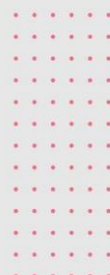




EVALUACIÓN EX POST

DE LA RESOLUCIÓN CRC 5826 DE 2019

- **MODIFICACIÓN DE LOS CARGOS DE ACCESO Y DEL ESQUEMA DE NUMERACIÓN DE TELEFONÍA FIJA**





Evaluación ex post del segundo paquete de medidas de la Resolución CRC 5826 de 2019:

Modificación de los cargos de acceso y del esquema de numeración de telefonía fija

COMITÉ DE COMISIONADOS DE COMUNICACIONES

Lina María Duque
Comisionada

Claudia Ximena Bustamante
Comisionada

Felipe Augusto Díaz
Comisionada

Zoila Vargas Mesa
Coordinadora Ejecutiva

EQUIPO DE TRABAJO

Miguel Andrés Durán
Coordinador de Inteligencia y Analítica de Datos

Víctor Baldrich
Miguelangel Ramírez
Cristian Amézquita
Álvaro Riascos
Equipo de investigación



@CRCCol



/CRCCol



/CRCCol



CRCCOL



@CRCCol

CONTENIDO

RESUMEN.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. ANTECEDENTES Y DESARROLLO DE HIPÓTESIS	3
3. MUESTRA Y ESTRATEGIA EMPÍRICA	5
3.1. Metodología.....	5
3.1.1. Series de tiempo interrumpidas	6
3.1.2. Instrumentos de Bartik.....	9
3.2. Modelos	10
3.2.1. Modelo ITS de ingresos.....	10
3.2.2. Modelo ITS de tráfico	14
3.2.3. Modelo ITS de líneas	15
3.2.4. Modelo Bartik de tráfico	16
4. RESULTADOS	18
4.1. Resultados de la modificación de los cargos de acceso	18
4.1.1. Ingresos.....	18
4.1.2. Tráfico.....	19
4.2. Resultados de la modificación del esquema de marcación	23
5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	26
6. BIBLIOGRAFÍA.....	28

RESUMEN

La Resolución CRC 5826 de 2019 modificó i) los cargos de acceso para la telefonía fija, introduciendo reducciones en estos valores, y ii) el esquema de marcación desde y hacia números fijos, para unificarlo con la marcación de 10 dígitos de la telefonía móvil, en adición a otras.

Previamente la CRC evaluó otras medidas incluidas en esta norma, relacionadas con la eliminación del cargo por transporte del servicio de telefonía local extendida, y una modificación de los esquemas de remuneración asociados con marcación 01800 y 1XY, encontrando que la medida tuvo un impacto positivo, pues se aumentó el tráfico de la telefonía local a nivel nacional y a números iniciados en 01800. Sin embargo, no se evidenció efecto sobre el costo del minuto para los usuarios ni disminución en las tarifas minoristas con originación móvil hacia la numeración 01800 y 1XY.

Es así como, para la presente evaluación, a partir de la información de los ingresos, tráfico y líneas del servicio y utilizando metodologías de series de tiempo interrumpidas e instrumentos de Bartik, se realizó la evaluación las medidas desagregando por grupos de municipios. Los resultados muestran que, aunque no existe un efecto atribuible de manera directa a la regulación, del paquete de medidas evaluado en este documento, se evidenciaron incrementos temporales en el tráfico y cantidad de líneas de telefonía fija en los municipios de menor desempeño.

Evaluación Ex-Post segundo paquete de medidas Resolución CRC 5826 de 2019		Página 1 de 28
	Revisado por: Inteligencia y Analítica de Datos	
Versión No. 4	Aprobado por: Relacionamiento con Agentes	Fecha de vigencia: 01/07/2024

EVALUACIÓN EX POST DEL SEGUNDO PAQUETE DE MEDIDAS DE LA RESOLUCIÓN CRC 5826 DE 2019:

Modificación de los cargos de acceso y del esquema de numeración de telefonía fija

1. INTRODUCCIÓN

El 23 de julio de 2019, la Comisión de Regulación de Comunicaciones (CRC) expidió la Resolución 5826, donde estableció medidas que modifican la forma de marcar desde y hacia un teléfono fijo, y actualizó los costos mayoristas del servicio de telefonía fija. En particular, con esta resolución se estandarizó la marcación de diez dígitos para la telefonía fija, eliminando las marcaciones diferenciales entre números fijos y móviles. Igualmente, esta medida redujo de manera gradual los cargos mayoristas de terminación (que se pagan entre los operadores), pasando de un tope de \$33,43 a \$8,97 por minuto entre 2019 y 2022, en el caso de la modalidad de uso, y de \$12 millones a \$2.4 millones por arrendamiento mensual de enlace, en la modalidad de capacidad. El propósito principal de esta medida fue actualizar los valores de cargos de acceso de acuerdo con la realidad técnica y económica del mercado.

Por otro lado, la mencionada resolución tuvo otras medidas, como la eliminación del cargo por transporte del servicio de telefonía local extendida, y una modificación de los esquemas de remuneración asociados a llamadas de voz a números de cobro revertido con marcación 01800 y llamadas hacia números especiales con marcación 1XY. Estas medidas fueron objeto de la evaluación ex post del primer paquete de medidas que fue publicada por la CRC el 29 de diciembre de 2022¹ y en donde, de acuerdo con el análisis realizado, la medida tuvo un impacto positivo, pues se aumentó el tráfico de la telefonía local a nivel nacional y a números iniciados en 01800. Sin embargo, no se evidenció efecto sobre el costo del minuto para los usuarios ni disminución en las tarifas minoristas con originación móvil hacia la numeración 01800 y 1XY.

Si bien la Resolución CRC 5826 de 2019 introdujo otras medidas, el objetivo de la presente evaluación es identificar y cuantificar el impacto que tuvo, en este caso, el cambio a un único esquema de marcación nacional y la disminución de los cargos de acceso. Así, para cuantificar estos efectos se empleó la información reportada por los proveedores de redes y servicios de telecomunicaciones (PRST) a la CRC mediante los formatos establecidos en la regulación. Los impactos sobre ambas medidas se cuantificaron basados en la metodología de Series de Tiempo Interrumpidas (ITS, por sus siglas en inglés) y de instrumentos de Bartik.

Los resultados permitieron concluir que la entrada en vigor de la Resolución CRC 5826 de 2019 no tuvo un impacto causal sobre la demanda en el servicio de telefonía fija. Al analizar los modelos ITS, considerando los grupos o clústeres de municipios según nivel de desempeño en servicios fijos desarrollados por la Comisión, los efectos sobre el tráfico de telefonía fija solo son significativos para el clúster de bajo desempeño. En el caso de la cantidad de líneas de telefonía fija son significativos para el clúster de desempeño limitado y para el caso del clúster bajo es significativo con efectos de muy

¹ Disponible en <https://postdata.gov.co/story/evaluacion-de-impacto-de-la-resolucion-crc-5826-de-2019>

Evaluación Ex-Post segundo paquete de medidas Resolución CRC 5826 de 2019		Página 2 de 28
	Revisado por: Inteligencia y Analítica de Datos	
Versión No. 4	Aprobado por: Relacionamiento con Agentes	Fecha de vigencia: 01/07/2024

corto plazo, lo que indica que la expedición de la resolución pudo incentivar la modernización de las redes y la oferta del servicio en estos municipios.

El presente documento cuenta con 7 secciones, incluyendo la introducción actual. En la segunda sección se presentan los antecedentes de la Resolución CRC 5826 de 2019 y se plantean las hipótesis para la presente evaluación. Posteriormente, en la sección 3 se describen las fuentes de información utilizadas y se desarrolla la estrategia empírica a partir de estadísticas descriptivas relacionadas con las variables que permitirán probar la hipótesis planteada. Finalmente, en las secciones 4 a 6 se presentan los resultados, las conclusiones y las recomendaciones, respectivamente, mientras la sección 7 presenta todas las fuentes bibliográficas empleadas en el desarrollo de la presente evaluación ex post.

2. ANTECEDENTES Y DESARROLLO DE HIPÓTESIS

La Agenda Regulatoria de la Comisión de Regulación de Comunicaciones 2017-2018 identificó la necesidad de hacer una revisión integral de las condiciones técnicas, económicas y jurídicas que acompañaban la prestación de los servicios de telefonía fija en Colombia y evaluar la pertinencia de incorporar modificaciones a la regulación, con el fin de simplificar la normatividad y fomentar la competencia en los servicios de telefonía fija y telefonía móvil en beneficio del bienestar del usuario. En particular, el proyecto se denominó "Revisión del esquema de remuneración del servicio de voz fija a nivel minorista y mayorista"², a partir del cual se expidió la Resolución CRC 5826 de 2019.

Así, una primera medida adoptada por esta norma consistió en la eliminación del cargo por transporte del servicio de telefonía local extendida, buscando eliminar las asimetrías que existían en costos asociados a la distancia entre las clasificaciones local y local extendida del servicio de telefonía fija. Por otro lado, la Resolución simplificó los esquemas de cobro de los casos especiales mencionados, 01800 y 1XY, con el fin de incentivar el uso de estos servicios.

Estas medidas fueron ya objeto de evaluación ex post donde los resultados concluyeron que, respecto a la eliminación de cargos fijos, la Resolución sí tuvo un impacto positivo sobre el tráfico local, no obstante, este efecto fue únicamente al momento de expedirse la resolución, no cambió la tendencia en el tráfico fijo. Respecto al cambio de numeración especial 01800 y 1XY, la resolución permitió el aumento del tráfico móvil a estos números³.

Por otro lado, la Resolución estableció un esquema de marcación único nacional para el uso de servicios tanto fijos como móviles a partir del pasado 1° de septiembre de 2021, en el que se marcan 10 dígitos para hacer llamadas sin importar si el origen o destino es una red fija o móvil, suprimiendo tanto el código de operador de larga distancia como el prefijo de red móvil 03 para realizar llamadas. Si bien el nuevo esquema de marcación empezó a funcionar en septiembre de 2021, el anterior esquema continuó operando hasta diciembre de 2021, razón por la cual se toma esta fecha como la entrada en vigor de la medida regulatoria.

² Disponible en <https://www.crcom.gov.co/es/proyectos-regulatorios/2000-71-1>.

³ Estos resultados se encuentran disponibles en <https://postdata.gov.co/story/evaluacion-de-impacto-de-la-resolucion-crc-5826-de-2019>.

Evaluación Ex-Post segundo paquete de medidas Resolución CRC 5826 de 2019		Página 3 de 28
	Revisado por: Inteligencia y Analítica de Datos	
Versión No. 4	Aprobado por: Relacionamiento con Agentes	Fecha de vigencia: 01/07/2024

La Resolución también determinó una reducción gradual de los cargos mayoristas de terminación (que se pagan entre los operadores), pasando de un tope de \$33,43 a \$8,97 por minuto entre 2019 y 2022, en el caso de la modalidad de uso, y de \$12 millones a \$2.4 millones por arrendamiento mensual de enlace, en la modalidad de capacidad.

