuneración mediante la metodología de cálculo y sin exceder los topes tarifarios establecidos para postes y ductos.

Por tanto, el cambio clave que introduce la Resolución CRC 5283 de 2017 se da a nivel de regulación de precios por el uso de la infraestructura pasiva de postes y ductos ante falta de acuerdo y consistió en un cambio en la metodología de cálculo a partir del desarrollo de un modelo de costos eficientes.

El comportamiento de los precios tope regulados de espacio en postes y ductos vigente entre los años 2008 y 2017 se presenta en el Cuadro 4.1 y los valores que fueron regulados a partir del 2018 en el Cuadro 4.2 Estos últimos están expresados en precios corrientes del año 2017 y se ajustan cada año de acuerdo con la variación anual del Índice de precios al productor. Se observa una disminución en los valores regulados de postes de 8 y 12 metros, la inclusión de nuevas categorías de precio regulado para postes de 10 y 14 metros; y la unificación de los precios regulados de ductos en una sola categoría que ahora es independiente del diámetro del ducto y con un precio levemente mayor que la categoría previa de metro por ducto de seis pulgadas.

Cuadro 4.1 - Evolución anual de los precios regulados tope para la compartición la infraestructura de postes y ductos entre 2008 y 2017 en pesos corrientes

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Espacio en poste de 8 metros	-	$3.570,26	$3.891,23	$3.806,01	$3.972,71	$4.179,29	$4.056,00	$4.036,26	$4.291,61	$4.702,32	$4.778,28
Espacio en poste de 12 metros	-	$8.115,71	$8.845,31	$8.651,60	$9.030,54	$9.500,13	$9.219,87	$9.175,00	$9.755,45	$10.689,04	$10.861,72
Metro de ducto de 4 pulgadas	-	$903,75	$985,00	$963,43	$1.005,62	$1.057,92	$1.026,71	$1.021,71	$1.086,35	$1.190,31	$1.209,54
Metro de ducto de 6 pulgadas	-	$1.152,55	$1.256,16	$1.228,65	$1.282,47	$1.349,16	$1.309,36	$1.302,98	$1.385,42	$1.518,00	$1.542,52

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
IPP		8,99%	-2,19%	4,38%	5,20%	-2,95%	-0,49%	6,33%	9,57%	1,62%

Fuente: Imagen tomada del cuadro 3 de (CRC, 2017)

Cuadro 4.2 - Valores regulados de la infraestructura de postes y ductos mediante la Resolución CRC 5283 de 2017

Infraestructura	*Uso*	*Dimensión*	*Tope tarifario de Contraprestación Mensual de la Infraestructura*
Poste	*Por apoyos en el poste*	*8 metros*	*$ 4.636,8*
		10 metros	*$ 6.030,4*
		12 metros	*$ 6.176,8*
		14 metros	*$ 7.083,8*

Infraestructura	*Uso*	*Tope tarifario de Contraprestación mensual de la infraestructura*
Ducto	*Por metro lineal de un cable en ducto**	*$ 1.574,7*

*Nota: * Incluye costos asociados a la canalización y la construcción de cámaras y cajas de revisión.*

Fuente: Resolución CRC 5283 de 2017

4.2 Teoría del Cambio e identificación de hipótesis

La regulación de la CRC que nos ocupa está enmarcada en uno de los principios previstos por la Ley 1341 de 2009 modificada por la Ley 1978 de 2019, que consiste en incentivar el uso eficiente de la infraestructura y los recursos escasos para generar competencia, calidad y eficiencia en beneficio de los usuarios. La Resolución CRC 5283/2017 en particular, está enfocada en la infraestructura pasiva de las redes fijas de telecomunicaciones (postes y ductos) la cual además se encuentra categorizada como facilidad esencial, tanto en la regulación nacional como a nivel supranacional por la Comunidad Andina.

Ahora bien, las iniciativas regulatorias de compartición de infraestructura pasiva en Colombia se remontan hasta el año 2008. En esa medida los efectos observables de la modificación

regulatoria[46] que son eminentemente asociados con la definición de topes tarifarios deben notarse a partir de enero del año 2018.

A nivel global, el uso de regulación asociada con la compartición de infraestructura pasiva en redes fijas está bien establecido desde comienzos de este siglo e incluso en algunos países desde las dos últimas décadas del siglo XX. Se trata por tanto de una herramienta regulatoria madura que es de amplio uso tanto a nivel mundial como en el caso de la región Américas en particular, tal como se expuso en la comparación internacional.

En el año 2010 el regulador de comunicaciones del Reino Unido (OfCom) contrató un estudio sobre acceso compartido a la infraestructura que revisó las experiencias internacionales de cinco países[47] e incluyó un análisis de impacto cualitativo, el cual indicó que las medidas de compartición de infraestructura pasiva para redes fijas habían logrado incrementos en el uso de ductos compartidos en Francia y Portugal (CSMG, 2010).

Por otra parte, el Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT) de México en su Análisis de Impacto regulatorio de Lineamientos para el despliegue, acceso y uso compartido de infraestructura de telecomunicaciones y radio difusión, realizó un análisis de seis casos internacionales[48] y encontró que en Portugal las medidas regulatorias promovieron el aumento de la eficiencia de las redes utilizando infraestructura existente y en Francia la regulación optimizó el proceso de despliegue de redes electrónicas de alta velocidad (IFT, 2018).

Estas evidencias internacionales apuntan a considerar una hipótesis similar para el caso de Colombia, la cual debe manifestarse en términos de un incremento en la infraestructura de telecomunicaciones compartida (postes y ductos) con posterioridad a la modificación regulatoria. Adicionalmente, también debería observarse un incremento en el número de acuerdos suscritos para el uso de la infraestructura de telecomunicaciones, lo cual evidenciaría que la nueva regulación facilitó la negociación entre los Agentes. Con base en lo anterior se construyen las siguientes dos hipótesis.

Hipótesis 1: *Los topes tarifarios generaron un incremento en el uso que se hace de las infraestructuras pasivas, el cual se manifiesta en un incremento en el número de postes y ductos compartidos entre los agentes involucrados*

Hipótesis 2: *Los topes tarifarios generaron un incremento en el uso que se hace de las infraestructuras pasivas, que se manifiesta en un mayor número de acuerdos firmados*

En el año 2008, en un estudio sobre Derechos de vía públicos para el despliegue de fibra hacia el hogar, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) indicó que la

[46] Los aspectos que se están analizando de la Resolución entraron en vigor el 15 de diciembre de 2017
[47] Australia, Canadá, Estados Unidos, Francia y Portugal
[48] Bahréin, Costa Rica, Chile, España, Francia y Portugal

infraestructura pasiva incluyendo principalmente las obras civiles que comprende ductos y postes podían representar un 68% de los costos totales del primer año para la implementación de una nueva red de fibra (OCDE, 2008). Considerando esta información se evidencia una posible barrera de entrada para los Operadores que son nuevos en un mercado geográfico específico.

En esa misma línea el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) en un análisis de compartición de infraestructura en América Latina y el Caribe indicó que: "*La infraestructura pasiva no solo es costosa, sino que también lleva mucho tiempo implementarla, lo que constituye una barrera de entrada clara para la competencia basada en infraestructura. Este problema es especialmente relevante para los nuevos entrantes, quienes, a diferencia de los operadores tradicionales, no poseen una red de acceso preexistente heredada de la era del monopolio. Debido a esta razón, los responsables de la formulación de políticas y los reguladores deberían facilitar y alentar en general el despliegue y el uso compartido de infraestructura, siempre que la reducción de costos mediante el uso compartido de la infraestructura no suscite preocupaciones sobre la disminución de la competenc*ia." (BID, 2020)

Por otra parte, el análisis previamente mencionado del IFT encontró que, en el caso de Portugal, las medidas de compartición lograron una reducción de costos de despliegue de redes a través de la eliminación de obstáculos a la realización de nuevas obras de ingeniería civil (IFT, 2018).

Existe por tanto evidencia internacional que sugiere que la implementación de los nuevos topes tarifarios en Colombia puede haber influenciado positivamente una disminución en los costos de compartición de infraestructura pasiva de telecomunicaciones (postes y ductos), lo que permite construir una hipótesis en esa dirección.

Hipótesis 3: *Los topes tarifarios generaron una disminución en los costos de compartición de infraestructura de postes y ductos utilizados para el despliegue de redes o la prestación de servicios de telecomunicaciones.*

En el análisis ya citado del IFT, se encontró evidencia respecto a que las medidas regulatorias de compartición de infraestructura estimulan la inversión e influyen en la competencia efectiva en el sector de telecomunicaciones en los casos de Bahréin, Costa Rica y España (IFT, 2018).

En esa dirección uno de los efectos que se espera de la medida regulatoria es que al facilitar el despliegue de infraestructura vía los nuevos precios regulados de las instalaciones esenciales de infraestructura pasiva fija (postes y ductos), se incremente la competencia en los servicios de internet fijo y televisión por suscripción. Con base en lo anterior se construye la siguiente hipótesis.

Hipótesis 4: *La actualización de los topes tarifarios generó efectos positivos a nivel municipal sobre la competencia en los servicios de internet fijo y televisión por suscripción en términos de una disminución de los indicadores de concentración de mercado.*

El estudio contratado por Ofcom en el año 2010 citado previamente encontró que la compartición de infraestructura pasiva en redes fijas había contribuido al incremento en la penetración de servicios fijos de televisión por cable en los Estados Unidos en la década de los 80 del siglo pasado (CSMG, 2010).

Por su parte el estudio del IFT encontró que en el caso de Bahréin las medidas regulatorias elevaron la tasa de penetración de la telefonía móvil celular y de Internet de banda ancha, estableciendo precios bajos para el usuario final (IFT, 2018).

Estas evidencias internacionales dan sustento al establecimiento de una hipótesis de incremento en el número de suscriptores como consecuencia de la medida regulatoria, en los siguientes términos.

Hipótesis 5: *La actualización de los topes tarifarios generó efectos positivos a nivel municipal en términos de un incremento en el número de suscriptores del servicio de Internet fijo y televisión por suscripción.*

Por último en lo que respecta a los posibles efectos de las intervenciones regulatorias de compartición de infraestructura sobre los precios en los mercados minoristas, el análisis de la IFT encontró que en los casos Bahréin, Costa Rica, España y Francia se evidenciaron servicios más innovadores, de mayor calidad y cobertura a precios más competitivos y con mejores condiciones (IFT, 2018).

Por otra parte, una encuesta realizada por la UIT entre los países miembros evidenció que para el año 2020, sobre una base de 167 respuestas un 30,77% consideró que la compartición de infraestructura resulta en precios más bajos para los usuarios finales (ITU, 2021).

Considerando lo anterior, se construyó una última hipótesis de acuerdo con la cual la medida regulatoria tuvo efectos favorables sobre los precios minoristas, en los siguientes términos.

Hipótesis 6: *La actualización de los topes tarifarios generó una disminución de los precios minoristas de los servicios de Internet fijo y televisión por suscripción.*

De esta manera, en la figura siguiente se resumen los principales elementos de teoría del cambio asociados con la Resolución CRC 5283 de 2017.

Figura 4.1 – Teoría del cambio de la Resolución CRC 5283 de 2017

Fuente Desarrollo de la UT

4.3 HIPÓTESIS 1: LOS TOPES TARIFARIOS GENERARON UN INCREMENTO EN EL USO QUE SE HACE DE LAS INFRAESTRUCTURAS PASIVAS, EL CUAL SE MANIFIESTA EN UN INCREMENTO EN EL NÚMERO DE POSTES Y DUCTOS COMPARTIDOS ENTRE LOS AGENTES INVOLUCRADOS

4.3.1 Estructura del modelo propuesto, variables de resultado y control

En esta hipótesis se busca cuantificar los impactos de la regulación en los niveles y tendencias del número de contratos de infraestructura pasiva compartida. El análisis se realizó a nivel nacional considerando la información de cada uno de los Operadores que reportan el uso de infraestructura compartida pasiva de telecomunicaciones, pero considerando un rezago en la intervención regulatoria, debido tanto a la evidencia empírica identificada en el análisis mediante estadísticas descriptivas (ver sección 4.3.3) que muestra que pasa un tiempo entre la expedición de la regulación y el momento en el que las infraestructuras pasivas de telecomunicaciones comienzan a ser utilizadas efectivamente mediante modelos de compartición, como del análisis lógico del proceso que muestra la necesidad que tienen los Operadores de revisar la regulación, adecuar los contratos, planificar el uso de la infraestructura y luego efectivamente utilizarla. Se consideró un rezago de un año porque la información de la que se dispone es anual, lo que no permite una desagregación mayor en el análisis.

Las variables de control que pueden ser de relevancia para este análisis incluyen aquellas que afectan la demanda por los servicios que utilizan la infraestructura, en particular el PIB per cápita; así como las que consideran la penetración de los servicios que potencialmente usan la infraestructura tales como la penetración nacional de Internet fijo y televisión por suscripción.

También se consideraron variables financieras que pueden afectar las decisiones de las empresas que arriendan la infraestructura pasiva. De una parte, sus utilidades, que pueden indicar la capacidad de estas empresas para la realización de expansiones de cobertura de red y de otra su nivel total de activos, considerando que en las empresas de telecomunicaciones estos tienden a reflejar el tamaño de sus redes y este factor puede tener efectos sobre sus decisiones de alquiler de infraestructura.

La idea inicial de la especificación del modelo consistió en aplicar una correlación serial de Arellano & Bond luego de estimar el modelo dinámico de panel de datos (Arellano & Bond, 1991), mediante la siguiente ecuación para los postes de 8, 10, 12 y 14 metros:

$$Y_{kpt} = \alpha_0 + \alpha_1 Y_{kpt-1} + \alpha_2 REG_{t-1} + \sum_{p=1}^{4} \gamma_{0p} IPAS_p + \sum_{p=1}^{4} \gamma_p REG_{t-1} \cdot IPAS_p + \vec{\beta}^T \cdot \overrightarrow{CONTROL_{kt}} + \epsilon_{kpt} \quad (1)$$

A su vez se propuso la siguiente ecuación descriptiva para los metros de ducto:

$$Y_{k5t} = \alpha_0 + \alpha_1 Y_{k5t-1} + \alpha_2 REG_{t-1} + \vec{\beta}^T \cdot \overrightarrow{CONTROL_{kt}} + \epsilon_{kt} \quad (2)$$

Con:

$$\vec{\beta}^T \cdot \overrightarrow{CONTROL_{kt}} = \beta_1 PIBpc_t + \beta_2 PIF_t + \beta_3 PTVS_t + \beta_4 UTILIDAD_{kt} + \beta_5 ACTIVOS_{kt} \quad (3)$$

Donde:

Y_{kpt} representa el número de elementos de infraestructura pasiva de tipo p del arrendatario k en el tiempo t con p=1, 2, 3, 4, 5 describiendo respectivamente postes de 8 m, 10 m, 12 m, 14 m y total de metros lineales de ductos

α_1 mide la velocidad del ajuste de la infraestructura pasiva compartida de tipo p

α_2 mide el efecto promedio de la regulación sobre la compartición de infraestructura independientemente del tipo de infraestructura

γ_{0p} mide el efecto fijo de la infraestructura de tipo p

γ_p mide el efecto adicional en la cantidad de infraestructura compartida debido a la regulación para cada tipo de infraestructura p.

REG_t es una variable ficticia (dummy) dicotómica que indica el período previo a la intervención (codificado como 0) o el período posterior a la intervención (codificado como 1)

$IPAS_p$ es una variable ficticia (dummy) dicotómica que se codifica como 1 para las infraestructuras pasivas que son poste tipo p (con p=1, … 4) y cero de lo contrario.

$PIBpc_t$ es el PIB per cápita de Colombia en un año dado.

PIF_t es la penetración de Internet fijo de Colombia en un año dado

$PTVS_t$ es la penetración de televisión por suscripción de Colombia en un año dado

$UTILIDAD_{kt}$ corresponde a la utilidad o pérdida neta del arrendador de infraestructura k en un año dado

$ACTIVOS_{kt}$ corresponde a los activos totales del arrendador de infraestructura k en un año dado

Al correr este modelo, se encontró una dificultad de información respecto de las variables $UTILIDAD_{kt}$ y $ACTIVOS_{kt}$ debido a que se pudo ubicar un conjunto muy reducido de empresas para las cuales existía una serie larga de datos respecto a su utilidad y nivel de activos anuales. Trabajar sólo con estas empresas reducía significativamente la muestra de datos disponibles y además generaba sesgos en el análisis. Por tal razón se replanteó el vector de control de la siguiente manera:

$$\vec{\beta}^T \cdot \overrightarrow{CONTROL_t} = \beta_1 PIBpc_t + \beta_2 PIF_t + \beta_3 PTVS_t \quad (4)$$

Sin embargo, esto generó un inconveniente y es que el vector de control perdió toda dependencia con las empresas analizadas. Se realizaron las simulaciones pertinentes con esta modificación del modelo y se encontró que era significativo el efecto de la regulación tanto sobre la infraestructura de tipo 2 (postes de 10 metros) como sobre la infraestructura de tipo 5 (metros de ducto). Sin embargo, pese al uso del procedimiento de Arellano & Bond los resultados obtenidos mostraban que el efecto de la correlación serial Y_{kpt-1} era muy alto sobre la ecuación y diluía el efecto de la regulación. Por tal razón se ensayaron formas de ecuación diferentes. Primero se intentó revisar no el efecto combinado de todos los tipos de infraestructura en una sola ecuación, sino ecuaciones separadas por cada tipo de infraestructura, mediante la siguiente ecuación:

$$YP_{kt} = \alpha_0 + \alpha_1 Y_{kt-1} + \alpha_2 REG_{t-1} + \vec{\beta}^T \cdot \overrightarrow{CONTROL_t} + \epsilon_{kt} \quad (5)$$

Donde YP_{kt} corresponde a:

$Y1_{kt}$ representa el número de elementos de infraestructura pasiva de tipo 1 (postes de 8 metros) del arrendatario k en el tiempo t

$Y2_{kt}$ representa el número de elementos de infraestructura pasiva de tipo 2 (postes de 10 metros) del arrendatario k en el tiempo t

$Y3_{kt}$ representa el número de elementos de infraestructura pasiva de tipo 3 (postes de 12 metros) del arrendatario k en el tiempo t

$Y4_{kt}$ representa el número de elementos de infraestructura pasiva de tipo 4 (postes de 14 metros) del arrendatario k en el tiempo t

$Y5_{kt}$ representa el número de elementos de infraestructura pasiva de tipo 5 (metros lineales de ducto) del arrendatario k en el tiempo t

De nuevo se encontró que era claro el efecto positivo de la regulación sobre los postes de 10 metros y sobre los metros lineales de ductos, pero seguía ocurriendo que el efecto de la

correlación serial Y_{kpt-1} era muy alto sobre la ecuación y diluía el efecto de la regulación. Por tal razón se cambió el enfoque y se buscó analizar el comportamiento de la infraestructura con una tendencia en el tiempo (ecuación 6). Las nuevas revisiones realizadas sobre los resultados del modelo nos llevaron a concluir que este modelo era el que mostraba el mejor resultado.

$$YP_t = \alpha_0 + \alpha_1 T_t + \alpha_2 REG_{t-1} + \vec{\beta}^T \cdot \overrightarrow{CONTROL_t} + \epsilon_t \quad (6)$$

El mejor resultado que se obtuvo a partir de estos análisis es el que se consigue mediante la ecuación (6) que como puede observarse ya no corresponde a un panel de datos sino a cinco ecuaciones diferentes, una para cada tipo de infraestructura (p=1, 2, 3, 4 o 5). En cuanto al vector de control los análisis mostraron primero que existía una alta correlación entre PIF_t y $PTVS_t$ de manera que se decidió eliminar esta última variable de control. Por otra parte, al profundizar el análisis se encontró que PIF_t podía ser endógena con la variable de resultado YP_t porque la penetración de internet fijo depende de la infraestructura pasiva[49]. Por esa razón se exploraron dos posibilidades: generar un rezago sobre la penetración de internet fijo en el vector de control PIF_{t-1} y utilizar únicamente el $PIBpc_t$. Se obtuvo un mejor resultado con este último caso y entonces, por aplicación de la navaja de Ockham (principio de parsimonia), se optó por el modelo más simple con mayor poder explicativo. Es decir:

$$\vec{\beta}^T \cdot \overrightarrow{CONTROL_t} = \beta_1 PIBpc_t \quad (7)$$

4.3.2 Datos de entrada, fuentes y tratamiento

Los datos de entrada utilizados para cada una de las variables de resultado y de control, el tratamiento de datos y las observaciones relevantes sobre los mismos se presentan en el cuadro siguiente.

Cuadro 4.3 - Hipótesis 1 - Datos de entrada, fuentes, tratamiento y observaciones

VARIABLE	FUENTE	TRATAMIENTO	OBSERVACIONES
YP_{kt}	Solicitud de información por año a los operadores para la remisión de estadísticas sobre sus elementos de red de infraestructura pasiva de telecomunicaciones compartidos.	Se utilizó la información anual recolectada entre los años 2008 y 2020. Se omitieron aquellos contratos regidos por normativa de compartición de infraestructura de red eléctrica	
$PIBpc_t$	Producto interno bruto per cápita para cada año según información del DANE		

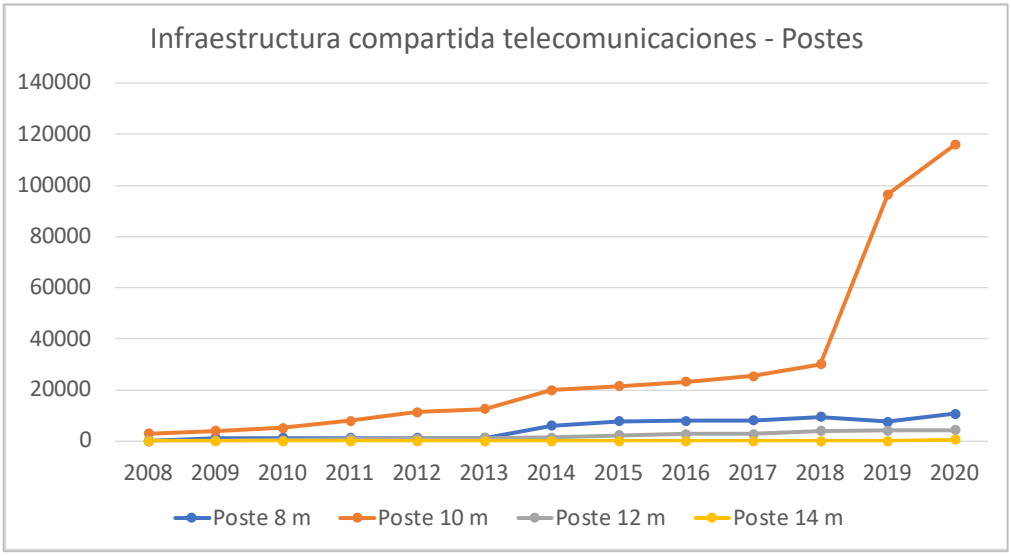
Fuente Construcción propia

4.3.3 Análisis descriptivo

[49] Si bien los datos en este caso son de infraestructura pasiva arrendada, puede argumentarse que se genera endogeneidad.

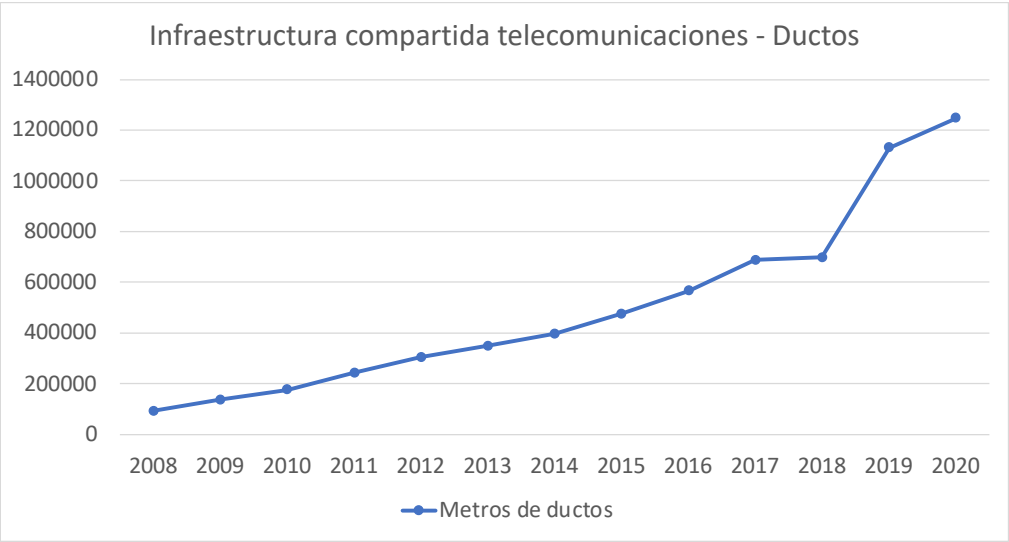
En las figuras siguientes se presenta el uso de compartición de infraestructura de telecomunicaciones (postes de 8m, 10m, 12m, 14 m y ductos) por parte de los PRST. Se observa un notable incremento tanto en el número de postes de 10 metros como en la cantidad de metros lineales de ductos un año después de la medida regulatoria contenida en la Resolución CRC 5283 de 2017.

