

Weiss, Mariana et al.

Working Paper

Empoderando a los consumidores de electricidad por medio de la respuesta a la demanda: Porqué y cómo

IDB Working Paper Series, No. IDB-WP-1312

Provided in Cooperation with:

Inter-American Development Bank (IDB), Washington, DC

Suggested Citation: Weiss, Mariana et al. (2022) : Empoderando a los consumidores de electricidad por medio de la respuesta a la demanda: Porqué y cómo, IDB Working Paper Series, No. IDB-WP-1312, Inter-American Development Bank (IDB), Washington, DC, <https://doi.org/10.18235/0004184>

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/290063>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>

DOCUMENTO DE TRABAJO DEL BID N° IDB-WP-1312

Empoderando a los consumidores de electricidad por medio de la respuesta a la demanda:

Porqué y cómo

Autores:

Mariana Weiss
Enrique Chueca
Jorge Jacob
Felipe Gonçalves
Marina Azevedo
Adriana Gouvêa
Pauline Ravillard
Michelle Hallack

Banco Interamericano de Desarrollo
División de Energía

Marzo 2022



BID

Banco Interamericano
de Desarrollo

Empoderando a los consumidores de electricidad por medio de la respuesta a la demanda:

Porqué y cómo

Autores:

Mariana Weiss

Enrique Chueca

Jorge Jacob

Felipe Gonçalves

Marina Azevedo

Adriana Gouvêa

Pauline Ravillard

Michelle Hallack

**Catalogación en la fuente proporcionada por la
Biblioteca Felipe Herrera del
Banco Interamericano de Desarrollo**

Empoderando a los consumidores de electricidad por medio de la respuesta a la demanda: por qué y cómo / Enrique Chueca, Mariana Weiss, Jorge Jacob, Felipe Gonçalves, Marina Azevedo, Adriana Gouvêa, Pauline Ravillard, Michelle Hallack.

p. cm. — (Documento de trabajo del BID ; 1312)

Incluye referencias bibliográficas.

1. Energy consumption-Latin America. 2. Energy consumption-Caribbean Area. 3. Electric utilities-Rates-Latin America. 4. Electric utilities-Rates-Caribbean Area. I. Chueca Montuenga, Enrique. II. Weiss, Mariana. III. Jacob, Jorge. IV. Gonçalves, Felipe. V. Azevedo, Marina. VI. Gouvêa, Adriana. VII. Ravillard, Pauline. VIII. Hallack, Michelle, 1983- IX. Banco Interamericano de Desarrollo. División de Energía.

X Serie.

IDB-WP-1312

<http://www.iadb.org>

Copyright © [2022] Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no-comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas.

Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID, no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional.

Después de un proceso de revisión por pares, y con el consentimiento previo del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), una versión revisada de esta obra puede reproducirse en cualquier revista académica, incluyendo aquellas indizadas en EconLit de la Asociación Americana de Economía, siempre y cuando se reconozca la autoría del Banco y el autor o autores del documento no hayan percibido remuneración alguna derivada de la publicación. Por lo tanto, la restricción para recibir ingresos de dicha publicación sólo se extenderá al autor(s) de la publicación. Con respecto a dicha restricción, en caso de cualquier incompatibilidad entre la licencia Creative Commons IGO 3.0 Atribución-No comercial - NoDerivatives y estas declaraciones, prevalecerán estas últimas.

Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.





Empoderando a los CONSUMIDORES DE ELECTRICIDAD POR MEDIO DE LA RESPUESTA A LA DEMANDA:

Por qué y cómo



Mariana Weiss, Enrique Chueca, Jorge Jacob,
Felipe Gonçalves, Marina Azevedo, Adriana Gouvêa,
Pauline Ravillard, Michelle Hallack

MARZO 2022



EMPODERANDO A LOS CONSUMIDORES DE ELECTRICIDAD POR MEDIO DE LA RESPUESTA A LA DEMANDA

POR QUÉ Y CÓMO

Mariana Weiss,
Enrique Chueca,
Jorge Jacob,
Felipe Gonçalves,
Marina Azevedo,
Adriana Gouvêa,
Pauline Ravillard,
Michelle Hallack ¹

Marzo 2022

1. Los autores desean agradecer a Tomás Serebrisky, Ana María Rojas y al revisor cegado, por las valiosas sugerencias.

Tabla de Contenidos

| | | |
|---------------------|---|-----------|
| Resumen | 5 | |
| 1 | Introducción | 6 |
| 2 | ¿Cuáles son las políticas de respuesta a la demanda disponibles? | 8 |
| 2.1 | Programas de RD basados en precios | 10 |
| 2.2 | Programas basados en incentivos por contrato | 13 |
| 3 | ¿Cuáles son los beneficios esperados de la respuesta a la demanda? | 14 |
| 4 | Programas de respuesta a la demanda aplicados al sector residencial | 18 |
| 4.1 | Ejemplos de programas de respuesta general a la demanda residencial en ALC | 20 |
| 4.2 | Ejemplos de proyectos piloto para programas de respuesta a la demanda residencial | 20 |
| 5 | Metodología y diseño del experimento de respuesta a la demanda | 23 |
| 5.1 | Antecedente teórico de la metodología | 23 |
| 5.2 | Diseño experimental | 24 |
| 5.2.1 | Muestra | 24 |
| 5.2.2 | Principales objetivos y predicciones | 26 |
| 6 | Resultados y discusión | 33 |
| 6.1 | Experimento principal: Plan de horas pico preferido | 33 |
| 6.2 | Percepción psicológica del sentido de agencia y efectos de moderación | 36 |
| 6.3 | Sensibilidad al precio | 37 |
| 6.4 | Efecto de los recordatorios | 40 |
| 6.5 | ¿Quiénes son los que más aceptan? | 41 |
| 7 | Conclusiones y lecciones aprendidas | 43 |
| Bibliografía | 46 | |

| | |
|---|-----------|
| ANEXO | 50 |
| A.1. Ingreso per cápita promedio y costo de la factura de la electricidad del hogar: Una comparación entre los resultados de la muestra y la encuesta nacional de hogares de Brasil | 51 |
| A.2. Cuestionario del experimento en formato original | 54 |
| A.3. Sensibilidad al precio de los participantes | 69 |



Lista de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1. Servicios de respuesta a la demanda | 9 |
| Figura 2. Comparación de diferentes programas de precios dinámicos | 12 |
| Figura 3. Influencias del cambio de comportamiento | 24 |
| Figura 4. Distribución relativa del consumo de electricidad a lo largo del día | 27 |
| Figura 5. Condiciones experimentales | 31 |
| Figura 6. Sumario de condiciones experimentales | 34 |
| Figura 7. Principales resultados del experimento | 34 |
| Figura 8. Porcentaje promedio del ingreso dedicado a pagar la factura de la electricidad | 38 |
| Figura 9. Probabilidad de cambiar el tiempo de consumo | 38 |



Lista de Tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Muestra por país | 25 |
| Tabla 2. Estadística general | 26 |
| Tabla 3. Resultados de regresión logística | 35 |
| Tabla 4. Resultados de regresiones logísticas de agencia | 36 |
| Tabla 5. Resultados de la sensibilidad al precio | 39 |
| Tabla 6. Efecto medio del recordatorio de diferentes consumos | 41 |
| Tabla 7. Perfil de los combustibles utilizados por participante en los experimentos según preferencia de RD | 42 |



Lista de Cajas

| | |
|---|----|
| Caja 1. El rol de la AMI en los programas de respuesta a la demanda residencial | 19 |
|---|----|