Tomando en consideración estas medidas, a continuación, se plantean las hipótesis por probar en el marco de la presente evaluación.

En relación con la regulación relativa al mercado fijo a nivel mayorista, la Comisión ha expedido regulación sobre cargos de acceso y uso a redes fijas y móviles en el país, incluidas las reglas sobre el cargo por transporte aplicable a las llamadas de telefonía local extendida, desde el año 2001. La remuneración que deben obtener las redes fijas de telefonía local para la interconexión con operadores móviles y operadores de larga distancia puede hacerse a través del esquema de uso o de capacidad, el cual podía ser escogido por el proveedor solicitante (móvil o de larga distancia)⁴.

En lo que tiene que ver con la remuneración mayorista asociada a los proveedores del servicio de larga distancia nacional, se debe tener en cuenta que la misma constituye un acceso en una vía y, por lo tanto, dichos proveedores son pagadores netos de cargos de acceso. Lo anterior, dado que los mismos no cuentan con redes de acceso y se deben apoyar siempre de las redes fijas locales para originar y terminar el tráfico, lo que genera que deban pagar siempre cargos de acceso tanto por la originación como por terminación.

En ese sentido, en el proyecto regulatorio de la Resolución CRC 5826 de 2019 la CRC identificó una sustituibilidad asimétrica correspondiente a la presión competitiva que ejercía la telefonía móvil sobre la telefonía fija en los esquemas de remuneración diametralmente diferentes entre un servicio y otro. Asimismo, en el año 2022 con la Resolución CRC 6990 la CRC identificó que esta situación no es solo para el servicio de voz móvil, sino que también se presentó con todos los servicios móviles.

En consecuencia, once años después de expedida la Resolución CRT 1763 de 2007, fue necesario modelar la realidad tecnológica de las redes fijas para actualizar los valores de remuneración regulados. Así, la Resolución CRC 5826 de 2019 redujo de manera gradual los cargos mayoristas de terminación (que se pagan entre los operadores), pasando de un tope de \$33,43 a \$8,97 por minuto entre 2019 y 2022 en el caso de la modalidad de uso, y de \$12 millones a \$2,4 millones por arrendamiento mensual de enlace en la modalidad de capacidad.

De acuerdo con lo anterior, la medida supone cargos de acceso eficientes que eliminan las posibles distorsiones competitivas y sobre costos en las tarifas minoristas, lo cual constituye un incentivo al crecimiento de la oferta de este servicio, es decir, un aumento en las líneas de telefonía fija. Esto se

⁴ El esquema de remuneración del cargo de acceso por uso reconoce el valor a pagar por cada uno de los minutos cursados a través de la interconexión, mientras que el esquema de remuneración por capacidad contempla el arrendamiento mensual de un enlace (E1 de 2048 kbps o su equivalente) a través del cual se puede cursar un tráfico no determinado, pero limitado por los parámetros de dimensionamiento y las condiciones de calidad del servicio.

Evaluación Ex-Post segundo paquete de medidas Resolución CRC 5826 de 2019		Página 4 de 28
	Revisado por: Inteligencia y Analítica de Datos	
Versión No. 4	Aprobado por: Relacionamiento con Agentes	Fecha de vigencia: 01/07/2024

refleja en la generalización del precio de la tarifa del servicio de telefonía fija en todos los planes que incluyen este servicio, los cuales cuentan con minutos de voz ilimitada a todo destino⁵. Por tanto, se esperaba que esta medida generara un mayor tráfico para llamadas entre municipios de un mismo departamento. A partir de lo anterior, se plantea la siguiente hipótesis:

Hipótesis 1: La actualización de los cargos de acceso de telefonía fija acorde a las características técnicas y económicas permitió obtener una desaceleración de la tendencia decreciente en la demanda del servicio de telefonía fija.

Por otra parte, la modificación en la marcación tenía como objetivo simplificar este proceso e incentivar la oferta del servicio equiparando la forma de realizar llamadas entre redes fijas y móviles y las condiciones en términos de cobertura y marcación. Para esto, se requería una modernización de las redes fijas, cuyo proceso es más evidente en los municipios con menor desarrollo al contar con una menor infraestructura en comparación a los municipios más desarrollados.

Bajo este escenario, se espera un incremento en la cantidad de líneas del servicio de telefonía fija en los municipios de menor desarrollo, teniendo en cuenta que es la variable más próxima que se tiene para determinar el impacto de esta medida. Cabe destacar que la entrada en vigor de esta medida fue postergada un año debido a las disposiciones excepcionales relacionadas con la pandemia del coronavirus (COVID-19), establecidas en la Resolución CRC 5967 de 2020⁶. A partir de lo anterior, y aunado a las esperadas reducciones en los precios del servicio, se plantea la segunda hipótesis:

Hipótesis 2: La modificación del esquema de marcación incentivó el crecimiento de líneas de telefonía fija en los municipios de menor desempeño, derivado de la modernización de la infraestructura, la mayor disponibilidad en la numeración geográfica y la simetría en la marcación entre líneas fijas y móviles.

3. MUESTRA Y ESTRATEGIA EMPÍRICA

3.1. Metodología

Estimar el efecto causal de las medidas a evaluar de la Resolución 5826 de 2019 requiere conocer qué hubiese pasado en ausencia de la Resolución. Así, al contrastar lo sucedido con el contrafactual, se obtiene el impacto de la medida. En este sentido, los valores de las variables de interés en dicho escenario hipotético no son observables y, por tanto, deben ser estimadas.

En particular, el principal obstáculo en la estimación del contrafactual es que las medidas evaluadas fueron aplicadas en todo el territorio colombiano y, por consiguiente, no existe un grupo de control. A causa de esto, se consideran dos metodologías que pueden ser útiles en este caso: series de tiempo

⁵ CRC. Comparador de planes de Internet, telefonía y TB por Suscripción. Disponible en: <https://comparador.crcom.gov.co/>

⁶ “Por medio de la cual se amplía en doce (12) meses la duración de la Etapa de Preparación y se aplaza la fecha de inicio de las etapas de Coexistencia y Establecimiento del plan de migración de que trata el artículo 13 de la Resolución CRC 5826 de 2019, y se dictan otras disposiciones”

Evaluación Ex-Post segundo paquete de medidas Resolución CRC 5826 de 2019		Página 5 de 28
	Revisado por: Inteligencia y Analítica de Datos	
Versión No. 4	Aprobado por: Relacionamiento con Agentes	Fecha de vigencia: 01/07/2024

interrumpidas y variables instrumentales de Bartik (también conocidos como instrumentos *shift-share*). A continuación, se explica en qué consiste cada metodología.

3.1.1. Series de tiempo interrumpidas

En términos generales, esta metodología divide la serie de tiempo en dos momentos, antes del choque (en este caso, es el momento en el cual la Resolución entra en vigor) y después. Antes del choque tenemos una serie de tiempo a partir de la cual se busca predecir el comportamiento de la serie de tiempo después del choque (para hacer esto se pueden utilizar diferentes modelos de predicción como el ARIMA o el Holt Winters, entre otros). Una vez hecha esta predicción tenemos una estimación del escenario contrafactual que describe cómo hubiese sido el comportamiento de la serie de tiempo siguiendo con los patrones de comportamiento del pasado previos al choque. El supuesto clave detrás de la metodología es que, una vez ocurre el evento que describe el choque, cualquier cambio observado en el comportamiento o tendencia de la serie es atribuible principalmente a dicho acontecimiento. En este caso, el evento corresponde a la entrada en vigor de la Resolución, y el comportamiento o tendencia de la variable en el escenario contrafactual puede estimarse mediante una proyección que emplea información de la serie previa a la introducción de la Resolución.

Nótese que la metodología tiene ciertas limitaciones. En particular, comparar los datos efectivamente observados después de entrar en vigor la Resolución con los datos proyectados (condicionales a la estructura de mercado anterior), e interpretarlos como un efecto causal, asume que no hay ningún otro choque que pudiera haber cambiado la estructura del proceso generador de datos de la serie. Sin embargo, es posible que otros eventos sean responsables de los resultados observados. Por ejemplo, el impacto en la dinámica social y laboral por la emergencia sanitaria del COVID-19 durante ese periodo. Por ello, es importante incluir variables de control que puedan influenciar la variable de interés. Sin embargo, la robustez de las conclusiones estará siempre condicionada por cuán exhaustiva se pueda realizar esta labor de control por choques exógenos observados.

Dicho esto, vale la pena examinar con cuidado cuáles serán las metodologías de estimación que se utilizarán para predecir el comportamiento de las series de tiempo después de la Resolución. En primer lugar, está el modelo de regresión lineal que ajusta una línea recta a los datos. La ecuación de un modelo de regresión lineal simple es:

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 t + \epsilon_t$$

donde, y_t corresponde con el valor de la variable de interés en el tiempo t . β_0 es el intercepto de la serie de tiempo. Es decir, el valor del cual parte la serie de tiempo predicha. β_1 es la pendiente de la línea y, finalmente, ϵ_t es el término de error⁷.

⁷ En todos los casos en los que se usen series de tiempo interrumpidas se tomará un modelo semejante, solo que y_t variará según el caso. Pues en unos casos hará referencia al valor de los ingresos totales y, en otros, a la cantidad del tráfico.

Evaluación Ex-Post segundo paquete de medidas Resolución CRC 5826 de 2019		Página 6 de 28
	Revisado por: Inteligencia y Analítica de Datos	
Versión No. 4	Aprobado por: Relacionamiento con Agentes	Fecha de vigencia: 01/07/2024

En segundo lugar, se utilizará el modelo Holt-Winters, que es un método de suavizamiento exponencial que captura la tendencia y la estacionalidad de la serie de tiempo. Este modelo tiene cuatro componentes: (i) el nivel, (ii) la tendencia, (iii) la estacionalidad y (iv) la predicción⁸.

Niveles (Posición central de la serie):

$$l_t = \alpha(y_t - s_{t-m}) + (1 - \alpha)(l_{t-1} + b_{t-1})$$

donde α es el parámetro de suavizamiento del nivel, y_t es el valor observado, s_{t-m} es el componente estacional del periodo anterior, l_{t-1} es el nivel del periodo anterior, y b_{t-1} es la tendencia del periodo anterior.

Tendencia:

$$b_t = \beta(l_t - l_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1}$$

donde β es el parámetro de suavizamiento de la tendencia, l_t y l_{t-1} son los niveles actuales y anterior, respectivamente.

Estacionalidad:

$$s_t = \gamma(y_t - l_{t-1} - b_{t-1}) + (1 - \gamma)s_{t-m}$$

donde s_t corresponde con el componente estacional, γ es el parámetro de suavizamiento de la estacionalidad, y_t es el valor observado y s_{t-m} es el componente estacional del periodo anterior.

Predicción:

$$\hat{y}_{t+h} = l_t + hb_t + s_{t+h-m(k+1)}$$

donde l_t es el nivel actual, b_t es la tendencia actual, $s_{t+h-m(k+1)}$ es el componente estacional para el periodo futuro, y m es la longitud de la estacionalidad.