Figura 4.2 - Infraestructura compartida de telecomunicaciones. Postes de 8m, 10m, 12m y 14 m.



Fuente: Elaboración propia a partir de las respuestas de los PRST al requerimiento específico de información

Figura 4.3 - Infraestructura compartida de telecomunicaciones. Metros lineales de ductos.



Fuente: Elaboración propia a partir de las respuestas de los PRST al requerimiento específico de información

4.3.4 Correlación entre variables

También se analizó la correlación entre las variables de la hipótesis 1. Como se explicó previamente, se realizaron varios ensayos sobre el modelo, en los cuales se fueron eliminando variables de control que mostraban colinealidad en las pruebas de factor de inflación de varianza (VIF), tal como se ilustra a continuación

Cuadro 4.4 - Hipótesis 1 – Factor de inflación de la varianza para ecuaciones (4) y (6) para Yp(t)[50]

VARIABLE	VIF	1/VIF
t	298,25	0,003353
PTVS	146,05	0,006847
PIF	80,29	0,012454
REG L1	20,86	0,04795
PIBpc	5,54	0,180665
Mean VIF	110,2	

Fuente: Construcción propia

El resultado final de las matrices de correlación de variables y del factor de inflación de la varianza se presenta a continuación, considerando las ecuaciones (6) y (7).

Cuadro 4.5 - Hipótesis 1 – Correlación entre las variables

	Y1T POSTES 8 M	Y2T POSTES 10 M	Y3T POSTES 12 M	Y4T POSTES 14 M	Y5T DUCTOS	PIBPC
PIBpc	0,6585	0,4411	0,6620	0,097	0,6677	1,0000

Fuente Construcción propia

Cuadro 4.6 - Hipótesis 1 – Factor de inflación de la varianza para las ecuaciones (6) y (7) para Yp(t)[51]

VARIABLE	VIF	1/VIF
t	9,64	0,103698
PIBpc	5,90	0,16569
REG L1	3,35	0,298590
Mean VIF	6,30	

Fuente: Construcción propia

4.3.5 Resultados análisis y conclusiones

Los resultados obtenidos al correr el modelo descrito por las ecuaciones (6) y (7) para las cinco variables de resultado se muestran a continuación.

[50] No se observa diferencia en los resultados para Yp(t) con p=1, 2, 3, 4 y 5 al menos dentro de las cifras significativas presentadas. Por eso se incluye un solo valor de VIF que describe de manera general todos los Yp(t).
[51] Los resultados son iguales para Yp(t) con p=1, 2, 3, 4 y 5

Cuadro 4.7 - Hipótesis 1 – Resultados obtenidos por el modelo

VARIABLES	Y1 POSTES DE 8 METROS	Y2 POSTES DE 10 METROS	Y3 POSTES DE 12 METROS	Y4 POSTES DE 14 METROS	Y5 METROS LINEALES DE DUCTOS
L.REG	-461,7	63.499***	496,9	-85,49	309.463***
	(2613)	(4167)	(904,0)	(209,5)	(41790)
t	2.326***	5.616***	932,5***	138,5***	95.482***
	(478,7)	(763,4)	(165,6)	(38,38)	(7656)
PIBpc	-0,00236*	-0,00578***	-0,000833*	-0,000300***	-0,0562**
	(0,00105)	(0,00167)	(0,000363)	(8,40e-05)	(0,0168)
Constant	28797*	82330***	11542**	4049***	713509**
	(14377)	(22925)	(4974)	(1153)	(229909)
Observations	12	12	12	12	12
R-squared	0,936	0,996	0,961	0,811	0,996

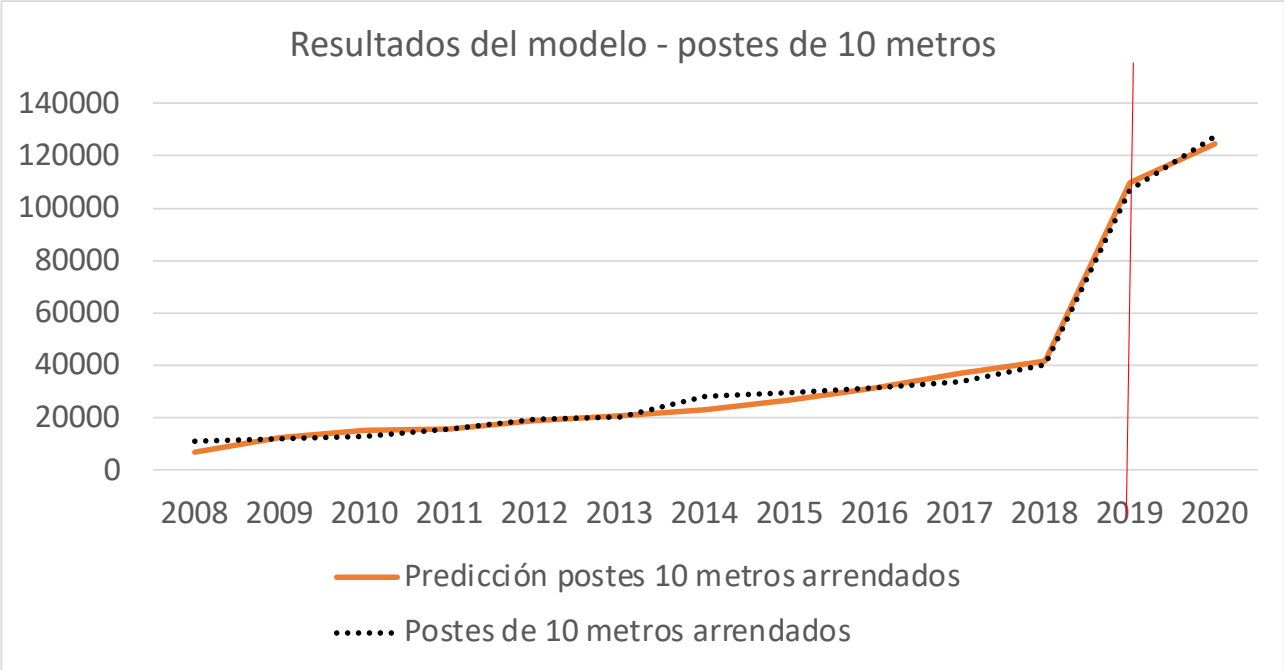
Fuente Construcción propia

Los resultados del modelo evidencian que la regulación no tuvo efectos significativos sobre la infraestructura pasiva correspondiente a postes de 8 metros, 12 metros, ni 14 metros.

En cambio, el análisis muestra que la regulación tuvo un importante efecto positivo sobre el uso de postes de 10 metros, así como sobre el uso de los ductos, y explica la mayor parte del cambio observado en ambos casos. Se observa además un efecto negativo del PIBpc sobre los postes de 10 metros y sobre los ductos.

Para el caso de los postes de 10 metros la figura siguiente presenta el comportamiento observado (número de postes de 10 metros de telecomunicaciones compartidos) versus la predicción del modelo. Como se observa en la gráfica, el ajuste de las curvas al contemplar tanto la regulación como las variables de control resulta excelente, considerando además que todas las variables del modelo son significativas. Particularmente importante es que el efecto del notable incremento entre el 2018 y el 2019 que es de 67.278 postes resulta explicado principalmente por el impacto de $\alpha_2 = 63.499$ asociado a la regulación de la Resolución CRC 5283 de 2017.

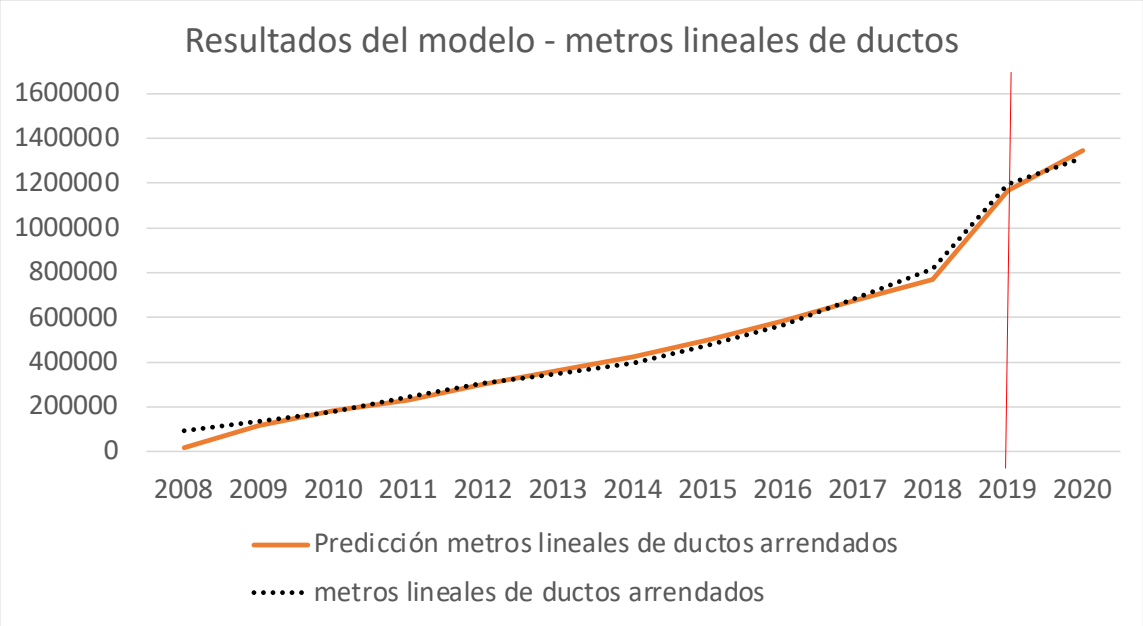
Cuadro 4.8 - Predicción del modelo versus comportamiento observado – postes de 10 metros.



Fuente: Elaboración propia

A su vez, la figura siguiente muestra la predicción del modelo versus el comportamiento observado para los metros lineales de ductos utilizando todas las variables del modelo. Los datos observados son descritos por la curva de ajuste y en particular el salto que se observa entre el año 2018 y 2019 que corresponde a 433.640 metros lineales de ductos resulta explicado principalmente por el impacto de $\alpha_2 = 309.463$ asociado a la regulación de la Resolución CRC 5283 de 2017.

Cuadro 4.9 - Predicción del modelo versus comportamiento observado – metros de ductos.



Fuente: Elaboración propia

En esta hipótesis se incluyeron las variables de control explícitamente en las gráficas de análisis, porque contribuyen a la explicación del efecto tipo escalón causado por la regulación.

4.4 Hipótesis 2: Los topes tarifarios generaron un incremento en el uso que se hace de las infraestructuras pasivas, que se manifiesta en un mayor número de acuerdos firmados

4.4.1 Estructura del modelo propuesto, variables de resultado y control

En esta hipótesis se busca cuantificar los impactos de la regulación en los niveles y tendencias del Número de contratos de infraestructura pasiva compartida. El análisis se propuso a nivel nacional considerando la información de cada uno de los Operadores que reportan el uso de infraestructura compartida pasiva de telecomunicaciones.

Las variables de control que pueden ser de relevancia para este análisis incluyen aquellas que afectan la demanda por los servicios que utilizan la infraestructura, en particular el PIB per cápita; así como las que consideran la penetración de los servicios que potencialmente usan la infraestructura tales como la penetración nacional de Internet fijo y televisión por suscripción.

También se consideran variables financieras que pueden afectar las decisiones de las empresas que arriendan la infraestructura pasiva. De una parte sus utilidades, que pueden indicar la

capacidad de estas empresas para la realización de expansiones de cobertura de red y de otra su nivel total de activos, considerando que en las empresas de telecomunicaciones estos tienden a reflejar el tamaño de sus redes y este factor pueden tener efectos sobre sus decisiones de alquiler de infraestructuras.

La idea inicial de la especificación del modelo consistió en aplicar una correlación serial de Arellano & Bond luego de estimar el modelo dinámico de panel de datos mediante la siguiente ecuación:

$$Y_{kt} = \alpha_0 + \alpha_1 Y_{kt-1} + \alpha_2 REG_{t-1} + \vec{\beta}^T \cdot \overrightarrow{CONTROL}_{kt} + \epsilon_{kt} \quad (1)$$

Con:

$$\vec{\beta}^T \cdot \overrightarrow{CONTROL}_{kt} = \beta_1 PIBpc_t + \beta_2 PIF_t + \beta_3 PTVS_t + \beta_4 UTILIDAD_{kt} + \beta_5 ACTIVOS_{kt} \quad (2)$$

Donde:

Y_{kt} representa el número de contratos o acuerdos de infraestructura pasiva del arrendatario k en el tiempo t

α_1 mide la velocidad del ajuste del número total de acuerdos o contratos de infraestructura pasiva compartida

α_2 mide el efecto promedio de la regulación sobre el número total de acuerdos o contratos de infraestructura pasiva

REG_t es una variable ficticia (dummy) dicotómica que indica el período previo a la intervención (codificado como 0) o el período posterior a la intervención (codificado como 1)

$PIBpc_t$ es el PIB per cápita de Colombia en un año dado.

PIF_t es la penetración de internet fijo de Colombia en un año dado.

$PTVS_t$ es la penetración de televisión por suscripción de Colombia en un año dado.

$UTILIDAD_{kt}$ corresponde a la utilidad o pérdida neta del arrendador de infraestructura k en un año dado.

$ACTIVOS_{kt}$ corresponde a los activos totales del arrendador de infraestructura k en un año dado.

Al correr este modelo, se encontró una dificultad de información respecto de las variables $UTILIDAD_{kt}$ y $ACTIVOS_{kt}$ debido a que se pudo ubicar un conjunto muy reducido de empresas para las cuales existía una serie larga de datos respecto a su utilidad y nivel de activos anuales.

Trabajar sólo con estas empresas reducía significativamente la muestra de datos disponibles y además generaba sesgos en el análisis. Por tal razón se replanteó el vector de control de la siguiente manera:

$$\vec{\beta}^T \cdot \overrightarrow{CONTROL_t} = \beta_1 PIBpc_t + \beta_2 PIF_t + \beta_3 PTVS_t \quad (3)$$

Sin embargo, esto generó un inconveniente y es que el vector de control perdió toda dependencia con las empresas analizadas. Se realizaron las simulaciones pertinentes con esta modificación del modelo y se encontró que el único componente significativo correspondía a α_1 lo que evidenciaba que el efecto de la correlación serial Y_{kpt-1} era muy alto sobre la ecuación y diluía el efecto de las demás variables propuestas. Adicionalmente se encontró una alta correlación entre PIF y PTVS, por lo que se descartó PTVS. Por último, al reflexionar sobre el impacto de la variable de resultado (número de contratos) sobre la PIF se concluyó que PIF era endógeno, motivo por el cual se descartó.

Por tal razón y considerando la experiencia obtenida en el análisis del problema con la primera hipótesis se propuso la siguiente ecuación:

$$Y_t = \alpha_0 + \alpha_1 T_t + \alpha_2 REG_{t-1} + \vec{\beta}^T \cdot \overrightarrow{CONTROL_t} + \epsilon_t \quad (4)$$

Con:

$$\vec{\beta}^T \cdot \overrightarrow{CONTROL_{kt}} = \beta_1 PIBpc_t \quad (5)$$

Con este modelo se consiguieron los resultados siguientes, donde se observó a partir del análisis VIF que existía una alta correlación entre t y PIBpc.

SumContratos	Coef.	Std. Err.	t	P>|t|	[95% Conf.	Interval]
1.REG	,4649865	2,346919	0,20	0,847	-4,844113	5,774086
t	2,511616	,4703751	5,34	0,000	1,447553	3,575678
PIBpc	-2,15e-06	9,75e-07	-2,20	0,055	-4,35e-06	5,65e-08
_cons	30,20501	13,3069	2,27	0,049	,1027117	60,3073

. vif

Variable	VIF	1/VIF
1.REG	3,53	0,283006
t	11,19	0,089333
PIBpc	6,25	0,159996
Mean VIF	6,99	

Considerando lo anterior se corrieron dos modelos: uno considerando la variable t y eliminando PIBpc y otro considerando la variable PIBpc y eliminando t. Para comparar los resultados se corrieron ejercicios para determinar cuál de los dos tenía mejor criterio de información de Akaike (AIC) y criterio de información Bayesiano (BIC). Se determinó que el mejor modelo era con t. De esta manera la ecuación final utilizada fue:

$$Y_t = \alpha_0 + \alpha_1 t_t + \alpha_2 REG_{t-1} + \epsilon_t \quad (6)$$

4.4.2 Datos de entrada, fuentes y tratamiento

Los datos de entrada utilizados para cada una de las variables de resultado y de control, el tratamiento de datos y las observaciones relevantes sobre los mismos se presentan en el cuadro siguiente.

Cuadro 4.10 - Hipótesis 2 - Datos de entrada, fuentes, tratamiento y observaciones

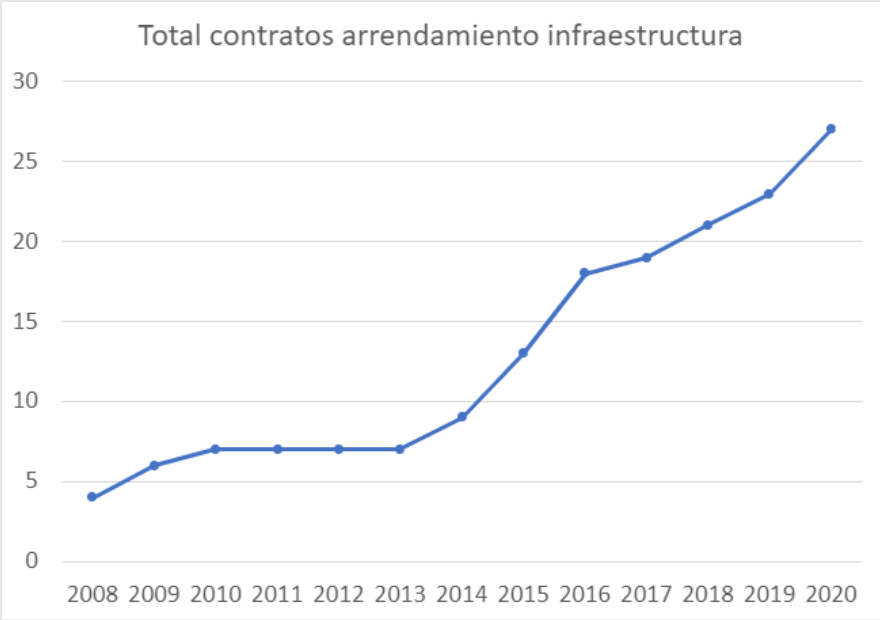
VARIABLE	FUENTE	TRATAMIENTO	OBSERVACIONES
Y_t	Solicitud de información por año a los operadores para la remisión de estadísticas sobre sus elementos de red de infraestructura pasiva de telecomunicaciones compartidos.	Se utilizó la información anual recolectada entre los años 2008 y 2020. Se omitieron aquellos contratos regidos por normativa de compartición de infraestructura de red eléctrica	

Fuente Construcción propia

4.4.3 Análisis descriptivo

Se preparó una estadística descriptiva del número de contratos de arrendamiento de infraestructura fija pasiva de telecomunicaciones que se encontraban vigentes entre el año 2008 y el año 2020. En la gráfica se observan dos momentos en el tiempo que parecen determinar puntos de inflexión en el comportamiento del indicador: el año 2013 y el año 2016. Sin embargo, no se identifican eventos concretos que puedan explicar los cambios de tendencia en dichos años.

Figura 4.4 - Acuerdos de compartición de infraestructura pasiva.



Fuente: Elaboración propia a partir de las respuestas de los PRST al requerimiento específico de información

4.4.4 Correlación entre variables

También se analizó la correlación entre las variables de la hipótesis 2. .

Cuadro 4.11 - Hipótesis 2 – Correlación entre las variables

	YT CONTRATOS	T
Yt contratos	1,0000	
t	0,9536	1,0000

Fuente Construcción propia

4.4.5 Resultados, análisis y conclusiones

Los resultados obtenidos al correr el modelo descrito por las ecuaciones (3) y (4) para la variable de resultado se muestran a continuación.

Cuadro 4.12 - Hipótesis 2 – Resultados obtenidos por el modelo

VARIABLES	YT CONTRATOS
L.REG	3,697
	(2,157)
t	1,580 ***
	(0,243)
Constant	1,011

VARIABLES	YT CONTRATOS
	(1,511)
Observations	13
R-squared	0,930

Fuente Construcción propia

El modelo muestra que la regulación no tuvo efecto sobre el número de contratos de compartición de infraestructura pasiva para servicios fijos y que el crecimiento en estos es mejor explicado por la variable tiempo, que mostró ser la única variable significativa.

4.5 HIPÓTESIS 3: LOS TOPES TARIFARIOS GENERARON UNA DISMINUCIÓN EN LOS COSTOS DE COMPARTICIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE POSTES Y DUCTOS UTILIZADOS PARA EL DESPLIEGUE DE REDES O LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES.

4.5.1 Estructura del modelo propuesto, variables de resultado y control

Esta hipótesis está relacionada con la disminución de precios de alquiler de infraestructura pasiva. Razón por la cual se busca cuantificar los impactos de la regulación en los niveles y tendencias del precio promedio por tipo de infraestructura pasiva (apoyos en postes de 8 m, 10 m, 12 m y 14 m y metro lineal en ductos). El análisis fue propuesto para ser realizado a nivel nacional considerando la información de los Operadores que reportan el uso de infraestructura compartida pasiva de telecomunicaciones.

Como variables de control se propuso tomar en consideración aquellas que puedan influenciar el costo o el precio ofrecido. Sin embargo, como se está revisando el comportamiento de los precios de una infraestructura para la cual se ha establecido un tope tarifario, es importante mencionar que el Documento soporte de revisión de las condiciones de compartición de acceso y uso de elementos pasivos de redes de telecomunicaciones (CRC, 2017) indica que en la determinación del precio regulado se tomó en consideración el costo de reposición, la depreciación del activo, la tasa de costo de capital estimado para el negocio y un ajuste anual con base en el índice de precios al productor. Por tal razón, se propone como variable de control una proxy a la competencia que podría darse entre los Operadores que arriendan infraestructura, la cual se aproxima con el número de operadores que arriendan infraestructura. También se incluyó el PIB porque las condiciones económicas pueden influenciar el precio.

Se propuso un modelo de series de tiempo interrumpidas con interacciones múltiples descrito mediante la siguiente ecuación:

$$P_{pt} = \beta_0 + \beta_1 T_t + \beta_2 REG_{t-1} + \beta_3 T_t REG_{t-1} + \sum_{p=1}^{5} \gamma_{0p} IPAS_p + \sum_{p=1}^{5} \zeta_p \, IPAS_p T_t + \sum_{p=1}^{5} \gamma_p \, IPAS_p REG_{t-1} + \sum_{p=1}^{5} \eta_p \, IPAS_p T_t REG_{t-1} + \vec{\alpha}^T \cdot \overrightarrow{CONTROL_t} + \epsilon_{pt}$$

Con:

$$\vec{\alpha}^T \cdot \overrightarrow{CONTROL_t} = \alpha_1 NPIP_t + \alpha_2 PIB_t$$

Donde:

P_{pt} es la variable de resultado que representa el precio promedio en pesos constantes ajustado por índice de precios al productor de todos los contratos reportados por tipo de infraestructura pasiva y por periodo de tiempo (no depende del tipo de arrendador)

T_t representa el tiempo

REG_t es una variable ficticia (*dummy*) dicotómica que indica el período previo a la intervención (codificado como 0) o el período posterior a la intervención (codificado como 1)

β_0 representa la línea base en $T_t = 0$

β_1 la tendencia de la tarifa promedio en ausencia de regulación

β_2 el efecto promedio de la regulación sobre las tarifas independientemente de las infraestructuras

β_3 representa el cambio de pendiente después de la intervención utilizando la interacción entre tiempo e intervención: $TREG_t$.

γ_{0p} mide el efecto fijo de la infraestructura p. Es la diferencia entre el intercepto de la infraestructura p y la constante general

ζ_p mide el efecto adicional en la tarifa de cada tipo de infraestructura en ausencia de regulación

γ_p mide el efecto adicional en la tarifa debido a la regulación por cada tipo de infraestructura

η_p mide el cambio adicional en la tendencia debido a la regulación por cada tipo de infraestructura

$IPAS_p$ es una variable ficticia (dummy) dicotómica que se codifica como 1 para las infraestructuras pasivas que son poste o ducto tipo p (con p=1, … 5) y cero de lo contrario.