Resumen

Los avances masivos de la digitalización han hecho que los programas de Respuesta a la demanda (RD) en el sector residencial sean factibles; sin embargo, la mayoría de los hogares en la región de América Latina y el Caribe (ALC) no conocen esta clase de programas. En este informe, los autores exploran experimentos sobre la disposición de los consumidores residenciales a adoptar RD para reducir sus facturas. Los autores analizan la probabilidad de que los hogares de ingresos bajos y medios en 11 países de ALC adopten un plan de RD. Los cuestionarios contaron con explicaciones sobre los propósitos y beneficios de los programas de RD. Los autores también analizaron la clase de tecnología de comunicación a la que es más probable que los consumidores respondan. La mayoría de los entrevistados entendieron que sería justo tener tarifas de horas pico y horas valle para cubrir los costos de suministro. En tres de los cinco casos analizados, más del 50% de los entrevistados optaron por pasarse a un plan de RD. Esos fueron el caso de los programas de RD con una meta de ahorro pico y un descuento preacordado, y el control del calentador o aire acondicionado por parte de la empresa de servicios públicos durante las horas pico. Los resultados sugieren que los diseñadores de políticas deberían comenzar a considerar los programas de respuesta a la demanda como una herramienta para aumentar la asequibilidad de los servicios de electricidad para los consumidores residenciales. Para eso, es importante considerar también la curva de aprendizaje que se requerirá de los usuarios, proveedores de servicios y reguladores.



Introducción

La asequibilidad es uno de los pilares que se requieren para que los ciudadanos y las empresas se beneficien de los servicios de energía. Los autores de este estudio definen la asequibilidad como la capacidad financiera para pagar estos servicios. El Banco Interamericano de Desarrollo (Cavallo et al. 2020), subraya que la asequibilidad de los servicios eléctricos es un desafío para muchas familias de bajos ingresos en los países de América Latina y el Caribe (ALC).

El desafío tanto para el sector como para las partes interesadas es cómo hacer que los servicios de energía sean más accesibles y al mismo tiempo asegurar la calidad y la viabilidad financiera de largo plazo para los proveedores de servicios. La digitalización abre nuevas oportunidades para superar este reto, aumentando la asequibilidad y ampliando la cantidad de servicios a los que los hogares pueden hacer frente. La digitalización que mide el consumo de electricidad en los hogares permite a los consumidores responder a la variabilidad de costos, precios y tarifas. En consecuencia, puede ser más asequible adaptar el comportamiento del consumidor a períodos de costos más bajos. La respuesta a la demanda también es un mecanismo clave para la transición energética. Según la IEA (2021), 55 % de las reducciones de emisiones requieren una combinación de despliegue de tecnologías bajas en carbono y una activa participación de los ciudadanos y consumidores. La respuesta a la demanda es uno de estos mecanismos, que combinan nuevas tecnologías con el compromiso del consumidor/ciudadano. En resumen, los programas de respuesta a la demanda dependen de la digitalización del sector eléctrico para aumentar la eficiencia y competitividad del sistema y reducir las emisiones del sector.

Este documento apunta a explorar la respuesta a la demanda como mecanismo que puede mejorar la asequibilidad por medio de una mejora de la eficiencia del sistema a través de estrategias que alienten a los consumidores a actuar. La RD puede tener un impacto más amplio y universal, ya que la asequibilidad es impulsada por el aumento de la eficiencia del sistema eléctrico.

La principal idea de la respuesta a la demanda es moderar las curvas de demanda de electricidad y, en consecuencia, disminuir los costos. Esta idea no es nueva. La diferencia es que la digitalización hace que alcanzar este objetivo sea más factible, incluso en el sector residencial. Es necesario que las respuestas a la demanda de electricidad sean rápidas; la digitalización cumple con la velocidad requerida, difundiendo información y completando transacciones con la rapidez suficiente para facilitar los mecanismos de respuesta a la demanda (Cavallo et al., 2020). Las soluciones de respuesta a la demanda se han vuelto aún más valiosas en vista de la urgente necesidad de abordar el cambio climático. La RD es una herramienta eficiente y de bajo costo para reducir las emisiones y aumentar la flexibilidad del sistema, que es el elemento clave para una mayor penetración de las energías renovables.



Sin embargo, una estimación exacta de los beneficios de los programas de RD para el sector residencial es imposible. Los datos históricos no permiten tal estimación. Un programa masivo de respuesta a la demanda requerirá transformaciones que empoderen las decisiones de los consumidores. Tal programa de RD debe incluir el diseño del mercado, regulación, inversión en digitalización, difusión del conocimiento y una mayor participación de nuevos jugadores en el sector. Además, los formuladores de políticas, los reguladores y las partes interesadas deben estar convencidos de los beneficios potenciales que puede aportar este tipo de programa. Los reguladores deberían realizar evaluaciones de impacto regulatorio antes de cualquier cambio significativo. Sin embargo, la falta de datos confiables sigue siendo un obstáculo común en el caso de las innovaciones transformadoras (como la respuesta a la demanda), aunque esencial para calcular los beneficios potenciales.

En los países de ALC existe un desafío adicional. Los consumidores de electricidad residenciales no están acostumbrados a elegir sus proveedores de electricidad, servicios o sus niveles de consumo, teniendo en mente el tiempo de consumo. Además, con frecuencia los consumidores residenciales no entienden plenamente todos los esquemas tarifarios a los que ellos y sus facturas de electricidad están sujetos. En este contexto, no es fácil estimar el potencial de adopción basándose únicamente en experiencias y elasticidades anteriores. Por lo tanto, el presente estudio funciona como punto de partida para llegar a una mejor comprensión del potencial de respuesta a la demanda en América Latina y el Caribe. Más precisamente, su principal objetivo es entender la disposición de los consumidores a participar en programas de RD. Específicamente, ¿están los consumidores dispuestos a cambiar su forma de utilizar la electricidad para aumentar la asequibilidad de los servicios eléctricos? Esta pregunta es un primer paso para desarrollar programas de RD. Conocer la disposición de los consumidores a participar en un programa de respuesta a la demanda es esencial para calcular los potenciales beneficios de un programa y para abordar soluciones de digitalización que lo hagan posible.

Este estudio también busca romper el círculo vicioso en el que una falta de información demora la innovación, y menores niveles de adopción de enfoques innovadores retrasan la recopilación de suficiente información. La revisión de la literatura disponible y la realización de experimentos con consumidores residenciales sobre su disposición a adoptar un programa de respuesta a la demanda son pasos iniciales para romper ese ciclo. Los prometedores resultados del experimento realizado sugieren que los pilotos y campos de prueba (sandboxes) regulatorios deberían ser implementados como próximos pasos para generar una mejor comprensión de cómo desarrollar programas efectivos de respuesta a la demanda.

La siguiente sección presenta las políticas de RD disponibles. La Sección 3 discute los beneficios de los programas de RD en general. Luego, la sección 4 identifica los desafíos y los resultados obtenidos de los proyectos piloto de RD en el sector residencial. La sección 5 está dedicada a detallar la metodología del experimento para evaluar la disposición de los hogares a adoptar un paquete de RD en 11 países de ALC. En la sección 6, se presentan los resultados del experimento. Finalmente, la sección 7 presenta las conclusiones del estudio y ofrece algunas recomendaciones de políticas para mejorar la adhesión y el éxito de los programas de RD en el sector residencial.





¿Cuáles son las políticas de respuesta a la demanda disponibles?

La Respuesta a la demanda (RD) tiene una larga historia en el sector eléctrico y ha sido implementada utilizando diferentes enfoques. La RD se usó inicialmente para planificar e implementar mecanismos para producir grandes cambios en las curvas de carga de electricidad en busca de mejorar la eficiencia de los recursos del sistema. El concepto de RD fue adoptado en el sector eléctrico a fines de la década de 1960 para optimizar las inversiones en infraestructura y sostener la demanda durante los períodos pico de operación. La RD ganó terreno debido a los aumentos de los precios del petróleo lo que, a su vez, resultó en mayores costos de generación (Gellings, 1985).