Ahora bien, en tercer lugar, el modelo ARIMA es uno de los más utilizados en el análisis de series de tiempo. Se usa cuando una serie de tiempo es estacionaria o puede hacerse estacionaria mediante diferenciación. ARIMA combina tres componentes: Autoregresivo (AR), Integrado (I) y Media Móvil (MA).

1. Autoregresivo (AR): Se refiere a que el valor actual de la serie es una función lineal de sus valores pasados.

⁸ De manera semejante a lo que sucede con el modelo lineal, para el caso del Holt-Winters solo cambiará y_t según el caso. Por lo demás, la especificación del modelo será la misma.

2. Integrado (I): La serie es diferenciada para hacerla estacionaria (de modo que aquí se indica el número de diferenciaciones necesarias para que la serie sea estacionaria).
3. Media Móvil (MA): El valor actual de la serie es una función lineal de los errores pasados.

Ahora bien la forma general del modelo ARIMA(p,d,q) es:

$$y_t = \alpha + \sum_{i=1}^p \phi_i y_{t-i} + \sum_{j=1}^q \theta_j \epsilon_{t-j} + \epsilon_t$$

Donde y_t es el valor actual de la serie (diferenciada d veces), ϕ_i son los coeficientes autoregresivos, θ_j son los coeficientes de la media móvil y ϵ_t es el término de error en el tiempo t .

Aunque para cada uno de los casos que se analizarán más adelante se tendrán en cuenta el modelo lineal y el Holt-Winters, el modelo ARIMA se aplicará con algunas variaciones. De modo que es importante mostrar someramente las características y diferencias de las metodologías ARIMAX y SARIMA.

De un lado, el modelo ARIMAX es una extensión del modelo ARIMA que permite incluir una o más variables exógenas que pueden influir en la variable dependiente. Esto es útil cuando se sospecha que otras variables tienen un impacto significativo en la serie temporal objetivo. De modo que, adicional a los componentes del ARIMA (autorregresivo, integrado y media móvil), también incorpora variables exógenas (X). Así, utilizar un ARIMAX permite capturar efectos externos que afectan la serie de tiempo, mejorando la precisión de las predicciones. Entonces, la especificación de este modelo, para m variables exógenas es la siguiente:

$$y_t = \alpha + \sum_{i=1}^p \phi_i y_{t-i} + \sum_{j=1}^q \theta_j \epsilon_{t-j} + \sum_{k=1}^m \beta_k x_{kt} + \epsilon_t$$

donde, además de los elementos ya vistos en el ARIMA, x_{kt} es la k -ésima variable exógena en el tiempo t . Mientras que β_k son los coeficientes de las variables exógenas.

De otro lado, el modelo SARIMA es una extensión del modelo ARIMA que también incluye componentes estacionales. Este modelo es adecuado para series temporales que presentan patrones estacionales, pues captura tanto los patrones temporales regulares como los estacionales, mejorando la precisión de las predicciones en series temporales con estacionalidad.

$$y_t = \alpha + \sum_{i=1}^p \phi_i y_{t-i} + \sum_{j=1}^q \theta_j \epsilon_{t-j} + \sum_{s=1}^P \Phi_s y_{t-s} S + \sum_{d=1}^Q \Theta_d \epsilon_{t-d} + \epsilon_t$$

donde d representa el orden de integración, es decir, indica cuántas veces se ha diferenciado la serie para hacerla estacionaria. Mientras que, los coeficientes autoregresivos estacionales Φ_s reflejan el impacto de los valores pasados con un retraso estacional. Θ_d muestra los coeficientes de media móvil estacionales,

Evaluación Ex-Post segundo paquete de medidas Resolución CRC 5826 de 2019		Página 8 de 28
	Revisado por: Inteligencia y Analítica de Datos	
Versión No. 4	Aprobado por: Relacionamiento con Agentes	Fecha de vigencia: 01/07/2024

los cuales reflejan el impacto de los errores pasados con un retraso estacional. Y, s (período estacional) indica el período de la estacionalidad (por ejemplo, 12 para datos mensuales con estacionalidad anual).

Finalmente, el modelo SARIMAX es una mezcla entre el ARIMAX y el SARIMA, pues incorpora tanto variables exógenas como el componente estacional. Por lo que tendría la siguiente forma:

$$y_t = \alpha + \sum_{i=1}^p \phi_i y_{t-i} + \sum_{j=1}^q \theta_j \epsilon_{t-j} + \sum_{k=1}^m \beta_k x_{kt} + \sum_{s=1}^P \Phi_s y_{t-s} S + \sum_{d=1}^Q \Theta_d \epsilon_{t-d} + \epsilon_t$$

3.1.2. Instrumentos de Bartik

Con esta metodología se busca estimar el efecto causal que tendría el cambio en las tarifas por cargos de uso sobre el desempeño del mercado de telefonía fija en Colombia, utilizando instrumentos de tipo Bartik para evaluar el impacto sobre el tráfico de llamadas. Estos instrumentos son una aplicación de variables instrumentales cuyo supuesto clave es la exogeneidad en la exposición a un tratamiento común. En este sentido, merece la pena explicar, intuitivamente, el fundamento detrás de estos instrumentos y, posteriormente, su aplicación en el caso de la Resolución.

Pedagógicamente, suele explicarse con un mapa, colbón y escarcha. Supóngase, por ejemplo, el mapa de Colombia con colbón en sus diferentes departamentos. Algunos tendrán más colbón que otros, y la decisión de la cantidad de colbón por departamento debe ser exógena. Esto es conocido como la exposición o *share*. Posteriormente, se espolvorea escarcha (de forma idéntica) a todos los departamentos. Esto denota un choque común para todos los departamentos. Sin embargo, dado que algunos tenían más pegamento que otros, la cantidad de escarcha adherida será diferente por departamento. Esto es conocido como el impacto o *shift*. Nótese que, si bien todos los departamentos son tratados de la misma forma, unos se ven más afectados que otros. Los instrumentos de Bartik explotan esta exposición diferencial ante un choque común para determinar el efecto causal.

Por consiguiente, en el caso de la Resolución, la exposición diferencial puede observarse a nivel de operadores, o a nivel de departamento. Específicamente, la Resolución afectó a todos los operadores, pero algunos están más expuestos a sus efectos que otros. En particular:

- 1) Composición de portafolio.** Los operadores difieren en la composición de sus servicios vendidos, pues tienen una mayor o menor cantidad de suscriptores en servicios fijos o móviles que sus competidores. Así, la Resolución afectará, en mayor medida, a quienes tienen una mayor cantidad de suscriptores en cada servicio.
- 2) Participación de mercado.** Los costos de la prestación del servicio de voz saliente pueden desagregarse en varios componentes. Entre los más importantes, se ubican los cargos de originación y terminación. El primero es el costo de iniciar una llamada en la red del proveedor, y el segundo el costo de conectarla en la red del destinatario. Si la llamada se origina en la red del i -ésimo proveedor y termina en el mismo, se denomina on-net. Si, por el contrario, se

Evaluación Ex-Post segundo paquete de medidas Resolución CRC 5826 de 2019		Página 9 de 28
	Revisado por: Inteligencia y Analítica de Datos	
Versión No. 4	Aprobado por: Relacionamento con Agentes	Fecha de vigencia: 01/07/2024

origina en la red del i -ésimo proveedor, pero termina en la red de otro proveedor ($j \neq i$), se denomina off-net. Así, el cargo de acceso corresponde al monto que debe pagar un operador a otro para conectar la llamada de su usuario y, por eso, regulaciones de estos cargos implican la regulación del mercado de interconexión.

Nótese que operadores con mayor participación tienen una menor probabilidad de realizar pagos por concepto de cargos de acceso, pues es más probable que una llamada se origine y termine en su misma red. Luego, la Resolución afectará, en mayor medida, a quienes tienen una menor participación de mercado en cada servicio.

- 3) Infraestructura.** Existen diferencias entre departamentos (mercados geográficos) en términos de infraestructura para el suministro de telefonía fija. Esto implica una diferenciación geográfica del impacto de la Resolución.

En este sentido, si bien la Resolución afecta a todos los operadores y a todos los mercados geográficos, algunos elementos de ambas dimensiones son más afectados que otros, y los instrumentos de Bartik permiten explotar la exposición diferencial para estimar el impacto causal de la misma.

3.2. Modelos

Con base en lo mencionado anteriormente se utilizaron dos estrategias de identificación del efecto causal. La primera, basada en modelo de series de tiempo interrumpidas, es más de carácter descriptivo. La segunda, la estimación basada en instrumentos de Bartik, es más formal y, en principio, su aplicación es una forma de inferencia estadísticamente válida.

Es de resaltar que acorde con lo establecido en las hipótesis de la presente evaluación, la demanda del servicio de telefonía fija se mide a partir de los ingresos y el tráfico del servicio. Para los ejercicios descriptivos se utilizó la metodología descrita de series interrumpidas sobre estas variables. Entre estas dos variables se prefiere el tráfico como medida de uso, por lo que sobre esta variable se aplicará la metodología de Bartik con el fin de buscar identificar un impacto causal de la medida de modificación de los cargos de acceso sobre la demanda del servicio.

Ahora bien, para la evaluación de la segunda hipótesis se utiliza únicamente la metodología de series de tiempo interrumpidas sobre la cantidad de líneas del servicio de telefonía fija. En este caso no es posible aplicar la metodología de Bartik debido a que la variable resultado es la misma que determina el instrumento. A continuación, se presentan las especificaciones para todos los modelos estimados según la variable dependiente y la metodología elegida, cuyos resultados serán presentados en la cuarta sección del presente documento.

3.2.1. Modelo ITS de ingresos

Dado que la periodicidad que se tiene es trimestral (sea $t = 2012_T1, 2012_T2, \dots, 2023_T4$), se dividirá la serie de tiempo observada en dos partes. La primera es aquella previa a la Resolución y, la segunda,

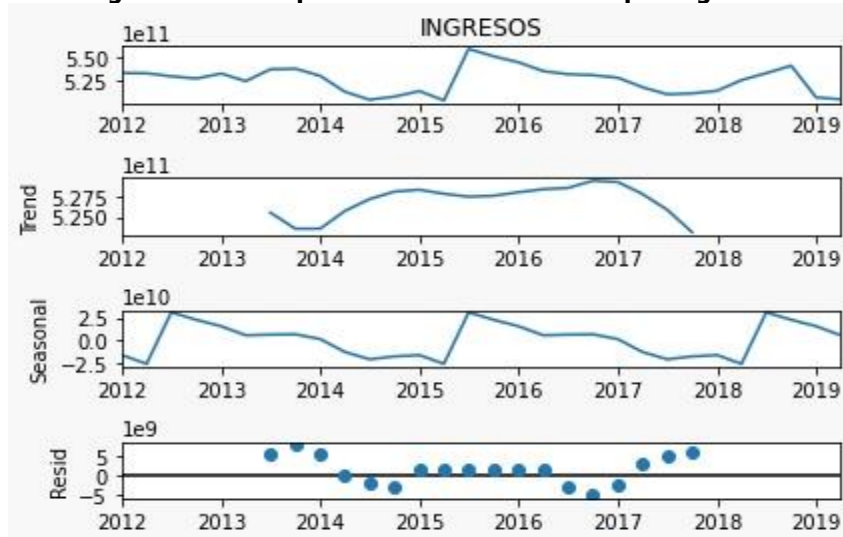
Evaluación Ex-Post segundo paquete de medidas Resolución CRC 5826 de 2019		Página 10 de 28
	Revisado por: Inteligencia y Analítica de Datos	
Versión No. 4	Aprobado por: Relacionamiento con Agentes	Fecha de vigencia: 01/07/2024

después de la Resolución. Dado que la Resolución entró en vigor a partir de agosto de 2019, se toma el comportamiento de los ingresos hasta el segundo trimestre de 2019. Teniendo en cuenta el comportamiento de la serie hasta ese momento, se pronostica mediante un modelo lineal, un Holt-Winters y un ARIMAX, el comportamiento de los ingresos totales del mercado de telefonía fija a partir del tercer trimestre de 2019.

