
IMPACTOS DEL COVID-19 EN EL CONSUMO ELÉCTRICO CHILENO

RODRIGO MORENO * †
MIGUEL SÁNCHEZ * †
CARLOS SUAZO * ‡
MATÍAS NEGRETE * §
DANIEL OLIVARES * §
DIEGO ALVARADO * †
CARLOS SEPÚLVEDA * †
HÉCTOR OTÁROLA * ‡
LEONARDO BASSO * ¶

Resumen

Este artículo identifica los impactos del COVID-19 en la demanda eléctrica de distintos tipos de consumidores en Chile, incluyendo demandas a nivel residencial, comercial e industrial. De forma inédita, se determina la evolución de la demanda residencial y comercial con un gran nivel de granularidad temporal para 32 comunas de la ciudad de Santiago. A su vez, se analiza la evolución del consumo industrial por sector económico. Se demuestra que los impactos del COVID-19 en los consumos son altamente dependientes de los tipos de consumidores. Se estima, por ejemplo, que solamente debido a las políticas sanitarias, los consumos residenciales experimentaron un alza de hasta un 17 % durante junio con respecto al mismo periodo de 2019. Por el contrario, el comercio y la industria presentaron caídas importantes, con algunos sectores industriales como Hoteles y Restaurantes que presentaron una baja de hasta un 75 % en sus consumos con respecto al año 2019.

Palabras Clave: Demanda eléctrica, Medidores inteligentes, Política energética, COVID-19.

*Instituto Sistemas Complejos de Ingeniería (ISCI), Santiago, Chile.

†Departamento de Ingeniería Eléctrica, FCFM, Universidad de Chile, Chile.

‡SPEC Energy Consulting, Santiago, Chile.

§Departamento de Ingeniería Eléctrica, Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile.

¶Departamento de Ingeniería Civil - Transporte, FCFM, Universidad de Chile, Chile.

1. Motivación

El COVID-19 tuvo sus inicios en noviembre de 2019 en la provincia de Hubei, China. Desde entonces, un gran crecimiento en el número de contagios diarios y el colapso de los sistemas sanitarios tomó la atención global. Más tarde, en marzo de 2020, fue declarado como pandemia por la Organización Mundial de la Salud (OMS) [18].

Desde ese entonces, la situación sanitaria llevó a diversos estados a tomar políticas restrictivas de movilidad para la contención de la pandemia. Europa, luego de China, fue una de las primeras zonas afectadas masivamente por el COVID-19. Así, fue declarada por la OMS como centro global de la pandemia el 13 de marzo de 2020 [3]. Por ejemplo, en Italia se decretó una cuarentena nacional el 9 de marzo, limitando el movimiento de personas y permitiendo exclusivamente la movilidad relacionada con necesidades básicas, como trabajadores de la salud u otros trabajos esenciales. En España se decretó estado de alarma el 14 de marzo, pero más tarde (29 de marzo), se endurecieron las medidas en respuesta a las altas tasas de contagio, obligando a permanecer en casa a todos los trabajadores no esenciales. En la misma línea, Reino Unido declaró estado de cuarentena el 23 de marzo, cerrando todas las actividades comerciales no esenciales.

En el caso de Chile, en línea con las políticas de otras jurisdicciones, se decretó estado de excepción constitucional de catástrofe el 18 de marzo. Las primeras cuarentenas fueron adoptadas a partir del 26 de marzo. Estas cuarentenas fueron implementadas por zonas, siguiendo criterios determinados por la autoridad. Estas zonas fueron aumentando en la medida que la cifra de contagios aumentaba. Por ejemplo, en la provincia de Santiago, donde se concentra la mayor población de Chile, fue declarada la cuarentena total el día 15 de mayo [12].

En este contexto, la intensidad de las políticas sanitarias han impactado en el consumo energético de los distintos países. La International Energy Agency reporta en [9] cómo ha variado la demanda eléctrica con respecto al año 2019 en algunos países de Europa, China e India. De este modo, Italia se reporta como el país que presentó la caída más abrupta en demanda eléctrica, mostrando una disminución por sobre el 25 % durante abril. Por otro lado, en [15] se reportan variaciones a la baja en la demanda en los siete Regional Transmission Operators (RTOs) en Estados Unidos. De hecho, las jurisdicciones del New York Independent System Operator (NYISO) y de Midcontinent Inde-

pendent System Operator (MISO) fueron aquellas que mostraron una mayor disminución (en torno al 10 %) en sus consumos con respecto al año 2019.

En Chile, las medidas de cuarentena y la reducción de movilidad también han afectado la actividad económica (la actividad económica del segundo trimestre del 2020 se contrajo un 14.1 % en comparación al mismo periodo del 2019 [4]) y, con esto, la demanda eléctrica nacional también fue afectada, como se muestra en la Figura 1. El consumo eléctrico durante el periodo de mayo a agosto sufrió un retroceso en torno al 3.5 % con respecto al 2019.

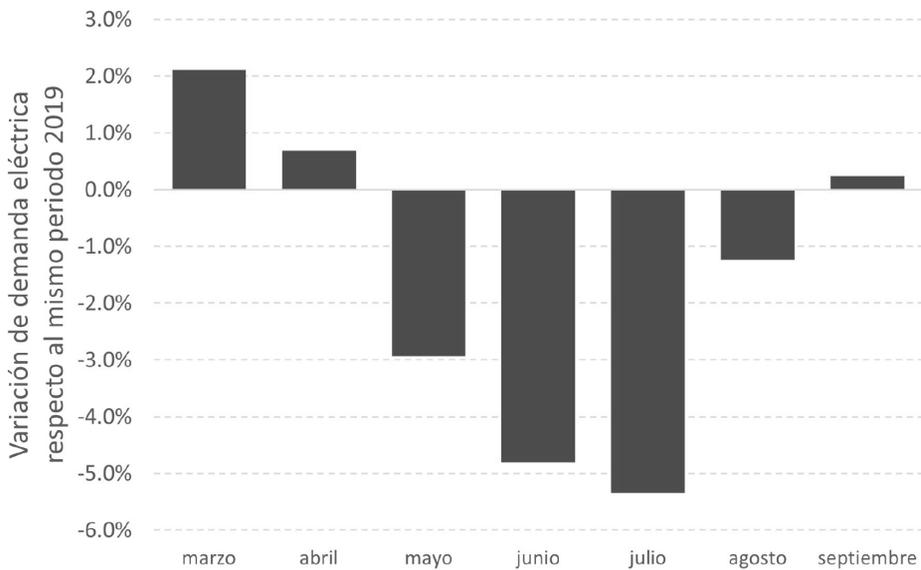


Figura 1: Variación de la demanda eléctrica nacional con respecto al mismo período del 2019.

Nota: Marzo fue el mes que se registró el primer contagio en Chile [5].

Un aspecto importante a considerar es que, si bien las tendencias globales (a nivel nacional) de los consumos eléctricos son a la baja, en los distintos segmentos (consumo residencial, comercial e industrial) podrían existir tendencias opuestas. Por ejemplo, los clientes residenciales pueden presentar una tendencia creciente en sus consumos debido a las medidas de confinamiento. Además, ciertos segmentos del comercio o la industria pueden presentar niveles variados de impacto producto de las políticas para combatir el COVID-19. Por esta razón, resulta interesante describir los efectos de la pandemia en la demanda eléctrica para distintos tipos de consumidores.

Las contribuciones de este artículo se resumen en los siguientes dos puntos:

- Determinar el impacto de la pandemia del COVID-19 en los consumos eléctricos desagregados para distintos tipos de clientes y por sec-

tor económico en Chile, incluyendo clientes residenciales, comerciales e industriales.

- Identificar los impactos en los clientes residenciales por zonas/comunas de Santiago y su potencial correlación con el nivel socioeconómico de la población.

Este artículo se estructura de la siguiente manera. La sección Revisión bibliográfica presenta estudios relacionados con el trabajo realizado. La sección Metodología describe los procedimientos, las fuentes de información y los casos de estudio llevados a cabo en los análisis. La sección Resultados y discusión cuantifica los impactos de la pandemia del COVID-19 en los consumos eléctricos para clientes regulados (residenciales y comerciales) y clientes industriales. Además, se analizan posibles causas de los impactos considerando variables socioeconómicas y climáticas. Finalmente, la sección Conclusiones resume los principales resultados y aprendizajes del estudio.