Desde entonces, las opciones de política de la RD han aumentado en tándem con los nuevos avances tecnológicos. Históricamente, los programas de RD se han dirigido usualmente a grandes consumidores (industriales o comerciales). Sin embargo, con la mayor disponibilidad de medidores avanzados y otras tecnologías complementarias de servicios públicos, estos programas de incentivos se pueden ofrecer ahora a consumidores residenciales o agregados.

El mundo vive una revolución digital de la que el sector energético no está exento. Las nuevas tecnologías han sumergido al sector en un entorno digital más profundo, con un uso masivo de datos enfocado a aumentar la eficiencia y reducir costos. En el sector de la demanda, los medidores inteligentes han empoderado a los consumidores, detallando su consumo por tiempo de uso y, a veces, brindando información sobre la variación de los precios de la electricidad. La tecnología de medición inteligente disminuye considerablemente los costos de transacción asociados con la respuesta a la demanda y aumenta la capacidad de respuestas oportunas (Cavallo et al., 2020).

Es importante resaltar que una inversión significativa en digitalización es esencial para cualquier programa de RD. Ciertamente, estas inversiones deberán realizarse en telecomunicaciones y tecnología de medición inteligente. La inversión también puede incluir monitoreo remoto para controlar el uso de equipos tales como sistemas de calefacción y aire acondicionado (HVAC, por sus siglas en inglés).

La RD puede definirse como una serie de acciones para reducir, aumentar, variar, o modular activamente la demanda de energía por un tiempo limitado, en comparación a una base de referencia (o perfil habitual) de consumo, en respuesta a una señal de precio o incentivo de mando, resultando en un menor nivel de servicio (Satchwell et al., 2013)². En otras palabras, las iniciativas

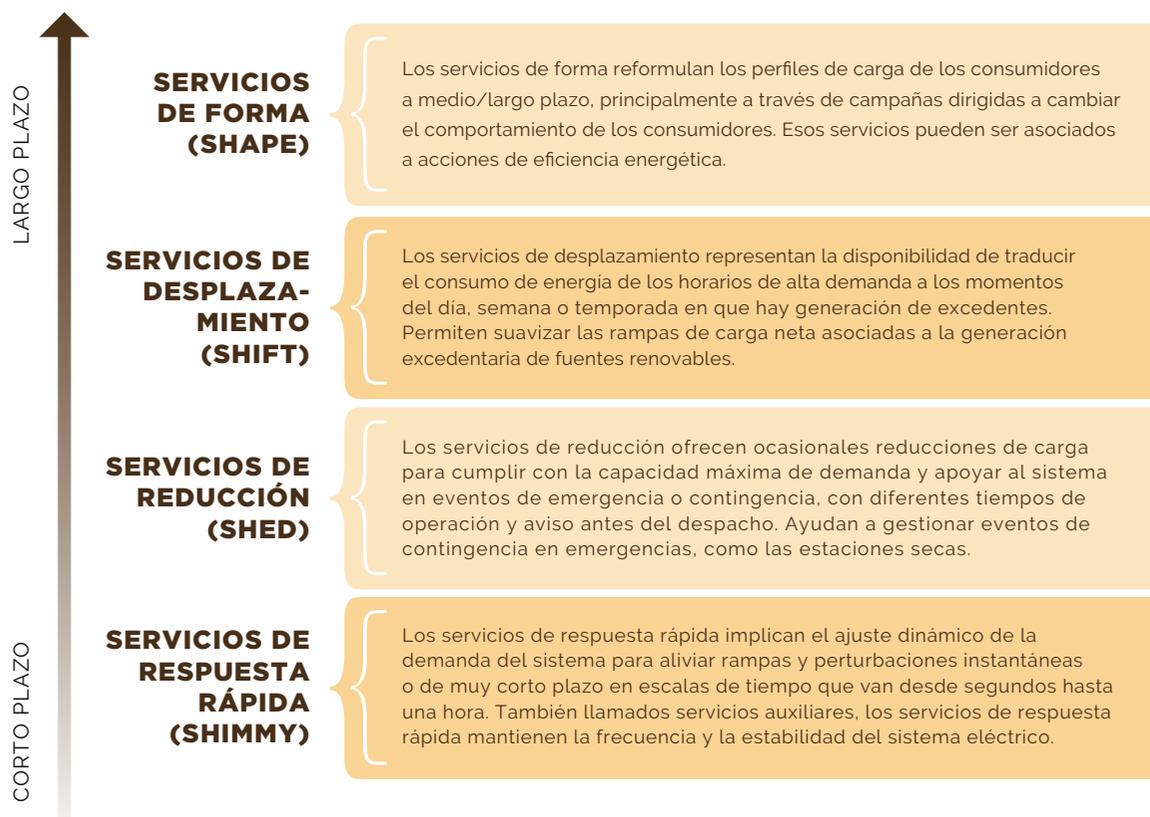
2. El Departamento de Energía de Estados Unidos (2006) describe la respuesta a la demanda como una tarifa o programa establecidos para motivar cambios en el consumo eléctrico de los usuarios finales en respuesta a cambios en el precio de la electricidad a lo largo del tiempo.

de RD promueven herramientas que empoderan a los consumidores con base a acciones o decisiones voluntarias en respuesta a incentivos económicos que operan en conjunto con restricciones del sector eléctrico y el diseño de mercado.

La respuesta a la demanda siempre apunta a impactar o cambiar las curvas de carga. Sin embargo, hay diferentes maneras en que las RD pueden impactar las curvas de la demanda. Mientras que las tarifas con base al tiempo de uso (en adelante, ToU por sus siglas en inglés) son en efecto el uso más común de la RD, esta no es la única opción para implementarla. La RD se compone de varias estrategias que tocan diferentes partes del sector eléctrico.

Tal como fueron presentados en los primeros estudios de la década de 1980, los impactos de los programas de RD sobre el comportamiento de la carga se pueden enumerar como: corte de pico, relleno de valle, desplazamiento de carga, conservación estratégica, crecimiento de carga estratégica y formato de carga flexible (Gellings, 1985). Alstone et al. (2016) crearon una taxonomía didáctica para los servicios de RD que agrupa estos servicios en las categorías principales: forma (Shape), desplazamiento (Shift), reducción (Shed) y respuesta rápida (Shimmy). La Figura 1 detalla esos servicios de RD.

Figura 1. Servicios de Respuesta a la demanda (RD)



Fuente: Diseño de los autores con base en Alstone et al. (2016)

Los anteriores servicios de RD muestran los diferentes objetivos que la empresa de servicios públicos o quien formula las políticas pueden buscar para cambiar la forma actual de la curva de carga diaria, que puede clasificarse como cambios en la curva de carga de corto o largo plazo. La pregunta es, ¿cómo se puede incentivar el cambio de comportamiento del consumidor para lograr el formato deseado de la curva de demanda diaria?

Los programas de RD deben ofrecer condiciones que sean percibidas como beneficiosas para quienes las adoptan con el fin de incentivar a los consumidores a adoptar acciones intencionales. Los principios de las acciones intencionales e incentivos adecuados están entre las principales características de los programas de RD.

Los programas de RD pueden ser agrupados en dos categorías, dependiendo del fundamento del incentivo: (i) programas basados en precios y (ii) programas basados en incentivos por contrato.