$NPIP_t$ representa el número de propietarios de infraestructura pasiva en un año dado

PIB_t representa el PIB en un año dado

ϵ_t es el error residual

4.5.2 Datos de entrada, fuentes y tratamiento

Los datos de entrada utilizados para cada una de las variables de resultado y de control, el tratamiento de datos y las observaciones relevantes sobre los mismos se presentan en el cuadro siguiente.

Cuadro 4.13 - Hipótesis 3 - Datos de entrada, fuentes, tratamiento y observaciones

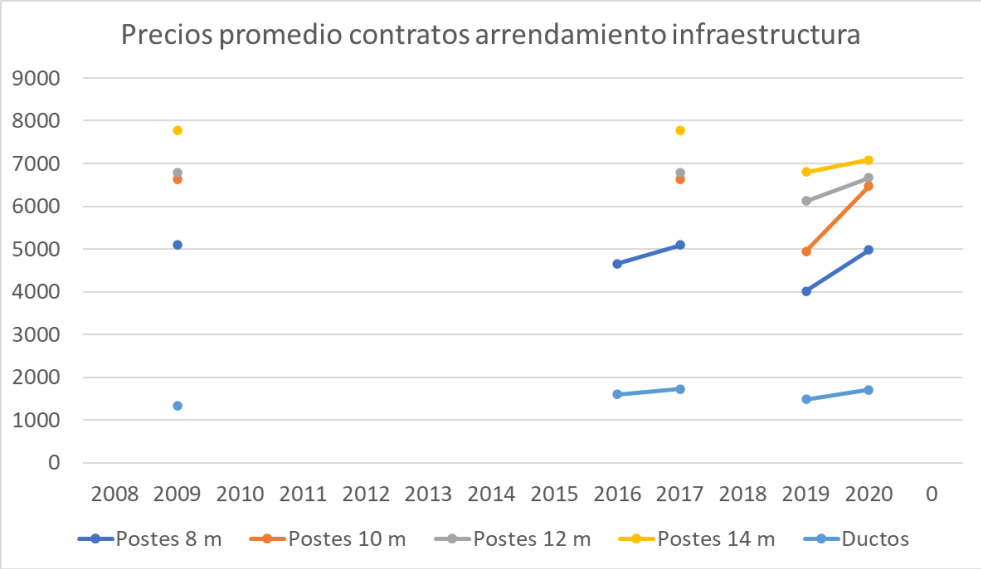
VARIABLE	FUENTE	TRATAMIENTO	OBSERVACIONES
P_{pt}	El Formato 3.6 Acuerdos sobre uso de infraestructura eléctrica o de telecomunicaciones Resolución CRC 5050 de 2016	Se consideró información trimestral entre el año 2008 y el año 2020. Además, se depuraron aquellos contratos que hacen referencia a infraestructura eléctrica.	Los datos están solamente para los años de la firma de los acuerdos.
REG_t	La Resolución CRC 5283 fue firmada el 15 de diciembre de 2017 y tenía vigencia a partir de esa fecha	Se consideró como periodo previo a la intervención todos los trimestres de años menores o iguales a 2018 y como periodo posterior a la intervención todos los trimestres de años mayores o iguales al 2019.	El análisis de las estadísticas descriptivas ha mostrado que la medida toma un tiempo en tomar efecto, desde que se regula el precio hasta que los PRST efectivamente comienzan a usar la infraestructura. Por esa razón se considera que hay un rezago de un año (X_{t-1}), que se considera en la ecuación (1)
$NPIP_t$	Solicitud de información por año a los operadores para la remisión de estadísticas sobre sus elementos de red de infraestructura pasiva de telecomunicaciones compartidos.	Se utilizó la información anual recolectada entre los años 2008 y 2020. Se omitieron aquellos contratos de infraestructura de red eléctrica.	
PIB_t	Producto interno bruto para cada año según información del DANE		

Fuente Construcción propia

4.5.3 Análisis descriptivo

Se analizaron los registros de precios de contratos de arrendamiento de infraestructura para ductos, postes de 8 m, 10 m, 12 m y 14 m. Fue necesario excluir aquellos que correspondían exclusivamente a acuerdos de infraestructura eléctrica. Debido a que los datos contenidos en la base de datos han sido reportados solamente para el año de firma del contrato, no se pudo realizar un seguimiento completo a la variación de precios en el tiempo, como se observa en la figura siguiente.

Figura 4.5 - Precios promedio de contratos de arrendamiento según tipo de infraestructura.



Fuente Construcción propia a partir del formato 3.6 Acuerdos sobre uso de infraestructura eléctrica o de telecomunicaciones Resolución CRC 5050 de 2016

4.5.4 Resultados, análisis y conclusiones

Debido a que existen notables vacíos de información de precios de infraestructura pasiva para los años 2010 a 2015 y 2018 no es posible correr el modelo propuesto y por lo tanto, no se puede verificar la hipótesis 3.

4.6 HIPÓTESIS 4: LA ACTUALIZACIÓN DE LOS TOPES TARIFARIOS GENERÓ EFECTOS POSITIVOS A NIVEL MUNICIPAL SOBRE LA COMPETENCIA EN LOS SERVICIOS DE INTERNET FIJO Y TELEVISIÓN POR SUSCRIPCIÓN EN TÉRMINOS DE UNA DISMINUCIÓN DE LOS INDICADORES DE CONCENTRACIÓN DE MERCADO

La hipótesis 4 de la Resolución CRC 5283 se analizó de manera conjunta con la primera hipótesis de la Resolución CRC 4930.

4.7 HIPÓTESIS 5: LA ACTUALIZACIÓN DE LOS TOPES TARIFARIOS GENERÓ EFECTOS POSITIVOS A NIVEL MUNICIPAL EN TÉRMINOS DE UN INCREMENTO EN EL NÚMERO DE SUSCRIPTORES DEL SERVICIO DE INTERNET FIJO Y TELEVISIÓN POR SUSCRIPCIÓN

4.7.1 Estructura del modelo propuesto, variables de resultado y control

Esta hipótesis está relacionada con el incremento del número de suscriptores a nivel municipal, razón por la cual se busca cuantificar los impactos de la regulación en los niveles y tendencias de dos variables de resultado: (I) Número de suscriptores de servicios de Internet fijo; y (II) Número de suscriptores de televisión por suscripción. Se utilizará como unidad de análisis los municipios de Colombia.

Como variables de control por municipio se identifican: la población a nivel municipal, la distancia a la capital departamental, componentes del índice de ciudades modernas que no estén relacionados con TIC, concretamente las dimensiones de: Equidad e inclusión social EIS (pobreza, salud, educación); Productividad, competitividad y complementariedad; y seguridad con un rezago de dos años. También se incluyeron como variables de control la existencia de programas gubernamentales del MinTIC para la promoción de la oferta y la demanda de internet fijo, el ingreso promedio por usuario de internet fijo, el ingreso promedio por usuario de la televisión por suscripción y una variable dicotómica para capturar posibles efectos de la pandemia del COVID-19 sobre el número de suscriptores durante el año 2020.

La metodología propuesta para probar esta hipótesis es la de series de tiempo interrumpidas. De manera más formal, para estimar el efecto de la resolución se plantea el siguiente modelo econométrico para cada uno de los indicadores:

$$Yj_{it} = \beta_0 + \beta_1 T_t + \beta_2 X_{t-1} + \beta_3 T_t X_{t-1} + \vec{\alpha}^T \cdot \overrightarrow{CONTROL}_{it} + \epsilon_{it} \qquad (1)$$

Con:

$$\vec{\alpha}^T \cdot \overrightarrow{CONTROL}_{it} = \alpha_1 POB_{it} + \alpha_2 DIST_i + \alpha_3 EIS_{it-2} + \alpha_4 PCC_{it-2} + \alpha_5 SEG_{it-2} + \alpha_6 PGI_{it} + \alpha_7 IPUIF_t + \alpha_8 IPUTVS_t + \alpha_9 COVID_t \qquad (2)$$

Donde:

Yj_{it} es cada una de las dos variables de resultado propuestas (para j=1, 2):

> $Y1_{it}$ representa el número de suscriptores del servicio de Internet fijo de un municipio i en un tiempo dado

$Y2_{it}$ representa el número de suscriptores del servicio de televisión por suscripción de un municipio i en un tiempo dado

T_t representa el tiempo
X_t es una variable ficticia (dummy) dicotómica que indica el período previo a la intervención (codificado como 0) o el período posterior a la intervención (codificado como 1)

β_0 representa la línea base en $T_t = 0$

β_1 representa el cambio en la variable de resultado asociado con la tendencia subyacente previa a la intervención cuando se da un aumento de la unidad de tiempo.

β_2 representa el cambio en la variable de resultado asociado con la intervención regulatoria, comparado con el contrafactual.

β_3 representa el cambio de pendiente después de la intervención utilizando la interacción entre tiempo e intervención: TX_t.

POB_{it} representa la población de la cabecera del municipio en el año T

$DIST_i$ representa la distancia del municipio a la capital departamental

EIS_{it-2} representa la dimensión de equidad e inclusión social EIS[52] del municipio en el año T-2

PCC_{it-2} representa la dimensión de productividad, competitividad y complementariedad[53] del municipio en el año T-2

SEG_{it-2} representa la dimensión de seguridad[54] del municipio en el año T-2

PGI_{it} es una variable ficticia (*dummy*) dicotómica que indica si en el año T hubo ejecución de programas gubernamentales para promocionar el acceso a Internet fijo en el municipio (codificado como 1) o no se dio (codificado como 0)

$IPUIF_t$ representa el ingreso promedio por usuario a nivel nacional del servicio de internet fijo en un tiempo dado.

$IPUTVS_t$ representa el ingreso promedio por usuario a nivel nacional del servicio de televisión por suscripción en un tiempo dado.

[52] Tomado del índice de ciudades modernas del Departamento Nacional de Planeación (DNP)
[53] Ídem
[54] Ídem

$COVID_t$ es una variable dicotómica que se utiliza para modelar el posible impacto de la pandemia del COVID-19. Toma un valor de 1 durante los cuatro trimestres del año 2020 y de 0 el resto del tiempo.

ϵ_{it} es el error residual

Sin embargo, al revisar las correlaciones entre variables y el comportamiento del factor de inflación de varianza (VIF) se encontró evidencia de co-linealidad para las variables de control $IPUIF_t$ e $IPUTVS_t$ razón por la cual fueron descartadas y más adelante fue necesario también eliminar la variable COVID. De esta manera, el modelo final adoptado es el descrito en la ecuación (1) pero con la siguiente modificación sobre el vector de control:

$$\vec{\alpha}^T \cdot \overrightarrow{CONTROL_{it}} = \alpha_1 POB_{it} + \alpha_2 DIST_i + \alpha_3 EIS_{it-2} + \alpha_4 PCC_{it-2} + \alpha_5 SEG_{it-2} + \alpha_6 PGI_{it} \quad (3)$$

4.7.2 Datos de entrada, fuentes y tratamiento

Los datos de entrada utilizados para cada una de las variables de resultado y de control, el tratamiento de datos y las observaciones relevantes sobre los mismos se presentan en el cuadro siguiente.

Figura 4.6 - Hipótesis 5 - Datos de entrada, fuentes, tratamiento y observaciones

VARIABLE	FUENTE	TRATAMIENTO	OBSERVACIONES
$Y1_{it}$	El formato 1.5. Acceso fijo a internet de la Resolución CRC 5050 de 2016	Se consideró información trimestral entre el año 2014 y el año 2020.	
$Y2_{it}$	El formato número 6. Suscriptores y asociados de televisión cerrada de la Resolución MinTIC 3484 de 2012	Si bien la información está disponible a nivel mensual, hay variables de control relacionadas con ingresos que están a nivel trimestral, por lo que se consideró información trimestral entre el año 2014 y el año 2020.	
X_t	La Resolución CRC 5283 fue firmada el 15 de diciembre de 2017 y tenía vigencia a partir de esa fecha	Se consideró como periodo previo a la intervención todos los trimestres de años menores o iguales a 4T2017 y como periodo posterior a la intervención todos los trimestres de años mayores o iguales al 1T2018.	El análisis de las estadísticas descriptivas ha mostrado que la medida toma un tiempo en tomar efecto, desde que se regula el precio hasta que los PRST efectivamente comienzan a usar la infraestructura. Por esa razón se considera que hay un rezago de un año (X_{t-1}), que se considera en la ecuación (1)
POB_{it}	Población del municipio para cada año según la información del DANE.		
$DIST_i$	Panel municipal del CEDE UNIANDES		

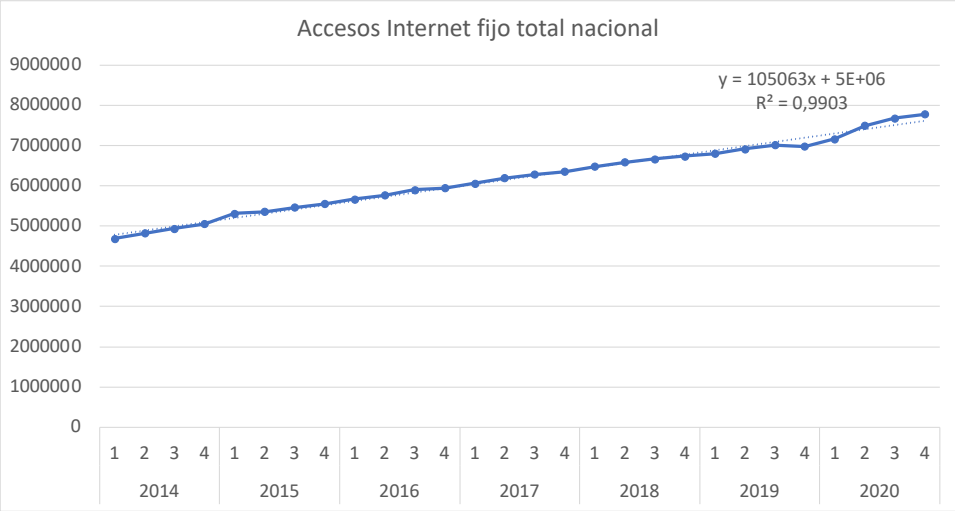
VARIABLE	FUENTE	TRATAMIENTO	OBSERVACIONES
EIS_{it-2}	Índice de ciudades modernas del DNP con un rezago de dos años	Información disponible entre los años 2010 y 2018	
PCC_{it-2}			
SEG_{it-2}			
PGI_{it}	Se construyó una base de datos de los municipios beneficiados por programas gubernamentales para promocionar el acceso e Internet Fijo	Cuando un municipio era beneficiado por un programa gubernamental la variable dicotómica se puso en 1 desde el año en el que efectivamente se vio beneficiado hasta la finalización del programa.	Se tomaron en consideración los siguientes programas del MinTIC: Conexiones Digitales 1 (inicio 2013 – fin 2018) Conexiones Digitales 2 (inicio 2015 – fin 2018) Hogares conectados (inicio en 2020 – en ejecución): Incentivos a la demanda Fase 1 Incentivos a la demanda Fase 2 Incentivos a la oferta Fortalecimiento a la infraestructura local

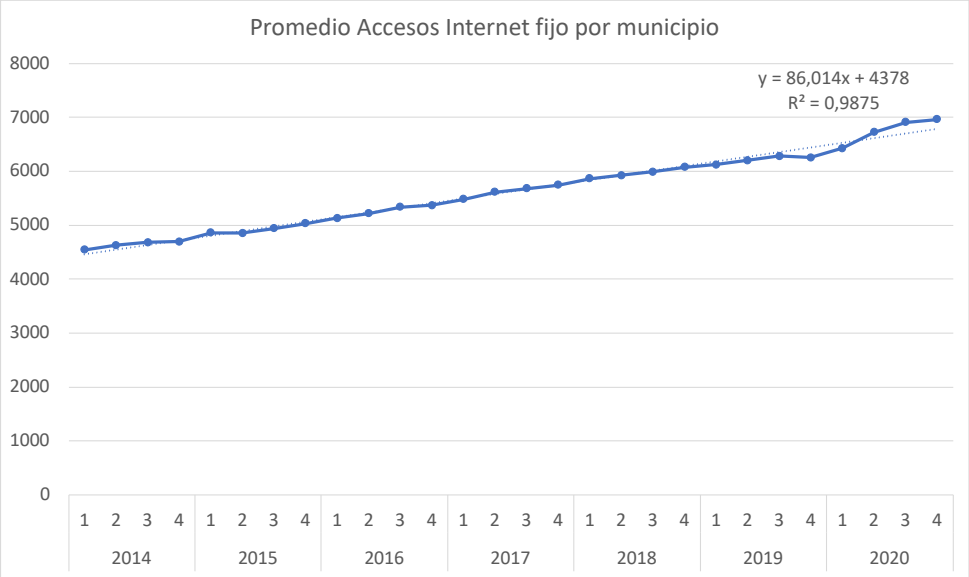
Fuente Construcción propia

4.7.3 Análisis descriptivo

Se analizó la información trimestral del número de suscriptores de internet fijo entre el año 2014 y 2020 tanto para el total nacional como para el promedio municipal y se encontró que viene creciendo en forma lineal a lo largo de todo el periodo analizado, como se muestra en las figuras siguientes.

Figura 4.7 – Total nacional de acceso a internet fijo (arriba) y promedio de accesos a internet fijo por municipio (abajo)

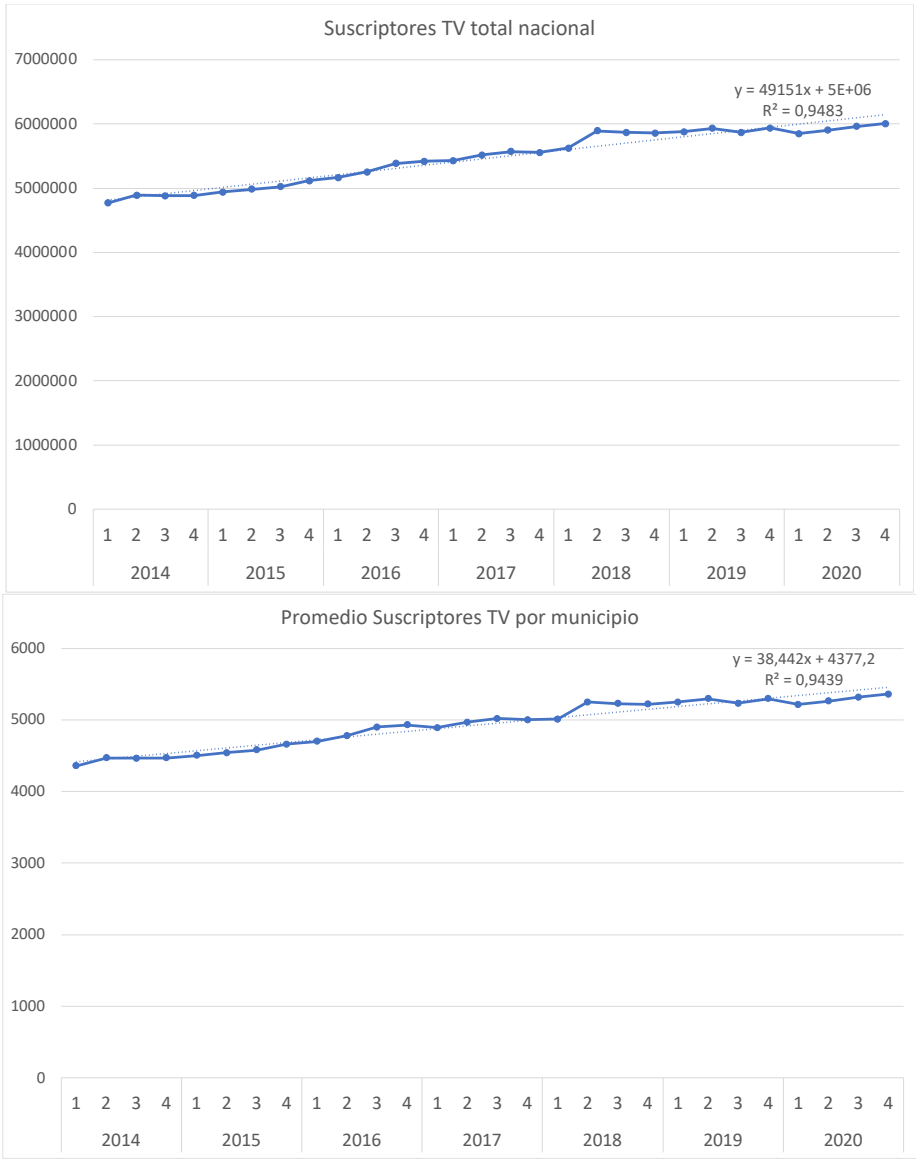




Fuente Construcción propia a partir del formato 1.5. Acceso fijo a internet de la Resolución CRC 5050 de 2016

También se analizó la información del número de usuarios de televisión por suscripción entre el año 2014 y 2020 tanto para el total nacional como para el promedio municipal. Si bien esta información está disponible con periodicidad mensual, el vector de control contiene información que sólo está disponible a nivel trimestral (por ejemplo, ingresos), por lo que el análisis se realizó a nivel trimestral. Se encontró que la televisión por suscripción si bien tenía una base de usuarios levemente mayor que el internet fijo en el primer trimestre del 2014 viene creciendo en forma lineal a lo largo de todo el periodo analizado, pero con una pendiente menor que el internet fijo, de manera que su base de usuarios termina siendo menor que la del internet fijo en el cuarto trimestre del 2020 como se muestra en las figuras siguientes.

Figura 4.8 – Total nacional de usuarios de televisión por suscripción (arriba) y promedio de usuarios de televisión por suscripción por municipio (abajo)



Fuente Construcción propia a partir del formato número 6. Suscriptores y asociados de televisión cerrada de la Resolución 3484 de 2012

4.7.4 Correlación entre las variables

También se analizó la correlación entre las variables de la hipótesis 5. El índice de correlación más alto que se observa para las variables de control es entre los ingresos promedio de internet fijo y los ingresos de televisión por suscripción (0,8953) lo que indica que los precios de ambos servicios están muy correlacionados y tienden a variar casi en la misma forma. Al revisar el factor de inflación de varianza (VIF) se encontró evidencia de co-linealidad como se muestra a continuación, para las variables del modelo representado por las ecuaciones (1) y (2).

Cuadro 4.14 - Hipótesis 5 – Factor de inflación de la varianza para ecuaciones (1) y (2) para Yj_{it}

	$Y1_{it}$		$Y2_{it}$	
VARIABLE	**VIF**	**1/VIF**	**VIF**	**1/VIF**
IPUTVS	207,74	0,004814	207,22	0,004826
IPUIF	205,44	0,004868	205,44	0,004868
SEG	10,84	0,092275	10,84	0,092289
EIS	10,83	0,092303	10,75	0,093034
Covid	9,39	0,106449	9,38	0,106589
PCC	8,98	0,111370	8,93	0,111936
PGI	4,36	0,229098	4,26	0,234930
DIST	3,33	0,299996	3,26	0,307213
POB	1,17	0,851185	1,17	0,851255
Mean VIF	119,58		119,41	

Fuente Construcción propia

Considerando lo anterior y después de varias iteraciones en las que se iban eliminando términos de la ecuación (1), fue necesario eliminar las variables IPUIF, IPUTVS y COVID. Se presenta la correlación entre variables y el VIF del modelo final para las ecuaciones (1) y (3).

Cuadro 4.15 - Hipótesis 5 – Correlación entre las variables

	Y1T SUSCRIPTORES INTERNET FIJO	**POB**	**DIST**	**EIS**	**PCC**	**SEG**	**PGI**
Y1t suscriptores internet fijo	1						
POB	0,9914	1					
DIST	-0,1043	-0,1113	1				
EIS	0,1871	0,2027	-0,3014	1			
PCC	0,3282	0,3655	-0,3178	0,5432	1		
SEG	-0,1017	-0,1228	0,2005	-0,3800	-0,3811	1	
PGI	0,0324	0,0417	-0,1042	0,0947	0,1404	0,1065	1

	Y2T SUSCRIPTORES TV	**POB**	**DIST**	**EIS**	**PCC**	**SEG**	**PGI**
Y2t suscriptores TV	1						
POB	0,9932	1					
DIST	-0,1079	-0,1113	1				
EIS	0,1957	0,2027	-0,3014	1			
PCC	0,3444	0,3655	-0,3178	0,5432	1		

	Y2T SUSCRIPTORES TV	POB	DIST	EIS	PCC	SEG	PGI
SEG	-0,1100	-0,1228	0,2005	-0,3800	-0,3811	1	
PGI	0,0367	0,0417	-0,1042	0,0947	0,1404	0,1065	1

Fuente Construcción propia

Cuadro 4.16 - Hipótesis 5 – Factor de inflación de varianza (VIF)

VARIABLE	Y1 SUSCRIPTORES INTERNET FIJO		Y2 SUSCRIPTORES TV	
	VIF	1/VIF	VIF	1/VIF
EIS	9,83	0,101703	9,74	0,102676
covid	8,41	0,118976	8,4	0,119058
PCC	7,7	0,129878	7,68	0,130217
SEG	6,15	0,162657	6,13	0,163226
PGI	4,09	0,244716	3,98	0,251312
DIST	2,93	0,341126	2,89	0,345976
POB	1,16	0,862417	1,16	0,86266
Mean VIF	5,75		5,71	

Fuente Construcción propia

4.7.5 Resultados, análisis y conclusiones

Los resultados obtenidos al correr el modelo para las dos variables de resultado se muestran a continuación.