2. Revisión bibliográfica

Un gran número de estudios han analizado el impacto del COVID-19 en los sistemas eléctricos. Estos se pueden agrupar en documentos que i) describen las variaciones de la demanda eléctrica, ii) desarrollan metodologías o análisis estadísticos que determinan el impacto de la pandemia en los mercados eléctricos, iii) analizan los impactos a mediano y largo plazo del COVID-19 en los mercados eléctricos, y iv) estudian el impacto de la pandemia en los consumos eléctricos industriales según su rubro económico.

En el primer grupo de estudios descriptivos se encuentra [3], el cual analiza el impacto de las distintas políticas sanitarias aplicadas en Europa para la contención del COVID-19. Ejemplifican con seis países cuyas medidas adoptadas tienen distinta profundidad. De este modo, los países con políticas más restrictivas como España e Italia presentan grandes disminuciones de sus consumos en días laborales, mientras que en países con medidas más blandas, como el caso de Suecia, se observa que el consumo ha aumentado durante los fines de semana. Asimismo, en [1] analizan los cambios en las variaciones de consumo en Ontario, distinguiendo cambios en los patrones de demanda entre el periodo pre y post pandemia.

La referencia [16] profundiza en el análisis del caso español. Para esto, analizan la disminución de la demanda, la disminución de las emisiones de CO_2 , y cambios en los precios considerando los datos del operador del sistema español. Además, se analizan posibles cambios en la demanda residencial, considerando

la variación de demanda de un único cliente particular ubicado en Córdoba, correspondiente a un hogar de cuatro personas. Asimismo, estudian cómo los centros de salud han cambiado sus patrones de consumo debido a la pandemia.

En línea con lo anterior, en [17] estudian el comportamiento de 17 hogares en Queensland, Australia. De este modo, identifican que las alzas de consumos residenciales se deben a un mayor uso de dispositivos electrónicos y elementos de cocina.

En los estudios que desarrollan metodologías para analizar los impactos del COVID-19 en los mercados eléctricos, se puede encontrar que en [13] se propone una red neuronal para estudiar la elasticidad de la demanda por electricidad y petróleo según el porcentaje de personas infectadas por la pandemia. En [2] se estudia el efecto de la pandemia sobre la demanda eléctrica en Estados Unidos. Uno de los principales desafíos es que las series de tiempo de los consumos mezclan los efectos propios de la pandemia con otros efectos como las condiciones climáticas. Como solución a esta problemática, se propone aplicar modelos de regresión para separar el efecto de variables climáticas y así poder aislar los efectos de la pandemia. Esta metodología es aplicada a Regional Utilities que poseen la información de todos los clientes de su zona de servicio.

Por otro lado, [15] plantea un análisis interdisciplinario para analizar los impactos reales de la pandemia en Estados Unidos. Para esto, se cuenta con la base de datos Coronavirus Disease and Electricity Market Data Aggregation (COVID-EMDA) que contiene información de la demanda eléctrica, información sanitaria, información climática e índices de movilidad, entre otros. A partir de ésta, con una metodología backcasting, se estima la demanda eléctrica en ausencia del COVID-19. Así, comparado con este benchmark se cuantifica el impacto de la pandemia en la demanda eléctrica.

Otro grupo de estudios analizan las perspectivas futuras en los mercados eléctricos. En [19] se analizan los impactos en la demanda destacando una reducción de la demanda global, pero un aumento de la demanda residencial. Además, explica impactos en el mercado de generación y el aumento de la participación de generación renovable. De la misma forma, en [8] analizan los efectos de corto y largo plazo en el mercado estadounidense a partir del consumo a nivel nacional. Así, en el corto plazo, se espera una disminución de las emisiones de CO_2 debido a que el menor consumo ha desplazado generación a partir de combustibles fósiles. Sin embargo, en el largo plazo, una menor demanda reduciría los incentivos de invertir en tecnologías renovables. Finalmente, [10] plantea las oportunidades asociadas al COVID-19 en la transición sustentable de los mercados eléctricos de Noruega y Finlandia.

Finalmente, otros estudios han analizado los cambios de demanda eléctrica

en distintas industrias según su rubro económico. En el mercado brasilero, en [6], se analiza el impacto de la pandemia en el consumo eléctrico de distintos sectores económicos. Así, se deduce que los sectores más afectados han sido la industria automotriz, la de servicios y la textil, con caídas de consumo en torno al 25 %. En [11] se analiza el impacto del COVID-19 en distintos sectores económicos y en las distintas provincias de Canadá, destacando los impactos en la industria del petróleo y su consumo eléctrico asociado. La industria de manufactura de vehículos registró caídas de hasta un 60 % del consumo en Ontario.

En resumen, los últimos estudios relativos al impacto del COVID-19 en los sistemas eléctricos analizan cómo la demanda cambia sus patrones de consumo, principalmente, desde una perspectiva sistémica. Cabe destacar que en [16] [17] analizan el impacto del sector residencial a partir del comportamiento de un conjunto de hogares. Además, algunos trabajos como [6] y [11] desagregan el impacto del COVID-19 en distintas industrias según su sector económico. En esta línea, este artículo analiza el impacto de las cuarentenas asociadas al COVID-19 en la demanda de energía eléctrica desagregada por tipo de cliente (residencial, comercial e industrial) en Chile. Además, se analiza el impacto del COVID-19 en los consumos eléctricos de distintos niveles socioeconómicos de Santiago, Chile.

3. Metodología

En este capítulo se describen los procedimientos metodológicos para analizar el impacto del COVID-19 en los consumos eléctricos de distintos tipos de clientes. Dado el origen de los datos, la metodología se divide en dos partes principales: el estudio de clientes regulados, es decir, los clientes residenciales y pequeños comercios, y el estudio de clientes industriales.

3.1. Análisis de consumos regulados: residenciales y comerciales

A continuación, se detalla la metodología para estudiar el impacto de las políticas asociadas al COVID-19 en la demanda de clientes regulados, es decir, en la demanda de clientes pequeños, formalmente denominados residenciales y comerciales.

Para el estudio de estos segmentos se utilizó la información de 230 mil equipos de medición inteligente en clientes de la empresa Enel Distribución instalados en la ciudad capital, Santiago (en 32 comunas). Estos datos se

encuentran protegidos por un Non-Disclosure Agreement (NDA) y han sido suficientemente agregados en este artículo con el fin de proteger la privacidad de los consumidores.

Los datos de consumos provenientes de los equipos de medición inteligente contienen la siguiente información para cada cliente:

- Datos de ubicación: En este ítem se incluyen las coordenadas georeferenciales, dirección, y la comuna a la cual pertenece el cliente.
- Datos comerciales: Incluye el tipo de facturación (que se utiliza para diferenciar entre clientes residenciales y de pequeño comercio) y el tipo de tarifa o plan que tiene el cliente con la empresa.
- Consumos eléctricos: La energía consumida con granularidad horaria desde enero de 2019 hasta septiembre de 2020 en kWh.

Aparte del estudio general de las 32 comunas, los casos de estudio más detallados se focalizan en 5 comunas representativas de las diferentes realidades socioeconómicas. Estas comunas son: Las Condes, Santiago, La Florida, La Cisterna y Renca. En el Anexo se presentan los números de medidores por comuna y por tipo de cliente utilizados para los experimentos.

De este modo, se analizan los impactos del COVID-19 en los clientes regulados a través de los siguientes cuatro casos de estudio:

3.1.1. Caso i: Tendencias en los consumos semanales de clientes residenciales y comerciales durante la pandemia

Se estudia la variación de demanda eléctrica semanal con respecto a la primera semana de marzo de 2020 (semana 10). Durante esta semana, el Gobierno de Chile no había decretado estado de emergencia aún, por lo tanto, es una semana que no fue afectada por la pandemia. El consumo de cada medidor inteligente se agrega (suma) a nivel semanal y luego las muestras se promedian dentro de una comuna para cada semana. Así, para cada semana, se determina el consumo promedio para un cliente residencial y un cliente comercial en una comuna específica. De este modo se analizan las variaciones en el tiempo de dicho consumo promedio para las cinco comunas representativas.

3.1.2. Caso ii: Separación de los efectos de la pandemia y de la estacionalidad del clima en las tendencias de consumos residenciales

Se estudian los cambios de consumo eléctrico en clientes residenciales cuya demanda es poco sensible a las bajas temperaturas. De esta manera, en este

segmento particular de clientes no sensibles a temperaturas, las alzas de consumo del año 2020 con respecto al año 2019 se pueden asociar principalmente a los efectos de la pandemia del COVID-19 y de las políticas sanitarias tomadas por las autoridades.