2.1 Programas de RD basados en precios

En los programas de RD basados en precios, las tarifas de electricidad reflejan mejor los costos reales de la electricidad para cumplir con el consumo a través de diferentes períodos. Así, la tarifa eléctrica tiende a aumentar cuando la generación de electricidad presenta mayores costos para satisfacer la demanda. Algunos ejemplos de mayores costos de generación de electricidad son el reto habitual de atender las rampas de demanda de rápido crecimiento y la demanda pico durante los días de semana, o situaciones más críticas, tales como sequías o estaciones secas, mayores precios del petróleo, limitaciones de la interconexión de redes o desajuste del diseño del mercado³. El cuadro de fijación de precios depende de cada sistema.

Como lo muestran Muller (2016) y Satchwell et al. (2013), el diseño de tarifas eléctricas puede llevar a los consumidores a adaptar su uso de la energía. Supongamos que el diseño de tarifas cuenta con la diferenciación de precios para reflejar los costos de generación. En ese caso, puede llevar a los consumidores a adaptar su comportamiento de consumo de electricidad y reducir la demanda de energía en períodos críticos cuando el costo para satisfacer la demanda es significativamente mayor. Por lo tanto, se espera que los programas de RD basados en precios permitan a los consumidores responder a las señales de precios, logrando una tarifa promedio por debajo de las condiciones de la tarifa plana competitiva. Normalmente, la adopción de programas de RD basados en precios no es obligatoria, sino opcional.

Los programas de RD con diferenciación de precios se incluyen para inducir cambios en los consumidores, haciendo que su consumo se aleje de los períodos caros. Los programas de RD basados en precios son de distintas formas: con precios variables en el tiempo estáticos y dinámicos. Generalmente, el primer tipo está preestablecido para horas y días predeterminados. Es menos costoso para implementar, ya que solo requiere monitoreo del tiempo de consumo y en función de los precios en esos segmentos de consumo. El segundo tipo cuenta con tarifas de electricidad que cambian con breve aviso, a menudo de un día o menos. Requiere una medición más costosa (Albadi et al., 2008; Hale, 2018).

Por lo tanto, los programas de RD basados en precios presentan diversos diseños tarifarios con diferentes objetivos. Los de mayor renombre son:

- **Tiempo de Uso (ToU por sus siglas en inglés):** El ToU consiste en bloques de tiempo predeterminados. El día es dividido en períodos con tarifas variables, o una tarifa estacional, y el año se divide en varias temporadas y se establecen tarifas diferentes para las diferentes temporadas. El ToU más simple tiene dos bloques de tiempo: pico y valle. Las tarifas están predeterminadas y su diseño apunta a reflejar los costos promedio de generación y transmisión durante estos períodos. De este modo, el consumidor desplaza el consumo de energía a los momentos en que el precio es menor, reduciendo el consumo cuando el precio es más alto (SEDC, 2017; Faruqui & Sergici, 2013). El ToU se ha convertido en una opción de tarifa más viable gracias a la creciente prevalencia de los medidores inteligentes. Aunque la tarifa de ToU es usada en gran medida por consumidores de mayor demanda (por ejemplo,

3. En teoría, todos los puntos de la red pueden tener el mismo precio en una región bajo diseños de mercado compatibles y ausencia de restricciones.

industrias), esas tarifas también están disponibles para consumidores de menor demanda en muchos países.

- **Precio Pico Crítico (CPP por sus siglas en inglés):** El CPP consiste en una tarifa adicional dependiente del tiempo, que se agrega a la tarifa plana durante una contingencia o un precio de electricidad mayorista alto. Los consumidores pagan precios más altos durante los días en que el costo de la energía es alto. A cambio, los participantes tendrán un descuento sobre la tarifa estándar en otros horarios de la temporada o del año (Batlle & Rodilla, 2019). Estimar la respuesta de los consumidores a los cambios de precios es un desafío, por lo que este mecanismo introduce una mayor complejidad en la operación del sistema. El CPP tiende a trabajar con tarifas predeterminadas.

- **Descuento de Pico Crítico (CPR por sus siglas en inglés):** El CPR es similar al CPP, pero la empresa de servicios públicos anticipa eventos críticos. Puede ser un desafío, porque requiere información sobre el patrón de comportamiento de consumo de cada cliente. El CPR es menos complejo que el CPP en términos de operación del sistema, ya que la respuesta del consumidor es acordada de antemano por el cliente y el proveedor. Los participantes reciben una remuneración para reducir su consumo comparado con una línea de base ofrecida por la empresa de servicios públicos. Sin embargo, supongamos que el consumidor decide participar en la modalidad tarifaria y no modifica su comportamiento de consumo. En ese caso, puede pagar un precio de electricidad más alto. Los clientes que no deseen participar, pagan la tarifa de energía corriente. El CPR tiende a funcionar con tarifas predeterminadas.

- **Precio Pico Variable (VPP por sus siglas en inglés):** El VPP es un híbrido del ToU y de los precios en tiempo real (RTP por sus siglas en inglés). La tarifa valle y los bloques de tiempo se definen de antemano. Sin embargo, los precios de horas pico son más variables porque siguen los precios de la electricidad al por mayor. Como tal, este mecanismo requiere mediciones y equipos de comunicación más precisos. El VPP tiende a trabajar con tarifas dinámicas variables en el tiempo.

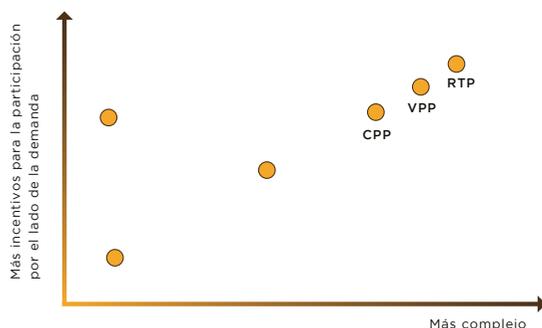
- **Precio en Tiempo Real (RTP por sus siglas en inglés):** El RTP refleja todas las variaciones de los precios de electricidad mayoristas. El RTP se basa en tarifas dinámicas variables en el tiempo. A los participantes se les informa sobre los precios con una antelación de un día o una hora. De esta manera, pagan precios económicamente señalados por el mercado de energía, reflejando los costos reales de generación y transmisión en cada hora. Dos ejemplos de mecanismos de RTP son la Fijación de Precio en Tiempo Real con un Día de Antelación (DA-RTP por sus siglas en inglés) y la Fijación de Precio en Tiempo Real en Dos Partes (TP-RTP por sus siglas en inglés) (Batlle & Rodilla, 2019).

Estos programas de RD basados en precios difieren en cuanto a la cantidad y la frecuencia de la información compartida entre las empresas de servicios públicos y los clientes. En general, las tarifas de ToU requieren un menor intercambio de información y ofrecen señales de precios más amigables para el usuario. Sin embargo, esas tarifas pueden complementarse con otros mecanismos, como CPP y CPR. Además, VPP y RTP se consideran formas más puras de fijación de precios dinámicos. Se basan en las condiciones reales del mercado y, por lo tanto, ofrecen una señal de precio más precisa para los costos de la electricidad (Faruqui & Bourbonnais, 2020)⁴.

4. Acuña et al. (2016), compararon los esquemas ToU con el Precio en Tiempo Real con un Día de Antelación (DA-RTP) y hallaron que la implementación de ToU permitía mayores ahorros de costos que DA-RTP.

Todos los mecanismos de RD presentan una significativa compensación entre el nivel de incentivos para la participación por el lado de la demanda y la complejidad del mecanismo de RD interpretada como un riesgo para el consumidor. La Figura 2 ilustra el intercambio de diferentes programas de precios dinámicos. Las tarifas planas por defecto son el mecanismo con menor complejidad y menores incentivos. Entre las muchas opciones que se muestran en la Figura 2, los clientes más reacios al riesgo probablemente opten por una tarifa plana, que permanece constante independientemente de la volatilidad en sus perfiles de carga o sus precios de electricidad.