Cuadro 4.17 - Hipótesis 5 – Resultados obtenidos por el modelo

VARIABLES	Y1 SUSCRIPTORES INTERNET FIJO	Y2 SUSCRIPTORES TV
t	108,4***	43,26***
	(6,948)	(4,298)
x	113,6	87,08
	(1,117)	(696,8)
tx	-11,44	-15,55
	(49,43)	(30,85)
POB	0,254***	0,191***
	(0,000860)	(0,000555)
DIST	7,547**	2,016
	(3,669)	(2,339)
EIS	-25,40***	-8,490***
	(4,681)	(2,910)
PCC	-152,4***	-64,99***

VARIABLES	Y1 SUSCRIPTORES INTERNET FIJO	Y2 SUSCRIPTORES TV
	(12,60)	(8,023)
SEG	2,838	-0,333
	(3,010)	(1,887)
PGI	540,3***	16,59
	(100,7)	(62,89)
covid	-78,78	-199,8
	(222,7)	(139,1)
Constant	-619,9	-39,90
	(583,0)	(370,6)
Observations	30797	31029
Number of ID_MUNICIPIO	1119	1122
Standard errors in parentheses *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1		

Fuente Construcción propia

Cuadro 4.18 - Hipótesis 5 – Prueba de significancia conjunta de los β para Y1 – usuarios de acceso a internet fijo

$\beta_2 + \beta_3$ (cambio en la variable de resultado asociado con la intervención regulatoria más cambio de pendiente después de la intervención utilizando la interacción entre tiempo e intervención)

Suscriptores Internet fijo	Coef.	Std. Err.	t	P> |t|	[95% Conf. Interval]	
(1)	102,1109	1067,455	0,1	0,924	-1990,062	2194,283

$\beta_1 + \beta_2 + \beta_3$ (tendencia subyacente previa a la intervención más cambio en la variable de resultado asociado con la intervención regulatoria más cambio de pendiente después de la intervención utilizando la interacción entre tiempo e intervención)

Suscriptores Internet fijo	Coef.	Std. Err.	t	P> |t|	[95% Conf. Interval]	Estaciones Base
(1)	210,4908	1068,347	0,2	0,844	-1883,431	2304,413

$\beta_1 + \beta_3$ (tendencia subyacente previa a la intervención más más cambio de pendiente después de la intervención utilizando la interacción entre tiempo e intervención)

Suscriptores Internet fijo	Coef.	Std. Err.	t	P> |t|	[95% Conf. Interval]	Estaciones Base
(1)	96,935	48,74192	1,99	0,047	1,402592	192,4674

$\beta_0 + \beta_1$ (línea base más tendencia subyacente previa a la intervención)

Suscriptores Internet fijo	Coef.	Std. Err.	t	P> |t|	[95% Conf. Interval]	
(1)	-511,4884	582,525	-0,88	0,38	-1653,216	630,2397

$\beta_0 + \beta_1 + \beta_2 + \beta_3$ (línea base más tendencia subyacente previa a la intervención más cambio en la variable de resultado asociado con la intervención regulatoria más cambio de pendiente después de la intervención utilizando la interacción entre tiempo e intervención)

Suscriptores Internet fijo	Coef.	Std. Err.	t	P> |t|	[95% Conf. Interval]	
(1)	-409,3775	1200,463	-0,34	0,733	-2762,242	1943,487

$\beta_0 + \beta_1 + \beta_3$ (línea base más tendencia subyacente previa a la intervención más cambio de pendiente después de la intervención utilizando la interacción entre tiempo e intervención)

Suscriptores Internet fijo	Coef.	Std. Err.	t	P> |t|	[95% Conf. Interval]	Estaciones Base
(1)	-522,9333	585,6626	-0,89	0,372	-1670,811	624,9442

$\beta_0 + \beta_3$ (línea base más cambio de pendiente después de la intervención utilizando la interacción entre tiempo e intervención)

Suscriptores Internet fijo	Coef.	Std. Err.	t	P> |t|	[95% Conf. Interval]	Estaciones Base
(1)	-631,3133	586,2027	-1,08	0,282	-1780,249	517,6228

Fuente Construcción propia

Cuadro 4.19 - Hipótesis 5 – Prueba de significancia conjunta de los β para Y2 – suscriptores de televisión por suscripción

$\beta_2 + \beta_3$ (cambio en la variable de resultado asociado con la intervención regulatoria más cambio de pendiente después de la intervención utilizando la interacción entre tiempo e intervención)

Suscriptores TV	Coef.	Std. Err.	t	P> |t|	[95% Conf. Interval]	
(1)	71,53	666,1488	0,11	0,914	-1234,098	1377,158

$\beta_1 + \beta_2 + \beta_3$ (tendencia subyacente previa a la intervención más cambio en la variable de resultado asociado con la intervención regulatoria más cambio de pendiente después de la intervención utilizando la interacción entre tiempo e intervención)

Suscriptores TV	Coef.	Std. Err.	t	P> |t|	[95% Conf. Interval]	Estaciones Base
(1)	114,7909	666,6921	0,17	0,863	-1191,902	1421,483

$\beta_1 + \beta_3$ (tendencia subyacente previa a la intervención más más cambio de pendiente después de la intervención utilizando la interacción entre tiempo e intervención)

Suscriptores TV	Coef.	Std. Err.	t	P> |t|	[95% Conf. Interval]	Estaciones Base
(1)	27,71301	30,43034	0,91	0,362	-31,92935	87,35537

$\beta_0 + \beta_1$ (línea base más tendencia subyacente previa a la intervención)

Suscriptores TV	Coef.	Std. Err.	t	P> |t|	[95% Conf. Interval]	
(1)	3,365508	370,4123	0,01	0,993	-722,6293	729,3603

$\beta_0 + \beta_1 + \beta_2 + \beta_3$ (línea base más tendencia subyacente previa a la intervención más cambio en la variable de resultado asociado con la intervención regulatoria más cambio de pendiente después de la intervención utilizando la interacción entre tiempo e intervención)

Suscriptores TV	Coef.	Std. Err.	t	P> |t|	[95% Conf. Interval]	
(1)	74,89551	753,3647	0,1	0,921	-1401,672	1551,463

$\beta_0 + \beta_1 + \beta_3$ (línea base más tendencia subyacente previa a la intervención más cambio de pendiente después de la intervención utilizando la interacción entre tiempo e intervención)

Suscriptores TV	Coef.	Std. Err.	t	P> |t|	[95% Conf. Interval]	Estaciones Base
(1)	-12,18233	372,2505	-0,03	0,974	-741,7799	717,4152

$\beta_0 + \beta_3$ (línea base más cambio de pendiente después de la intervención utilizando la interacción entre tiempo e intervención)

Suscriptores TV	Coef.	Std. Err.	t	P> |t|	[95% Conf. Interval]	Estaciones Base
(1)	-55,44318	372,5456	-0,15	0,882	-785,6192	674,7329

Fuente Construcción propia

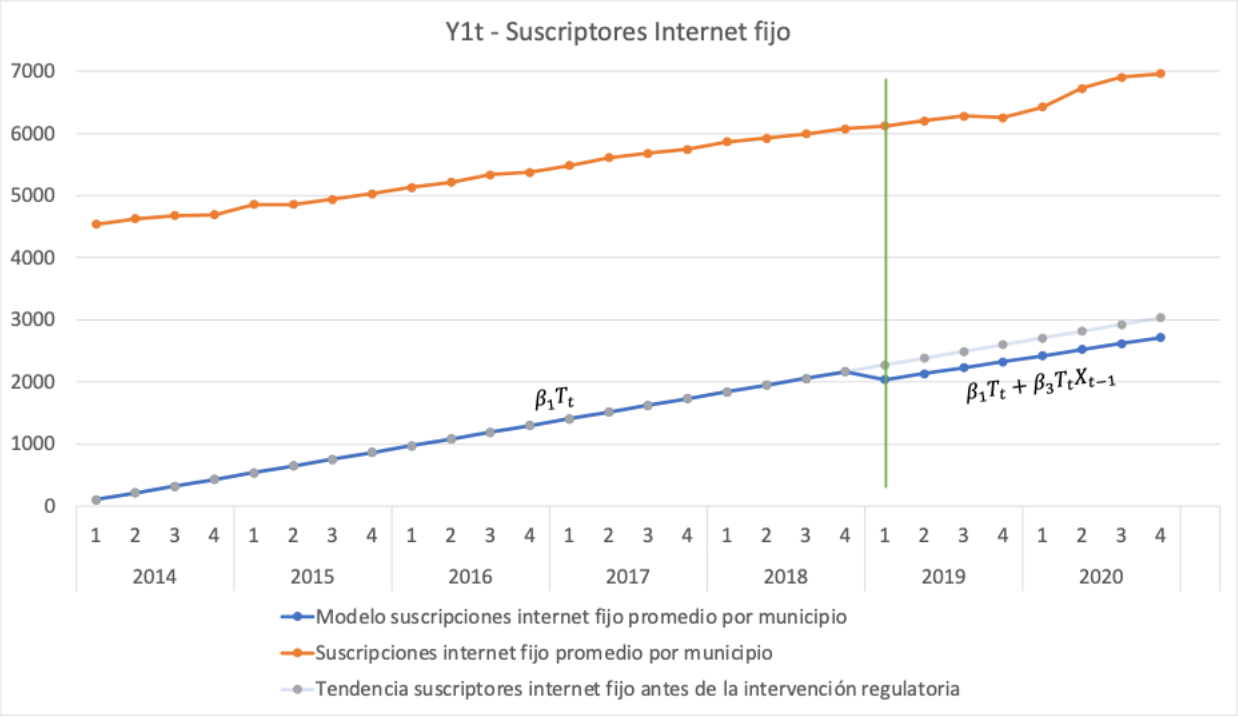
De acuerdo con el resultado del modelo para los suscriptores de internet fijo Y1 (t) se observa del análisis de las pruebas de significancia conjunta de los betas que el modelo mostró que es significativo para el componente de la ecuación $\beta_1 T_t$ antes de la intervención regulatoria que muestra una tendencia creciente del número de suscriptores y para el componente de la ecuación $\beta_1 T_t + \beta_3 T_t X_{t-1}$ como se observa en la siguiente figura. De acuerdo con los resultados, la medida regulatoria habría generado una leve desaceleración en el número de suscriptores de internet fijo que se compara entre la línea gris (tendencia antes de la intervención) y la proyección de la línea azul. La diferencia entre la curva predicha por el modelo y el promedio es explicada

por las variables no significativas del modelo y por las variables de control, que no se grafican, porque se busca es analizar el efecto de la intervención regulatoria.

De acuerdo con el modelo, las siguientes variables de control tienen un efecto significativo ($p<0,01$) y positivo sobre el número de usuarios de internet fijo en un municipio: la presencia de programas del MinTIC (PGI) para la promoción de la oferta y la demanda de internet fijo (cuya ejecución inicia desde el año 2015) lo que significa que estos programas han contribuido positivamente a incrementar el número de usuarios de internet fijo y la población municipal, lo que implica que poblaciones más grandes tienden a tener un mayor número de usuarios como es de esperarse. Con menor nivel de significancia ($p<0,05$) aparece la distancia a la capital del departamento, lo cual es un resultado inesperado porque se esperaba un efecto opuesto y es difícil establecer una explicación.

De acuerdo con el modelo, las siguientes variables de control tienen un efecto significativo ($p<0,01$) y negativo sobre el número de usuarios de internet fijo en un municipio: el índice de productividad y competitividad y el índice de equidad e inclusión social. Ambos resultados son inesperados porque se esperaba que si había un efecto fuera opuesto, por lo que es difícil establecer una explicación.

Figura 4.9 – Hipótesis 5 – Representación gráfica para la interpretación de los coeficientes beta significativos del número promedio de usuarios de internet fijo a nivel municipal



Fuente Construcción propia

De acuerdo con el resultado del modelo para los usuarios de televisión por suscripción Y2 (t) no se observa que la regulación haya tenido efectos significativos sobre dicha variable.

De acuerdo con el modelo, la siguiente variable de control tienen un efecto significativo ($p<0,01$) y positivo sobre el número de usuarios de televisión por suscripción en un municipio: la población municipal, lo que implica que poblaciones más grandes tienden a tener un mayor número de usuarios como es de esperarse.

De acuerdo con el modelo, las siguientes variables de control tienen un efecto significativo ($p<0,01$) y negativo sobre el número de usuarios de televisión por suscripción en un municipio: el índice de productividad y competitividad y el índice de equidad e inclusión social. Ambos resultados son inesperados porque se esperaba que si había un efecto fuera opuesto, por lo que es difícil establecer una explicación.

4.8 HIPÓTESIS 6: LA ACTUALIZACIÓN DE LOS TOPES TARIFARIOS GENERÓ UNA DISMINUCIÓN DE LOS PRECIOS MINORISTAS DE LOS SERVICIOS DE INTERNET FIJO Y TELEVISIÓN POR SUSCRIPCIÓN

4.8.1 Estructura del modelo propuesto, variables de resultado y control

Esta hipótesis está relacionada con el efecto de la medida regulatoria sobre los precios minoristas, razón por la cual se busca cuantificar los impactos de la regulación en los niveles y tendencias de dos variables de resultado: (I) el ingreso promedio por suscriptor del servicio de internet fijo; y (II) el ingreso promedio por suscriptor del servicio de televisión por suscripción. El análisis se realizará a nivel nacional considerando la información de cada uno de los Operadores que reportan información de ingresos por estos servicios.

Las variables de control que pueden ser de relevancia para este análisis incluyen aquellas que podrían influenciar los precios minoristas: el PIB per cápita, la intensidad de la competencia y la penetración para los servicios de interés: internet fijo y televisión por suscripción. Ahora bien, como la información disponible sobre el comportamiento de los precios será obtenida de manera indirecta mediante un cálculo del ingreso promedio por usuario a nivel nacional, algunas de estas variables de control que normalmente se calculan a nivel municipal para los servicios fijos, como los índices de concentración de mercado y de penetración de servicios, se analizaron a nivel nacional.

Inicialmente se planteó una metodología de Serie de Tiempo Interrumpida. El modelo fue descrito mediante la siguiente ecuación, donde se proponía una estructura de datos en panel con la información de las empresas y es de anotar que se analizó si existían efectos estacionales encontrándose que no eran significativos.

$$Yj_{kt} = \beta_0 + \beta_1 T_t + \beta_2 X_{t-1} + \beta_3 T_t X_{t-1} + \vec{\alpha}^T \cdot \overrightarrow{CONTROL_{it}} + \epsilon_{kt} \quad (1)$$

Con:

$$\vec{\alpha}^T \cdot \overrightarrow{CONTROL_t} = \alpha_1 PIBpc_t + \alpha_2 PIF_t + \alpha_3 PTVS_t + \alpha_4 IHH_IF_t + \alpha_5 IHH_TVS_t \quad (2)$$

Donde:

Yj_{kt} es cada una de las dos variables de resultado propuestas (para j=1, 2):

> $Y1_{kt}$ representa el ingreso promedio por suscriptor del servicio de internet fijo de un operador k en un tiempo dado
>
> $Y2_{kt}$ representa el ingreso promedio por suscriptor del servicio de televisión por suscripción de un operador k en un tiempo dado

T_t representa el tiempo

X_t es una variable ficticia (*dummy*) dicotómica que indica el período previo a la intervención (codificado como 0) o el período posterior a la intervención (codificado como 1)

β_0 representa la línea base en $T_t = 0$

β_1 representa el cambio en la variable de resultado asociado con la tendencia subyacente previa a la intervención cuando se da un aumento de la unidad de tiempo.

β_2 representa el cambio en la variable de resultado asociado con la intervención regulatoria, comparado con el contrafactual.

β_3 representa el cambio de pendiente después de la intervención utilizando la interacción entre tiempo e intervención: TX_t.

$PIBpc_t$ es el PIB per cápita de Colombia en un tiempo dado

PIF_t es la penetración de internet fijo de Colombia en un tiempo dado

$PTVS_t$ es la penetración de televisión por suscripción de Colombia en un tiempo dado

IHH_IF_t representa el índice de Herfindhal Hirshmann para Internet fijo a nivel nacional en un tiempo dado

IHH_TVS_t representa el índice de Herfindhal Hirshmann para televisión por suscripción a nivel nacional en un tiempo dado

ϵ_{kt} es el error

Los resultados obtenidos con el modelo propuesto no fueron satisfactorios por cuanto: (I) existen grandes variaciones en el panel de datos, particularmente en el caso de internet fijo, causados por empresas en el segmento de mercado corporativo que mantenían precios notablemente mayores que los del mercado residencial; (II) el modelo propuesto no contemplaba variables de control que dependieran de los operadores (k) y que pudieran capturar el efecto de estas variaciones por empresa; y (III) no se identificaron variables de control que pudieran subsanar esa falla.

Considerando lo anterior se propuso un cambio en el modelo, sustituyéndolo por la siguiente serie de tiempo interrumpida que no contempla estructura de datos en panel:

$$Yj_t = \beta_0 + \beta_1 T_t + \beta_2 X_{t-1} + \beta_3 T_t X_{t-1} + \vec{\alpha}^T \cdot \overrightarrow{CONTROL_t} + \epsilon_t \quad (3)$$

Con:

$$\vec{\alpha}^T \cdot \overrightarrow{CONTROL_t} = \alpha_1 PIBpc_t + \alpha_2 PIFoPTVS_t + \alpha_4 IHH_IF_t + \alpha_5 IHH_TVS_t \quad (4)$$

Donde:

$Y1_t$ representa el ingreso promedio por suscriptor del servicio de internet fijo en un tiempo dado

$Y2_t$ representa el ingreso promedio por suscriptor del servicio de televisión por suscripción en un tiempo dado

$PIFoPTVS_t$ representa la penetración de internet fijo (para el caso del modelo para dicho servicio) o la penetración de televisión por suscripción (para el caso del modelo para dicho servicio)

A partir de esta nueva propuesta de modelo se realizaron análisis de correlación y de VIF, encontrándose que existían variables de control que estaban altamente correlacionadas y no pasaban la prueba de VIF. A partir de varias iteraciones con el modelo, donde se probaban e iban descartando variables de control que mostraban co-linealidad se llegó a los siguientes vectores de control aplicables para $Y1_t$ (ecuación 5) y para $Y2_t$ (ecuación 6)

$$\vec{\alpha}^T \cdot \overrightarrow{CONTROL_t} = \alpha_1 PIF_t \quad (5)$$

$$\vec{\alpha}^T \cdot \overrightarrow{CONTROL_t} = \alpha_1 PIBpc_t + \alpha_2 PTVS_t \quad (6)$$

4.8.2 Datos de entrada, fuentes y tratamiento

Cuadro 4.20 - Hipótesis 6 - Datos de entrada, fuentes, tratamiento y observaciones

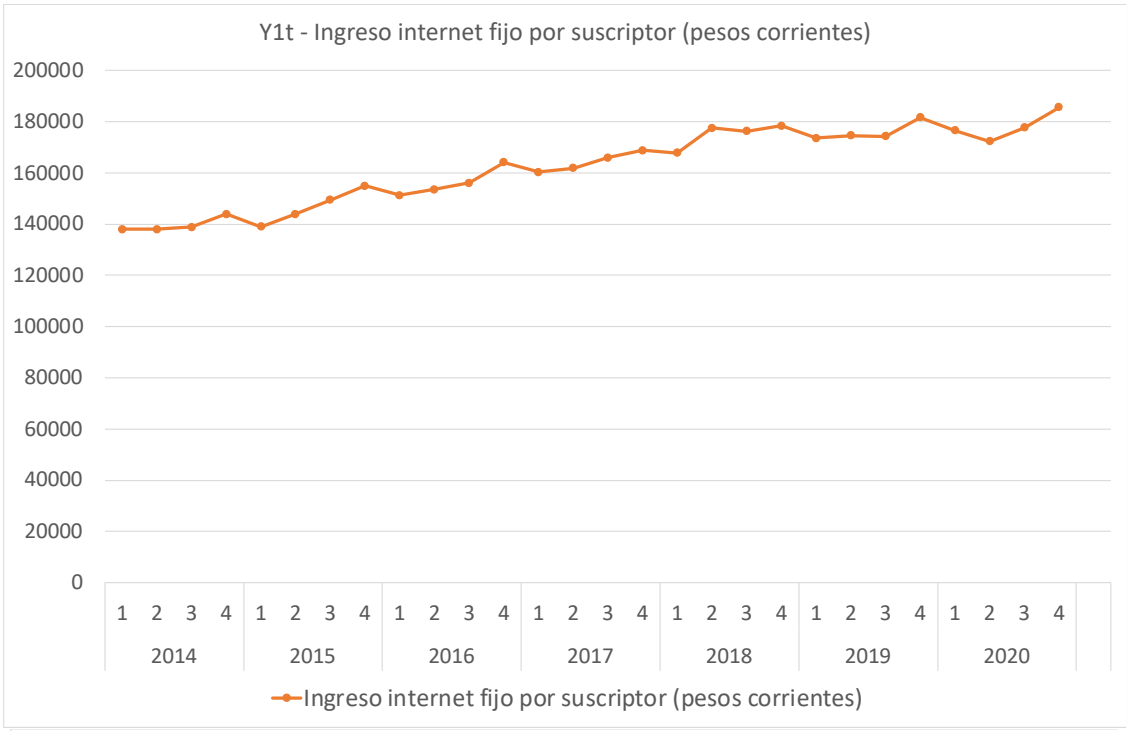
VARIABLE	FUENTE	TRATAMIENTO	OBSERVACIONES
$Y1_{it}$	El formato 1.1. Ingresos de la Resolución CRC 5050 de 2016 y el formato 1.5. Acceso fijo a internet de la Resolución CRC 5050 de 2016	La información de ingresos está a nivel trimestral. Se utilizó información disponible entre los años 2014 y 2020.	
$Y2_{it}$	El formato 1.1. Ingresos de la Resolución CRC 5050 de 2016 y el formato número 6. Suscriptores y asociados de televisión cerrada de la Resolución MinTIC 3484 de 2012		
X_t	La Resolución CRC 5283 fue firmada el 15 de diciembre de 2017 y tenía vigencia a partir de esa fecha	Se consideró como periodo previo a la intervención todos los trimestres de años menores o iguales a 2017 y como periodo posterior a la intervención todos los trimestres de años mayores o iguales al 2018.	El análisis de las estadísticas descriptivas ha mostrado que la medida toma un tiempo en tomar efecto, desde que se regula el precio hasta que los PRST efectivamente comienzan a usar la infraestructura. Por esa razón se considera que hay un rezago de un año (X_{t-1}), que se considera en la ecuación (1)
$PIBpc_t$	Producto interno bruto per cápita para cada año según información del DANE		
PIF_t	El formato 1.5. Acceso fijo a internet de la Resolución CRC 5050 de 2016 y la información demográfica por municipio reportada por el DANE.	Se consideró información trimestral entre el año 2014 y el año 2020.	
$PTVS_t$	El formato número 6. Suscriptores y asociados de televisión cerrada de la Resolución MinTIC 3484 de 2012 y la información demográfica por municipio reportada por el DANE.		

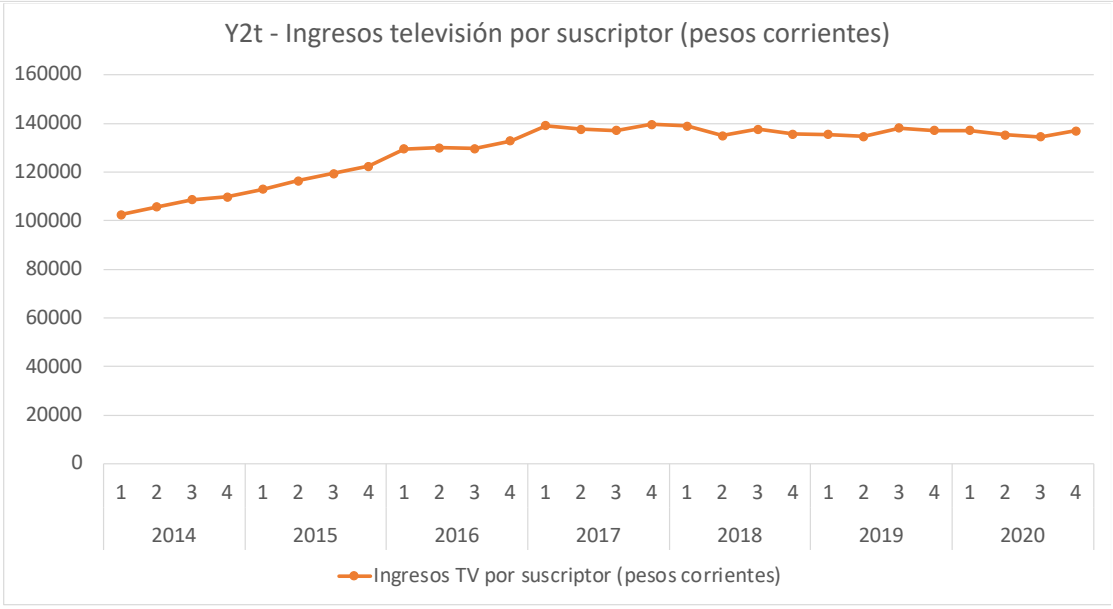
Fuente: Elaboración propia

4.8.3 Análisis descriptivo

El comportamiento del ingreso promedio trimestral por suscriptor (en pesos corrientes) de internet fijo y de televisión por suscripción se presenta en la figura siguiente.