Para identificar estos clientes, se analizan sus consumos promedios durante semanas frías (semana del 22 de abril y el 6 de mayo de 2019) y semanas cálidas durante el 2019 (semana del 4 de marzo de 2019). En este artículo, un cliente se considera poco sensible a las temperaturas, si su consumo promedio durante semanas frías es similar al de semanas cálidas (estableciendo una cierta tolerancia para pequeñas diferencias que se pueden considerar despreciables).

Para este conjunto de clientes poco sensibles a las temperaturas, se analiza la variación del consumo mensual promedio del 2020 con respecto a su consumo mensual promedio del mismo mes del 2019. Los porcentajes de variación se atribuyen a los efectos de las políticas sanitarias para enfrentar el COVID-19.

3.1.3. Caso iii: Cambios conductuales (a nivel horario) de consumos residenciales

A diferencia de los casos anteriores, en este caso de estudio se analizan las variaciones de los consumos hora a hora durante semanas representativas incluyendo el periodo pre-pandemia (representado por la semana del 2 de marzo), el período inicial de cuarentenas intensivas (representado por la semana del 20 de abril), el período de cuarentenas totales (representado por la semana del 22 de junio), y el periodo de apertura gradual (representado por la semana del 21 de septiembre). Esto se realiza con el fin de analizar los cambios en los patrones de consumo hora a hora, los que correlacionan de forma importante con los hábitos diarios de los consumidores (hora de despertar, jornada laboral, comidas, descansos, etc). En esta línea, se analizan, además, los adelantos/retrasos temporales de la demanda peak intradiaria. Este análisis se realiza solamente para dos de las cinco comunas representativas (las comunas de Las Condes y Renca).

3.1.4. Caso iv: Visión general del impacto de la pandemia en las 32 comunas de la Región Metropolitana

Se analiza el panorama general del impacto de la pandemia en la región. Para esto se cuantifica la variación de la demanda comunal promedio durante semanas representativas con respecto a la semana del 2 de marzo (semana 10). Las semanas representativas utilizadas en este análisis son las mismas que se describen en el caso iii.

Finalmente se discute acerca de las diferencias del impacto del COVID-19 en las distintas comunas según su nivel socioeconómico.

3.2. Metodologías para el consumo industrial según sector económico

Se cuantifica el impacto de la pandemia en los consumos eléctricos de clientes industriales cuyo medidor es directamente accesible y cuyos datos son publicados por el Coordinador Eléctrico Nacional (operador del sistema eléctrico chileno). Estos corresponden a 2500 grandes clientes que informan sus consumos al operador del sistema. En este artículo, estos consumos se agrupan según el rubro económico del cliente, de acuerdo con los registros del Servicio de Impuestos Internos (dicho servicio define 17 rubros para los clientes eléctricos en cuestión).

De esta forma se compara el consumo eléctrico promedio mensual de cada sector económico durante el 2020 (entre los meses de enero y septiembre) con respecto a los mismos meses de 2019. Este análisis se hace para cada rubro económico. Así, se indica cuales son las industrias que más han visto afectados sus consumos por motivos de la pandemia del COVID-19.

4. Resultados y discusión

Este capítulo muestra y discute los resultados en términos del impacto de las políticas implementadas para combatir el COVID-19 en la evolución de los consumos eléctricos de los clientes regulados de la Región Metropolitana (i.e. residenciales y de pequeño comercio) y el impacto en los consumos industriales de los distintos sectores económicos a nivel nacional. El periodo de estudio va desde la semana del día 2 de marzo (semana 10) hasta la semana del 21 de septiembre de 2020 (semana 39).

4.1. Tendencias del consumo regulado: residenciales y comerciales

En esta subsección se describen los resultados de los cuatro casos de estudios para los clientes regulados.

4.1.1. Caso i: Tendencias en los consumos semanales de clientes residenciales y comerciales durante la pandemia

La Figura 2 muestra la variación de los consumos regulados durante el período de estudio. En áreas de colores se destacan las distintas políticas sanitarias tomadas por las autoridades del Gobierno de Chile, las que se describen en la Tabla 1. Se observa que los consumos residenciales han sufrido una alza con respecto a la semana 10 (2 de marzo). Este resultado es contrario a las tendencias sistémicas (Figura 1), que muestran una baja en la demanda eléctrica durante los meses de mayo a julio.

Tabla 1: Políticas sanitarias aplicadas por el Gobierno de Chile durante la pandemia.

Hito	Periodo	Comentarios
Cierre de colegios	Desde la Semana 12 (16/03)	Esta política se mantiene desde el 16 de marzo hasta el fin del horizonte de estudio.
Primeras cuarentenas	Desde la semana 14 a la semana 16 (30/03 - 13/04)	Este período se inicia con una cuarentena de cuatro comunas del sector oriente de Santiago, y termina con el desconfiamiento de éstas. Al término de este período, sólo dos comunas permanecen en una cuarentena parcial (Santiago y Ñuñoa)
Cuarentenas graduales	Desde la semana 16 a la semana 21 (13/04 - 18/05)	Durante este período, las autoridades aumentan gradualmente el número de comunas en cuarentena. Al término de este período las 32 comunas del estudio están en cuarentena.
Cuarentena total	Desde la semana 21 a la semana 27 (18/05 - 29/06)	Durante estas semanas las autoridades aplican cuarentena a toda la Región Metropolitana, permitiendo solo actividades esenciales.
Apertura gradual	Desde la semana 27 (29/06)	Desde la semana del 29 de junio, producto de las mejoras en los índices epidemiológicos, las autoridades inician un desconfiamiento por comunas.

La Figura 2 muestra que desde la aplicación de los cierres de colegios en

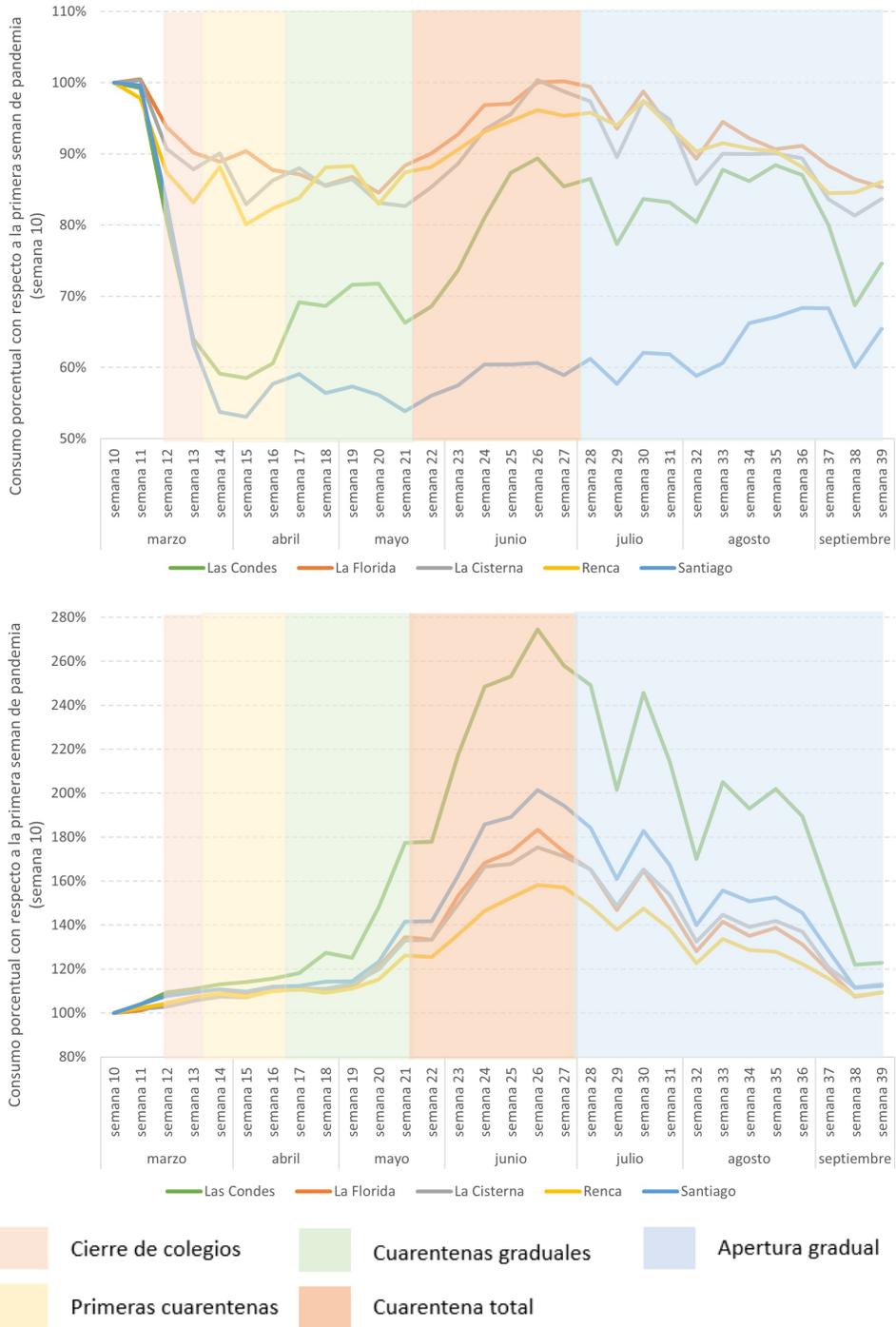


Figura 2: Variación de demanda eléctrica regulada comercial (gráfico superior), y residencial (gráfico inferior) durante las semanas de pandemia en 5 comunas de Santiago.