La especificación del modelo lineal y Holt-Winters seguirá la estructura descrita en la sección de Metodología, por lo que no se mostrará de nuevo cuáles son las ecuaciones de cada modelo y qué representa cada variable. El único cambio es que ahora y_t representa los ingresos totales del mercado de telefonía fija en el periodo t . También se estimó un modelo SARIMAX teniendo en cuenta los ingresos de mercado de telefonía móvil para el periodo t como una variable exógena de control, pues es factible que el comportamiento de los ingresos del mercado de telefonía fija esté correlacionado con el comportamiento del mercado de telefonía móvil.

Para el análisis se seguirá la metodología de Box-Jenkins, por lo que, en primer lugar, se mostrará el componente tendencial, de estacionalidad y los residuos. Así, la Figura 1 refleja que la tendencia presenta fluctuaciones a lo largo del tiempo. Además, la estacionalidad tiene un patrón repetitivo anual, y los residuos no parecen mostrar un patrón claro. Cabe aclarar que las líneas se cortan en 2019 porque, para la estimación, no se tiene en cuenta la totalidad de la serie de tiempo de ingresos sino solo aquello que ocurre antes del momento de la interrupción, es decir, antes de que entrara en vigencia la Resolución.

Figura 1: Descomposición de la serie de tiempo: Ingresos

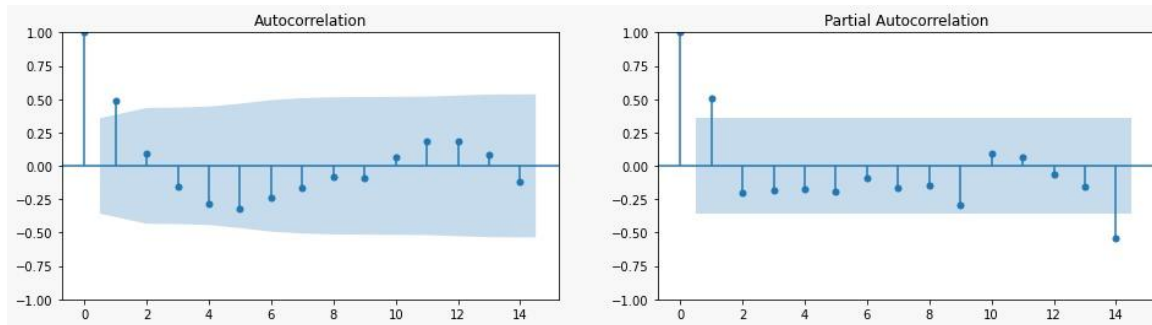


Fuente: Elaboración CRC con información reportada por los PRST

Evaluación Ex-Post segundo paquete de medidas Resolución CRC 5826 de 2019		Página 11 de 28
Versión No. 4	Revisado por: Inteligencia y Analítica de Datos Aprobado por: Relacionamiento con Agentes	Fecha de vigencia: 01/07/2024

Dicho esto, también es importante –siguiendo la metodología Box-Jenkins– tener en cuenta la función de autocorrelación (ACF) y la función de autocorrelación parcial (PACF), como se muestra en la Figura 2. La función de autocorrelación muestra que esta es significativa en los primeros rezagos y luego disminuye, mientras que la función de autocorrelación parcial muestra una caída abrupta después del primer rezago y luego valores cercanos a cero.

Figura 1: Autocorrelación: Ingresos



Fuente: Elaboración CRC

En la Tabla 1 se muestra que se han probado varios modelos y se ha calculado el criterio de información de Akaike (AIC)⁹ para cada uno. El mejor modelo, con un AIC de 907.225, es el SARIMA (0, 0, 0)(0, 1, 0)[12] con intercepto, es decir, que el modelo no cuenta con términos autorregresivos, ni diferencias y tampoco tiene un término de media móvil; y que en relación con los términos estacionales, no hay componente autorregresivo estacional, tiene una diferencia estacional ($D=1$), y no hay componentes de media móvil y la periodicidad estacional es de 12 periodos. Este modelo tiene un Akaike (AIC) ligeramente más bajo que otros modelos probados, indicando un buen equilibrio entre ajuste y complejidad.

⁹ Este estadístico estima la calidad relativa de un modelo en función de la función de verosimilitud y el número de parámetros y es ampliamente utilizado para determinar el mejor ajuste de un modelo, el cual está indicado por el menor valor absoluto del estadístico.

Tabla 1: Evaluación de modelos SARIMA

Modelo SARIMA	AIC
(2,0,2) (1,1,1) [12]	inf
(0,0,0) (0,1,0) [12]	907.225
(1,0,0) (1,1,0) [12]	910.015
(0,1,0) (0,1,1) [12]	910.082
(0,0,0) (0,0,0) [12]	908.478
(0,0,0) (0,1,1) [12]	908.442
(0,0,1) (1,1,0) [12]	908.435
(0,0,0) (1,1,1) [12]	inf
(1,0,1) (0,1,0) [12]	908.881
(0,0,0) (0,1,0) [12]	910.158
(1,0,1) (0,1,1) [12]	914.684

Fuente: Elaboración CRC

Ahora se incorpora el componente exógeno de tal manera que el modelo es un SARIMAX (0,0,0) (0,1,0,12). Esto muestra que no hay componentes autorregresivos estacionales o no estacionales ($P=0$, $p=0$), ni diferenciación por no estacionaridad ($d=1$). Tampoco hay componentes de media móvil estacionales ni no estacionales ($Q=0$, $q=0$). Hay una diferenciación estacionaria ($D=1$). Y, la periodicidad estacional es de 12 ($s=12$). De modo que la ecuación sería:

$$Ingresos_fija_t = Ingresos_fija_{t-12} + \beta Ingresos_movil_t + \epsilon_t$$

Ahora bien, teniendo en cuenta que el Ljung-Box tiene un p-valor de 0.36, no rechaza la hipótesis nula de que los residuos son ruido blanco. De manera análoga, no rechaza la hipótesis nula de normalidad de los residuos ni la de homoscedasticidad, dado que el p-valor del Jarque-Bera y de la prueba de heteroscedasticidad es alto. Así, los residuos son normalmente distribuidos (Jarque-Bera) y homoscedásticos (heteroscedasticidad) sugieren que el modelo captura adecuadamente la estructura de la serie temporal¹⁰.

¹⁰ Las pruebas realizadas corresponden a las usualmente aplicadas para validar el ajuste de los modelos de predicción.

Tabla 2: Modelo SARIMAX ajustado

Dep. Variable:	INGRESOS			
No. Observations:	30			
Model:	SARIMAX(0, 1, 0, 12)			
Log Likelihood	-442.892			
	coef	std err	z	P > z
INGRESOS_TOTALES	0.0045	0.098	0.046	0.964
sigma2	6.404e+21	3.7e-26	1.73e+47	0.000
Ljung-Box (L1) (Q):	0.84			
Prob(Q):	0.36			
Heteroskedasticity (H):	1.09			
Prob(H) (two-sided):	0.92			
Jarque-Bera (JB):	0.76			
Prob(JB):	0.68			
Skew:	-0.32			
Kurtosis:	2.19			

Fuente: Elaboración CRC

3.2.2. Modelo ITS de tráfico

Dado el cambio regulatorio y la posible reducción en las tarifas de los minoristas (explorada antes), es posible que la regulación haya desacelerado la tendencia decreciente en el uso de servicios de telefonía fija, de modo que el tráfico en telefonía fija también pudo haber aumentado tras la Regulación. Una vez más se utilizarán series de tiempo interrumpidas para evaluar la evolución del tráfico y ver qué efectos tuvo la Resolución. En este caso, el análisis se llevará a cabo por clúster¹¹. Es decir, se tendrá en cuenta el comportamiento de la serie de tiempo en cada clúster y, a partir de ello, se hará el análisis respectivo de las series de tiempo interrumpidas.

De nuevo, los modelos lineal y Holt-Winters mantienen la misma especificación indicada en la metodología, pero, en este caso, se debe añadir el hecho de que el análisis es por clúster. De tal manera que el modelo lineal tendría esta forma:

$$y_{t,c} = \beta_0 + \beta_1 t + \epsilon_{t,c}$$

donde la variable $y_{t,c}$ corresponde al tráfico de telefonía fija reportando en el trimestre t y el clúster c . Así, se puede hacer un ajuste semejante en el modelo Holt-Winters de tal manera que se incorporen los clústers. Mientras que en este caso el modelo a utilizar será un SARIMA:

¹¹ La CRC definió en el marco del proyecto regulatorio "Revisión de las condiciones de calidad de servicios de telecomunicaciones" cinco clusters de acuerdo con las características del municipio, a saber: Alto, Moderado, Incipiente, Limitado y bajo. Mayor información se puede obtener en el documento de *Análisis de componentes principales y de clúster de municipios para servicios fijos*. Disponible en: https://www.crcm.gov.co/system/files/Proyectos%20Comentarios/2000-38-3-1/Propuestas/analisis_de_clusterizacion_servicios_fijos.pdf

$$trafico_{t,c} \sim SARIMA$$

Teniendo en cuenta que el análisis de modelo es similar al presentado para el modelo SARIMAX en la *sección 3.2.1*, no se desarrollará toda la metodología de Box-Jenkins, sino que se enunciarán cuáles fueron las especificaciones del modelo SARIMA para cada Clúster:

- Clúster alto: SARIMA (3,2,1) (1,1,0,4). Lo que indica 3 términos autorregresivos, 2 diferencias y 1 término de media móvil. Además, respecto a los términos estacionales, hay componente autorregresivo estacional ($P=1$), y una diferencia estacional ($D=1$), no hay componentes de media móvil y la periodicidad estacional es de 4.
- Clúster moderado: SARIMA (3, 2, 1) (0, 1, 0, 4). Lo que indica 3 términos autorregresivos, 2 diferencias y 1 término de media móvil. Además, respecto a los términos estacionales, no hay componente autorregresivo estacional ($P=0$), hay una diferencia estacional ($D=1$), no hay componentes de media móvil ($MA=0$) y la periodicidad estacional es de 4.
- Clúster incipiente: SARIMA (2, 2, 1) (1, 1, 1, 4). Lo que indica 2 términos autorregresivos, 2 diferencias y 1 término de media móvil. Además, respecto a los términos estacionales, hay componente autorregresivo estacional ($P=1$), hay una diferencia estacional ($D=1$), hay un componente de media móvil ($MA=1$) y la periodicidad estacional es de 4.
- Clúster limitado: SARIMA (0,2,1) (0,1,0, 4). Lo que indica que no hay términos autorregresivos, hay 2 diferencias y 1 término de media móvil. Además, respecto a los términos estacionales, no hay componente autorregresivo estacional ($P=0$), hay una diferencia estacional ($D=1$), no hay un componente de media móvil ($MA=0$) y la periodicidad estacional es de 4.
- Clúster bajo: SARIMA (0, 2, 1) (0, 1, 0, 4). Lo que indica que no hay términos autorregresivos, hay 2 diferencias y 1 término de media móvil. Además, respecto a los términos estacionales, no hay componente autorregresivo estacional ($P=0$), hay una diferencia estacional ($D=1$), no hay un componente de media móvil ($MA=0$) y la periodicidad estacional es de 4.