Figura 4.10 – Ingreso promedio trimestral de internet fijo por suscriptor (arriba) e ingreso promedio trimestral de televisión por suscriptor (abajo)





Fuente Construcción propia a partir del formato 1.1. Ingresos de la Resolución CRC 5050 de 2016

4.8.4 Correlación entre las variables

También se analizó la correlación entre las variables de la hipótesis 6. En primer lugar se presentan los resultados del VIF cuando se hicieron las primeras simulaciones con las ecuaciones (1) y (2).

Cuadro 4.21 - Hipótesis 6 – Factor de inflación de la varianza para ecuaciones (1) y (2) para Yj_{kt}

	$Y1_{kt}$		$Y2_{kt}$	
VARIABLE	VIF	1/VIF	VIF	1/VIF
PTVS	34977,02	0,000029	37769,50	0,000026
PIBpc	9621,63	0,000104	11509,72	0,000087
PIF	8206,53	0,000122	8627,26	0,000116
HHI_IF	10709,34	0,000093	5672,71	0,000176
HHI_TVS	262,71	0,003807	366,61	0,002728
Mean VIF	7037,82		8277,66	

Fuente Construcción propia

A continuación se presentan los resultados para correlación entre variables para la simulación final seleccionada, que corresponde a la ecuación (3) con vector de control descrito por la ecuación (5) para $Y1_t$ y la ecuación (6) para $Y2_t$.

Cuadro 4.22 - Hipótesis 6 – Correlación entre las variables

	Y1T INGRESO POR SUSCRIPTOR INTERNET	PIF
Y1t ingreso por suscriptor internet	1	
PIF	0,9216	1

	Y2T INGRESO POR SUSCRIPTOR TELEVISIÓN	PIBPC	PTVS
Y2t ingreso por suscriptor televisión	1		
PIBpc	0,2130	1	
PTVS	0,9369	0,1339	1

Fuente Construcción propia

4.8.5 Resultados, análisis y conclusiones

Los resultados obtenidos al correr el modelo para las dos variables de resultado se muestran a continuación.

Cuadro 4.23 - Hipótesis 6 – Resultados obtenidos por el modelo

VARIABLES	(1) ING_ACCE_INTER	(2) ING_SUCRI_TV
t	3487***	944,6
	(330,1)	(634,1)
x	2800	-6935
	(10081)	(29903)
tx	-650,2	-63,54
	(409,7)	(1361)
PIBpc		0,00317
		(0,00362)
PTVS		1,079e+06
		(729,398)
PIF	-543125***	
	(138,495)	
Constant	210679***	-62430
	(19889)	(87132)
Observations	28	28
R-squared	0,977	0,904

Standard errors in parentheses
*** p<0,01 ** p<0,05 * p<0,1

Fuente Construcción propia

Cuadro 4.24 - Hipótesis 6 – Prueba de significancia conjunta de los β para Y1 – ingreso promedio de internet fijo por suscriptor

$\beta_2 + \beta_3$ (cambio en la variable de resultado asociado con la intervención regulatoria más cambio de pendiente después de la intervención utilizando la interacción entre tiempo e intervención)

Ingresos por suscriptor Internet fijo	Coef.	Std. Err.	t	P> |t|	[95% Conf. Interval]	
(1)	2149,38	9678,217	0,22	0,826	-17871,54	22170,3

$\beta_1 + \beta_2 + \beta_3$ (tendencia subyacente previa a la intervención más cambio en la variable de resultado asociado con la intervención regulatoria más cambio de pendiente después de la intervención utilizando la interacción entre tiempo e intervención)

Ingresos por suscriptor Internet fijo	Coef.	Std. Err.	t	P> |t|	[95% Conf. Interval]	
(1)	5636,399	9571,964	0,59	0,562	-14164,72	25437,51

$\beta_1 + \beta_3$ (tendencia subyacente previa a la intervención más más cambio de pendiente después de la intervención utilizando la interacción entre tiempo e intervención)

Ingresos por suscriptor Internet fijo	Coef.	Std. Err.	t	P> |t|	[95% Conf.	Interval]
(1)	2836,843	584,5136	4,85	0	1627,685	4046,001

$\beta_0 + \beta_1$ (línea base más tendencia subyacente previa a la intervención)

Ingresos por suscriptor Internet fijo	Coef.	Std. Err.	t	P> |t|	[95% Conf.	Interval]
(1)	214165,8	20199,92	10,6	0	172379,1	255952,5

$\beta_0 + \beta_1 + \beta_2 + \beta_3$ (línea base más tendencia subyacente previa a la intervención más cambio en la variable de resultado asociado con la intervención regulatoria más cambio de pendiente después de la intervención utilizando la interacción entre tiempo e intervención)

Ingresos por suscriptor Internet fijo	Coef.	Std. Err.	t	P> |t|	[95% Conf.	Interval]
(1)	216315,2	18740,64	11,54	0	177547,2	255083,2

$\beta_0 + \beta_1 + \beta_3$ (línea base más tendencia subyacente previa a la intervención más cambio de pendiente después de la intervención utilizando la interacción entre tiempo e intervención)

Ingresos por suscriptor Internet fijo	Coef.	Std. Err.	t	P> |t|	[95% Conf.	Interval]
(1)	213515,6	20338,45	10,5	0	171442,4	255588,9

$\beta_0 + \beta_3$ (línea base más cambio de pendiente después de la intervención utilizando la interacción entre tiempo e intervención)

Ingresos por suscriptor Internet fijo	Coef.	Std. Err.	t	P> |t|	[95% Conf.	Interval]
(1)	210028,6	20027,69	10,49	0	168598,2	251459,1

Fuente Construcción propia

Cuadro 4.25 - Hipótesis 6 – Prueba de significancia conjunta de los β para Y2 – ingreso promedio de televisión por suscripción

$\beta_2 + \beta_3$ (cambio en la variable de resultado asociado con la intervención regulatoria más cambio de pendiente después de la intervención utilizando la interacción entre tiempo e intervención)

Ingresos por suscriptor TV	Coef.	Std. Err.	t	P> |t|	[95% Conf. Interval]	
(1)	-6998,442	28555,31	-0,25	0,809	-66218,52	52221,64

$\beta_1 + \beta_2 + \beta_3$ (tendencia subyacente previa a la intervención más cambio en la variable de resultado asociado con la intervención regulatoria más cambio de pendiente después de la intervención utilizando la interacción entre tiempo e intervención)

Ingresos por suscriptor TV	Coef.	Std. Err.	t	P> |t|	[95% Conf. Interval]	
(1)	-6053,844	28760,03	-0,21	0,835	-65698,5	53590,81

$\beta_1 + \beta_3$ (tendencia subyacente previa a la intervención más más cambio de pendiente después de la intervención utilizando la interacción entre tiempo e intervención)

Ingresos por suscriptor TV	Coef.	Std. Err.	t	P> |t|	[95% Conf. Interval]	
(1)	881,0594	1232,592	0,71	0,482	-1675,18	3437,299

$\beta_0 + \beta_1$ (línea base más tendencia subyacente previa a la intervención)

Ingresos por suscriptor TV	Coef.	Std. Err.	t	P> |t|	[95% Conf. Interval]	
(1)	-61485,57	87652,38	-0,7	0,49	-243265,5	120294,4

$\beta_0 + \beta_1 + \beta_2 + \beta_3$ (línea base más tendencia subyacente previa a la intervención más cambio en la variable de resultado asociado con la intervención regulatoria más cambio de pendiente después de la intervención utilizando la interacción entre tiempo e intervención)

Ingresos por suscriptor TV	Coef.	Std. Err.	t	P> |t|	[95% Conf. Interval]	
(1)	-68484,01	109142,2	-0,63	0,537	-294831	157863

$\beta_0 + \beta_1 + \beta_3$ (línea base más tendencia subyacente previa a la intervención más cambio de pendiente después de la intervención utilizando la interacción entre tiempo e intervención)

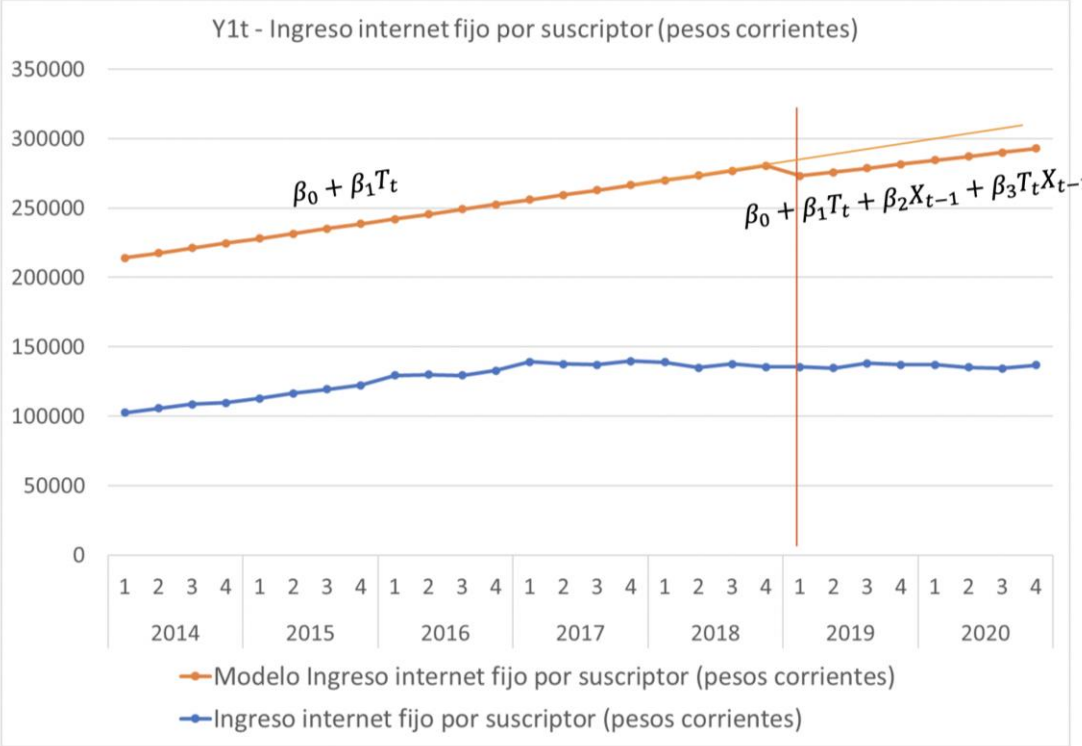
Ingresos por suscriptor TV	Coef.	Std. Err.	t	P> |t|	[95% Conf. Interval]	

(1)	-61549,1	86625,44	-0,71	0,485	-241199,3	118101,1
$\beta_0 + \beta_3$ (línea base más cambio de pendiente después de la intervención utilizando la interacción entre tiempo e intervención)						
Ingresos por suscriptor TV	Coef.	Std. Err.	t	P> |t|	[95% Conf. Interval]	
(1)	-62493,7	86102,96	-0,73	0,476	-241060,3	116072,9

Fuente Construcción propia

De acuerdo con el resultado del modelo para los ingresos promedio en pesos corrientes del servicio de internet fijo Y1 (t) se observa del análisis de las pruebas de significancia conjunta de los betas que el modelo mostró que es significativo para la componente de la ecuación $\beta_0 + \beta_1 T_t$ antes de la intervención regulatoria que muestra una tendencia creciente del número de suscriptores y para la componente de la ecuación $\beta_0 + \beta_1 T_t + \beta_2 X_{t-1} + \beta_3 T_t X_{t-1}$ como se observa en la siguiente figura. De acuerdo con los resultados, la medida regulatoria habría generado una leve disminución en la tarifa promedio de los suscriptores de internet fijo que se compara entre la línea naranja continua (tendencia antes de la intervención) y la proyección de la línea naranja punteada. La diferencia entre la curva predicha por el modelo y el promedio es explicada por las variables de control, que no se grafican, porque se busca es analizar el efecto de la intervención regulatoria. En particular se encuentra que la penetración de internet fijo tiene un efecto negativo y significativo sobre el precio promedio, lo cual era de esperarse porque un mayor número de usuarios tiene efectos positivos sobre las economías de escala del negocio de internet fijo y por ende puede traducirse en menores precios en el mercado minorista.

Figura 4.11 - Predicción del modelo versus comportamiento observado – Ingresos por suscriptor Internet fijo.



Fuente: Elaboración propia

Los resultados para la variable Y2 (t) ingreso promedio de televisión por suscripción no son significativos, lo que se interpreta en términos que la medida regulatoria no tuvo impacto sobre estos.

4.9 CONCLUSIONES GENERALES

La regulación de precios de compartición de infraestructura pasiva de redes fijas de telecomunicaciones (postes y ductos) establecida en la Resolución CRC 5283 de 2017, tuvo un impacto positivo y significativo en la cantidad de postes de 10 metros y de metros lineales de ductos de telecomunicaciones que son compartidos entre los PRST. Este impacto se evidenció en mayor medida a partir del 2019, lo que muestra que entre el momento de expedición de la regulación y la materialización de sus efectos positivos sobre la compartición de infraestructura pasiva transcurrió aproximadamente un año.

Por otra parte, la regulación no tuvo efecto sobre el número de contratos de compartición de infraestructura pasiva de telecomunicaciones para servicios fijos. Se observa entonces que los aumentos en el uso de los postes de 10 metros y de los ductos están más asociado a una profundización en relaciones contractuales que existían antes de la regulación.

Debido a que existen notables vacíos de información de precios de infraestructura pasiva para los años 2010 a 2015 y 2018 no fue posible realizar los análisis propuestos para verificar la hipótesis 3 relacionada con el efecto de los topes tarifarios sobre una posible disminución en los costos de compartición de infraestructura de postes y ductos utilizados para el despliegue de redes o la prestación de servicios de telecomunicaciones.

En cuanto a la hipótesis 5 el modelo mostró que la regulación pudo generar una leve disminución en la pendiente de crecimiento de los suscriptores de internet fijo y no tuvo efecto sobre el total de suscriptores de televisión por suscripción.

Por último, para la hipótesis 6 y de acuerdo con los resultados, la medida regulatoria habría generado una leve disminución en la tarifa promedio de los suscriptores de internet fijo y no habría tenido ningún efecto sobre el ingreso promedio de televisión por suscripción.

4.10 SENDAS Y RECOMENDACIONES

A partir de los análisis efectuados, se establecen las siguientes **recomendaciones**:

1. **Mantener una regulación que permita establecer topes tarifarios como esquema general para la definición de la contraprestación mensual de infraestructura de postes y ductos de telecomunicaciones** en línea con lo establecido en el artículo 4.10.3.2. de la Resolución CRC 5050 de 2016
    a. La razón para establecer esta recomendación surge a partir de los siguientes resultados obtenidos por esta Consultoría:
        i. La regulación de precios de compartición de infraestructura pasiva de redes fijas de telecomunicaciones (postes y ductos) establecida en la Resolución CRC 5283 de 2017, tuvo un impacto positivo y significativo en el uso de infraestructura pasiva y concretamente sobre la cantidad de postes de 10 metros y de metros lineales de ductos de telecomunicaciones que son compartidos entre los PRST.
2. **Actualizar las obligaciones del reporte de información de precios de contratos de arrendamiento que se solicitan en el Formato 3.6** Acuerdos sobre uso de infraestructura eléctrica o de telecomunicaciones de la Resolución CRC 5050 de 2016, de manera que se garantice que los precios sean registrados como mínimo de forma anual
    a. La razón para para establecer esta recomendación surge porque los datos han sido reportados solamente para el año de firma del contrato, razón por la cual no se pudo realizar un seguimiento completo a la variación de precios en el tiempo requeridos para verificar la hipótesis 3 relacionada con el efecto de los topes tarifarios sobre una posible disminución en los costos de compartición de

infraestructura de postes y ductos utilizados para el despliegue de redes o la prestación de servicios de telecomunicaciones

Adicionalmente, se sugiere a la CRC que revise la pertinencia de una posible **senda de trabajos futuros** en los siguientes temas:

1. **Continuar con la actualización periódica de los precios regulados de la infraestructura de postes y ductos**
    a. Entendemos que en la actualidad hay una consultoría en curso que tiene entre sus objetivos la actualización de la metodología y de los topes tarifarios de infraestructura pasiva de telecomunicaciones. Esto es importante y debe realizarse periódicamente.
    b. Además, debe explorarse la posibilidad de unificar tarifas entre la infraestructura pasiva de telecomunicaciones y la infraestructura pasiva de otros sectores económicos que tienen activos idénticos o muy similares y que por tanto pueden, eventualmente, actuar como productos sustitutos unos de otros.
2. **Analizar la necesidad y pertinencia de incluir en los topes tarifarios otros tipos de infraestructura pasiva de telecomunicaciones que se evidencia que está siendo utilizada por los PRST**.

En particular, como parte de los requerimientos específicos de información solicitados por la consultoría, uno de los PRST reportó uso de infraestructura pasiva para la cual no existen topes regulatorios. Específicamente: cantidades significativas de postes de 9 metros y algunos postes de 18 metros. Sin embargo, puede explorarse una metodología de costos que considere.

Capítulo 5

EFECTOS CONJUNTOS DE LAS RESOLUCIONES CRC 4930 DE 2016 Y 5283 DE 2017

Previo a un análisis más detallado de la Resolución CRC 4930 de 2016, similar al presentado en los capítulos anteriores, se debe mencionar que esta medida tuvo como objetivo reducir la posible barrera que las cláusulas de permanencia imponían sobre los suscriptores al momento de tomar una decisión sobre el posible cambio del operador que le brindaba servicios fijos de telecomunicaciones. Es de esperar que este tipo de medidas se refleje en una mayor dinámica del mercado y por ello se ha planteado como hipótesis que esta resolución tuvo incidencia sobre los niveles de concentración de esos mercados.

Por otra parte la Resolución CRC 5283 de 2017 incentivó el uso eficiente de la infraestructura pasiva de las redes fijas de telecomunicaciones (postes y ductos) mediante la actualización de los topes tarifarios que presionaron a la baja los costos de compartición de esta infraestructura. Al facilitarse de esta manera la competencia, una de las hipótesis planteadas por esta consultoría en relación con esta medida regulatoria es que ello también pudo llevar a una mayor competencia en el mercado.

De esta manera, tanto para la Resolución CRC 4930 de 2016 como para la 5283 de 2017, se han planteado hipótesis en relación con su posible impacto sobre la concentración de los mercados de servicios fijos. Por esta razón dichas hipótesis se analizan de manera conjunta en este capítulo.

5.1 HIPÓTESIS: INCIDENCIA DE LAS MEDIDAS REGULATORIAS SOBRE LA CONCENTRACIÓN DE LOS MERCADOS

A continuación se transcriben las hipótesis planteadas en el Producto 3 para las dos resoluciones mencionadas:

Resolución CRC 4930 de 2016:

La mayor dinámica en la entrada y salida de suscriptores se refleja en una reducción en los niveles de concentración de los mercados.

Resolución CRC 5283 de 2017:

La actualización de los topes tarifarios generó efectos positivos a nivel municipal sobre la competencia en los servicios de internet fijo y televisión por suscripción en términos de una disminución de los indicadores de concentración de mercado.

5.1.1 Comportamiento de la variable de resultado

Para medir el impacto de las medidas regulatorias antes mencionadas sobre la concentración se utilizará el Índice de Herfindahl-Hirschman (HHI) para los tres servicios de comunicaciones fijas (internet, televisión por suscripción y telefonía fija). Se ha seleccionado este indicador por tratarse de una medida de concentración que no solo utiliza la CRC sino también autoridades norteamericanas y europeas.

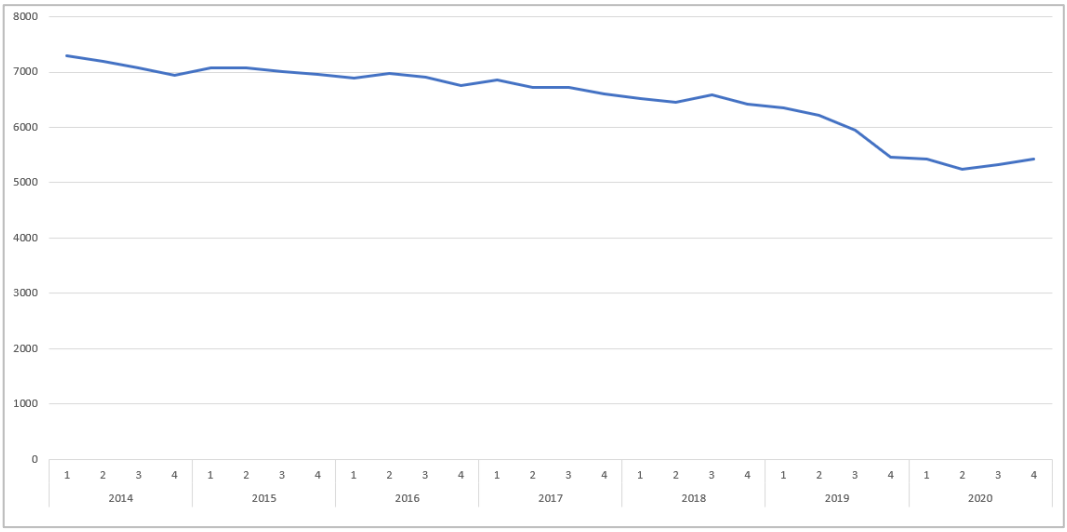
Como fuente de datos se ha utilizado el Formato 1.3. Líneas en servicio y tráfico telefonía local y Formato 1.5. Acceso Fijo a Internet de la Resolución CRC 5050 de 2016, la Información publicada por la ANTV (2010 1T a 2019 – 2T) y la Información reportada a la CRC como respuesta a requerimientos particulares (2019 – 3T a 2020 4T).

Internet fijo

La siguiente figura ilustra el comportamiento del índice de concentración del mercado (HHI)

calculado a nivel nacional con base en el número de usuarios por empresa proveedora del servicio de internet fijo, para el periodo 2014 a 2021.

Figura 5.1 - HHI del mercado de Internet Fijo en Colombia



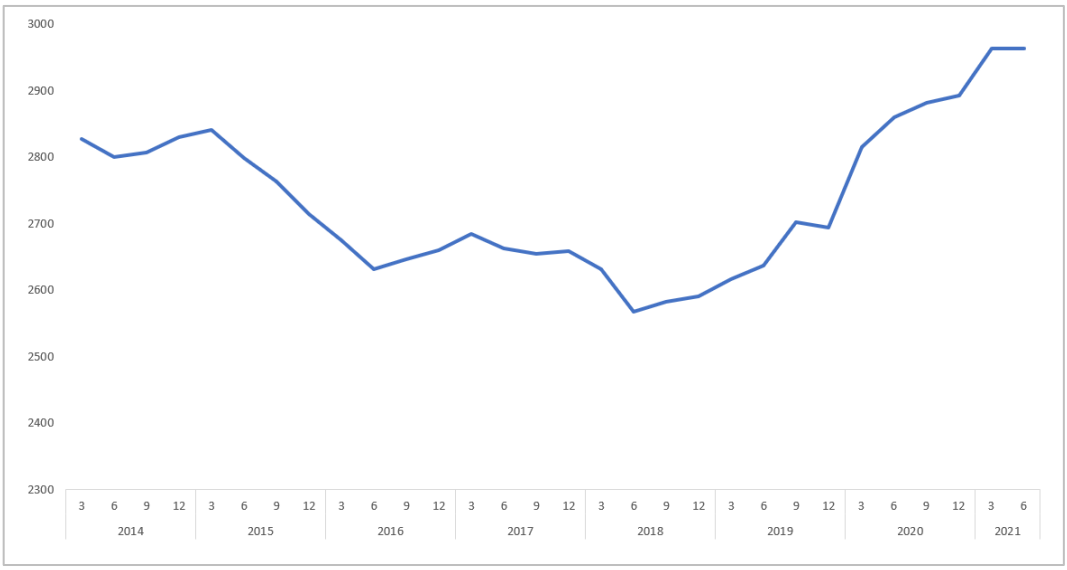
Fuente Cálculos propios con base en información de la CRC

La figura muestra una tendencia decreciente relativamente uniforme en los niveles de concentración del mercado hasta 2018. Durante 2019 ella parece acelerarse para luego, en 2020, entrar a un periodo de relativa estabilidad. No es el objeto de esta consultoría determinar las razones exactas de este comportamientos atípico pero podría estar causado por la pandemia del COVID-19, por esta razón en el modelo que se plantea más adelante será controlado mediante una variable tipo dummy.