la semana 12 (16 de marzo) los pequeños consumos comerciales tuvieron una reducción paulatina de sus demandas en comparación a la semana 10 (2 de marzo). Las reducciones tuvieron su peak en la semana 15 (6 de abril). De esta forma, en la comuna de Santiago y Las Condes se alcanzaron niveles de reducción de 47 % y 42 % respectivamente en comparación a la semana 10. El resto de las comunas exhibió disminuciones que oscilan en torno al 15 % de disminución durante la semana 15.

Entre la semana 15 y la semana 20 (11 de mayo), los consumos eléctricos de pequeños comercios exhiben una recuperación coincidente con el periodo de cuarentenas graduales. Por ejemplo, si Las Condes consumía un 58 % durante la semana 15 (con respecto a la semana 10), esta cifra se eleva a un 72 % durante la semana 20. Esta recuperación en los consumos eléctricos se ve fuertemente afectada por la política de cuarentena total aplicada durante la semana 21 (18 de mayo). Las Condes, durante dicha semana, redujo sus consumos en un 66 % con respecto a la semana 10. Asimismo, los pequeños comercios de la comuna de Santiago son los que más vieron afectados su demanda eléctrica durante la semana 21 (18 de mayo), consumiendo en torno al 57 % del valor que exhiben en la semana 10.

Asimismo, gran parte de los consumidores de pequeños comercios muestran un peak de consumo en torno a la semana 26. Esta semana coincide con la época de más bajas temperaturas del invierno (ver Figura 3).

Finalmente, durante julio y agosto, los consumos mantienen una tendencia relativamente estable. Los consumidores de Santiago fueron quienes más redujeron su demanda, consumiendo en torno al 63 % en promedio, durante los meses de julio y agosto, con respecto a lo que consumían durante la semana 10.

La Figura 2 también muestra las tendencias de los consumos residenciales. Durante las primeras semanas de pandemia, de la mano con el cierre de los colegios (semanas 12-14), los consumos de Las Condes y Santiago aumentaron en aproximadamente un 10 % con respecto a la semana 10. Por otro lado, consumos residenciales en comunas como Renca y La Cisterna presentaron un menor nivel de respuesta, en torno al 5 %. A partir de finales de abril (semana 18), el efecto de la pandemia se combina con las menores temperaturas en Santiago que también influyen en el comportamiento de los consumos residenciales, aumentando sus demandas de forma significativa.

El peak de consumos ocurre en la semana 26 (22 de junio). Durante esta semana, los clientes de Las Condes aumentaron su consumo 2.7 veces (en promedio) en comparación a su consumo de la semana 10, mientras que, en Renca los consumidores aumentaron la demanda 1.6 veces.

Posterior a la semana del peak, la política de apertura gradual y el alza

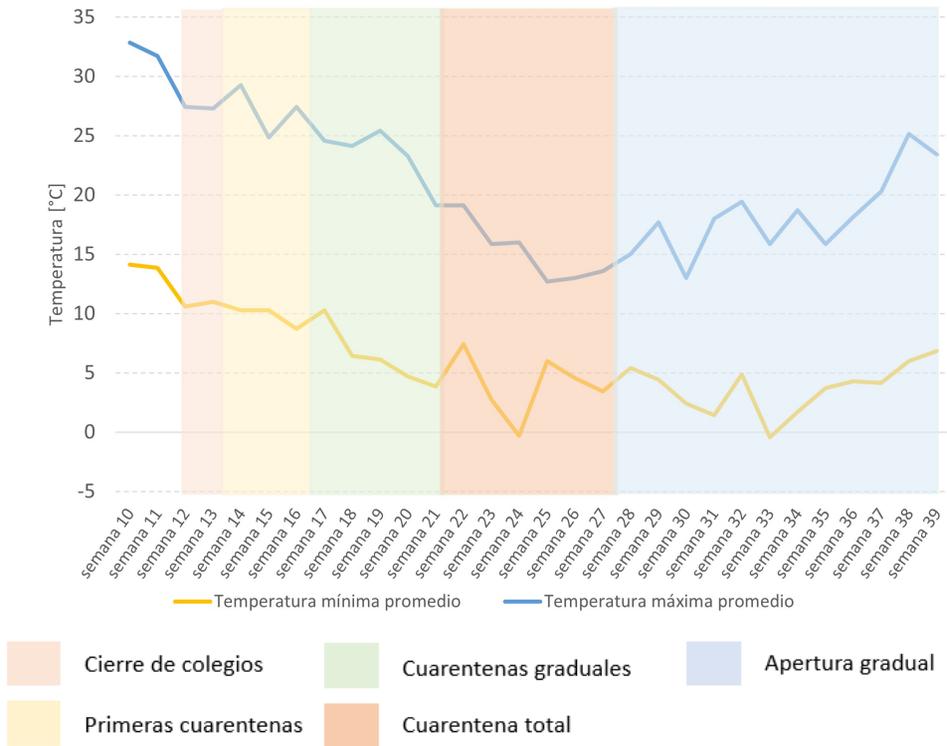


Figura 3: Variación de las temperaturas máximas y mínimas semanales (promedios de los siete días).

Nota: En colores se describen las distintas políticas sanitarias implementadas por la autoridad.

en las temperaturas coinciden con una caída en los consumos residenciales. Luego de la llegada de la primavera en la semana 39, el alza de consumos de los clientes de Las Condes alcanzó un 23% (con respecto a la semana 10), mientras que las demás comunas se ubicaron en torno al 10% con respecto a la primera semana de marzo.

Un aspecto relevante a destacar es que las variaciones anteriores corresponden a promedios comunales. No obstante, existe una dispersión importante dentro de cada comuna. En este sentido, la Figura 4 presenta las dispersiones en las variaciones para dos comunas: Renca (arriba) y Las Condes (abajo). Por ejemplo, se ilustra que existe un 20% y 7,5% de clientes residenciales en Las Condes y Renca, respectivamente, que presentan más del doble del consumo en la semana 21 (semana del 18 de mayo) con respecto a la semana 10 (semana del 2 de marzo). Esta dispersión aumenta en los meses de invierno, así, es posible observar que la cola de la distribución de la semana 26 es más

grande que la de la semana 21, debido a que una porción los clientes aumentan sus consumos por las bajas temperaturas.

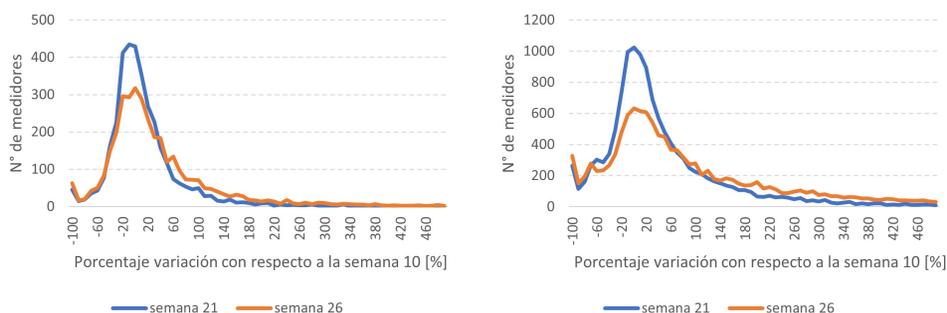


Figura 4: Histogramas de variación porcentual de los consumos con respecto a la semana 10 en las comunas de Renca y Las Condes.

Nota: El gráfico a la izquierda muestra el caso Renca y el gráfico a la derecha muestra el caso de Las Condes para las semanas 21 (18 de mayo) y 26 (22 de junio). Estos histogramas barren el rango desde -100 % hasta 490 % en intervalos de 10 %.