Figura 2. Comparación de diferentes programas de precios dinámicos



Fuente: Preparado por los autores, adaptado de Faruqui y Bourbonnais (2020)

La complejidad de los mecanismos de RD basados en precios aumenta a medida que aumentan sus incentivos para la participación de los consumidores (Figura 2). ToU (por sus siglas en inglés) tiene menores incentivos, complejidad y riesgo para el consumidor que el mecanismo basado en el precio presentado. CPR presenta baja complejidad y altos incentivos para alentar la adhesión de los consumidores. La baja complejidad se puede explicar probablemente por la adhesión a las tarifas planas. Los altos niveles de incentivos pueden estar relacionados con que los consumidores nunca paguen un precio más alto en esa modalidad. De hecho, reciben un descuento debido a la reducción de la demanda durante las horas pico.

El Precio Pico Crítico (CPP por sus siglas en inglés) tiene las mismas tarifas con el mismo nivel de incentivos que las tarifas CPR, pero una implementación y operación más complejas. El Precio Pico Variable (VPP por sus siglas en inglés) y el Precio en Tiempo Real (RTP por sus siglas en inglés) son los mecanismos más complejos de RD basados en precios. Los clientes que toman riesgos posiblemente elegirían una tarifa RTP que probablemente les daría un precio promedio más bajo. Cada una de estas opciones de tarifas presenta una solución intermedia entre el ahorro de tarifas que experimentarían los clientes y el riesgo al que estarían expuestos en forma de volatilidad tarifaria.

Las tarifas RTP y VPP requieren una infraestructura de medición más avanzada para una comunicación constante entre los operadores del sistema y los clientes. En contraste, las de ToU, CPP y CPR se calculan y comunican con anticipación y son más fáciles de implementar (Hale, 2018). Los mecanismos de CPR conllevan una carga de información mucho menor que se puede satisfacer instalando medidores de consumo de electricidad por intervalos y enviando a los clientes mensajes electrónicos sobre los precios de la electricidad a través de SMS, portales web o aplicaciones.

2.2 Programas basados en incentivos por contrato

Un programa basado en incentivos por contrato es una forma más “explícita” de RD. Los consumidores, directamente o a través de un intermediario (como un agregador), se comprometen a cambiar el comportamiento de la demanda dada una compensación específica preestablecida por el programa basado en incentivos por contrato (Comisión Europea, 2016). Como resultado, este tipo de programa de RD es más fácil de rastrear.

Los programas de RD basados en incentivos por contrato pueden establecerse a través de contratos bilaterales o subastas reguladas de capacidad, servicios auxiliares o respuesta a emergencias. En todos los casos, existe un compromiso ex ante de cumplir con el programa y una serie de sanciones en caso de incumplimiento.

Los consumidores generalmente reciben un descuento para cambiar sus líneas de base de carga de demanda, adhiriendo a los requisitos del sistema del programa. Los incentivos están incluidos en un contrato y son ‘explícitos’ en estos programas. Por lo tanto, los operadores pueden predecir mejor los impactos de carga, ya que la naturaleza de los contratos a menudo implica cláusulas de penalización por incumplimiento.

Al igual que los programas de RD basados en precios, los programas basados en incentivos por contrato también requieren un alto nivel de inversión en digitalización. Los programas basados en incentivos por contrato también pueden demandar inversiones en herramientas de monitoreo y control remotos para controlar los aparatos eléctricos propiedad del consumidor, como calentadores y acondicionadores de aire. Como tales, estos programas permiten una respuesta rápida y flexibilidad, como se ha visto en los modelos de impacto de carga de respuesta rápida (Shimmy) y reducción (Shed) descritos anteriormente. También permiten al operador tener un control más profundo sobre el sistema.

Considerando que hay un aspecto de control directo arraigado en los programas basados en incentivos, la especificidad de los datos adquiere una importancia significativa. El Departamento de Energía de EE. UU. (US DOE por sus siglas en inglés, 2006) y la Comisión Europea (CE) (2016) señalan el cronograma de respuesta como un tema crucial para los operadores del sistema y los responsables políticos. Cuanto más cerca esté el compromiso de las cargas del tiempo real, mayor será el valor evitado y la necesidad de señales de precios precisas y confiabilidad del control del operador del sistema (Comisión Europea, 2016). Un nivel de información semejante se puede obtener en diferentes momentos para diferentes áreas de operación. Puede ser implementado a lo largo del tiempo para nivelar la necesidad de inversión.

3

¿Cuáles son los beneficios esperados de la respuesta a la demanda?



La RD apunta a reducir los costos operativos que resultan de la variabilidad de la curva de carga de la electricidad. La curva de carga comprende la electricidad total utilizada por los consumidores conectados a un sistema eléctrico nacional o subnacional. Esta curva de carga es específica del conjunto de circunstancias, costumbres y tradiciones de cada país o región, y patrones de comportamiento cotidianos.

Teniendo en cuenta que la electricidad es difícil de almacenar bajo las limitaciones tecnológicas actuales, idealmente la generación de electricidad debe igualar el consumo instantáneamente. De lo contrario, genera perturbaciones en el sistema, como apagones, caídas de tensión o pérdidas que dificultan el rendimiento de la red y cuyos costos se acumulan con el tiempo.

Por lo tanto, la RD es principalmente un mecanismo para disminuir los costos asociados con la variación de la curva de carga de la demanda neta. La curva de demanda neta es la diferencia entre la demanda de electricidad menos las fuentes de electricidad no despachable, que los operadores no pueden controlar, como la energía eólica y la solar fotovoltaica (FV).

La generación de electricidad despachable requiere variar en respuesta a la variación en la demanda neta de electricidad. Sin embargo, la estructura de costos de la generación eléctrica es discontinua. Con mayor frecuencia, la generación de electricidad es producida por una cartera de plantas de energía. Estas plantas tienen diferentes estructuras de costos, lo que significa que tienen diferentes costos fijos y variables.

Para algunas plantas de energía, es más eficiente estar funcionando la mayor parte del tiempo. Estas se llaman plantas de carga base. En contraste, también existen plantas de carga pico. Las plantas eléctricas de carga pico tienen un sistema de arranque más rápido y un costo operativo más alto. Por lo tanto, normalmente despachan solo por unas pocas horas, típicamente durante las horas pico. En otras palabras, las plantas eléctricas de carga pico se utilizan para atender

los picos de demanda neta y se ponen en marcha cada vez que hay un pico de demanda. Se detienen cuando la demanda retrocede.

Por lo tanto, la variación de la demanda neta puede llevar a un aumento de los costos del sistema a corto plazo, principalmente debido a:

- **Costos adicionales de puesta en marcha:** antes de que una planta térmica pueda suministrar electricidad a la red, debe ponerse en marcha y alcanzar al menos el nivel mínimo de generación. Eso generalmente tiene un costo, independientemente de la cantidad de producción que se genere. Es una especie de costo casi fijo. La magnitud de estos costos casi fijos derivados del desgaste y el combustible requerido para calentar el ciclo de vapor depende del tipo y dimensión de una planta en particular. Cuanto mayor sea la variación de la demanda, mayores serán los costos y riesgos asociados con la puesta en marcha. El aumento esperado de la variación de la demanda neta ha incrementado estos costos y riesgos en diferentes sistemas eléctricos⁵.