3.2.3. Modelo ITS de líneas

Ahora bien, se busca evaluar el impacto del cambio de regulación respecto a la marcación que empezó a tener vigencia a partir de diciembre de 2021. Para ello se tendrán en cuenta el número de líneas de telefonía fija que hay en cada trimestre. De modo que, tal como se hizo antes, se utilizarán series de tiempo interrumpidas para observar si existe un cambio en el comportamiento de la cantidad de líneas fijas después de que entró en vigencia la regulación. Para ello se tendrán en cuenta, el modelo Holt Winters, que es semejante al usado para el tráfico, salvo que $y_{t,c}$ corresponde a la cantidad de líneas en el trimestre t y en el clúster c . Por lo demás el modelo seguirá siendo igual.

Evaluación Ex-Post segundo paquete de medidas Resolución CRC 5826 de 2019		Página 15 de 28
	Revisado por: Inteligencia y Analítica de Datos	
Versión No. 4	Aprobado por: Relacionamiento con Agentes	Fecha de vigencia: 01/07/2024

En este caso, de nuevo, se utilizará el modelo SARIMA para cada uno de los clústers. Dado que se sigue la metodología Box-Jenkins igual que antes para cada clúster, se mostrará solamente la especificación para cada clúster:

- Clúster alto: SARIMA (1,1,1) (1,1,1,4). Lo que indica que hay 1 término autorregresivo, hay 1 diferencia y 1 término de media móvil. Además, respecto a los términos estacionales, hay 1 componente autorregresivo estacional ($P=1$), hay una diferencia estacional ($D=1$), hay un componente de media móvil ($MA=1$) y la periodicidad estacional es de 4.
- Clúster moderado: SARIMA (1, 1, 1) (1, 1, 1, 4). Lo que indica que hay 1 término autorregresivo, hay 1 diferencia y 1 término de media móvil. Además, respecto a los términos estacionales, hay 1 componente autorregresivo estacional ($P=1$), hay una diferencia estacional ($D=1$), hay un componente de media móvil ($MA=1$) y la periodicidad estacional es de 4.
- Clúster incipiente: SARIMA (1, 2, 1) (1, 0, 1, 4). Lo que indica que hay 1 término autorregresivo, hay 2 diferencias y 1 término de media móvil. Además, respecto a los términos estacionales, hay 1 componente autorregresivo estacional ($P=1$), no hay una diferencia estacional ($D=0$), hay un componente de media móvil ($MA=1$) y la periodicidad estacional es de 4.
- Clúster limitado: SARIMA (0,2,1)(0,1,0, 4). Lo que indica que no hay término autorregresivo, hay 2 diferencias y 1 término de media móvil. Además, respecto a los términos estacionales, no hay componentes autorregresivos estacional ($P=0$), hay una diferencia estacional ($D=1$), no hay un componente de media móvil ($MA=0$) y la periodicidad estacional es de 4.
- Clúster bajo: SARIMA (1, 1, 1)(1, 1, 0, 4). Lo que indica que hay 1 término autorregresivo, hay 1 diferencia y 1 término de media móvil. Además, respecto a los términos estacionales, hay 1 componente autorregresivo estacional ($P=1$), hay una diferencia estacional ($D=1$), no hay un componente de media móvil ($MA=0$) y la periodicidad estacional es de 4.

3.2.4. Modelo Bartik de tráfico

Con este modelo se busca estimar el efecto causal que tendría el cambio en los cargos de acceso sobre el desempeño del mercado de telefonía fija en Colombia. Para ello se utilizarán instrumentos tipo Bartik para estimar el efecto sobre el tráfico de llamadas. En este caso, la información utilizada será la siguiente:

- Tráfico de llamadas por departamento y operador, desde el primer trimestre de 2017 hasta el primer trimestre de 2022.
- Cantidad de líneas por departamento y operador, desde el primer trimestre de 2012 hasta el cuarto trimestre de 2023.

Evaluación Ex-Post segundo paquete de medidas Resolución CRC 5826 de 2019		Página 16 de 28
	Revisado por: Inteligencia y Analítica de Datos	
Versión No. 4	Aprobado por: Relacionamiento con Agentes	Fecha de vigencia: 01/07/2024

- (iii) Información sobre los cargos de acceso por uso, desde el primer trimestre de 2020 hasta el 2023¹²
- (iv) Cantidad de suscriptores totales y con telefonía fija por departamento y operador, desde el primer trimestre de 2020 hasta el tercer trimestre de 2021, y los primeros trimestres de 2022 y 2023.

El modelo considera un mercado geográfico m con $k = 1, \dots, K$ operadores que ofrecen servicios de telefonía fija en el momento t , donde se observan las siguientes variables:

- Q_{kmt} : el tráfico de llamadas de telefonía fija, medido en cantidad de minutos.
- B_t : tarifa de cargo por uso, medida en COP.
- S_{kmt} : número de suscriptores (fijos o móviles) del operador en el mercado.
- F_{kmt} : número de planes con telefonía fija ofrecidos por el operador en el mercado.
- L_{kmt} : número de líneas de telefonía fija del operador en el mercado.

Ahora bien, teniendo lo anterior en cuenta, se define la variable de exposición X_{kmt} como la tarifa efectiva por uso del operador en el mercado: $X_{kmt} = \frac{B_t F_{kmt}}{S_{kmt}}$. Aunque, a nivel de mercado, la variable de exposición es $X_{mt} = \sum_k X_{kmt} w_{kmt}$, donde w_{kmt} es la participación en el mercado del operador k en m : $w_{kmt} = \frac{S_{kmt}}{\sum_k S_{kmt}}$.

A partir de lo anterior se adopta el siguiente modelo para estimar los efectos de la exposición a la regulación sobre el tráfico:

$$\Delta \% Q_{mt} = \alpha_t + \delta_m + \beta (\Delta \% X_{mt}) + \epsilon_{mt}$$

Donde α_t y δ_m son los efectos fijos de tiempo y mercado, mientras que β determina cuánto ha afectado en promedio un incremento del 1% en la exposición sobre el crecimiento porcentual del tráfico en telefonía fija.

La estimación mediante instrumentos de Bartik busca ser una alternativa al problema de correlación que puede existir entre X_{kmt} y ϵ_{mt} debido a las dinámicas de equilibrio de mercado. De este modo se utiliza una variable instrumental tipo Bartik Z_{mt} , donde $Z_{mt} = \sum_k \tilde{X}_{kt} \tilde{w}_{km}$, donde $\tilde{X}_{kt} = \sum_m X_{kmt}$ y $\tilde{w}_{km} = \frac{\sum_t L_{kmt}}{\sum_k \sum_t L_{kmt}}$. Es decir, el instrumento está compuesto por la suma de las tarifas efectivas por uso de los operadores en el mercado, que se puede entender como una ponderación del cargo de acceso por los planes ofertados entre la cantidad de líneas del servicio, y la suma de las participaciones en el mercado de los operadores.

Nótese que $\tilde{w}_{km}$ depende del número de total líneas en el tiempo, el cual es menos propenso a reaccionar a choques de mercado y cambios en el equilibrio de mercado en el corto plazo.

¹² Esta información corresponde a los valores regulados por la CRC y que son aplicables a todo el país.

Evaluación Ex-Post segundo paquete de medidas Resolución CRC 5826 de 2019		Página 17 de 28
Versión No. 4	Revisado por: Inteligencia y Analítica de Datos Aprobado por: Relacionamiento con Agentes	Fecha de vigencia: 01/07/2024

Finalmente, para evaluar la consistencia del estimador se utilizará la prueba de Wu-Hausman. La idea de esta prueba es comparar la consistencia del estimador obtenido al utilizar el modelo de mínimos cuadrados ordinarios (MCO) con el obtenido a través de variables instrumentales (en este caso, con Bartik). De modo que la prueba tiene esta estructura:

$$H = (\theta_{MCO} - \theta_{IV})' [Var(\theta_{IV}) - Var(\theta_{MCO})]^{-1} (\theta_{MCO} - \theta_{IV})$$

Bajo la hipótesis nula, $H \sim \chi^2$ con un número de grados de libertad igual al rango de $Var(\theta_{IV}) - Var(\theta_{MCO})$, es decir que el estimador de MCO será consistente mientras que si esta se rechaza dicho indicador estará sesgado y se debe tomar el coeficiente del modelo de Bartik-IV.

4. RESULTADOS

La presente evaluación de la Resolución CRC 5826 de 2019 se centra en dos hitos importantes: la actualización de los cargos de acceso en la telefonía fija y la modificación del esquema de numeración y marcación de este servicio, equiparándolo al utilizado en la telefonía móvil. El propósito principal de estas medidas fue promover la oferta del servicio desacelerando su tendencia decreciente, específicamente en los municipios de menor desarrollo.

Con base en los modelos mencionados en la anterior sección, se analizarán los efectos que tuvo la mencionada Resolución, tanto en los cargos de acceso como en el cambio del esquema de marcación. Para la primera hipótesis se analizará cuáles fueron las consecuencias de esta Resolución sobre los ingresos (teniendo en cuenta la metodología de series de tiempo interrumpidas), tráfico (utilizando tanto Bartik como series de tiempo interrumpidas) y, para la segunda hipótesis, la cantidad de líneas de telefonía fija (usando series de tiempo interrumpidas).