Televisión por suscripción

En cuanto a la concentración a nivel nacional del servicio de televisión por suscripción, la figura siguiente muestra el comportamiento del HHI para el total del país.

Figura 5.2 - HHI del mercado de Televisión por suscripción en Colombia, según número de suscriptores



Fuente Cálculos propios con base en información de la CRC

En este caso se observa un cambio en la tendencia a partir del segundo semestre de 2018 cuando la concentración del mercado, que venía reduciéndose crece nuevamente e incluso llega a superar en 2020 los niveles que se habían registrado a mediados de la segunda década del siglo.

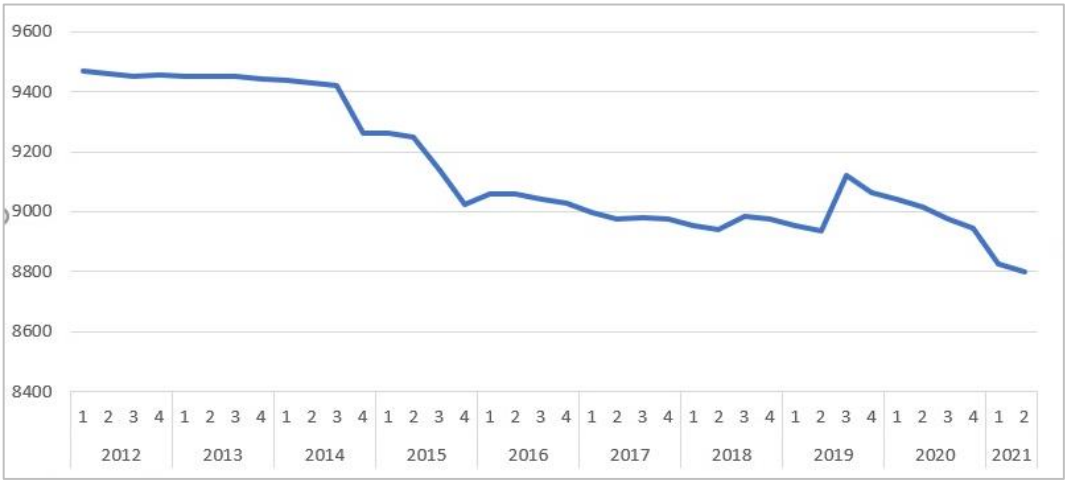
Esta consultoría no pudo identificar una causa probable de ese comportamiento pero para evitar que él genere sesgos en las estimaciones, los modelos, que se estimaron con cifras a partir de 2014[55], incluyeron una variable tipo dummy para controlar el efecto de ese comportamiento atípico.

Telefonía fija

A continuación se muestra el comportamiento del HHI para la telefonía fija en el consolidado del país, para el periodo 2012-2021.

[55] Esto porque las estadísticas de otras variables de control sólo se encuentran disponibles desde esa fecha.

Figura 5.3 - HHI del mercado de Telefonía Fija en Colombia



Fuente Cálculos propios con base en información de la CRC

Puede notarse en la figura anterior como el nivel de concentración de la telefonía local en Colombia presenta un importante cambio de tendencia en el tercer trimestre de 2014, un salto en el tercer trimestre de 2019 y luego de él un aparente incremento en la tendencia negativa que se traía.

Como ya se mencionó, no es el objeto de esta consultoría determinar las razones de esos comportamientos atípicos, sin embargo el primer caso coincide con la reducción del PIB sectorial[56], mientras que los dos últimos podrían estar asociados a la pandemia del COVID-19 y a la emisión de la Resolución CRC 5826 de 2019 que entre otros estableció la obligación a todos los proveedores de redes y servicios de telecomunicaciones fijos de ofrecer a los demás proveedores por lo menos dos esquemas de cargos de acceso (establecidos en la misma resolución) para remunerar el uso de su red con ocasión de la interconexión de los servicios de voz.

Para efectos de modelar los impactos de las resoluciones CRC 4930 de 2016 y CRC 5283 de 2017 se utilizarán las estadísticas a partir de 2015 y los comportamientos atípicos de 2019 y 2020 se controlarán con variables dicótomas.

5.1.2 Estructura del modelo propuesto, variables de resultado y control

[56] Efectivamente, hasta 2014 el PIB sectorial venía creciendo a niveles cercanos a los de la economía nacional (alrededor de los 5 puntos porcentuales), pero a partir de ese año la economía nacional redujo su tasa de crecimiento y esta reducción se observó más acentuada para el sector de correos y comunicaciones que en 2016 y 2017 incluso registró tasas negativas. Al respecto el Reporte de Industria del Sector TIC 2017 indica que "*El comportamiento macroeconómico nacional continúa presentando una desaceleración en el ritmo de crecimiento, explicado en parte por el entorno económico internacional y por los choques externos sufridos en años anteriores*" y "*… se observa que el PIB sectorial no solo sigue la tendencia, sino que acentúa la misma al presentar una variación porcentual de -0,87%, respecto al año anterior*" (CRC, 2017).

En el producto 3 se planteó la metodología para probar esta hipótesis mediante un modelo de Serie de Tiempo Interrumpida (Linden, 2015), con una estructura de datos en panel y dos puntos de interrupción, uno para cada una de las medidas regulatorias evaluadas. El modelo econométrico planteado es entonces el siguiente:

$$IHHj_{it} = \beta_0 + \beta_1 T_t + \beta_2 X_{1,t} + \beta_3 T_t X_{1,t} + \beta_4 X_{2,t} + \gamma^j \cdot \overrightarrow{ATIPICOS_J} + \vec{\alpha}^T \cdot \overrightarrow{CONTROL_{it}} + \epsilon_{it} \quad (1)$$

Con:

$$\vec{\alpha}^T \cdot \overrightarrow{CONTROL_{it}} = \alpha_1 POB_{it} + \alpha_2 DIST_{it} + \alpha_3 EIS_{it} + \alpha_4 PCS_{it} + \alpha_5 SEG_{it} + \alpha_6 PGI_{it} + \alpha_7 TDT_{it}$$

$\vec{\gamma}^J \cdot \overrightarrow{ATIPICOS_J} = \gamma_1 d_1 + \gamma_2 d_2 + \cdots + \alpha_N d_N$ es un vector de variables dicótomas (tipo dummy) para controlar los comportamientos atípicos descritos en el acápite anterior

Donde:

$IHHj_{it}$ es cada una de las variables de resultado propuestas (con j=1, 2 y 3), para:

$IHH1_{it}$ representa Índice de Herfindahl-Hirschman (HHI) del servicio de internet fijo de un municipio i en un tiempo dado.

$IHH2_{it}$ representa Índice de Herfindahl-Hirschman (HHI) del servicio de televisión por suscripción de un municipio i en un tiempo dado.

$IHH3_{it}$ representa Índice de Herfindahl-Hirschman (HHI) del servicio de telefonía fija por de un municipio i en un tiempo dado.

T_t representa el tiempo

$X_{1,t}$ es una variable ficticia (*dummy*) dicotómica que indica la intervención realizada mediante la Resolución CRC 5283 de 2017 (codificado como 0 en el periodo previo a ella y con 1 en el posterior).

$X_{2,t}$ es una variable dicotómica, similar a la anterior, que toma el valor de cero antes de la entrada en vigor de la Resolución CRC 4930 de 2016 y de uno en el periodo posterior a ello.

Los coeficientes β_k tienen las siguientes interpretaciones:

β_0 representa la línea base al cuantificar la concentración del mercado en $T_t = 0$.

β_1 es la tendencia del indicador de concentración en ausencia de regulación.

β_2 es el efecto promedio de la Resolución CRC 5283 de 2017 sobre el nivel de competencia.

β_3 es el efecto de la Resolución CRC 5283 de 2017 sobre la tendencia del nivel de competencia.

β_4 cuantifica el impacto de la Resolución CRC 4930 de 2016 sobre el nivel de competencia.

β_5 cuantifica es el impacto de la Resolución CRC 4930 de 2017 sobre la tendencia del nivel de competencia.

Las variables del vector de control representan:

POB_{it} es la población del municipio en el año T.

$DIST_{it}$ es la distancia del municipio a la capital departamental en el año T.

SEG_{it} es la dimensión de seguridad[57] del municipio en el año T.

PCS_{it} es la dimensión de productividad, competitividad y complementariedad[58] del municipio en el año T.

EIS_{it} es la dimensión de equidad e inclusión social EIS[59] del municipio en el año T.

PGI_{it} es una variable ficticia (*dummy*) dicotómica que indica si en el año T hubo ejecución de programas gubernamentales para promocionar el acceso a Internet fijo en el municipio (codificado como 1) o no se dio (codificado como 0).

TDT_{it} es una variable ficticia (*dummy*) dicotómica que indica si en el año T había cobertura de Televisión Digital Terrestre en el municipio i. Se codifica como uno si es así y como cero si no.

Los coeficientes α_j reflejan en efecto de las diferentes variables de control sobre el índice de concentración del mercado.

ϵ_t es el error residual.

5.1.3 Correlación entre variables

[57] Ídem
[58] Ídem
[59] Tomado del índice de ciudades modernas del Departamento Nacional de Planeación (DNP)

A continuación se presentan las correlaciones entre los indicadores de concentración de los mercados fijos y las variables independientes de los modelos planteados.

Figura 5.4 - Internet Fijo – Correlación entre las variables

	HHI1	POBL…	DISCAP…	Í.SEG…	Í.PROD…	Í.EQUID…	PGI	TDT
HHI1	1,0000							
Pobl_cabe_mun	-0,1014	1,0000						
discapital	0,0772	-0,1113	1,0000					
ÍndicedeSeguridad	0,125	-0,1228	0,2005	1,0000				
ÍndicedeProductividadCompeti	-0,2281	0,3655	-0,3178	-0,3811	1,0000			
ÍndicedeEquidadeinclusiónso	-0,0610	0,2027	-0,3014	-0,38	0,5432	1,0000		
PGI	0,2020	0,0417	-0,1042	0,1065	0,1404	0,0947	1,0000	
TDT	-0,1248	0,0816	-0,1788	-0,1632	0,31	0,2252	-0,0094	1,0000

Fuente Construcción propia

Figura 5.5 - Televisión por suscripción – Correlación entre las variables

	HHI2	POBL…	DISCAP…	Í.SEG…	Í.PROD…	Í.EQUI…	PGI	TDT
HHI2	1,0000							
Pobl_cabe_mun	-0,1122	1,0000						
discapital	0,2445	-0,1113	1,0000					
ÍndicedeSeguridad	0,4555	-0,1228	0,2005	1,0000				
ÍndicedeProductividadCompeti	-0,4802	0,3655	-0,3178	-0,3811	1,0000			
ÍndicedeEquidadeinclusiónso	-0,4729	0,2027	-0,3014	-0,3800	0,5432	1,0000		
PGI	0,0552	0,0417	-0,1042	0,1065	0,1404	0,0947	1,0000	
TDT	-0,3116	0,0816	-0,1788	-0,1632	0,3100	0,2252	-0,0094	1,0000

Fuente Construcción propia

Figura 5.6 - Telefonía fija – Correlación entre las variables

	HHI3	POBL_	DISC…	Í.SEG…	Í.PROD…	Í.EQUID…	PGI	TDT	T3
HHI3	1,0000								
Pobl_cabe_mun	-0,2624	1,0000							
discapital	0,2059	-0,1113	1,0000						
ÍndicedeSeguridad	0,2219	-0,1228	0,2005	1,0000					
ÍndicedeProductividadCompeti	-0,5675	0,3655	-0,3178	-0,3811	1,0000				
ÍndicedeEquidadeinclusiónso	-0,3106	0,2027	-0,3014	-0,3800	0,5432	1,0000			
PGI	-0,0442	0,0417	-0,1042	0,1065	0,1404	0,0947	1,0000		
TDT	-0,2542	0,0816	-0,1788	-0,1632	0,3100	0,2252	-0,0094	1,0000	
t3	0,0083	0,0000	-0,0005	-0,0004	0,0001	0,0003	-0,0515	0,0114	1,0000

Fuente Construcción propia

Los cuadros anteriores muestran como existe una relación positiva del índice de concentración del internet fijo especialmente con la presencia de programas gubernamentales para la promoción de internet y en menor medida con el índice de seguridad y la distancia a la capital. Esto estaría indicando que este tipo de programas probablemente tienden a desarrollarse con un único operador por municipio y que ese operador tiende a ser el de mayor tamaño o el único en los municipios. Esto no es necesariamente malo puesto que podría estar justificado en que ese tipo de operadores seguramente son los que pueden ofrecer los servicios con los menores costos, lo cual resulta perfectamente consistente con el objetivo de estos programas que buscan aumentar la cobertura de la manera eficiente, especialmente en lugares donde las características de la demanda y/o costos no son un incentivo suficiente para que los operadores lleguen siguiendo las dinámicas "normales" del mercado.

La televisión por suscripción en general muestra niveles de correlación más altos que el internet fijo pero con los mismos signos de las variables. Así, la concentración del mercado de televisión por suscripción tiende a ser mayor en los mismos casos que el de internet y viceversa. De esta manera, esos mercados tenderían a estar menos concentrados en municipios más grandes, con mayor índice de productividad o de equidad y cuando hay presencia de Televisión Digital Terrestre.

En cuanto al HHI de la telefonía fija, se observa una relación positiva con la distancia a la capital, lo cual estaría señalando que el nivel de competencia tiende a ser menor en los municipios más alejados. En contraposición la correlación es negativa con los indicadores de productividad, de equidad, con la población y con la presencia de TDT y de programas gubernamentales que promueve el acceso a internet; así, a mayor valor de estas variables menor tenderá a ser la concentración, por ejemplo, entre mayor sea la productividad del municipio (esta es la variable con la correlación más alta) mayor presencia habrá de operadores de internet.

5.1.4 Resultados

En el cuadro siguiente se presentan los resultados obtenidos al estimar el modelo para los tres servicios fijos de comunicaciones.

Figura 5.7 - Resultados de la modelación econométrica

VARIABLES	HHI1 INTERNET FIJO	HHI2 TV POR SUSCRIPCIÓN	HHI3 TELEFONÍA FIJA
x (R. CRC 5283 de 2017)	2146***	-1997***	-765,3***
	-191,1	-130,6	-118,9
t	-21,81***	-78,26***	-48,58***
	-5,685	-3,945	-2,579
tx	-127,1***	125,6***	43,67***

VARIABLES	HHI1 INTERNET FIJO	HHI2 TV POR SUSCRIPCIÓN	HHI3 TELEFONÍA FIJA
	-13,03	-8,78	-7,334
x2 ((R. 4930 de 2016)	361,4**	677,7***	-355,7***
	-164,2	-115,4	-76,54
tx2	-30,03**	-77,85***	40,34***
	-13,03	-9,135	-6,034
D1	720,9***		109,0***
	-64,44		-32,01
D2		-483,5***	
		-36,38	
D3		174,2***	
		-36,76	
covid			1859***
			-345,2
covidt			-74,36***
			-13,53
t3			24,18**
			-11,14
Pobl_cabe_mun	0,00454***	0,0120***	-0,00409***
	-0,00135	-0,000949	-0,000586
o.discapital	-	-	-
C ndicedeSeguridad	-1,198	-0,324	-2,132***
	-1,005	-0,705	-0,491
C ndicedeProductividadCompeti	-53,03***	41,59***	0,363
	-4,963	-3,523	-2,568
C ndicedeEquidadeinclusiC3nso	1,454	-8,249***	0,996
	-1,574	-1,094	-0,774
PGI	416,8***	342,2***	53,30***
	-41,28	-22,72	-18,8
TDT	-221,2***	178,4***	-66,68***
	-40,48	-28,37	-18,99
Constant	8052***	6441***	9679***
	-160,7	-112,5	-83,64
Observations	30785	30969	25474
Number of ID_MUNICIPIO	1119	1122	1073
R-squared	0,133	0,347	0,039
Standard errors in parentheses			

D1: Dummy que capta el cambio de tendencia a partir del segundo semestre de 2018
D2: Dummy que capta el comportamiento atípico del segundo trimestre de 2019
D2: Dummy que capta el comportamiento atípico del primer trimestre de 2020

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Tres observaciones valen la pena realizar sobre los resultados presentados en el cuadro anterior, previo a la presentación de las pruebas de significancia conjunta. En primer lugar, tanto las Resoluciones 4930 de 2016 como la Resolución 5283 de 2017 habrían tenido impactos sobre los niveles de concentración de los mercados fijos, esto porque sus coeficientes son significativos con más de un nivel de confianza superior al 95%.

En segundo lugar, se debe mencionar que las variables dummy introducidas para controlar los comportamientos atípicos identificados en el análisis de la concentración nacional de los mercados (variables x3, x4, x5, covid y t3) son significativas en todos los casos, por lo que efectivamente están eliminando el efecto de esos comportamientos y evitando la generación de sesgos derivados de no considerarlos.

En tercer lugar, cabe destacar las variables de control que inciden sobre los niveles de concentración de los mercados. En primer lugar la presencia de programas gubernamentales de promoción del uso de internet que tienen mayor presencia en municipios con mayor concentración de los mercados, lo cual podría estar explicado por los criterios que se tienen en cuenta al seleccionar municipios para esos programas. De manera similar, la presencia de Televisión Digital Terrestre es mayor en municipios con mayor concentración del mercado de televisión por suscripción pero, curiosamente menor, en los mercados con mayor HHI de internet o telefonía fija.

También llama la atención que la concentración de los mercados de internet fijo y televisión por suscripción tiende a ser mayor en los municipios con mayor población, a diferencia de la de telefonía fija donde la concentración desciende con la población en la cabecera. Cabe menciona que por tratarse de servicios fijos se utiliza la población de la cabecera municipal, esto porque en las zonas rurales la dispersión de usuarios incrementa los costos de las redes y ello se refleja en niveles de cobertura normalmente bajos.

El índice de productividad está asociado a mayores niveles de competencia en el mercado de internet pero a menores en el de televisión por suscrición, mientras que el de seguridad, solo incide en la telefonía fija reduciendo la concentración, y el de equidad, solo incide sobre el de televisión por suscripción también reduciendo la concentración.

Pruebas conjuntas

A continuación se presentan las pruebas de significancia conjunta para los modelos de los tres servicios fijos. En ellas se puede apreciar como en todos los casos las pruebas resultan positivas, con lo que se estaría confirmando el impacto de las dos medidas regulatorias sobre las concentraciones de los mercados de comunicaciones fijas.

Figura 5.8 - Prueba de significancia conjunta para internet fijo

x + tx = 0

HHI1	Coef.	Std. Err.	t	P>|t|	[95% Conf.	Interval]
(1)	2019,018	178,4542	11,31	0,000	1669,24	2368,797

x + t + tx = 0

HHI1	Coef.	Std. Err.	t	P>|t|	[95% Conf.	Interval]
(1)	1997,211	178,5279	11,19	0,000	1647,289	2347,134

t + tx = 0

HHI1	Coef.	Std. Err.	t	P>|t|	[95% Conf.	Interval]
(1)	-148,8828	14,23672	-10,46	0,000	-176,7874	-120,9782

t + _cons = 0

HHI1	Coef.	Std. Err.	t	P>|t|	[95% Conf.	Interval]
(1)	8030,15	160,6224	49,99	0,000	7715,322	8344,977

x + t + tx + _cons = 0

HHI1	Coef.	Std. Err.	t	P>|t|	[95% Conf.	Interval]
(1)	10049,17	231,7877	43,36	0,000	9594,854	10503,48

t + tx + _cons = 0

HHI1	Coef.	Std. Err.	t	P>|t|	[95% Conf.	Interval]
(1)	7903,074	161,9101	48,81	0,000	7585,723	8220,425

tx + _cons = 0

HHI1	Coef.	Std. Err.	t	P>|t|	[95% Conf.	Interval]
(1)	7924,881	162,0215	48,91	0,000	7607,312	8242,45

Fuente Construcción propia

Figura 5.9 - Prueba de significancia conjunta para televisión por suscripción

x + tx = 0

HHI2	Coef.	Std. Err.	t	P>|t|	[95% Conf.	Interval]
(1)	-1871,003	122,0883	-15,32	0,000	-2110,301	-1631,705

x + t + tx = 0

HHI2	Coef.	Std. Err.	t	P>|t|	[95% Conf.	Interval]
(1)	-1949,261	122,1371	-15,96	0,000	-2188,655	-1709,867

t + tx = 0

HHI2	Coef.	Std. Err.	t	P>|t|	[95% Conf.	Interval]
(1)	47,2955	9,645133	4,90	0,000	28,39062	66,20038

t + _cons = 0

HHI2	Coef.	Std. Err.	t	P>|t|	[95% Conf.	Interval]
(1)	6362,413	112,492	56,56	0,000	6141,923	6582,902

x + t + tx + _cons = 0

HHI2	Coef.	Std. Err.	t	P>|t|	[95% Conf.	Interval]
(1)	4491,41	163,2337	27,52	0,000	4171,465	4811,355

t + tx + _cons = 0

```
------------------------------------------------------------------------------
        HHI2 |      Coef.   Std. Err.      t    P>|t|     [95% Conf. Interval]
-------------+----------------------------------------------------------------
         (1) |   6487,966   112,9986    57,42   0,000     6266,484    6709,448
------------------------------------------------------------------------------

                                tx + _cons = 0

------------------------------------------------------------------------------
        HHI2 |      Coef.   Std. Err.      t    P>|t|     [95% Conf. Interval]
-------------+----------------------------------------------------------------
         (1) |   6566,224   113,0423    58,09   0,000     6344,657    6787,792
------------------------------------------------------------------------------
```

Fuente Construcción propia

Figura 5.10 - Prueba de significancia conjunta para telefonía fija

```
                                 x + tx = 0

------------------------------------------------------------------------------
        HHI3 |      Coef.   Std. Err.      t    P>|t|     [95% Conf. Interval]
-------------+----------------------------------------------------------------
         (1) |    -721,64    111,742    -6,46   0,000    -940,6611    -502,619
------------------------------------------------------------------------------

                              x + t + tx = 0

------------------------------------------------------------------------------
        HHI3 |      Coef.   Std. Err.      t    P>|t|     [95% Conf. Interval]
-------------+----------------------------------------------------------------
         (1) |  -770,2222   111,7618    -6,89   0,000    -989,2822   -551,1623
------------------------------------------------------------------------------

                                 t + tx = 0

------------------------------------------------------------------------------
        HHI3 |      Coef.   Std. Err.      t    P>|t|     [95% Conf. Interval]
-------------+----------------------------------------------------------------
         (1) |  -4,911915   7,789188    -0,63   0,528     -20,1792    10,35537
------------------------------------------------------------------------------


                                t + _cons = 0

------------------------------------------------------------------------------
        HHI3 |      Coef.   Std. Err.      t    P>|t|     [95% Conf. Interval]
-------------+----------------------------------------------------------------
         (1) |   9630,235   83,72977   115,02   0,000      9466,12    9794,351
------------------------------------------------------------------------------

                             x + t + tx + _cons = 0
```

```
------------------------------------------------------------------------------
        HHI3 |      Coef.   Std. Err.      t    P>|t|     [95% Conf. Interval]
-------------+----------------------------------------------------------------
         (1) |   8908,595   143,8502    61,93   0,000      8626,64    9190,551
------------------------------------------------------------------------------

                          t + tx + _cons = 0

------------------------------------------------------------------------------
        HHI3 |      Coef.   Std. Err.      t    P>|t|     [95% Conf. Interval]
-------------+----------------------------------------------------------------
         (1) |   9673,906   83,58719   115,73   0,000      9510,07    9837,742
------------------------------------------------------------------------------

                             tx + _cons = 0

------------------------------------------------------------------------------
        HHI3 |      Coef.   Std. Err.      t    P>|t|     [95% Conf. Interval]
-------------+----------------------------------------------------------------
         (1) |   9722,488   83,49937   116,44   0,000     9558,824    9886,152
------------------------------------------------------------------------------
```

Fuente Construcción propia

5.1.5 Análisis de impactos y conclusiones

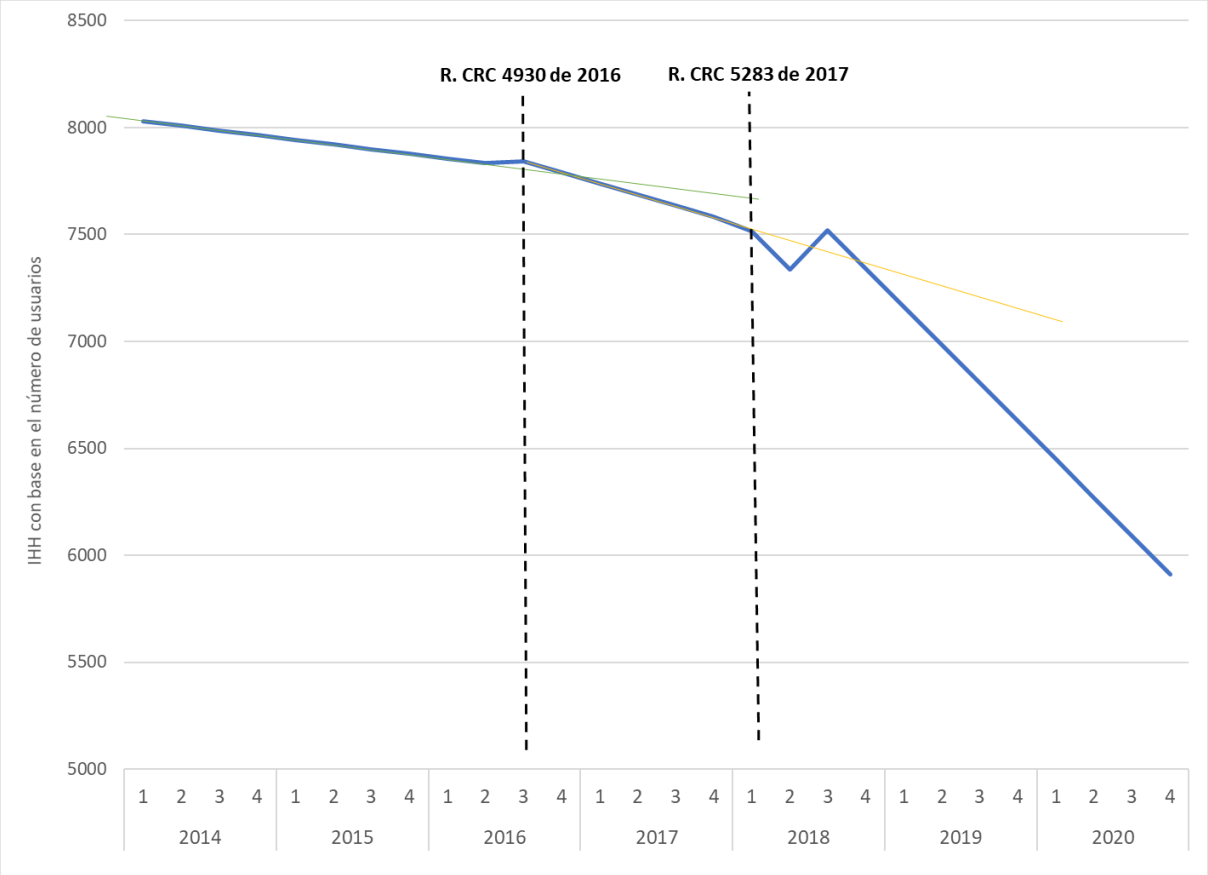
En virtud de que las medidas regulatorias tienen impacto tanto sobre el nivel como sobre la tendencia de los niveles de concentración, el análisis de sus impactos se puede observar mejor de manera gráfica. La Figura siguiente presenta entonces la predicción del modelo60 para el servicio de internet fijo (línea azul) y lo compara con la tendencia que este indicador tenía previo a las medidas (líneas verde y amarilla).