Del mismo modo es posible observar también una dependencia importante entre los consumos de las distintas comunas y las políticas sanitarias. Esto se puede observar más claramente en las primeras semanas de la pandemia (semanas 12-16), donde todas las comunas estudiadas presentan un cambio importante de comportamiento (entre un 7 % en La Cisterna y un 16 % en Las Condes con respecto a la semana 10) debido a las primeras medidas de confinamiento tomadas por el Gobierno de Chile. Estas semanas son previas al aumento de demanda producto de las bajas temperaturas.

Finalmente cabe destacar que las mayores alzas en los consumos coinciden con los sectores socioeconómicos de más alta renta. La Figura 5, elaborada a partir de datos del Instituto Nacional de Estadísticas [7], muestra la distribución de los salarios brutos en 32 comunas de la Región Metropolitana en términos mensuales. Se puede observar que comunas del sector oriente, donde se ubica Las Condes, presentan los ingresos salariales más altos (2.300 USD mensuales en promedio). Otras comunas como Santiago y La Florida presentan un salario medio (en torno a los 1000 USD en promedio). Finalmente, comunas como La Cisterna o Renca presentan los menores ingresos de la región (en torno a los 650 USD en promedio).

De esta forma, las mayores alzas se pueden observar en la comuna de Las Condes (comunas de ingresos mayores), mientras que, los menores cambios se observan en Renca y La Cisterna (comunas de ingresos menores). A modo de hipótesis, la diferencia de respuestas en las distintas comunas puede explicarse

por una posible menor respuesta al confinamiento [14] y por una menor respuesta a las bajas temperaturas producto de un menor nivel de electrificación de las soluciones de calefacción en las comunas de menores rentas.

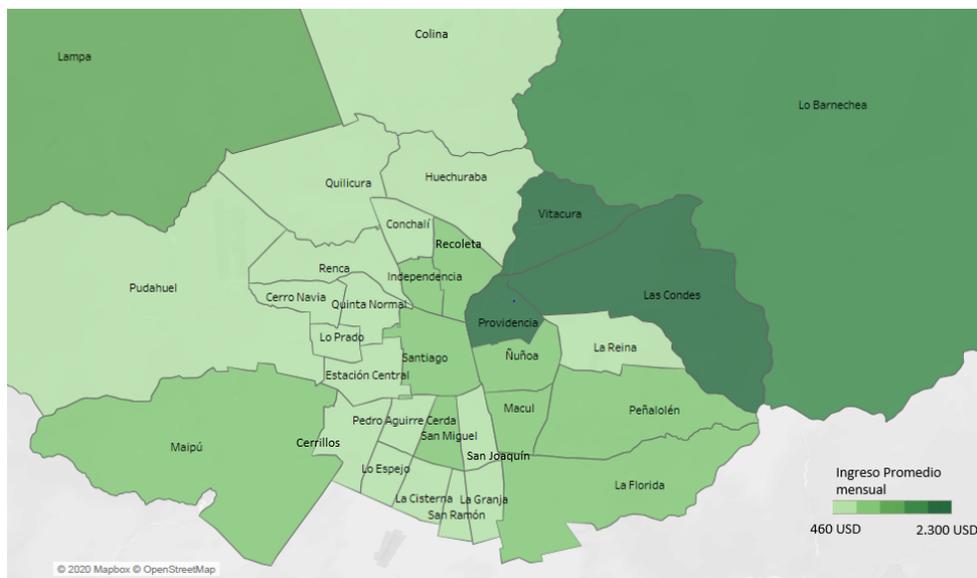


Figura 5: Distribución de los ingresos promedios mensuales de acuerdo al Instituto Nacional de Estadísticas [7].

4.1.2. Caso ii: Separación de los efectos de la pandemia y de la estacionalidad del clima en las tendencias de consumos residenciales

El alza de los consumos eléctricos residenciales indicados en la Figura 2 se puede explicar, principalmente, por dos efectos: las cuarentenas y las temperaturas que son cada vez más bajas a medida que se acerca el invierno. Aunque estos efectos pueden actuar combinadamente (i.e., una familia puede consumir más electricidad durante días fríos, en situación de pandemia, producto que existen más personas habitando el hogar por un mayor número de horas al día), en esta sección se busca separar estos dos efectos para tener una mejor noción del impacto de la pandemia. Es así cómo se analizan las alzas de los consumos eléctricos del año 2020 con respecto a los consumos durante el mismo periodo del año 2019 en una submuestra de consumidores poco sensibles a los cambios de temperatura.

De esta manera se calculan las alzas promedios de estos clientes en el conjunto de comunas representativas. Estos resultados se resumen en la Tabla 2, donde se puede observar que durante abril estas comunas experimentaron

alzas del 9% con respecto al mismo período del año 2019. Estas alzas sufrieron una leve alza durante mayo, alcanzando el 12% en comparación al 2019. Este mes coincide con la aplicación de la política de cuarentenas graduales. Durante los meses de junio a agosto se observan los impactos más fuertes con aumentos de hasta un 17% con respecto al mismo período de 2019. Durante estos meses, las políticas sanitarias implementadas fueron la cuarentena total y la apertura gradual (desde el 29 de julio). Finalmente, durante septiembre, gran parte de la Región Metropolitana había abierto sus actividades parcialmente, de este modo, el alza de consumos para este mes alcanzó el 7% con respecto al mismo mes en 2019, siendo el menor de todos los valores del periodo.

Tabla 2: Variación de demanda eléctrica 2020 poco sensible a los cambios de temperatura con respecto al mismo mes 2019.

Mes	Incremento de consumo [%]
Marzo	9
Abril	8
Mayo	12
Junio	17
Julio	13
Agosto	10
Septiembre	7

Es importante mencionar que los resultados anteriores presentan variaciones promedios, no obstante, existe una dispersión asociada. En este sentido, la Tabla 3 muestra la proporción de clientes que más que duplicaron sus consumos en distintas comunas y meses. Se revela, por ejemplo, que comunas como Santiago y Las Condes presentan un 8% y 10%, respectivamente, de clientes que han más que duplicado su consumo producto del confinamiento durante el mes de mayo (con respecto al mismo mes 2019). En otras comunas como Renca y La Cisterna, estos clientes representan aproximadamente el 6% de la muestra analizada. El periodo más crítico comprende los meses desde junio a agosto, donde la cantidad de clientes que duplicaron su consumo oscila entre el 10% y el 17% con respecto a igual periodo en el año 2019 en las comunas consideradas.

4.1.3. Caso iii: Cambios conductuales (a nivel horario) de consumos residenciales

Es interesante observar el cambio en el comportamiento de los consumos residenciales que se observan en los perfiles horarios de la Figura 6 para los

Tabla 3: Proporción de la demanda 2020 que presenta aumentos de consumo igual o mayor a dos veces con respecto al mismo periodo 2019.

Comuna	mar	abr	may	jun	jul	ago	sept
Las Condes	4 %	7 %	10 %	17 %	16 %	17 %	11 %
La Florida	4 %	5 %	7 %	17 %	16 %	15 %	12 %
La Cisterna	2 %	4 %	6 %	10 %	15 %	14 %	17 %
Renca	2 %	4 %	6 %	15 %	14 %	13 %	10 %
Santiago	4 %	7 %	8 %	14 %	14 %	14 %	10 %

clientes residenciales de Las Condes y Renca. Primero, para ambas comunas durante la situación pre-pandemia (semana 10, correspondiente a la semana del día 2 de marzo e indicada en color azul) se observa la presencia de un peak pronunciado a las 10:00pm durante todos los días. Asimismo, se observa un peak menor entre las 8:00am y 9:00am durante los días laborales.

Entrando en la pandemia, durante la semana 17 (a partir del 20 de abril, indicada en gris), el peak diario aumenta y se adelanta 2 horas, hacia las 8:00pm. También, aparece un segundo peak diario a las 2:00pm (más asociado a un día de fin de semana como se puede observar en el perfil de consumo azul correspondiente a la semana 10), aumentando considerablemente el consumo de energía durante la tarde. Finalmente, desaparece el peak que se observaba en semanas previas durante la mañana (en torno a las 9:00am) en días laborales. En lugar de este peak matutino, los consumos exhiben un aumento paulatino hasta el peak de las 2:00 pm.

En la semana de máximo consumo, semana 26 (a partir del 22 de junio, indicada en amarillo), se observa un efecto combinado de la pandemia más las bajas temperaturas. Esto explica un aumento considerable en los niveles de demanda. El peak de consumos durante estas semanas ocurre a las 9:00 pm.