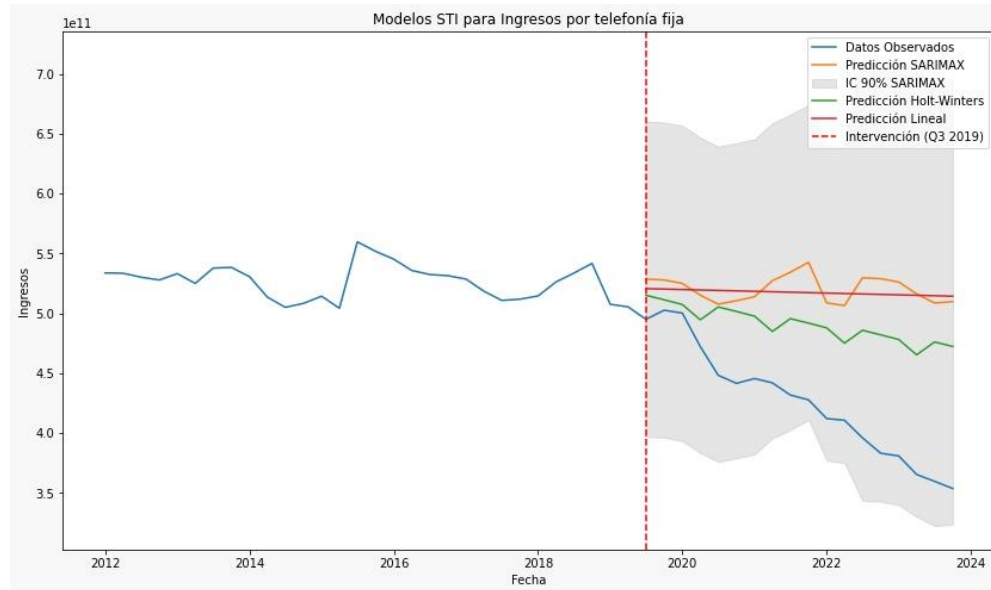
4.1. Resultados de la modificación de los cargos de acceso

4.1.1. Ingresos

Para evaluar los impactos de la Resolución CRC 5826 de 2019 sobre los ingresos de las empresas se empleó un enfoque de series de tiempo interrumpidas. Para ello, se ajustó un modelo ARIMAX utilizando ingresos de telefonía móvil como variable exógena. Los resultados del modelo sugieren que los ingresos totales de telefonía móvil no tienen un efecto significativo en los ingresos de telefonía fija. Así, tal como lo muestra la Figura 3, las predicciones de los modelos ARIMAX, Holt-Winters y lineal no muestran un cambio significativo en la tendencia de los ingresos después de la intervención en agosto de 2019. Por lo anterior, la Resolución no parece haber tenido un efecto importante sobre los ingresos generados por el mercado de telefonía fija.

Evaluación Ex-Post segundo paquete de medidas Resolución CRC 5826 de 2019		Página 18 de 28
	Revisado por: Inteligencia y Analítica de Datos	
Versión No. 4	Aprobado por: Relacionamiento con Agentes	Fecha de vigencia: 01/07/2024

Figura 2: ITS para ingresos del mercado de telefonía fija.



Fuente: Elaboración CRC

Este resultado es importante, ya que, como se mencionó anteriormente, la Resolución tiene como objetivo incentivar la demanda del servicio de telefonía fija. Los resultados muestran que esta relación no se evidencia en los ingresos del servicio, y no se muestra un efecto de la Resolución sobre esta variable. Sin embargo, es posible que existan efectos diferenciados por los distintos tipos de municipios en el país. En este sentido, las conclusiones sobre los efectos de la modificación de los cargos de acceso para la terminación de llamadas en redes fijas se realizarán sobre los resultados del tráfico del servicio que pueden ser desagregados a nivel municipal.

4.1.2. Tráfico

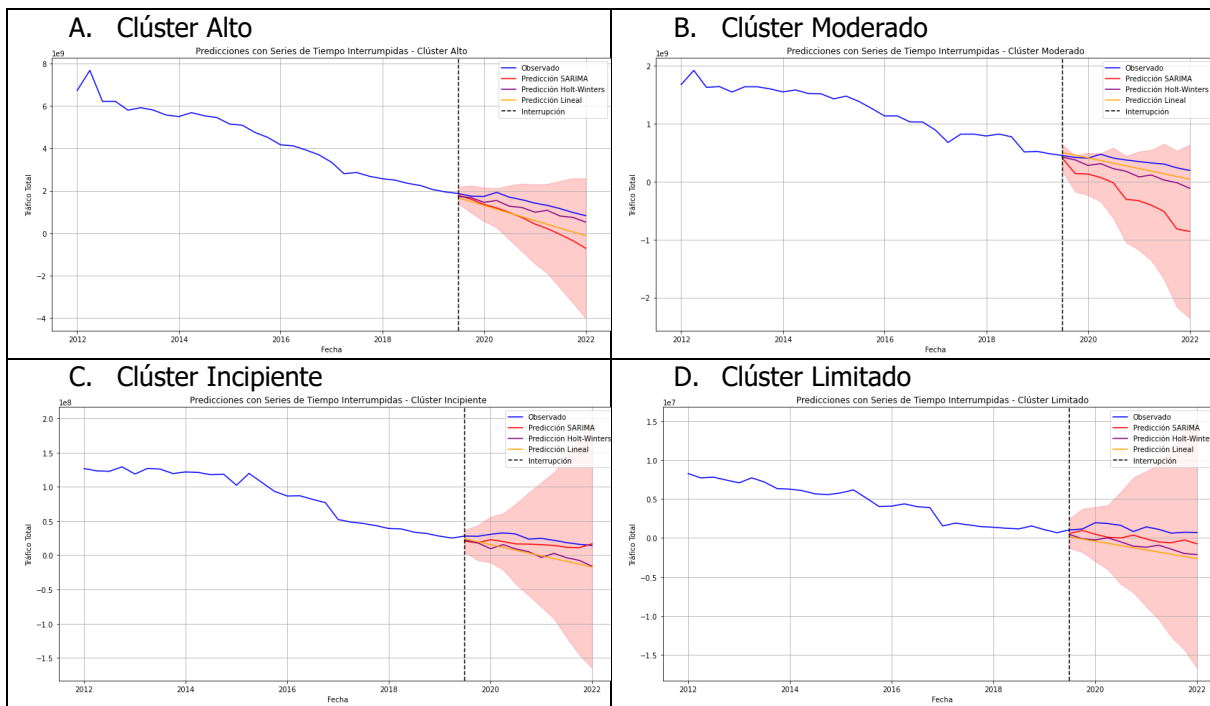
Modelo de Series de Tiempo Interrumpidas

Uno de los objetivos de los cambios incorporados en la Resolución apunta a estimular la demanda del servicio de telefonía fija a través de la actualización de los cargos de acceso para reducir o desacelerar la tendencia a la bajada. Para evaluar el impacto de esta Resolución, se realiza un análisis del tráfico. No obstante, es importante destacar que, debido a las características del mercado, este análisis se lleva a cabo a nivel clúster.

Es importante señalar que la serie observada se mantiene considerablemente por encima del comportamiento predicho, lo que sugiere que el tráfico fue ligeramente mayor de lo que anticipa el modelo. Sin embargo, esta diferencia no es lo suficientemente significativa como para ser relevante.

La Figura 4 presenta los resultados de los modelos SARIMA, Holt-Winters, junto con una predicción lineal del tráfico de telefonía fija en forma de panel, tomando como nivel de significancia estadística el 90%. Como se mencionó anteriormente, la línea azul, que representa el comportamiento observado del tráfico, siempre estuvo por encima de los valores predichos. Los resultados evidencian que la entrada en vigor de la Resolución no tuvo un impacto sobre el comportamiento del tráfico para los clústers alto, moderado, incipiente y limitado, manteniendo su tendencia decreciente.

Figura 3: Resultados tráfico del mercado de telefonía fija (Clústers alto, moderado, incipiente y limitado)



Fuente: Elaboración CRC

A pesar de que se espera que la Resolución pudiera influir en la dinámica del tráfico, los datos muestran que la tendencia a la baja continuó de manera similar antes y después de su implementación, sin cambios significativos atribuibles a la medida. Esto sugiere que, si bien la Resolución fue diseñada con la intención de modificar el comportamiento del tráfico a través de la actualización de los cargos de acceso (por uso o capacidad), su impacto real fue limitado en el contexto de esta evaluación.⁴ Estos resultados pueden ser producto de una tendencia de mercado más profunda, motivada por un sustituto tecnológico o incluso un cambio en los hábitos de uso de los servicios de comunicaciones y preferencias de los usuarios.

5

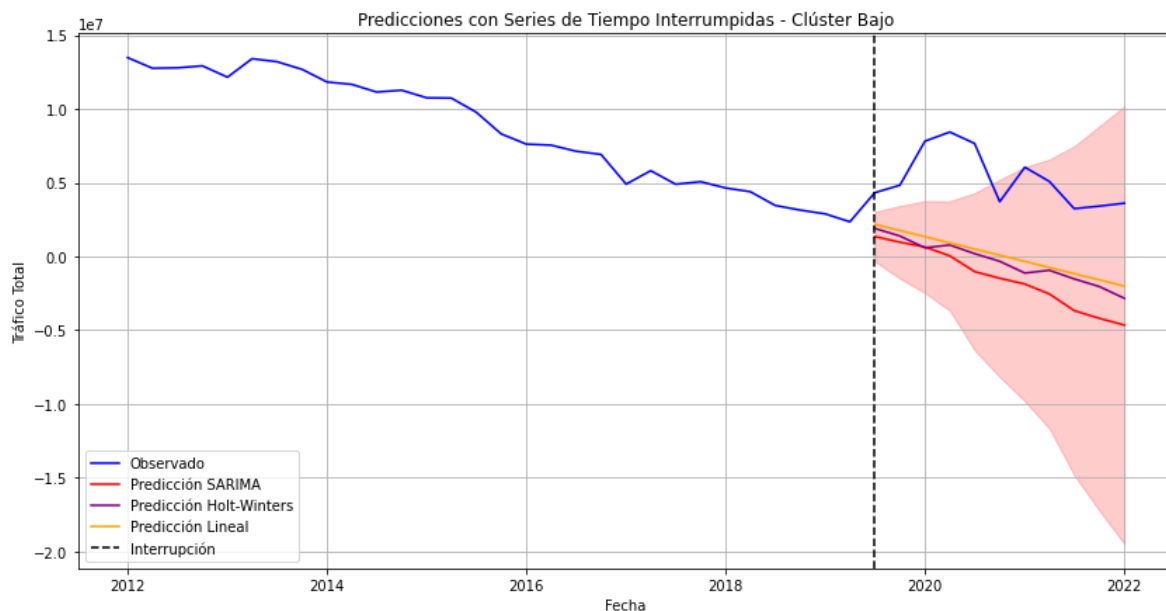
Los resultados del análisis de series temporales para el clúster bajo se presentan en la Figura 5. Los resultados muestran que la entrada en vigor de la medida de reducción de los cargos de acceso tuvo un impacto positivo y significativo en la tendencia del tráfico de telefonía fija. A diferencia de los municipios de los otros clústeres, en este grupo se observó una desaceleración en la tendencia decreciente tras la implementación de la medida. Estos resultados sugieren que la Resolución fue exitosa en su objetivo de estimular la demanda del servicio de telefonía fija dentro del clúster bajo, logrando revertir parcialmente la caída del tráfico en este segmento del mercado.

Además, en todas estas gráficas –salvo, de nuevo, la del clúster bajo– se muestra una caída en el tráfico que no parece detenerse tras la Resolución. Así, vemos que, en general, el cambio en los cargos de acceso no tuvo un impacto significativo¹³ sobre el tráfico de voz en telefonía fija.