En esa figura puede observarse como la modelación econométrica comprueba las hipótesis de que, tanto la Resoluciones CRC 4930 de 2016 como la Resolución CRC 5283 de 2017, efectivamente tuvieron un impacto positivo en el mediano plazo reduciendo los niveles de concentración, siendo mayor el efecto de la segunda medida que el de la primera.

Es así como mientras en dieciocho meses la Resolución CRC 4930 de 2016 habría reducido en 1,5% el nivel de concentración de este mercado, en un periodo de igual duración la Resolución CRC 5283 de 2017 lo habría hecho en 8,5%. En el primer caso el HHI habría sido 7703 sin medida regulatoria y habría pasado a 7583 con ella, mientras que en el segundo habría sido de 7634 sin medida y de 6984 con ella.

[60] Incluyendo la tendencia previa a las medidas (variable t) y la constante de estimación, pero sin incluir las variables de control. Esto no tiene incidencia sobre los análisis.

Figura 5.11 - Predicción del modelo versus tendencia – Internet fijo.

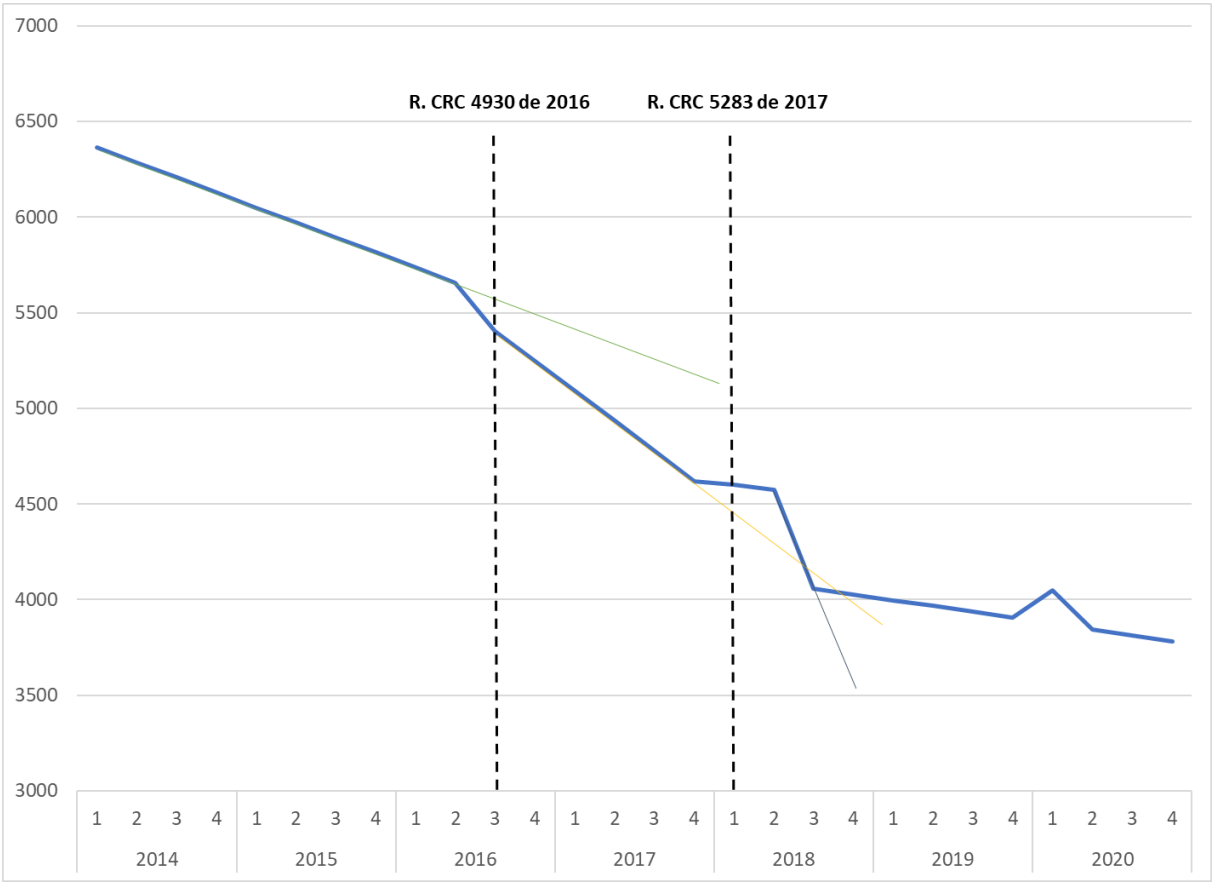


Fuente: Elaboración propia

En lo que respecta a la incidencia de las Resolución CRC 4930 de 2016 y CRC 5283 de 2017 sobre los niveles de concentración del mercado de televisión por suscripción (ver figura siguiente), el impacto de la primera medida es evidente y de mayor magnitud que el observado para esa misma resolución sobre el internet fijo.

Por su parte, el impacto de la segunda medida sobre el mercado de televisión por suscripción habría sido positivo en el mediano plazo, pero los comportamientos atípicos observados a partir de 2018 habrían anulado el efecto de esta medida regulatoria.

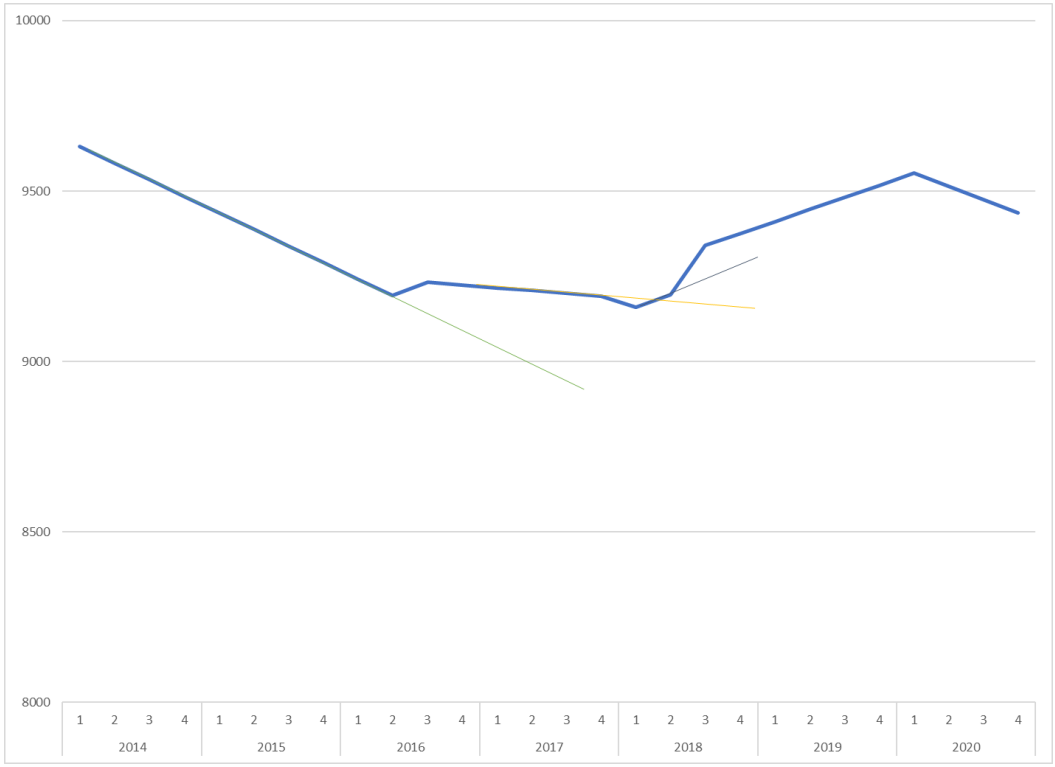
Figura 5.12 - Predicción del modelo versus tendencia – Televisión por suscripción.



Fuente: Elaboración propia

Finalmente, en lo que respecta a los impactos sobre telefonía fija los impactos son contrarios a lo esperado. Como se puede ver en la figura de la página siguiente, tanto la Resolución CRC 4930 de 2016 como la CRC 5283 de 2017 habrían aumentado la concentración del mercado.

Figura 5.13 - Predicción del modelo versus tendencia – Telefonía fija.



Fuente: Elaboración propia

Una posible explicación de este resultado (el aparente efecto de concentrar los mercados que parecerían tener las medidas regulatorias) podría derivarse del comportamiento que en el mercado de telefonía fija ha tenido el operador Claro. Este operador, al igual que otros operadores grandes ha apoyado su estrategia de mercado en la oferta del servicio de empaquetados de telefonía fija, televisión e internet; y, de acuerdo con las estadísticas del MinTIC61, ha incrementado su participación de mercado de manera muy importante. Efectivamente en 2014 este operador participaba con el 21,3% del mercado nacional de telefonía fija, en 2016 su participación se había incrementado a 26,7% y en 2020 habría llegado a 38,6%; de esta manera el HHI del mercado nacional se habría incrementado en 3,3% entre 2014 y 2016, y en 32,9% entre 2016 y 2024.

La razón del crecimiento de la participación de Claro debe obedecer a una decisión interna de este operador, pero al no ser incluida en la modelación genera un sesgo en la estimación incrementando el coeficiente de las resoluciones evaluadas. Cabe señalar que siendo la variable dependiente el nivel de concentración del mercado, incluir la participación de Claro dentro de la modelación no resulta posible porque dicha participación no sería una variable independiente de la estimada.

[61] https://www.telesemana.com/panorama-de-mercado/colombia/

Capítulo 6

RESOLUCIÓN 4930 DE 2016

6.1 ANTECEDENTES

En noviembre de 2015 la CRC publicó el documento "Análisis de permanencia mínimas en los contratos de prestación de servicios de comunicaciones fijos" plasmando en él los análisis que dieron lugar a la emisión de la Resolución 4930 de 2016. A continuación se presentan las principales conclusiones formuladas en ese documento.

A partir de la revisión de las experiencias internacionales se concluyó que no existía una aplicación e impacto sobre la competencia y el bienestar de los usuarios, pero que en todos los casos "se observan medidas encaminadas a proteger al usuario al momento de realizar un cambio de operador, haciendo énfasis en la transparencia y disponibilidad de la información". Al respecto de esta conclusión cabe mencionar que la Resolución 4930 de 2016 introdujo algunas obligaciones de suministrar información a los usuarios, no mencionadas en la introducción de este numeral.

En todo caso la revisión de prácticas internacionales observó la tendencia a la regulación de las cláusulas de permanencia para garantizar que ellas sean acordes con el costo en el que efectivamente incurren los operadores para la instalación de los servicios.

Al analizar los mercados de comunicaciones fijas en Colombia concluyó que estos, aunque presentaban altos niveles de concentración, evidenciaban dinámicas de competencia entre los tres o cuatros principales proveedores de los servicios[62].

Se concluyó también que la principal razón para el uso de las cláusulas de permanencia era el subsidio o la financiación del cargo por conexión y el periodo de tiempo aplicado principalmente era de un año.

A partir de los análisis realizados sobre las tarifas de los servicios de comunicaciones fijas se concluyó que sobre ellas las cláusulas no tenían incidencia y que por lo tanto "el usuario no tiene realmente algún incentivo en el precio para evaluar la opción de pagar el cargo por conexión al inicio del contrato, razón por la cual su decisión siempre será la de escoger el contrato con permanencia mínima".

[62] En general esos tres o cuatro operadores reúnen el 90% del mercado o más.

Una conclusión del análisis de los mercados que puede ser especialmente importante para la evaluación de esta medida regulatoria fue que, aunque la mayoría de los proveedores habían definido que el monto por terminación anticipada disminuyera de forma uniforme y gradual cada mes, algunos de ellos mantenían un cobro cercano al 45% del cargo por conexión hasta el undécimo mes de permanencia. Esto podría constituirse como una barrera de salida y por lo mismo como un desincentivo al cambio de operador.

Finalmente, de los análisis de los posibles efectos de las cláusulas de permanencia sobre la competencia y el bienestar de los usuarios se concluyó que:

a. "Las cláusulas de permanencia constituyen un costo de cambio que afecta la decisión de los usuarios para reaccionar con rapidez frente a mejores ofertas presentes en el mercado".

b. "la literatura de organización industrial aún no ha estudiado los efectos de eliminar las cláusulas de permanencia mínima en servicios de comunicaciones fijas, como si ocurre en el caso de servicios móviles".

c. La eliminación de cláusulas de permanencia podría tener resultados tanto en favor como en contra de los consumidores y que por lo mismo recomienda que las medidas regulatorias se dirijan a asegurar que el consumidor tenga acceso a la información necesaria para la mejor toma de decisiones.

d. Los usuarios mantienen relaciones comerciales relativamente estables con sus operadores de tal manera que el 24%, 14% y 19% de los usuarios de televisión, internet y telefonía fija, respectivamente, buscaron cambiar de operador en los últimos tres años.

e. La eliminación de las cláusulas de permanencia, como costos de cambio, podría beneficiar a los usuarios principalmente en términos de precio e incluso posiblemente en términos de calidad.

6.2 TEORÍA DEL CAMBIO E IDENTIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

La Resolución 4930 de 2016 modificó las cláusulas de permanencia mínima para los servicios de telefonía e internet fijo y para el servicio de televisión por suscripción. Para ello, cambió las condiciones para el establecimiento y renovación de este tipo de cláusulas y precisó la definición del concepto de cargo de conexión. Así, en el artículo 4 de esta resolución se estableció entre otros que:

- Las cláusulas de permanencia mínima sólo podrían ser pactadas en los contratos de servicios de comunicaciones fijas cuando se otorgara un descuento en el valor del cargo

por conexión o la posibilidad de un pago diferido del mismo. Al respecto cabe señalar que la Resolución 3066 de 2011 había establecido que estas podrían pactarse además cuando se ofrecieran planes de financiación, o cuando se financiaran o subsidiaran equipos requeridos para el uso de los servicios.

- Eliminó la excepción al plazo máximo de doce (12) meses establecidos para las cláusulas de permanencia, que podía aplicarse cuando el proveedor financiara o subsidiara equipos terminales requeridos para la contratación de servicios móviles.

- Estableció la forma de pago de los cargos de conexión cuando se aplican cláusulas de permanencia. Este debe ser mensual, en montos iguales, correspondientes al valor de conexión dividido por los meses de permanencia.

- Igualmente estableció que en caso de terminación anticipada, el valor a pagar no podrá ser superior a la suma de los cargos mensuales faltantes de pagar, confirmando con esto que las cláusulas de permanencia no operan como una forma de financiación sino como pagos diferidos.

Con la Resolución 4930 de 2016 se eliminó la posibilidad de pactar cláusulas de prórroga automática al cumplimiento de los términos de permanencia mínima, que estaban consideradas como una posibilidad en la Resolución 3066 de 2011.

En este mismo sentido, en la definición de cláusulas de permanencia, que con la Resolución 3066 de 2011 se habían establecido como la "*estipulación contractual que se pacta por una vez al inicio del contrato, en los casos expresamente admitidos por la regulación, por medio de la cual el usuario que celebra el contrato se obliga a no terminar anticipadamente su contrato, so pena de tener que pagar los valores que para tales efectos se hayan pactado en el contrato, los cuales en ningún caso se constituirán en multas o sanciones. El periodo de permanencia mínima no podrá ser superior a un año, salvo las excepciones previstas en el artículo 17 de la presente resolución.*" (El subrayado es propio) se modificó la parte final de esta, ratificando que el periodo de permanencia no podría renovarse ni prorrogarse.

- Finalmente, en cuanto a la definición del cargo de conexión, definido por la Resolución 3066 de 2011 como el "valor que incluye los costos asociados a la conexión del servicio, el cual otorga al usuario el derecho a la conexión, instalación y uso del servicio", esta fue precisada indicando: (i) que en él se incluyen únicamente los costos asociados a la conexión de los servicios de comunicaciones fijas y televisión por suscripción; (ii) que este cargo otorga el derecho de conexión e instalación pero no el de uso del servicio; y (iii) aclaró que "*si se prestan varios servicios de comunicaciones sobre una misma red de acceso, el cargo de conexión corresponde al valor de la conexión e instalación de un servicio más los costos incrementales en que se pueda incurrir por los otros servicios a la red de acceso común*".

Las anteriores medidas claramente se enfocan a reducir la barrera de costo que las cláusulas de permanencia imponían a los suscriptores de los servicios al momento de tomar una decisión sobre un posible cambio de operador y se soportan en el supuesto de que efectivamente el costo impuesto por las cláusulas de permanencia se constituía en una barrera.

Por lo mismo, la entrada en vigor de la resolución CRC 4930 de 2016 debería incidir sobre la dinámica de entrada y salida de suscriptores de cada operador, aunque en menor medida en aquellos en que el porcentaje de suscriptores sujetos a cláusulas de permanencia sea menor.

Probar esa hipótesis requiere contar con información de la dinámica del mercado para un periodo anterior a la entrada en vigor de la medida regulatoria y para uno posterior a ella, lamentablemente la primera información no es posible tenerla para esta evaluación y por ello será necesario limitar los análisis a la situación actual. Para ello se propone realizar análisis descriptivos y modelaciones econométricas del comportamiento de la cancelación del servicio, en función del porcentaje de suscriptores con cláusula de permanencia, en aras de comprobar la validez del siguiente supuesto:

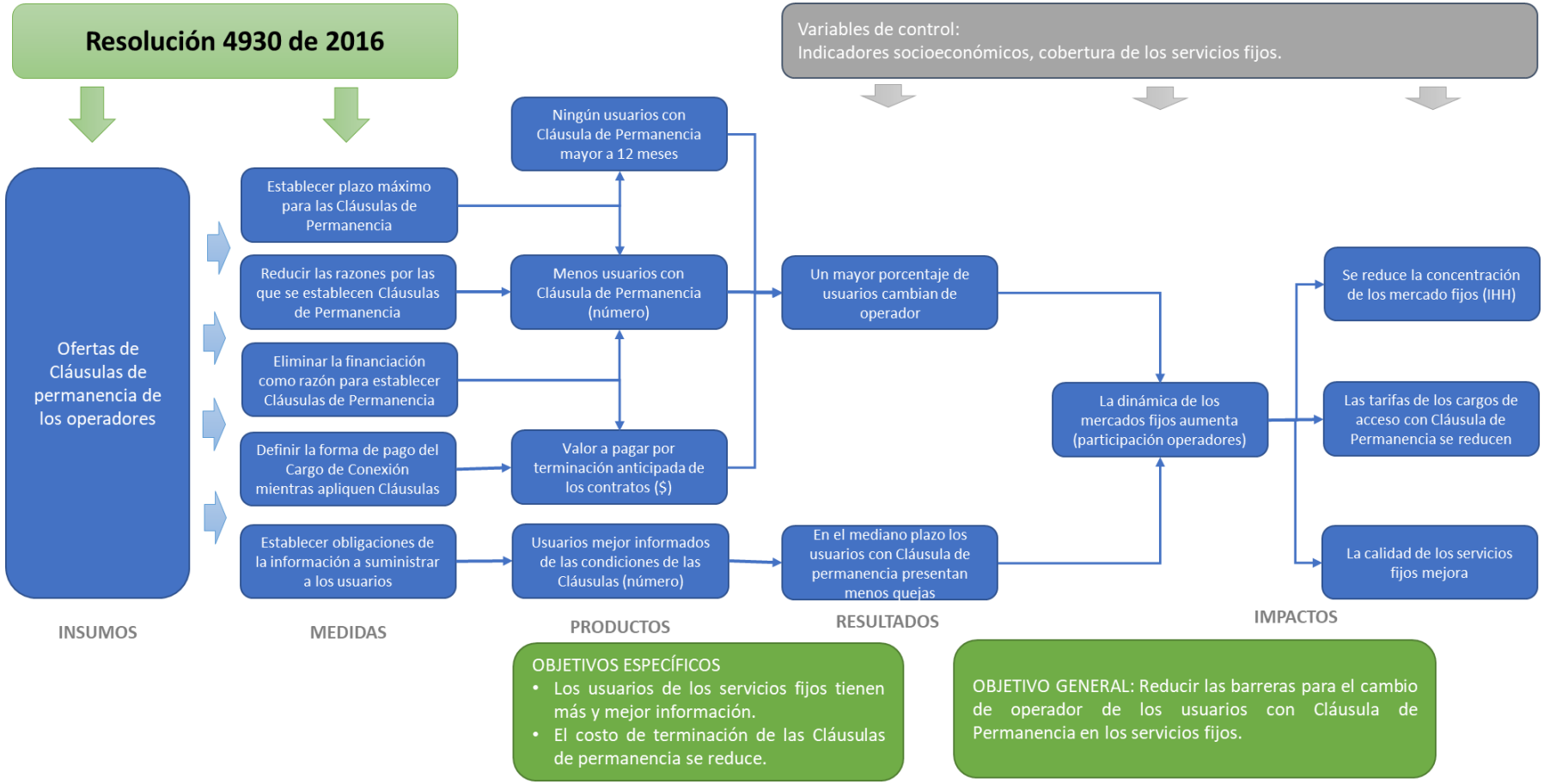
Supuesto 1. En la medida que se reduce el porcentaje de suscriptores de un operador con cláusula de permanencia, la tasa de cancelación del servicio aumenta.

No sobra señalar que, dado que las barreras económicas asociadas a las cláusulas de permanencia se redujeron con la entrada en vigor de la resolución CRC 4930 de 2016, si se prueba el supuesto anterior, también se estaría probando que él era válido al momento de emitir la norma regulatoria.