Finalmente, la semana 39 (a partir del 21 de septiembre, indicada en verde) se caracteriza por una disminución en los niveles de consumo, esto coincide con el alza de las temperaturas y la política de apertura paulatina. Además, en Las Condes durante septiembre se recupera el peak matutino (a las 10:00 am) que existía durante el periodo pre-pandemia.

Una diferencia relevante a destacar entre las comunas es la intensidad con que se presentan los cambios mencionados. Mientras en Las Condes estos cambios son más marcados, en Renca los cambios son más leves, lo que podrían explicarse por una posible menor respuesta al confinamiento (información consistente con informes de movilidad [18]) y por una menor respuesta a las bajas temperaturas producto de un menor nivel de electrificación de las soluciones de calefacción. Esto también es coincidente con los distintos niveles

socioeconómicos de las comunas que se observa en la Figura 5, ya que comunas de mayores ingresos podrían presentar un mayor acceso a soluciones de calefacción mediante equipos eléctricos y una mayor probabilidad de aplicar teletrabajo.



Figura 6: Consumo promedio horario de clientes residenciales en cuatro semanas y en dos comunas: Las Condes (gráfico superior) y Renca (gráfico inferior).

4.1.4. Caso iv: Visión general del impacto de la pandemia en las 32 comunas de la Región Metropolitana

Las Figuras 7 y 8 presentan una panorámica general de cómo ha aumentado la demanda residencial en todas las comunas de Santiago en el periodo de estudio. Este aumento a sido sustancial, llegando al 91 % (en promedio para las 32 comunas) durante la semana 26 (22 de junio) con respecto al periodo pre-pandemia (2 de marzo). Estas figuras refuerzan que la mayor diferencia en los consumos se ha presentado en la zona oriente de la capital, en comunas como Vitacura, La Reina, Providencia y Las Condes. En Vitacura, por ejemplo, el aumento de la demanda residencial en la semana 26 alcanza un 236 % con

respecto al consumo de la semana 10 (2 de marzo). En cambio, durante la misma semana, Cerro Navia fue la comuna con menos variaciones, alcanzando un alza del 46 % en comparación a la semana 10.

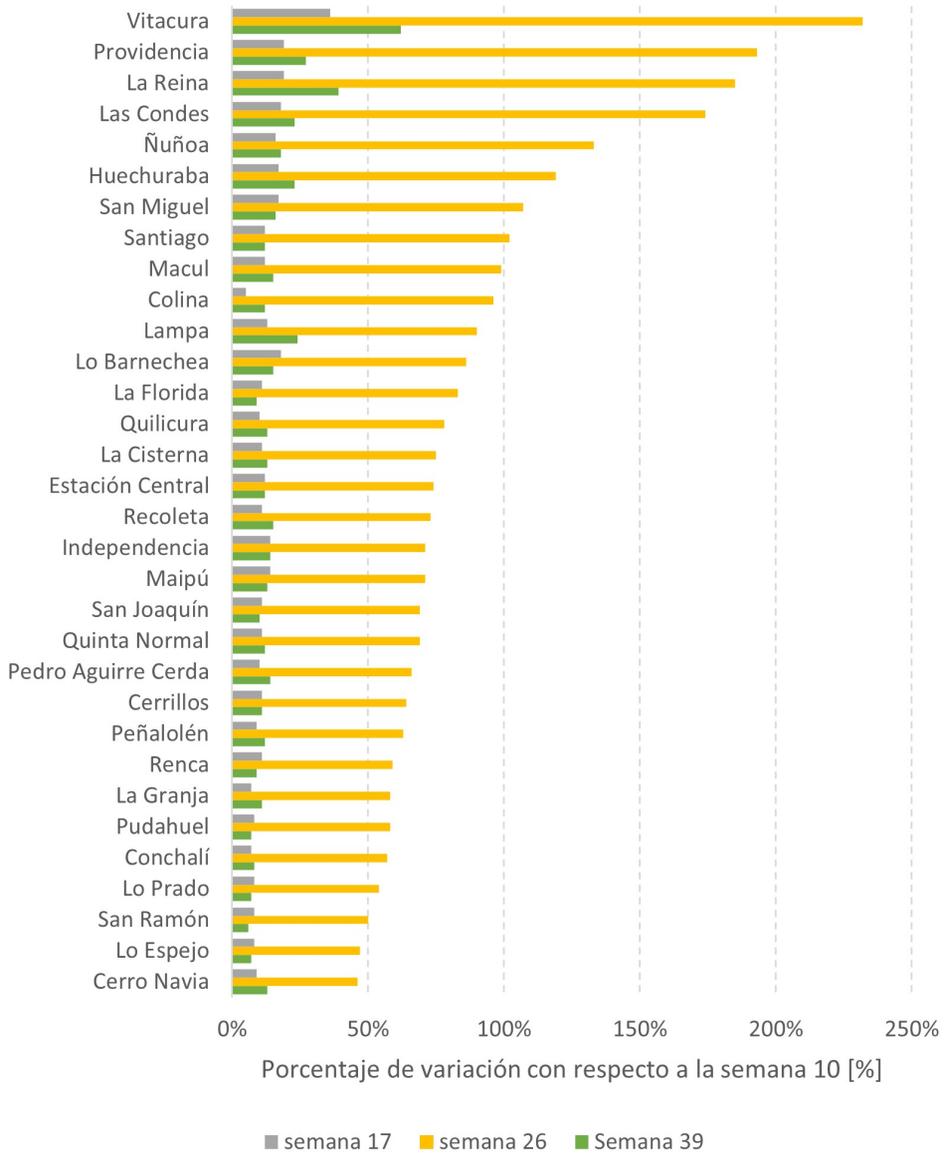


Figura 7: Variación de consumo de clientes residenciales en semana 17 (semana del 20 de abril), 26 (semana del 22 de junio) y 39 (semana del 21 de septiembre), todas con respecto a la semana 10 (semana del 2 de marzo).

La diferencia de cambios en los consumos eléctricos en las comunas es coincidente con los niveles socioeconómicos, tal como se ha observado y discutido anteriormente.

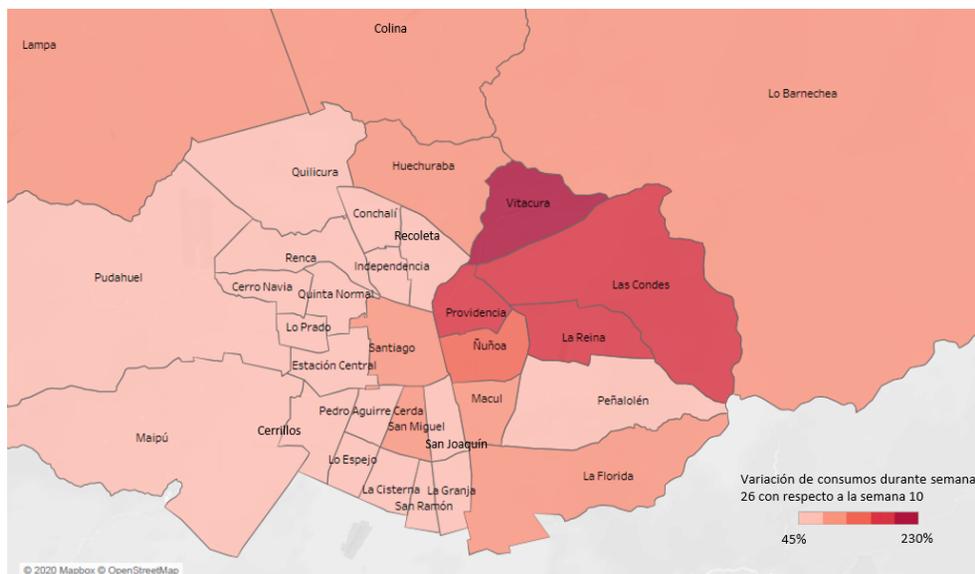


Figura 8: Distribución geográfica de los aumentos de consumos durante la semana 26 (semana del 22 de junio) con respecto a la semana 10 (semana del 2 de marzo) por efecto combinado de la estacionalidad y la pandemia.

4.2. Tendencias en el consumo industrial según sector económico

La Figura 9 muestra las variaciones del consumo eléctrico nacional a nivel mensual durante los últimos tres años. Si bien, el primer trimestre del año 2020 muestra un crecimiento relativo a 2019 cercano al 2.8%, en línea con las proyecciones de la autoridad, desde abril a la fecha el consumo eléctrico muestra una caída importante alcanzando un retroceso de hasta -5.3% durante el mes de julio. Una consecuencia directa de las medidas de la cuarentena a nivel nacional ha sido una disminución de la actividad económica, que según cifras oficiales, cayó en promedio un -13% en el periodo abril-agosto 2020 [4].