6

En conclusión, los resultados muestran que la actualización de los cargos de acceso implementada por la Resolución CRC 5826 del 2019, si bien no tuvo un impacto significativo en el tráfico agregado de telefonía fija, sí tuvo un impacto significativo en el clúster bajo, compuesto por los municipios pequeños y con menor infraestructura en comparación con los demás municipios. En los clústeres se observó un comportamiento en el que los datos superaron las predicciones de los modelos SARIMA, Holt-Winters y predicción lineal.

Figura 5: ITS para tráfico del mercado de telefonía fija (Clúster bajo)



Fuente: Elaboración CRC

¹³ Se toma significancia estadística del 90%.

Evaluación Ex-Post segundo paquete de medidas Resolución CRC 5826 de 2019		Página 21 de 28
Versión No. 4	Revisado por: Inteligencia y Analítica de Datos Aprobado por: Relacionamiento con Agentes	Fecha de vigencia: 01/07/2024

Modelo de Instrumentos de Bartik

En esta sección se presentan los resultados del modelo de variables instrumentales de Bartik (Bartik-IV), (Bartik, 1991). Como se describió en la sección 3.1.2, la metodología de Bartik y la construcción del instrumento se basa en un supuesto clave: la exogeneidad de la exposición a un tratamiento común. Es importante recordar que las medidas evaluadas se aplican a todo el territorio colombiano y no a una población específica, lo que dificulta la creación de un contrafactual adecuado. Por esta razón, se recurre a esta metodología, que permite abordar la ausencia de un contrafactual al considerar las variaciones en la exposición al tratamiento a nivel regional o sectorial como un instrumento válido para identificar los efectos causales del mismo.

La Tabla 3 muestra los resultados de la primera etapa del modelo, donde se realiza una regresión por mínimos cuadrados ordinarios (MCO) de la variable independiente, $\Delta\%X_{mt}$, que denota el cambio porcentual en la tarifa del cargo de acceso, en función del instrumento, Z_{mt} , y considera efectos fijos de tiempo y departamento. Es de recordar que el instrumento está compuesto por la suma de las tarifas efectivas por uso de los operadores en el mercado y la suma de las participaciones en el mercado de los operadores.

La regresión muestra que el instrumento Z_{mt} es significativo y cumple con el criterio de correlación con la variable endógena $\Delta\%X_{mt}$. Esto sugiere que el instrumento es adecuado para la siguiente etapa del análisis. Un R^2 alto de 0.85 indica que el modelo explica bien la variación en $\Delta\%X_{mt}$, lo cual es positivo para la validez del instrumento, así como un estadístico $F \approx 940.67$ muy superior al umbral de 10 propuesto por la regla de Staiger y Stock (1997), es decir, el instrumento es fuerte.

Tabla 3. Resultados de estimación de la primera etapa en instrumentos Bartik.

	$\Delta\%X_{mt}$
Instrumento (Z_{mt})	1.59* (0.77)
R^2	0.85
Num. obs.	168

Nota: *** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$. Errores estándar en paréntesis.

Fuente: Elaboración CRC

A continuación, la Tabla 4 muestra la segunda etapa del modelo de variables instrumentales de Bartik, donde se analiza el efecto estimado que predice el modelo sobre cuánto del cambio porcentual en el tráfico de telefonía fija, $\Delta\%Q_{mt}$, es explicado por el cambio porcentual en la tarifa de cargo de acceso, $\Delta\%X_{mt}$. En particular, se presentan los resultados comparando los valores estimados de β , obtenidos con mínimos cuadrados ordinarios (MCO) y con el modelo de variables instrumentales (Bartik-IV).

El coeficiente de la estimación por MCO, $\hat{\beta}^{MCO}$, es positivo e igual 0.26, lo que sugiere que incrementos en la tarifa de cargo de acceso están asociados a incrementos en el tráfico de telefonía fija. Un efecto que es contraintuitivo y no esperado. Sin embargo, no es estadísticamente significativo debido al alto error estándar (0.50). Por otro lado, el estimador del modelo de Bartik, $\hat{\beta}^{BIV}$, es negativo, igual a -3.80, lo cual sugiere una correlación más acorde con la intuición, donde reducciones en la tarifa del cargo de acceso conducen a incrementos en el tráfico de telefonía fija. No obstante, este estimado tampoco es estadísticamente significativo con un error estándar de 2.62. Esto sugiere que no hubo un cambio en el tráfico significativo a causa de la Resolución.

Tabla 4. Efecto del cambio en la tarifa de cargo de acceso sobre el cambio en el tráfico de telefonía fija.

Parámetro (β)	MCO	Bartik-IV
	0.26	-3.80
	(0.50)	(2.62)
R^2	0.28	0.31
Num. obs.	140	140

*** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$.

Errores estándar en paréntesis.

Fuente: Elaboración CRC

La diferencia en los coeficientes entre MCO y Bartik-IV (0.26 vs -3.80) sugiere que el modelo instrumentado detecta un efecto diferente, posiblemente corrigiendo el sesgo por endogeneidad presente en el modelo MCO. Esto se puede corroborar estadísticamente mediante el test de especificación de Wu-Hausman. Este se utiliza para comparar la consistencia entre los estimadores, en este caso MCO y Bartik-IV. El estadístico de dicha prueba es de 6.64, el cual permite rechazar la hipótesis nula al 95% de confianza, indicando que el modelo Bartik-IV es preferible al modelo MCO. Esto sugiere que el modelo sin instrumentar (MCO) puede ser inconsistente, mientras que el modelo instrumentado (Bartik-IV) proporciona una estimación más confiable del efecto causal.

Estos resultados indican que, aunque se evidenció un incremento en los tráficos del servicio de telefonía fija en comparación con las predicciones de la serie observada antes de la intervención regulatoria, solamente en los municipios del clúster de bajo desempeño la diferencia es significativamente estadística. Sin embargo, el modelo de Instrumentos de Bartik indica que este cambio no es atribuible de manera directa a la modificación regulatoria introducida por la Resolución CRC 5826 de 2019.

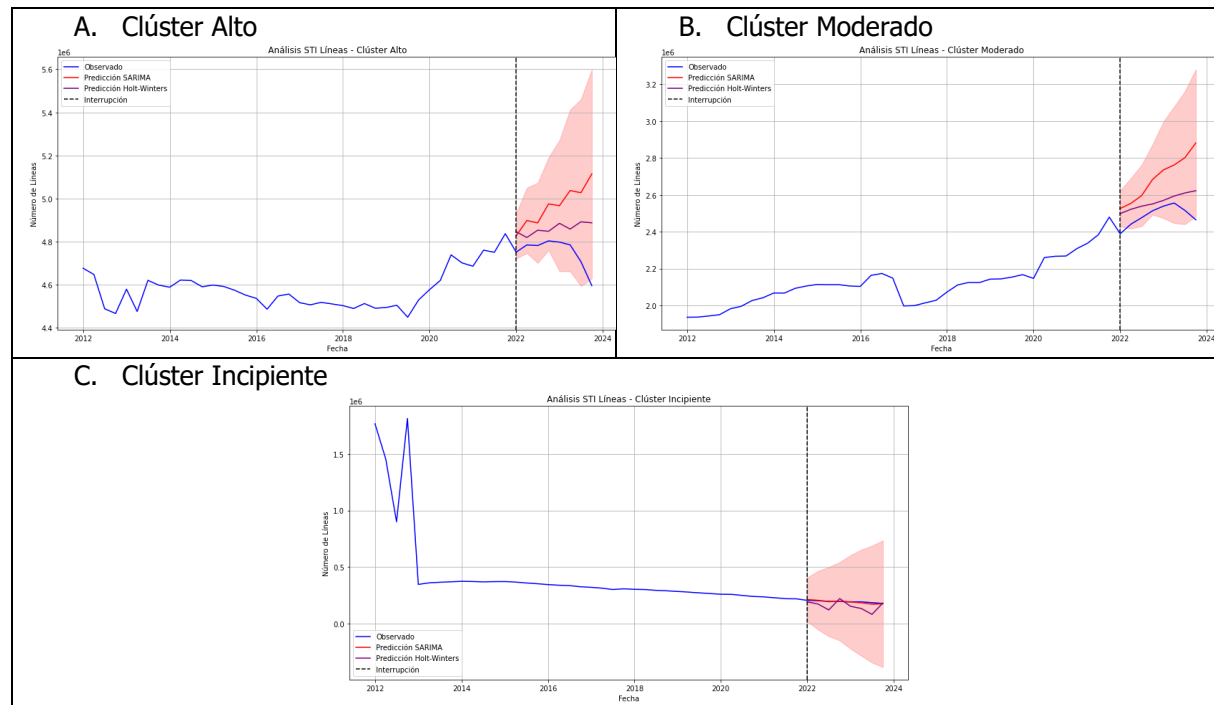
4.2. Resultados de la modificación del esquema de marcación

En esta parte del análisis se presentan los resultados de la entrada en vigor de la modificación en el esquema de marcación sobre la modernización de las redes de telefonía fija en los municipios de menor desempeño, bajo las metodologías de series de tiempo interrumpidas. El análisis, como se mencionó anteriormente, se realiza sobre la cantidad de líneas del servicio, ya que como consecuencia de la

modernización de las redes se genera un incremento en la disponibilidad de la numeración geográfica, lo que puede incrementar el número de líneas, bien sea por aumento de la demanda o de la oferta realizada por los PRST para recuperar los costos de la inversión en la infraestructura.

El análisis del impacto del cambio en la numeración y marcación sobre el número de líneas de telefonía fija para los clústeres alto, moderado e incipiente se presenta en la Figura 6. Los resultados muestran que los valores observados de las líneas de telefonía fija, representadas por la línea azul, presentan tendencias decrecientes luego de la modificación de la marcación. Sin embargo, como muestran las figuras los valores observados se encuentran dentro del intervalo de confianza de las predicciones realizadas, es importante destacar que dicho intervalo está fijado en un 90%. La medida, como se muestra en el Figura 6, no tuvo un efecto significativo y la tendencia de los datos observados para los clústeres del panel fueron decrecientes.