- **Mayores costos marginales de centrales de carga pico:** Un sistema eléctrico tiene plantas con diferentes estructuras de costos. El proceso de despacho de electricidad identifica qué plantas despacharán y cuánta electricidad deberían generar. Este proceso se basa en un orden de mérito, clasificando las fuentes disponibles según el orden ascendente de costos marginales o precios⁶. En ambos casos, se espera que las plantas con mayores costos marginales sean las últimas en ser conectadas⁷. La carga pico implica que se despacha la generación de energía con el costo marginal más alto, lo que aumenta el costo de corto plazo del sistema. Además, en la mayoría de los casos, las plantas pico tienden a funcionar con combustibles fósiles y tienen un menor nivel de eficiencia energética. En consecuencia, tienden a tener un mayor nivel de emisiones de CO₂.

El valor esperado de la demanda pico neta también afecta los costos de largo plazo. Tanto las carteras de generación como los sistemas de red están construidos para enfrentar la demanda máxima. En consecuencia, es necesario que la dimensión y la capacidad disponible de la red sean confiables en la respuesta a la demanda máxima, independientemente de la duración de dicha demanda. Los picos más altos que requieren una infraestructura cara serán menos utilizados, generando una gran capacidad ociosa. Esto significa que picos decrecientes pueden significar un aumento del servicio superior a los requisitos y costos de inversión.

Los costos reducidos que resulten de la implementación de programas de RD tendrán impacto sobre diferentes actores, dependiendo del diseño y la regulación del mercado eléctrico. En escenarios ideales, los costos reducidos son un beneficio económico de los programas de respuesta a la demanda⁸.

5. Para más información sobre el impacto en los riesgos y costos asociados con la variabilidad de la demanda, véase Stoft (2002), Vazquez et al. (2017) y Shill et al. (2017).

6. Para los sistemas basados en el mercado, se asume que los precios reflejan el orden de los costos marginales de producción.

7. A veces, las unidades generadoras deben iniciarse fuera del orden de mérito debido a congestión de la transmisión, la confiabilidad del sistema u otras razones.

8. En los casos en que los consumidores responden a la variación de precios de manera individual, no es fácil para los operadores del mercado estimar el impacto de los programas de RD y sus respectivos beneficios. Consúltense Rodas-Gallego y Mejía-Giraldo (2020) para obtener más contexto al respecto. Los autores simularon la evaluación del impacto del programa de RD en los costos de electricidad en Colombia. Sus resultados indican que el beneficio económico diario de este programa de RD podría oscilar entre 44 y 381 millones de dólares.

Dependiendo de las especificidades de cada contexto, los programas de RD pueden ofrecer una serie de beneficios financieros y económicos para los mercados de electricidad: beneficios directos, que son experimentados por los consumidores que aplican la respuesta a la demanda; y beneficios indirectos (o colaterales), que son disfrutados por un segmento de participantes de todo el mercado. Estos beneficios son percibidos y compartidos dependiendo de la regulación y los modelos de negocio. Los beneficios clave de la respuesta a la demanda se describen en los siguientes cinco grupos:

1. Los beneficios económicos para los participantes son la recompensa monetaria de la que disfrutaban los clientes que responden a la señal económica por medio del ajuste de su demanda eléctrica.

2. Los beneficios financieros para todo el mercado surgen de un menor uso de plantas eléctricas de carga máxima y menores requisitos de capacidad de la red.

3. Los beneficios de confiabilidad son la seguridad operativa y los ahorros de adecuación que resultan de la reducción de las consecuencias de las interrupciones forzadas.

4. Los beneficios del desempeño del mercado se refieren al valor de la respuesta a la demanda para mitigar la capacidad de los proveedores de ejercer poder de mercado, de modo que los programas de RD eviten que los precios de la energía aumenten significativamente por encima de los costos de producción.

5. Reducción de las emisiones de CO₂: Cambiar la demanda desde pico a valle evita la generación a través de plantas de energía de despacho rápido que dependen de combustibles fósiles. Eso permite un uso más eficiente de las fuentes de energía renovables intermitentes y la reducción del suministro eléctrico intensivo en CO₂.

El Departamento de Energía de EE. UU. (2006) agrupa los beneficios que resultan de los programas de respuesta a la demanda en beneficios financieros para los participantes, beneficios financieros para todo el mercado, beneficios de confiabilidad, y beneficios de desempeño del mercado. Los autores de este trabajo agregarían los beneficios ambientales, que son cada vez más vitales en el contexto del cambio climático y sus impactos.

Históricamente, mientras que los esfuerzos iniciales de RD apuntaban a evitar cortes de generación y mejorar la eficiencia y asequibilidad de los recursos, los programas avanzados de RD buscan impactos más amplios más allá del mercado eléctrico. En años recientes, los programas de RD han sido una posible solución para proporcionar una carga de demanda más flexible compatible con la expansión de fuentes renovables variables (como la energía solar y eólica) y metas de mitigación de emisiones de CO₂ (IEA, 2021; Gagne et al., 2018; Dranka & Ferreira, 2019). Se espera que el auge de las fuentes renovables variables, que frecuentemente tienen costos variables cero, aumente la variabilidad de los costos marginales de la electricidad. En este contexto, el costo marginal máximo de la electricidad será definido por el pico de mayor demanda neta, que combina la demanda más alta y la menor participación de las energías renovables. En contraste, los costos marginales más bajos serán definidos por los puntos de demanda neta más bajos, la demanda más baja y la mayor participación de generación renovable en la mezcla. La interacción de ambas curvas puede aumentar sustancialmente las diferencias de picos y valles, conduciendo al crecimiento del valor económico de la flexibilidad de la demanda.

Goldenberg et al. (2018) analizaron las estrategias de RD como un camino para mejorar la integración renovable en el mercado ERCOT (sistema eléctrico de Texas). El estudio encontró que los programas de respuesta a la demanda podrían reducir la demanda máxima neta de energías renovables en 24% y reducir la magnitud promedio de las rampas de generación de varias horas en 56%. Los autores concluyeron que los programas de respuesta a la demanda son rentables

en comparación con la nueva generación de gas. Según el sistema modelado, esos programas evitarían aproximadamente \$1 900 millones en costos anuales de generación y 20% de las emisiones anuales totales de CO₂ (Goldenberg et al., 2018).

La IEA (2021) espera que los mecanismos de RD aporten al mercado 500 GW de respuesta a la demanda para 2030. En un escenario de cero emisiones netas, esos mecanismos cambiarán hasta 15% de la demanda anual promedio para 2050. Sin embargo, el potencial de RD está lejos de estar siendo explorado plenamente. Actualmente, la respuesta a la demanda representa menos del 3% del requisito de flexibilidad, y la mayoría de los adherentes son consumidores industriales o comerciales grandes. La provisión de flexibilidad del lado de la demanda debería aumentar a medida que crece la adopción de baterías y automóviles eléctricos (IEA, 2021). Según la IEA (2021), la introducción de programas de RD combinados con baterías será un importante poder de arbitraje para los consumidores, especialmente los residenciales⁹.

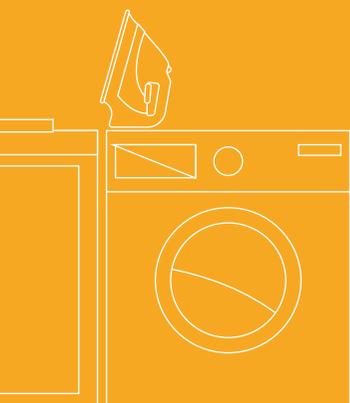
Aunque se estima que la respuesta a la demanda crecerá más rápidamente en las economías avanzadas, también estará presente en los países en desarrollo. Como lo muestra la IEA (2021), los mecanismos de respuesta a la demanda en las economías en desarrollo serán responsables de alrededor de 14% de la flexibilidad del sistema eléctrico en 2030, asumiendo un escenario de cero emisiones netas. Algunos países en desarrollo de América Latina ya están adoptando medidas importantes para aumentar la aceptación de la respuesta a la demanda. Chile lanzó una estrategia de flexibilidad del sistema eléctrico enfocada en el diseño del mercado, los marcos regulatorios y la operación del sistema. Colombia amplió los incentivos fiscales a fuentes de energía no convencionales y proyectos de eficiencia energética, incluida la medición inteligente y la respuesta a la demanda. Sin embargo, como la IEA (2021b) espera que las existencias de AA en América Latina y el Caribe más que se sextupliquen, una estrategia de eficiencia energética de AA combinada con un programa de respuesta a la demanda podría ser una solución interesante para la asequibilidad y sostenibilidad del sistema eléctrico.