La situación anterior, se ha manifestado de distintas formas en el consumo eléctrico de los principales rubros de la economía tal como se muestra en la Tabla 4. Es posible observar que, dentro de los rubros con más impactos en la reducción de su consumo eléctrico, destacan actividades como Hoteles y Restaurantes, junto con la Construcción. Estas fuentes laborales fueron las más afectadas a nivel nacional entre otros, por el cierre de gran parte de

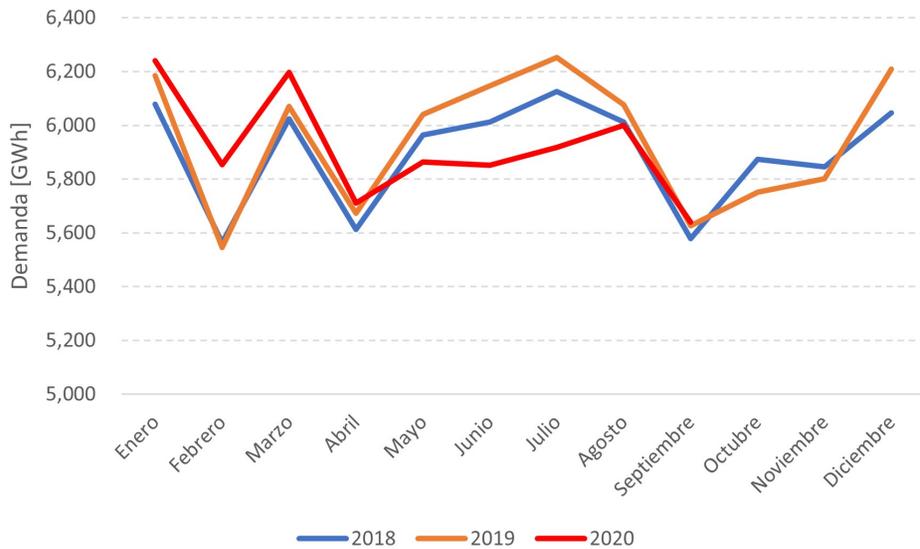


Figura 9: Demanda eléctrica mensual del Sistema Eléctrico Nacional [5].

sus actividades, un menor desplazamiento de la población en general, y la prohibición de viajes domésticos e internacionales.

La restricción de libre tránsito de los habitantes bajo cuarentena ha afectado también de manera importante al consumo eléctrico de otros rubros como la Intermediación Financiera (Bancos, Compañías de Seguro, Sociedades de Inversión, entre otros), las Industrias Manufactureras, el Comercio en general y la Enseñanza (tanto primaria, como secundaria y universitaria).

Una de las principales actividades económicas del país, la Explotación de Minas y Canteras, mostró un crecimiento relevante de su consumo durante la primera mitad del año, a pesar de la expansión de las medidas sanitarias a lo largo de Chile. No fue sino hasta el mes de julio, con la imposición de cuarentenas en las ciudades de Iquique y Antofagasta, que las principales faenas mostraron leves caídas en sus niveles de consumo. No obstante, a nivel anual, dicho sector económico sigue mostrando un crecimiento en su consumo respecto de los valores observados el año 2019. En esta misma línea, sectores que han mostrado un crecimiento en el consumo eléctrico con respecto al 2019 son los rubros Servicios Sociales de Salud, Administración Pública y Defensa, Actividades de Servicios Comunitario, y Pesca como se puede observar en la Tabla 4.

Tabla 4: Variaciones de consumo 2020 por rubro con respecto al año 2019.

Rubro	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep
Hoteles y Restaurantes	3 %	5 %	-13 %	-13 %	-76 %	-75 %	-75 %	-74 %	-74 %
Construcción	-15 %	-13 %	-17 %	-9 %	-42 %	-56 %	-68 %	-68 %	-73 %
Actividades Inmobiliarias, Empresariales y de Alquiler	-3 %	-4 %	14 %	-21 %	-15 %	-11 %	-31 %	-21 %	-39 %
Industrias Manufactureras no Metálicas	-6 %	-4 %	-16 %	-27 %	-54 %	-57 %	-53 %	-41 %	-39 %
Consejo de Administración de Edificios y Condominios	-9 %	-4 %	-14 %	-9 %	-46 %	-54 %	-53 %	-48 %	-30 %
Industrias Manufactureras Metálicas	-5 %	0 %	5 %	12 %	-23 %	-23 %	-31 %	-29 %	-24 %
Comercio al por Mayor y Menor, Rep. Veh. Automotores/ Enseres Domésticos	-18 %	-9 %	-5 %	19 %	-47 %	-28 %	-21 %	-18 %	-16 %
Enseñanza	-1 %	-8 %	-16 %	-17 %	-27 %	-36 %	-28 %	-26 %	-11 %
Industrias Manufactureras no Metálicas	-2 %	3 %	3 %	9 %	-9 %	-20 %	-15 %	-16 %	-6 %
Intermediación Financiera	-5 %	10 %	4 %	4 %	-8 %	-14 %	-15 %	-13 %	-5 %
Explotación de Minas y Canteras	9 %	14 %	7 %	10 %	1 %	2 %	-2 %	2 %	-3 %
Suministro de Electricidad y Agua	7 %	15 %	10 %	12 %	-4 %	-7 %	-21 %	-11 %	-3 %
Agricultura, Ganadería, Caza y Silvicultura	1 %	1 %	4 %	10 %	-2 %	-7 %	-11 %	-7 %	-2 %
Servicios Sociales y de Salud	6 %	8 %	3 %	9 %	-7 %	-5 %	-5 %	-3 %	1 %
Adm. Pública y Defensa, Planes de Seg. Social Afiliación Obligatoria	3 %	-5 %	-2 %	6 %	-6 %	-4 %	-21 %	1 %	3 %
Otras Actividades de Servicios Comunitarias, Sociales y Personales	28 %	35 %	9 %	16 %	7 %	19 %	-6 %	-3 %	7 %
Pesca	20 %	20 %	-1 %	11 %	11 %	8 %	2 %	8 %	8 %

5. Conclusiones y Trabajo Futuro

Este artículo analiza el impacto de las cuarentenas asociadas al COVID-19 en la demanda de energía eléctrica desagregada por tipo de cliente (residencial, comercial e industrial) en Chile. Además, se analiza el impacto del COVID-19 en los consumos eléctricos de distintos niveles socioeconómicos de Santiago, Chile.

Este análisis demuestra que el impacto del COVID-19 en el consumo eléctrico varía ampliamente según el tipo de consumidor. Con respecto a consumidores regulados, por ejemplo, los pequeños comercios mostraron una baja importante en sus consumos. En este sentido, las comunas de Santiago y las Condes alcanzaron caídas superiores al 40 % con respecto a la situación inmediatamente pre-pandemia. Esto es consistente con la desaceleración de la economía chilena observada durante el mismo periodo de estudio.

Los clientes residenciales, por otro lado, mostraron incrementos en sus consumos desde el inicio de la pandemia con la implementación de las primeras políticas sanitarias. El período de mayores alzas ocurrió entre junio y agosto coincidiendo con los meses más fríos y con las políticas sanitarias más restrictivas. Particularmente, la semana de mayores alzas fue aquella del 22 de junio donde se alcanzó un alza del 91 % en promedio para Santiago con respecto a la primera semana de marzo. Esta alza es producto del efecto combinado de la pandemia y de las bajas temperaturas de invierno. Con respecto a las alzas únicamente producto de la pandemia, estas alcanzan un 17 % en el mes de junio con respecto al mismo mes del año 2019. Cabe mencionar que estos resultados varían entre las distintas comunas. De hecho, se observa que las comunas con mayores aumentos de consumo corresponden a aquellas con mayores rentas. Asimismo, al interior de una comuna los resultados también muestran una amplia dispersión en la variación de consumos.

Con respecto al impacto en los consumos eléctricos industriales, el sector con mayor disminución fue el Hotelero y Restaurantes con disminuciones de hasta el 75 % en los meses de mayo-septiembre con respecto al mismo período del año anterior. Otros rubros con caídas significativas en sus consumos eléctricos fueron el de Construcción, Actividades Inmobiliarias, Industrias Manufactureras No Metálicas, y Consejo de Administración de Edificios y Condominios. Otros sectores como la Pesca o Minería evidenciaron alzas en sus consumos durante gran parte del periodo de estudio, mostrando un menor nivel de impacto producto de las políticas sanitarias.