Figura 6: Resultados cantidad de líneas del mercado de telefonía fija (Clúster alto, moderado e incipiente)



Fuente: Elaboración CRC

Ahora bien, los resultados del análisis para el panel B de la Figura 6, evidencia un comportamiento en los valores predichos un poco diferente, pues al inicio los datos observados presentaron un ligero aumento justo después de la entrada en vigor de la medida, seguido de una tendencia decreciente muy pronunciada. Sin embargo, este comportamiento no es significativo. Es importante destacar que los

valores predichos modelados por diferentes métodos estadísticos reflejan cómo se comportaría la serie en ausencia de la implementación de la medida. El objetivo es comparar el comportamiento esperado de los datos si la medida no hubiera sido implementada, en contraste con la serie observada a partir de la línea punteada, que marca la interrupción por la implementación de la medida evaluada. Los resultados de la Figura 6 muestran una tendencia diferente entre los datos predichos y los observados, aun cuando estos no son significativos, y llama la atención la tendencia decreciente de los datos observados después de la intervención regulatoria, al ser contrarios a los efectos esperados.⁷

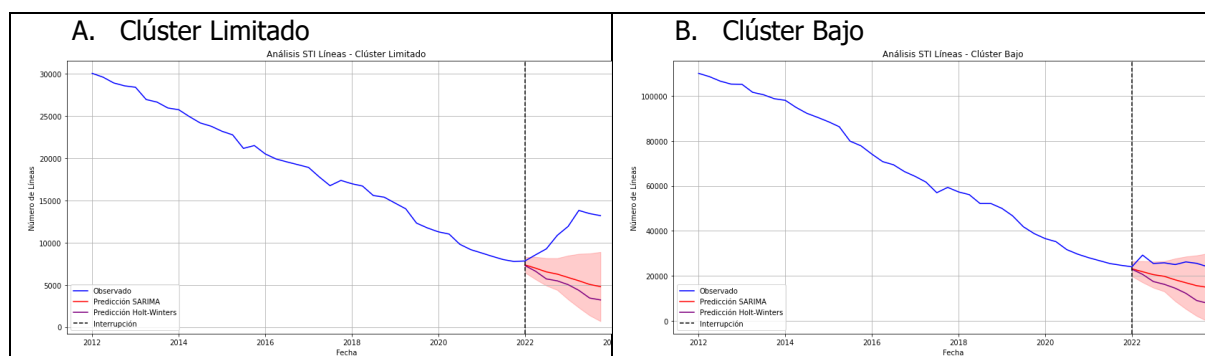
Por otro lado, la Figura 7 presenta los resultados para el panel compuesto por el clúster limitado y el bajo. La tendencia de los datos predichos se ajusta a la trayectoria que la serie seguía antes de la implementación de la medida. Sin embargo, los resultados muestran un cambio positivo y significativo en la tendencia después de la interrupción provocada por la Resolución CRC 5826 de 2019. Esto indica que los cambios introducidos por la Resolución lograron un impacto favorable en la cantidad de líneas de telefonía fija para estos dos clústeres, revirtiendo la tendencia anterior y estimulando un crecimiento sostenido en el número de líneas.

8

Para el clúster bajo el efecto es relativamente corto, pues la intervención logró frenar la tendencia decreciente y generar un leve aumento en el número de líneas. Estos resultados sugieren que, aunque la medida no produjo un cambio drástico, sí fue efectiva en estabilizar y promover un modesto crecimiento en la adopción de telefonía fija dentro de este clúster.

Los datos predichos en el clúster bajo siguen la tendencia establecida por el proceso generador de datos, reflejando el comportamiento esperado en ausencia de la intervención. A diferencia del clúster limitado, donde los impactos fueron más duraderos, en este caso los efectos de la Resolución parecen ser de muy corto plazo. Aunque inicialmente se observa una leve desviación positiva en la tendencia, una vez que los efectos inmediatos de la medida se disipan, la tendencia vuelve a ser decreciente y pierde significancia. Esto sugiere que, si bien la Resolución logró un impacto temporal, no fue suficiente para generar un cambio sostenido en la trayectoria del número de líneas de telefonía fija en este clúster, lo que indica una resistencia estructural a los cambios introducidos.

Figura 7: Panel STI para cantidad de líneas del mercado de telefonía fija clúster limitado y bajo



Fuente: Elaboración CRC

Evaluación Ex-Post segundo paquete de medidas Resolución CRC 5826 de 2019		Página 25 de 28
	Revisado por: Inteligencia y Analítica de Datos	
Versión No. 4	Aprobado por: Relacionamiento con Agentes	Fecha de vigencia: 01/07/2024

En conclusión, en este caso el análisis de series de tiempo interrumpidas muestra que con posterioridad al cambio en la marcación se evidenció un cambio positivo sobre la cantidad de líneas de telefonía fija en los municipios más pequeños (clústeres limitado y bajo), con un efecto más pronunciado en el clúster limitado. En este grupo de municipios aumentó la cantidad de líneas de telefonía fija, impulsado por la modernización de la infraestructura de las redes de telefonía fija. Por otra parte, en los municipios con mayor desempeño (clúster alto, moderado e incipiente), se evidencia una disminución en la cantidad de líneas de telefonía fija.

5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados presentados en esta evaluación evidenciaron incrementos en la cantidad de líneas de telefonía fija en los municipios de menor desempeño, que acorde con la hipótesis planteada están asociados a la modernización de las redes generadas por la modificación del esquema de marcación, aunque los efectos no son atribuibles de manera estadística a la Resolución CRC 5826 de 2019. Por otra parte, las pruebas descritas anteriormente no permiten concluir que las medidas regulatorias de la reducción de los cargos de acceso introducidas por la Resolución CRC 5826 de 2019 hayan tenido un impacto global atribuible sobre el servicio de telefonía fija.

Los modelos de series de tiempo interrumpidas muestran que, en el caso de las series de tráfico de voz fija, con la que se evaluó el efecto de la actualización de los cargos de acceso, en el clúster bajo se observa un incremento significativo en la serie realizada en comparación con las tendencias previas. Al evaluar el impacto causal de la actualización de los cargos de acceso mediante el modelo de variable instrumental tipo Bartik, los resultados son coherentes con las expectativas teóricas. El coeficiente estimado es negativo, indicando que la reducción en la tarifa del cargo de acceso habría incrementado el tráfico de telefonía fija. Sin embargo, este resultado no es significativo, lo que implica que no se puede concluir que la modificación en los cargos de acceso introducida por la Resolución CRC 5826 de 2019 tenga un efecto causal sobre la demanda del servicio de telefonía fija.

Por otra parte, en la cantidad de líneas fijas, con la que se evaluó el impacto del cambio en el esquema de marcación, se evidenciaron valores superiores a las tendencias previas, tanto en el clúster limitado como en el bajo desempeño, este último con resultados de muy corto plazo. Estos hallazgos sugieren que sí se observó un efecto tangible en regiones de menor desarrollo, donde se frenó la tendencia decreciente en la cantidad de líneas del servicio de telefonía fija. Este efecto, acorde con las hipótesis planteadas en esta evaluación, se da como consecuencia de la modernización en la infraestructura de las redes de telefonía fija requerida para la implementación de la modificación del esquema de marcación.

Estos resultados indican que en los lugares donde existe el despliegue de la infraestructura para la prestación del servicio de telefonía fija, las modificaciones pudieron haber permitido que el servicio fuera demandado por los usuarios para quienes resultaba necesario. Es de importancia recordar que esta conclusión tiene en cuenta también los resultados que se evidenciaron en la evaluación de las demás medidas introducidas por la Resolución CRC 5826 de 2019 y evaluadas previamente por esta Comisión

Evaluación Ex-Post segundo paquete de medidas Resolución CRC 5826 de 2019		Página 26 de 28
Versión No. 4	Revisado por: Inteligencia y Analítica de Datos Aprobado por: Relacionamiento con Agentes	Fecha de vigencia: 01/07/2024

en diciembre de 2022, en donde se encontró un impacto positivo sobre el tráfico de la telefonía local, al interior de los departamentos, a nivel nacional y a números iniciados en 01800.

De esta manera, los resultados globales de las medidas evaluadas de la Resolución CRC 5826 de 2019 reflejan una baja reacción de la demanda y la oferta del servicio frente a los esfuerzos regulatorios de esta Comisión para revertir la tendencia decreciente del servicio voz fija, puesto que la demanda de telefonía fija no está determinada únicamente por su precio, sino que está influenciada por factores externos como la fuerte sustitución con los servicios móviles (voz y datos) por su creciente penetración y ventajas de movilidad, como también, por el posicionamiento que se ha evidenciado de los servicios OTT en relación con los servicios de voz tradicional al contar con mayores funcionalidades y no tener costos asociados a su uso¹⁴.

Por otra parte, si bien los resultados indican que la Resolución CRC 5826 de 2019 si incentivó la modernización de las redes de telefonía fija en los municipios de menor desempeño al incentivar el crecimiento de la cantidad de líneas, los resultados en el resto del país no muestran que se haya presentado un incremento en las líneas del servicio. Esto puede estar asociado a la oferta de servicios fijos empaquetados en donde se observa que los planes que contienen únicamente el servicio de línea fija y los planes *duo play* que contienen telefonía fija presentan una tendencia decreciente en entre periodo de 2022-1T y 2024-1T¹⁵. En contraste, los planes que contienen únicamente Internet fijo y *triple play* se comportan de manera creciente en este mismo periodo, lo que sugiere que la contratación de nuevas líneas del servicio de voz fija está incentivada por la oferta empaquetada. Esto debido a ofertas con estructura de precios competitivas que hacen que en muchas ocasiones sea más atractivo para los consumidores adquirir un paquete que incluya telefonía fija, puesto que su costo marginal dentro del paquete es menor.

¹⁴ El estudio completo puede ser consultado en el siguiente enlace: <https://www.postdata.gov.co/story/el-rol-de-los-servicios-ott-en-el-sector-de-las-comunicaciones-en-colombia-2023>

¹⁵ Basado en el conjunto de datos Empaquetamiento de servicios fijos disponible en Posdata: <https://www.postdata.gov.co/dataset/empaquetamiento-de-servicios-fijos>

Evaluación Ex-Post segundo paquete de medidas Resolución CRC 5826 de 2019		Página 27 de 28
	Revisado por: Inteligencia y Analítica de Datos	
Versión No. 4	Aprobado por: Relacionamiento con Agentes	Fecha de vigencia: 01/07/2024

6. BIBLIOGRAFÍA

Staiger, D., & Stock, J. (1997). to Econometrica. *Econometrica*, 65(3), 557-586.

Madden, G., & Coble-Neal, G. (2004). Economic determinants of global mobile telephony growth. *Information Economics and Policy*, 16(4), 519-534.

Madden, G., Coble-Neal, G., & Dalzell, B. (2004). A dynamic model of mobile telephony subscription incorporating a network effect. *Telecommunications Policy*, 28(2), 133-144.

Chu, W. L., Wu, F. S., Kao, K. S., & Yen, D. C. (2009). Diffusion of mobile telephony: An empirical study in Taiwan. *Telecommunications policy*, 33(9), 506-520.

Grzybowski, L., & Verboven, F. (2016). Substitution between fixed-line and mobile access: the role of complementarities. *Journal of Regulatory Economics*, 49, 113-151.

Bartik, T. J. (1991). Who benefits from state and local economic development policies?

Comisión de Regulación de Comunicaciones. (2023 a.). El rol de los servicios OTT en el sector de las telecomunicaciones: Segmento residencial.

Comisión de Regulación de Comunicaciones. (2023 b.). El rol de los servicios OTT en el sector de las telecomunicaciones: Segmento empresarial.

Evaluación Ex-Post segundo paquete de medidas Resolución CRC 5826 de 2019		Página 28 de 28
	Revisado por: Inteligencia y Analítica de Datos	
Versión No. 4	Aprobado por: Relacionamiento con Agentes	Fecha de vigencia: 01/07/2024