Dranka y Ferreira (2020) esperan que el potencial de RD en Brasil se duplique, aumentando de 12,8 GW en 2017 a casi 25,6 GW para 2050. La mayor parte de ese potencial se encuentra en el sector industrial. Aun así, los autores identifican un enorme potencial en el sector residencial, especialmente de los sistemas de aire acondicionado entre las 10 p.m. y las 6 a. m. El estudio estima que el valor más alto para el potencial de respuesta a la demanda en el sector residencial es de 5,5 GW a las 10 p.m. para todo el sistema de potencia.

La siguiente sección discutirá la aplicación de los programas de RD en el sector residencial y los resultados de los proyectos piloto desarrollados en ese sector.

9. Un ejemplo de análisis para México puede encontrarse en Castro Abril (2020).

4



Programas de respuesta a la demanda aplicados al sector residencial

En general, las políticas de RD en ALC han sido implementadas para consumidores industriales con consumo eléctrico flexible. Las fábricas pueden organizar programas de producción en horas de bajo costo para minimizar los costos de electricidad y obtener el mismo resultado. Las fábricas son más fáciles de monitorear, ya que están equipadas con medidores más sofisticados para rastrear el consumo. Sin embargo, la Infraestructura de Medición Avanzada (en adelante, AMI) tiene costos reducidos en los últimos años, lo que significa su viabilidad para aplicaciones domésticas.

En la mayoría de los países de ALC, el pico de consumo se produce después del cierre de negocios, cuando los ciudadanos regresan a sus viviendas (Sánchez et al., 2021). Atraer a estos usuarios para que adopten programas de RD tiene un enorme potencial para variar la curva de carga, reduciendo los costos estructurales del sistema para hacer que la electricidad sea un servicio más asequible.

La participación activa del consumidor se hace posible gracias a la digitalización mejorada de la red y la continua reducción de costos de la infraestructura de medición avanzada (AMI) y las tecnologías de monitoreo. En este contexto, los sistemas de gestión de energía en el hogar o los sistemas de gestión de energía en edificios son esenciales. Los sistemas de gestión de energía en el hogar pueden enfocarse en dispositivos de control automático para aparatos específicos como calentadores de agua eléctricos y HVAC (calefacción, ventilación y aire acondicionado). Estos sistemas son esenciales en la RD basada en precios, automatizando la decisión de las respuestas a señales de precios y conectando medidores avanzados de consumidores de pequeña escala para cargar agregadores.

Las tarifas de RD más específicas también se basan en el control remoto de ciertos electrodomésticos, como calentadores o acondicionadores de aire (dos de los electrodomésticos de consumo más intensivo de energía). Sin embargo, los niveles de sensibilidad al precio de la electricidad de los ocupantes impactan significativamente en el ahorro de costos (Wang et al., 2018), de modo que la adopción del programa de RD permite identificar actividades que el consumidor considera flexibles. Identificar la demanda de servicios de energía flexi-

bles, como calefacción y aire acondicionado, es especialmente difícil en los hogares de bajos ingresos con limitaciones presupuestarias más estrictas. Los hogares de bajos ingresos ven la factura de la electricidad como una carga presupuestaria pesada. Por lo tanto, los programas de RD pueden ser una alternativa para las familias de bajos ingresos, aumentando la asequibilidad de sus servicios de electricidad. Con un programa de RD, estas familias pueden usar estos servicios fuera de las horas pico debido a una tarifa más baja. Un programa de RD puede aliviar la carga de las facturas de electricidad y contribuir a reducir la pobreza energética y la privación de servicios energéticos. Vale la pena señalar que a menudo las familias de ingresos más bajos carecen de acceso a muchos electrodomésticos, especialmente a los más flexibles. Es vital desarrollar un análisis más detallado de la reacción de los diferentes hogares en este contexto¹⁰.

Caja 1. **El rol de la AMI en los programas de respuesta a la demanda residencial**

Los programas de Respuesta a la Demanda Residencial requieren cierto grado de mejora con respecto a la medición y el control del consumo de electricidad. Aunque algunos programas requieren medición y comunicación con más frecuencia, no todos los programas tienen los requisitos exactos de complejidad. Algunos programas requieren únicamente la identificación de los períodos de consumo del día.

Los programas de Respuesta a la Demanda Residencial se facilitan mediante la instalación de infraestructura de medición avanzada (AMI). La AMI es especialmente importante en el caso de sistemas dinámicos. La AMI incluye un sistema de medición inteligente y un sistema de telecomunicaciones. Un sistema de medición inteligente es un sistema electrónico que puede medir el consumo de energía, proporcionando más información que un medidor convencional. Normalmente, la medición inteligente se asocia con sistemas de telecomunicaciones que recuperan datos de consumo de electricidad y los comparten con la empresa de servicios públicos en la frecuencia requerida por la tarifa. De manera similar, la AMI permite a los clientes acceder a sus datos de consumo de electricidad (Borenstein et al., 2002).

Los medidores y sistemas de telecomunicaciones avanzados son elementos esenciales para el éxito de los mecanismos de Precios en Tiempo Real (RTP) y Precios Pico Variables (VPP). Estos sistemas registran el uso en un intervalo de tiempo específico, cargan los datos desde el sitio del cliente a un punto central de procesamiento de datos y permiten que los clientes accedan a sus datos de uso. Estos sistemas deberían ser lo suficientemente adaptables como para permitir tasas diferenciales de carga y visualización de datos acorde con la tarifa para el cliente.

Según la Comisión Federal Reguladora de Energía (FERC, 2018), 78,9 millones de medidores avanzados estaban operativos en 2017 sobre un total 152,1 millones, lo que indica una tasa de penetración de 52% en todas las regiones de EE. UU. y un aumento de alrededor de 5% desde 2016 a 2017. Se esperaba la instalación de alrededor de 200 millones de medidores inteligentes en Europa para 2021 (Jansen et al., 2020). Según Eid et al. (2016), el costo de instalación de un medidor inteligente en Europa es, en promedio, de US\$235-293. Se pueden utilizar varias tecnologías para instalar medidores inteligentes, incluidas soluciones inalámbricas y alámbricas.

10. Se necesitan más estudios y mediciones sobre la capacidad de los grupos de bajos ingresos para responder a las variaciones de precios.

Las tendencias actuales en la aplicación de redes inteligentes para la investigación de RD se exploran en numerosos laboratorios de redes inteligentes en todo el mundo. Por ejemplo, 57 laboratorios están realizando investigaciones exhaustivas sobre RD y 35 están realizando investigaciones sobre AMI (Jansen et al., 2020), lo que subraya cómo las políticas de RD dependen del desarrollo de algunas aplicaciones de hardware. Adicionalmente, la AMI amplía las oportunidades para una mejor gestión de la red, lo que resulta en costos más asequibles para el consumidor.