Una conclusión importante de este trabajo y con impactos en la política pública es que el confinamiento puede aumentar la demanda eléctrica residencial de forma importante, imponiendo un potencial costo adicional para las familias. Esto podría presentar problemas particulares para el caso de familias vulnerables, quienes, aparte del aumento de costos de servicios básicos, se pueden encontrar en situaciones financieras complejas, producto de la crisis económica asociada a la pandemia. Este es un problema que las autoridades deben analizar y resolver con especial cuidado.

Entre las posibles aplicaciones y extensiones de este estudio, se pueden identificar:

- La mejora de políticas públicas, en particular, focalizando aquellas asociadas a pobreza energética y familias vulnerables.
- La mejora de prácticas operativas (incluyendo prácticas y metodologías de predicción de demanda y despacho económico) de manera de operar el sistema de forma más económica y segura frente a situaciones producidas por las medidas que toma la autoridad para controlar la pandemia.

- La identificación de zonas de la red eléctrica con un mayor o menor nivel de estrés producto de la pandemia, lo que podría adelantar o atrasar, respectivamente, el plan de inversiones de las empresas eléctricas.
- La identificación de dependencias entre distintos sectores (e.g., energía, transporte, economía) con el fin de entender de mejor manera las interrelaciones entre dichos sectores y así los efectos globales de la pandemia.
- Mejorar la caracterización de los consumos eléctricos, incluyendo los impactos de la pandemia (o eventualmente otros fenómenos) en las categorías de clientes.

Finalmente, es importante recalcar que este tipo de estudios detallados de los consumos eléctricos no es solamente relevante en el contexto de la pandemia. En general, un monitoreo y análisis profundo de los datos de consumos energéticos tiene el potencial de informar y mejorar decisiones y procesos tanto en el ámbito público como privado. Ejemplos de esto último incluyen decisiones de política pública, diseño regulatorio, estudios tarifarios de redes eléctricas, inversión y operación del sistema, entre otros.

Agradecimientos: Los autores agradecen a Enel Distribución, SPEC Energy Consulting y el Ministerio de Energía por facilitar la información necesaria para este artículo. Asimismo, agradecen a la iniciativa COVID Analytics del Instituto Sistemas Complejos de Ingeniería ISCI. Esta investigación ha sido financiada por el Instituto Sistemas Complejos de Ingeniería (ANID PIA/BASAL AFB180003).

Anexo

La Tabla 5 muestra la cantidad de equipos de medición inteligente distribuidos en la Región Metropolitana. Inicialmente se cuenta con 326 mil equipos, sin embargo, por motivos de confiabilidad de los datos, finalmente, se consideran 230 mil.

Tabla 5: Cantidad de equipos de medición inteligente por tipo de cliente y comuna.

Comuna	Residencial	Pequeño comercio
Cerro Navia	6581	195
Lo Espejo	1713	20
San Ramón	3080	129
Lo Prado	7128	180
Conchalí	11917	530
Pudahuel	5097	74
La Granja	2301	70
Renca	3510	130
Peñalolén	5050	221
Cerrillos	6334	197
Pedro Aguirre Cerda	2709	56
Quinta Normal	9833	520
San Joaquín	5649	167
Maipú	9468	193
Independencia	6622	480
Recoleta	11769	806
Estación Central	12144	508
La Cisterna	6960	891
Quilicura	3645	83
La Florida	9936	260
Lo Barnechea	484	26
Lampa	1385	96
Colina	1008	95
Macul	5641	264
Santiago	26686	3033
San Miguel	8262	351
Huechuraba	1070	88
Ñuñoa	10633	682
Las Condes	12510	380
La Reina	5768	135
Providencia	9860	1112
Vitacura	3522	107
Total	218275	12079

Referencias

- [1] A. Abu-Rayash y I. Dincer. Analysis of the electricity demand trends amidst the COVID-19 coronavirus pandemic. *Energy Research & Social Science*, 68:101682, 2020. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214629620302577>.
- [2] D. Agdas y P. Barooah. Impact of the covid-19 pandemic on the us electricity demand and supply: an early view from data. *IEEE Access*, 8:151523–151534, 2020.
- [3] A. Bahmanyar, A. Estebansari, y D. Ernst. The impact of different COVID-19 containment measures on electricity consumption in Europe. *Energy Research & Social Science*, 68:101683, 2020. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214629620302589>.
- [4] Banco Central de Chile. Índice mensual de actividad económica, imacec, 2020. Disponible en <https://www.bcentral.cl/en/web/banco-central/area/statistics/imacec>.
- [5] CEN. Balance de transferencias. *Coordinador Eléctrico Nacional (CEN)*, 2020. Disponible en <https://www.coordinador.cl/mercados/documentos/transferencias-economicas/ventas-mensuales/2020-ventas-mensuales/>.
- [6] Câmara de Comercialização de Energia Eléctrica. COVID-19: consumo de energia deve recuar, 2020. Disponible en <https://bit.ly/36Psfid>.
- [7] I. N. de Estadísticas. Encuesta suplementaria de ingresos, 2018. Disponible en <https://www.ine.cl/estadisticas/sociales/ingresos-y-gastos/encuesta-suplementaria-de-ingresos>.
- [8] K. Gillingham, C. Knittel, J. Li, M. Ovaere, y M. Reguant. The short-run and long-run effects of COVID-19 on energy and the environment. *Joule*, 4(7):1337 – 1341, 2020. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2542435120302737>.
- [9] IEA. Covid-19 impact on electricity. *International Energy Agency (IEA)*, 2020. Disponible en <https://www.iea.org/reports/covid-19-impact-on-electricity>.
- [10] W. Kanda y P. Kivimaa. What opportunities could the COVID-19 outbreak offer for sustainability transitions research on electricity and mobility? *Energy Research & Social Science*, 68:101666, 2020. Disponible en

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214629620302413>.

- [11] A. Leach, N. Rivers, y B. Shaffer. Canadian electricity markets during the covid-19 pandemic: An initial assessment. *Canadian Public Policy*, 46(S2):S145–S159, 2020.
- [12] Ministerio de Salud. Ministerio de Salud decreta cuarentena total para la ciudad de Santiago y seis comunas aledañas, 2020. Disponible en <https://www.minsal.cl/ministerio-de-salud-decreta-cuarentena-total-para-la-ciudad-de-santiago-y-seis-comunas-aledanas/>.
- [13] N. Norouzi, G. Zarazua de Rubens, S. Choupanpiesheh, y P. Enevoldsen. When pandemics impact economies and climate change: Exploring the impacts of COVID-19 on oil and electricity demand in China. *Energy Research & Social Science*, 68:101654, 2020. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214629620302292>.
- [14] M. Olivares, M. Goic, G. Weintraub, J. Covarrubia, C. Escobedo, y L. Basso. El impacto de las dos primeras semanas de cuarentena masiva en la Región Metropolitana. *Instituto de Sistemas Complejos (ISCI)*, 2020. Disponible en <https://isci.cl/wp-content/uploads/2020/06/Reporte-3-ISCI-movilidad-11-de-junio.pdf>.
- [15] G. Ruan, D. Wu, X. Zheng, H. Zhong, C. Kang, M. A. Dahleh, S. Sivarajani, y L. Xie. A cross-domain approach to analyzing the short-run impact of COVID-19 on the US electricity sector. *Joule*, 4(11):2322 – 2337, 2020. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2542435120303986>.
- [16] I. Santiago, A. Moreno-Munoz, P. Quintero-Jiménez, F. Garcia-Torres, y M. Gonzalez-Redondo. Electricity demand during pandemic times: The case of the COVID-19 in Spain. *Energy Policy*, 148:111964, 2021. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421520306753>.
- [17] S. Snow, R. Bran, M. Glencorss, y N. Horrocks. Drivers behind residential electricity demand fluctuations due to COVID-19 restrictions. *Energies*, 13:5738, 2020.
- [18] WHO. Who director-general’s opening remarks at the media briefing on COVID-19. *World Health Organization*, marzo 2020. Disponible en <https://www.who.int/dg/speeches/detail/who-director-general->

s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19---11-march-2020.

- [19] H. Zhong, Z. Tan, Y. He, L. Xie, y C. Kang. Implications of COVID-19 for the electricity industry: A comprehensive review. *CSEE Journal of Power and Energy Systems*, 6(3):489–495, 2020.