La mayor dinámica del mercado, sumado a la mayor disponibilidad de información debería llevar también a cambios en las participaciones de los diferentes operadores observables especialmente en los operadores con mayor participación. En este orden de ideas y considerando que las medidas tomadas con la resolución CRC 4930 de 2016 favorecen la competencia, se plantea como primera hipótesis:

Hipótesis 1. La mayor dinámica en la entrada y salida de usuarios de los operadores fijos se refleja en una reducción en los niveles de concentración de los mercados, especialmente cuando estos se analizan considerando solo los principales operadores de cada mercado. La prueba de esta hipótesis se presentó en el capítulo anterior.

Figura 6.1 - Teoría del cambio de la Resolución CRC 4930 de 2016



Fuente Desarrollo de la UT

Ahora bien, puede esperarse que la mayor competencia también tenga efecto sobre las tarifas o la calidad de los servicios, por lo que se ha planteado como Segunda hipótesis:

Hipótesis 2. El mayor nivel de competencia y los cambios introducidos por la Resolución 4930 de 2016 en las condiciones de las cláusulas de permanencia, redujo las tarifas relativas entre los cargos de conexión con cláusula y sin ella.

En cuanto a la calidad del servicio, al igual que sucede para las tasas de cancelación, no se cuenta con información confiable anterior a la emisión de la Resolución. Por esta razón se hará un análisis similar al planteado para el Supuesto 1 y se analizará la posible incidencia que en los últimos años ha tenido la menor concentración de los mercados en los indicadores de calidad, para evidenciar con ello que:

6.3 SUPUESTO: EN LA MEDIDA QUE SE REDUCE EL PORCENTAJE DE SUSCRIPTORES DE UN OPERADOR CON CLÁUSULA DE PERMANENCIA, LA TASA DE CANCELACIÓN DEL SERVICIO AUMENTA

6.3.1 Datos de entrada y fuentes

Para analizar este supuesto se solicitó a los principales operadores del servicio sus estadísticas mensuales de suscriptores, pidiéndoles que indicaran cuántos de ellos eran nuevos (no eran suscriptores el mes inmediatamente anterior) y cuántos de ellos tenían cláusulas de permanencia vigentes. Así se pudo construir la tasa de cancelación de los servicios fijos mediante la siguiente formulación:

$$TC_t = \frac{C_t}{S_{t-1}}$$

Siendo:

$$C_t = (S_{t-1} - S_t) + N_t$$

Donde:

- S_t Suscriptores el último día del mes t
- N_t Suscriptores nuevos en el mes t
- C_t Suscriptores que cancelaron el servicio en el mes t

Para los análisis se contó entonces con información a nivel municipal, para el periodo comprendido entre enero de 2018 y julio de 2021, de cinco operadores (Comcel, Direct TV

Colombia, ETB, Movistar y UNE EPM Telecomunicaciones), distinguiendo siete tipos de servicios fijos que resultan de las posibles combinaciones de internet fijo, televisión por suscripción y telefonía fija.

El panel de datos así constituido registra 430,6 millones de suscriptores de los servicios para los 43 meses que lo constituyen, es decir 10 millones de suscriptores mensuales. El 40,9% de los suscriptores se encuentran vinculados a UNE EPM, el 29,6% a Comcel, el 11,2% a Movistar y el restante 18,4% se distribuye en parte iguales entre ETB y Direct TV. Por tipo de servicio la distribución de los datos se muestra en el cuadro siguiente.

Cuadro A3.1 - Distribución del panel de datos según servicio y año

SERVICIO	2018	2019	2020	2021
1. Telefonía Fija	8,6%	7,7%	6,4%	5,1%
2. Internet Fijo	4,4%	4,9%	5,7%	5,9%
3. Televisión por suscripción	13,4%	11,8%	10,6%	9,3%
4. Telefonía fija + Internet Fijo	18,3%	18,2%	17,5%	17,1%
5. Telefonía fija + Televisión por suscripción	1,2%	1,0%	0,7%	0,5%
6. Internet fijo + Televisión por suscripción	6,9%	6,6%	7,2%	8,0%
7. Telefonía Fija + Internet Fijo + Telefonía fija	47,2%	49,8%	52,0%	54,0%
SUMA	100%	100%	100%	100%

Fuente: cálculos propios

Puede verse como el servicio empaquetado de triple play han venido cobrando importancia al pasar de ser el 47,2% de los suscriptores en 2007, a ser el 54,0% en 2020. En contraposición los servicios individuales de telefonía fija y televisión por suscripción han venido perdiendo participación.

6.3.2 Estructura del modelo propuesto

El análisis de esta hipótesis se realizó mediante la estimación del siguiente modelo sobre el panel de datos a nivel municipal:

$$TC_{O,\,m,t} = \beta_0 + \beta_1 TP_{O,m,\,t} + \beta_2 N_{m,\,t} + \beta_3 Part_{O,m,\,t-1} + \epsilon_t$$

Donde:

$\mathrm{TC}_{\mathrm{O,m},t}$ es la tasa de cancelación del servicio del operador O, en el municipio m, en el periodo t.

$TP_{O,m,t-1}$ es la relación entre el número de suscriptores con cláusula de permanencia y el total de suscriptores en el periodo t-1, para cada combinación municipio – operador.

$N_{m,t-1}$ es el número de operadores del servicio, en el municipio m y en el periodo t-1.

$Part_{O,m,t-1}$ es la participación en el mercado, del operador O, en el municipio m y en el periodo t-1.

En la medida que las cláusulas de permanencia sean una barrera para la toma de decisiones sobre el cambio de operador, el coeficiente β_1 será significativo y de signo negativo. Si este coeficiente resulta significativo pero de signo positivo, estaría indicando que la tasa de cancelación del servicio es mayor en los usuarios con cláusula de permanencia; y si no es significativo indicaría que no hay diferencia en esa tasa entre los usuarios con y sin cláusula de permanencia. En los dos últimos casos el resultado apuntaría a que las cláusulas ya no se pueden considerar barreras para el cambio de operador.

6.3.3 Resultados

En la siguiente tabla se presentan los resultados de la modelación para los servicios fijos.

Cuadro A3.2 - Resultados de la modelación econométrica

VARIABLES	TELEFONÍA FIJA	INTERNET FIJO	TV	TELEFONÍA + INTERNET	TELEFONÍA + TV	INTERNET FIJO + TV	TRIPLE PLAY
Suscriptores con cláusula (%)	0,015376***	0,0127761***	0.0659893***	0,0026541	-0,0237325	0,0079055***	0,0141314***
	0,0017411	0,0033703***	0.0010213	0,0025221	0,0165819	0,0021812	0,0014355
Participación en el mercado	-0,222722***	-0,09921272***	-0.1087817***	-0,0543351***	-02351623***	-0,1232435***	-0,04344***
	0.0369489	0.001574369489	0.0029751	0,0057210	0,0439462	0,0070649	0,0038557
Número de empresas	-0,0200767*	-0,0093156***	0.0020719***	0,004729**	0,0173837	-0,0158061***	-0,0005867
	0.011032	0.0015546	0.0004591	0,0015218	0,016061	0,0023211	0,0014414
Constant	0,291883***	0,1584238***	0.1084218***	0,0609123	0,2533095***	0,1965472***	0,0581519***
	0,0369489	0,0058163	0.0021097	0,00584963	0,0500638	0,007653	0,0046357
Observations	16.487	14.949	76.770	15.001	7.005	18.957	13.536
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1							

En el cuadro anterior se puede apreciar como la participación del número de suscriptores con cláusula de permanencia resulta significativo y de signo positivo en todos los casos, salvo dos, la oferta del servicio de telefonía fija con internet y la de telefonía fija con televisión. De esta manera se puede afirmar que para estas dos formas de prestación de los servicios fijos no existe evidencia de que exista una diferencia en la tasa de cancelación del servicio entre quienes tienen cláusula de

permanencia y quienes no la tienen, mientras que para las otras cinco combinaciones de formas de prestación de los servicios la tasa es mayor para los suscriptores con cláusula que para los suscriptores sin ella.

La evidencia de que en ningún caso la existencia de una cláusula de permanencia haga que la tasa de cancelación del servicio sea menor permite afirmar que no existe evidencia de que ellas hoy se constituyan en una barrera para el cambio de operador. Esto no es evidencia de que la medida regulatoria haya tenido algún impacto pero si permite afirmar que si en algún momento lo fueron ya no lo son; no identificándose una medida diferente a la Resolución CRC 4930 de 2016 que hubiera podido incidir sobre las cláusulas de permanencia de los servicios fijos, en el supuesto caso de que previo a ella hubiera existido tal barrera, la medida habría cumplido con el objetivo que se buscaba con ella.

En el supuesto caso de que previo a la resolución hubiese existido tal barrera, la medida habría cumplido con el objetivo que se buscaba con ella.

6.4 Hipótesis 2: el mayor nivel de competencia y los cambios introducidos por la Resolución CRC 4930 de 2016, redujo las tarifas entre los cargos de conexión con cláusula y sin ella

Para la comprobación de esta hipótesis se contó con dos fuentes de información, las tarifas del servicio reportadas por las empresas en 2016 por capital departamental, tipo de servicio, estrato, medio de acceso y tecnología, y las tarifas solicitadas para esta consultoría con esa misma discriminación.

Lamentablemente desde la emisión de la Resolución CRC 4930 de 2016 se han sucedido varios cambios en el mercado dentro de las que se destaca que Colombia Telecomunicaciones agrupa ahora lo que antes era Metrotel y Telbucaramanga; y que UNE ahora es dueño de EDATEL que en 2016 era independiente. A lo anterior se suman las siguientes tres situaciones:

- Las tarifas reportadas en 2016 por Telmex, Telefónica y Une son únicas a nivel nacional, con lo que no se cuenta con una discriminación municipal que permita evaluar el efecto de la resolución para diferentes niveles de concentración del mercado.

- Para esta consultoría se solicitó información de las tarifas a 2021 para los cinco principales operadores del servicio (Colombia Telecomunicaciones, Comcel, DirectTV, ETB y UNE EPM) y de ellos solo ETB había presentado tarifas diferentes por ciudad en 2016.

- Las tarifas reportadas por ETB en 2016 únicamente se refieren a tres ciudades, Bogotá, Cúcuta y Villavicencio.

Así, para el análisis del cambio de tarifas de los servicios fijos entre 2016 y 2021 únicamente se podría disponer de datos de tres ciudades y seis estratos socioeconómicos, dieciocho datos en total que resultan insuficientes para los análisis. Esta situación impidió estimar el modelo inicialmente planteado.

6.5 CONCLUSIONES GENERALES

La primera conclusión del análisis de la Resolución 4930 de 2016 se desprende de los análisis presentados en el capítulo anterior y tiene relación con el positivo impacto que esta medida tuvo sobre los niveles de concentración de los mercados fijos. Los análisis realizados confirman la mayor dinámica de mercado derivada de esta medida y como consecuencia de esto la reducción de los niveles de concentración.

Una segunda conclusión se deriva de los análisis presentados en este capítulo, no existe evidencia de que las tasas de cancelación de los servicios fijos difieran entre los suscriptores con y sin cláusulas de permanencia, por lo que se puede afirmar que en las condiciones actuales del mercado no existen barreras para el cambio de operador, derivadas de dichas cláusulas.

Por último, no sobra mencionar que el análisis de los impactos de la Resolución 4930 de 2016 estuvo limitado por la disponibilidad de información histórica con el detalle suficiente para comprobar o rechazar otros impactos de esta medida. Este es un riesgo que a futuro es cada vez menor por los esfuerzos que la CRC ha venido realizando en pro de contar con más y mejor información de los mercados, pero que en todo caso es importante considerarlo al momento de emitir cualquier medida regulatoria.

6.6 SENDAS Y RECOMENDACIONES

6.6.1 Recomendaciones específicas de esta medida regulatoria

A partir de los resultados de esta consultoría se recomienda:

1. **Mantener las obligaciones establecidas en la Resolución CRC4930 de 2016** esto soportado en las siguientes conclusiones:

    a. La medida regulatoria tuvo un impacto positivo en el mediano plazo reduciendo los niveles de concentración del mercado de internet fijo.

    b. De manera similar, esta medida tuvo un efecto positivo sobre la concentración del mercado de televisión por suscripción e incluso de mayor magnitud que el observado sobre el internet fijo.

c. En las condiciones actuales del mercado no existe evidencia de que las cláusulas de permanencia se constituyan en una barrera para que los suscriptores de los servicios fijos cambien de operador.

2. **Incluir el número de suscriptores dentro de la información que los operadores de los servicios fijos deben reportar a la CRC, utilizando para ello el formato aplicado en esta consultoría para tal fin.** Se considera que esta recomendación es relevante porque:

   a. Permite calcular el índice de rotación de usuarios por operador, a nivel nacional y municipal, lo cual es una medida de la dinámica de los mercados con la que la CRC no puede contar con la información que actualmente le reportan los operadores.

   b. La información fue solicitada a los principales operadores del mercado y esta fue reportada por ellos sin recibir manifestaciones de que ese reporte les implicara procesamientos o costos que dificultaran dicho reporte.

6.6.2 Recomendación general

Para la evaluación de las hipótesis de algunas medidas regulatorias, en especial para la Resolución CRC 4930 de 2016, se enfrentaron dificultades al momento de construir las series históricas de los indicadores sobre los que se deseaba medir el impacto. Por lo anterior se recomienda que al momento de emitir las medidas regulatorias, además de los estudios que se desarrollan para soportarlas, se planteen los indicadores que se requerirán para su medición y se verifique que la CRC cuenta con los reportes de información que permitirán construirlos. Para los caso de que esto no sea así, se recomienda que los reportes de información de los operadores se ajusten para poder contar en el futuro con dicha información.

ANEXO 1: LISTADO DE MUNICIPIOS DE FRONTERA

Cuadro A1.1 - Municipios de alto desempeño que se incluyen como parte de los municipios de frontera.

CÓDIGO	MUNICIPIO	PPROBIT
5376	LA CEJA	0,90090665
5440	MARINILLA	0,55324199
5607	RETIRO	0,89940863
8372	JUAN DE ACOSTA	0,92273317
13222	CLEMENCIA	0,61918662
13673	SANTA CATALINA	0,50805327
13683	SANTA ROSA	0,75401451
13838	TURBANA	0,6679727
15104	BOYACA	0,55984811
15187	CHIVATA	0,50063397
15407	VILLA DE LEYVA	0,59836472
20710	SAN ALBERTO	0,88482518
23189	CIENAGA DE ORO	0,57837096
23417	LORICA	0,63108854
23464	MOMIL	0,85164308
23670	SAN ANDRES DE SOTAVENTO	0,78200013
23675	SAN BERNARDO DEL VIENTO	0,7811731
25035	ANAPOIMA	0,70266498
25200	COGUA	0,69152304
25599	APULO	0,65596307
25743	SILVANIA	0,64547851
25875	VILLETA	0,67286757
41306	GIGANTE	0,89152081
41396	LA PLATA	0,9276366
41551	PITALITO	0,51507645
44874	VILLANUEVA	0,76930461
47205	CONCORDIA	0,6019802
47245	EL BANCO	0,52065348
47268	EL RETEN	0,57208992
47551	PIVIJAY	0,72146633
47707	SANTA ANA	0,61526331
52399	LA UNION	0,73367417
52838	TUQUERRES	0,7311888
54172	CHINACOTA	0,78038411
54518	PAMPLONA	0,72303696
66687	SANTUARIO	0,70486442

CÓDIGO	MUNICIPIO	PPROBIT
68077	BARBOSA	0,5225282
70523	PALMITO	0,63752738
70702	SAN JUAN DE BETULIA	0,85920904
70708	SAN MARCOS	0,94252716
70820	SANTIAGO DE TOLU	0,56479315
73026	ALVARADO	0,50488671
73411	LIBANO	0,5316765
73443	MARIQUITA	0,6876084
73483	NATAGAIMA	0,64893665
76113	BUGALAGRANDE	0,71590377
76147	CARTAGO	0,5111417
76306	GINEBRA	0,66961431
76400	LA UNION	0,86110259
76828	TRUJILLO	0,57954986

Cuadro A1.2 - Municipios de política pública que se incluyen como parte de los municipios de frontera.

CÓDIGO	MUNICIPIO	PPROBIT
5002	ABEJORRAL	0,907240347
5004	ABRIAQUI	0,894499473
5021	ALEJANDRIA	0,8696774
5030	AMAGA	0,916138762
5031	AMALFI	0,917238673
5034	ANDES	0,938473879
5036	ANGELOPOLIS	0,902014679
5040	ANORI	0,928980091
5042	SANTAFE DE ANTIOQUIA	0,929837795
5044	ANZA	0,948052642
5045	APARTADO	0,819541148
5059	ARMENIA	0,917565844
5086	BELMIRA	0,887810171
5091	BETANIA	0,899116514
5093	BETULIA	0,942991569
5101	CIUDAD BOLIVAR	0,933724864
5142	CARACOLI	0,886549725
5145	CARAMANTA	0,834793775
5147	CAREPA	0,944634242
5148	EL CARMEN DE VIBORAL	0,949311152

CÓDIGO	MUNICIPIO	PPROBIT
5150	CAROLINA	0,795558249
5172	CHIGORODO	0,913403799
5190	CISNEROS	0,8545712
5197	COCORNA	0,938267539
5206	CONCEPCION	0,871870966
5209	CONCORDIA	0,934996413
5237	DON MATIAS	0,885064192
5264	ENTRERRIOS	0,782726026
5282	FREDONIA	0,908692572
5284	FRONTINO	0,937530621
5306	GIRALDO	0,944223135
5310	GOMEZ PLATA	0,937002624
5313	GRANADA	0,88959753
5315	GUADALUPE	0,939628933
5318	GUARNE	0,931609307
5321	GUATAPE	0,757289378
5347	HELICONIA	0,913952668
5353	HISPANIA	0,87053164
5364	JARDIN	0,888916302
5368	JERICO	0,868956897
5390	LA PINTADA	0,8715182
5400	LA UNION	0,933725218
5411	LIBORINA	0,943989681
5425	MACEO	0,930914583
5467	MONTEBELLO	0,922574255
5483	NARIÑO	0,934210936
5501	OLAYA	0,921024902
5541	PEÑOL	0,866881969
5576	PUEBLORRICO	0,894603019
5579	PUERTO BERRIO	0,94313078
5585	PUERTO NARE	0,921531819
5591	PUERTO TRIUNFO	0,918274331
5642	SALGAR	0,925176738
5647	SAN ANDRES DE CUERQUIA	0,902007805
5649	SAN CARLOS	0,923257589
5652	SAN FRANCISCO	0,944309134
5656	SAN JERONIMO	0,88278971
5658	SAN JOSE DE LA MONTAÑA	0,811408187

CÓDIGO	MUNICIPIO	PPROBIT
5660	SAN LUIS	0,914279006
5664	SAN PEDRO DE LOS MILAGROS	0,891991576
5667	SAN RAFAEL	0,930558586
5670	SAN ROQUE	0,927460191
5674	SAN VICENTE	0,820634191
5679	SANTA BARBARA	0,922486355
5686	SANTA ROSA DE OSOS	0,87092493
5690	SANTO DOMINGO	0,912648231
5697	EL SANTUARIO	0,94676881
5756	SONSON	0,905604028
5761	SOPETRAN	0,914068367
5789	TAMESIS	0,875728719
5792	TARSO	0,934389595
5809	TITIRIBI	0,90801939
5856	VALPARAISO	0,868018143
5858	VEGACHI	0,922125011
5861	VENECIA	0,884479898
8685	SANTO TOMAS	0,936022485
13873	VILLANUEVA	0,706437331
15172	CHINAVITA	0,945816803
15189	CIENEGA	0,944114471
15215	CORRALES	0,930832961
15380	LA CAPILLA	0,93447169
15455	MIRAFLORES	0,923528087
15494	NUEVO COLON	0,945115723
15537	PAZ DE RIO	0,93168309
15660	SAN EDUARDO	0,943915343
15667	SAN LUIS DE GACENO	0,947509428
15690	SANTA MARIA	0,93499016
15757	SOCHA	0,944358689
15798	TENZA	0,937972001
15835	TURMEQUE	0,944395474
17013	AGUADAS	0,632587154
17050	ARANZAZU	0,926605453
17088	BELALCAZAR	0,935500096
17272	FILADELFIA	0,944714208
17444	MARQUETALIA	0,809139802
17446	MARULANDA	0,899162939

CÓDIGO	MUNICIPIO	PPROBIT
17495	NORCASIA	0,66363842
17513	PACORA	0,923774434
17541	PENSILVANIA	0,908220926
17616	RISARALDA	0,936740233
17662	SAMANA	0,914528311
18001	FLORENCIA	0,672331617
18094	BELEN DE LOS ANDAQUIES	0,941458048
18753	SAN VICENTE DEL CAGUAN	0,936173725
19142	CALOTO	0,944763316
19455	MIRANDA	0,935534089
19532	PATIA	0,846127509
20400	LA JAGUA DE IBIRICO	0,934871123
23068	AYAPEL	0,937893143
23079	BUENAVISTA	0,874786579
23090	CANALETE	0,941923985
23168	CHIMA	0,671260813
23300	COTORRA	0,87601922
23419	LOS CORDOBAS	0,941141385
23500	MOÑITOS	0,923345056
23574	PUERTO ESCONDIDO	0,824819154
23580	PUERTO LIBERTADOR	0,877229266
23586	PURISIMA	0,896835451
25019	ALBAN	0,938778831
25040	ANOLAIMA	0,945642703
25095	BITUIMA	0,947678691
25099	BOJACA	0,915849785
25123	CACHIPAY	0,94013185
25260	EL ROSAL	0,931738114
25288	FUQUENE	0,937600592
25295	GACHANCIPA	0,925732625
25297	GACHETA	0,888967947
25299	GAMA	0,940298854
25317	GUACHETA	0,948633438
25328	GUAYABAL DE SIQUIMA	0,939668107
25402	LA VEGA	0,93525446
25483	NARIÑO	0,905277395
25486	NEMOCON	0,918570455
25491	NOCAIMA	0,945620927

CÓDIGO	MUNICIPIO	PPROBIT
25506	VENECIA	0,935479204
25535	PASCA	0,943092588
25645	SAN ANTONIO DEL TEQUENDAMA	0,945545364
25649	SAN BERNARDO	0,942715255
25658	SAN FRANCISCO	0,938000438
25718	SASAIMA	0,94324548
25736	SESQUILE	0,937633573
25745	SIMIJACA	0,926638951
25769	SUBACHOQUE	0,903626139
25793	TAUSA	0,940887919
25797	TENA	0,938943717
25841	UBAQUE	0,844877166
25845	UNE	0,946641498
25867	VIANI	0,944782555
27001	QUIBDO	0,843896401
27006	ACANDI	0,92435385
27660	SAN JOSE DEL PALMAR	0,876325392
44078	BARRANCAS	0,853008124
44430	MAICAO	0,580230141
44650	SAN JUAN DEL CESAR	0,705089617
47053	ARACATACA	0,929780153
50223	SAN LUIS DE CUBARRAL	0,943183107
50245	EL CALVARIO	0,944621004
50568	PUERTO GAITAN	0,700764064
52480	NARIÑO	0,849243224
52683	SANDONA	0,831656283
54498	OCAÑA	0,856784492
54810	TIBU	0,860487881
63111	BUENAVISTA	0,83269504
63212	CORDOBA	0,920035976
63548	PIJAO	0,908935349
66075	BALBOA	0,918180791
66318	GUATICA	0,700511038
66383	LA CELIA	0,917859991
66572	PUEBLO RICO	0,932783649
68322	GUAPOTA	0,926151443
68524	PALMAS DEL SOCORRO	0,940895957
68655	SABANA DE TORRES	0,855579647

CÓDIGO	MUNICIPIO	PPROBIT
68867	VETAS	0,925656189
68895	ZAPATOCA	0,904904787
70204	COLOSO	0,933550809
70473	MORROA	0,525694737
70713	SAN ONOFRE	0,876218036
70823	TOLU VIEJO	0,854022428
73024	ALPUJARRA	0,947435274
73030	AMBALEMA	0,942540093
73347	HERVEO	0,932309769
73686	SANTA ISABEL	0,941103456
73870	VILLAHERMOSA	0,946774999
76020	ALCALA	0,92010565
76054	ARGELIA	0,944649056
76100	BOLIVAR	0,588963386
76109	BUENAVENTURA	0,776533717
76243	EL AGUILA	0,944068829
76250	EL DOVIO	0,938909499
76275	FLORIDA	0,944801849
76377	LA CUMBRE	0,928860404
76497	OBANDO	0,753955673
76563	PRADERA	0,718584165
76670	SAN PEDRO	0,818769962
76736	SEVILLA	0,882024589
76845	ULLOA	0,909164733
76863	VERSALLES	0,924230794
76869	VIJES	0,923801416
81001	ARAUCA	0,895496139
81065	ARAUQUITA	0,785474094
85139	MANI	0,930882512
86001	MOCOA	0,844199316
86219	COLON	0,900374639
86568	PUERTO ASIS	0,885654903
86749	SIBUNDOY	0,906328147
86755	SAN FRANCISCO	0,92344897
91001	LETICIA	0,838659573