La RD ofrece a los consumidores de electricidad mayor conocimiento y gestión de su consumo en respuesta a las condiciones de suministro. La RD empodera a los consumidores, enfocándose en su capacidad para hacer su consumo asequible y el sistema más eficiente. De esta manera, los mecanismos de RD deberían ser parte de la política energética de un país porque pueden contribuir a la eficiencia económica y a mejorar la confiabilidad y seguridad del suministro eléctrico de manera sostenible. Una participación más activa de RD puede prevenir crisis de suministro, que elevan los precios y los costos operativos. Para que estos beneficios se acumulen, es necesaria una infraestructura adecuada con comunicación en tiempo real para la implementación de la RD.

4.1 Ejemplos de programas de respuesta general a la demanda residencial en ALC

Los autores desean compartir algunos ejemplos de proyectos piloto y comerciales aplicados al sector residencial. Los programas residenciales se enfocan mayormente en programas de RD basados en precios. Los ToU y CPP son los modelos más comunes aplicados en los experimentos residenciales.

Los países de ALC ya han presentado algunas modalidades de adopción voluntaria de tarifas por tiempo de uso para el sector residencial. Sin embargo, la adopción no ha sido significativa. Brasil, Uruguay y Costa Rica son ejemplos de países de ALC que cuentan con programas comerciales de RD para el sector residencial. La adhesión es limitada. Ningún estudio completo disponible públicamente evalúa estos programas.

El plan brasileño ToU residencial (también conocido como Tarifa Branca) ha estado disponible desde 2018. El programa tenía 51.138 adherentes domésticos a septiembre de 2021. El número de adoptantes subraya el hecho de que este es solo un primer paso, que necesita ser analizado más a fondo para comprender las ventajas y los desafíos del programa. Las áreas de estudio potencial incluyen evaluar la información sobre el programa de RD que llegó a los consumidores; nivel de incentivo financiero (considerando descuento y riesgos); y comportamiento y barreras culturales. La tarifa pico del programa es casi el doble de la tarifa plana. La tarifa valle representa un descuento de alrededor de 20% con respecto a la tarifa plana. Al adoptar el plan ToU, el consumidor asume un riesgo importante: el potencial de un aumento sustancial en su factura de electricidad. Esto puede ser una barrera importante para adoptar un nuevo programa.

4.2 Ejemplos de proyectos piloto para programas de respuesta a la demanda residencial

Los programas piloto de respuesta a la demanda residencial plantean algunos puntos interesantes, especialmente en lo que concierne a la heterogeneidad de los resultados.

Faruqui y Sergici (2013) desarrollaron un estudio basado en la base de datos Arcturus de programas de RD basados en precios, que contiene 163 muestras, que abarcan siete países. El estudio encontró una discrepancia en los resultados de respuesta a la demanda aplicada en el sector residencial, que varía de 0 a 58% en términos de reducción de pico. A primera vista, hay poca consistencia en estos resultados, con una variación significativa entre los tipos de precios. Debido a su tendencia a tener índices de precios de energía más altos que las tarifas ToU, las tarifas CPP y PTR podrían mostrar una tendencia a resultar en una mayor respuesta de los clientes. Esta hipótesis se justificó utilizando tasas de precio elevadas para estas tarifas.

Sin embargo, el análisis de Faruqui y Sergici (2013) encontró que gran parte de la discrepancia en los resultados se elimina cuando la RD se expresa como una función de la relación de precio pico a precio valle, porque los clientes responden al aumento de los precios por medio de una consistente reducción de su demanda pico para mantener los gastos asequibles. Este hallazgo apoya el caso del despliegue de precios dinámicos dondequiera que exista una infraestructura de medición avanzada. Los consumidores tienen más control sobre el consumo de energía dentro de su vivienda residencial. Al filtrar por tipo de tarifa y tecnologías habilitantes, es posible ver que la tecnología habilitante parece aumentar los niveles de adopción de RD, lo que subraya el papel central de la digitalización en este proceso.

Faruqui y Sergici (2013) definieron el tratamiento como una singular combinación de un diseño de precios variables en el tiempo y tecnología habilitante. Sin embargo, la variación en la respuesta a la demanda puede ser atribuida a los tipos de tarifas aplicados a cada especificación de mercado y demanda. El resto se debe potencialmente a otros factores, como las diferencias en las características sociodemográficas y las condiciones climáticas.

El impacto del tipo de tarifa en la efectividad de la respuesta a la demanda depende de la tarifa misma y de los riesgos asociados con los incentivos financieros. Hay un desafío en el diseño de los incentivos previstos en los programas de RD, estos deben ser significativos para convencer a los clientes a cambiar desde algo que conocen a algo que no conocen. El incentivo debe ser lo suficientemente alto y tener un riesgo percibido como bajo para que los consumidores adopten el plan de RD y cambien su consumo en el corto plazo (Lujano-Rojas et al., 2012).

La percepción del cliente del modelo de respuesta a la demanda también es fundamental para su éxito. Los modelos de tarifas deberían tener una interfaz que permita a los usuarios un fácil acceso, permitiéndoles interpretar correctamente la información provista para reaccionar según lo solicitado. Los modelos también deberían ser flexibles y compatibles con las rutinas de la vida de la gente. Los experimentos tuvieron mayores impactos y lograron una reducción más significativa del consumo de electricidad cuando los hogares recibieron información sobre su uso de electricidad. Esta retroalimentación tiene que ver con la carga del perfil diario y la serie temporal de los precios de las tarifas. En varios estudios, se instalaron dispositivos de medición inteligente en los hogares para facilitar la adopción del modelo tarifario. Los resultados indican que el acceso a los precios de la electricidad en tiempo real y la información sobre sus niveles de consumo continuo es importante para alentar la respuesta del cliente (Erickson, 2011; Stokke et al., 2010).

Aun así, considerando el impacto de la relación entre la respuesta a la demanda y las rutinas de la gente, Walker y Hope (2020) mostraron algunas barreras para el cambio de comportamiento en un experimento con 33 hogares. Según los autores, la responsabilidad de gestionar múltiples actividades durante la noche inquietaba a muchos encuestados domésticos. Los clientes argumentaron que no era factible hacer frente a múltiples tareas en un corto período de tiempo y que la compensación económica no valía la pena el esfuerzo. Este desafío debe tenerse en consideración al diseñar el programa y las herramientas de automatización digital requeridos para minimizar la necesidad de un cambio de comportamiento real.

Los programas de RD enfocados en los servicios de electricidad, como la iluminación, aire acondicionado, lavavajillas y otros electrodomésticos, pueden ser más fáciles de usar o de

entender por parte de los consumidores domésticos. Un buen ejemplo es un programa de precios pico variables (VPP) lanzado en Oklahoma. Cerca de 90 000 clientes allí han optado por adoptar VPP. La mayoría estuvo de acuerdo en instalar un termostato inteligente proporcionado por la empresa de servicios públicos para controlar su temperatura de acuerdo con el precio de la electricidad (FSR, 2020).

Asadinejad et al. (2016) muestran que la elasticidad basada en electrodomésticos y la clasificación de los clientes reducen los precios máximos al tiempo que aumentan los precios valle, lo que reduce en gran medida la variación de precios. En su proyecto piloto con más de 1 400 hogares en Estados Unidos, Asadinejad et al. (2016) concluyeron que la reducción de carga a través del control directo del termostato de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC) tiende a ser más eficaz que otros dispositivos. Esto se debe a que HVAC es a menudo la mayor parte de la carga agregada y tiende a ser flexible a corto plazo. Los resultados, sin embargo, son mixtos. En una encuesta en línea con 1 575 hogares norteamericanos, Shi et al. (2020) mostraron una suerte de compensación asociada con la disposición de los hogares a permitir que terceros controlen sus electrodomésticos. La encuesta investigó la participación de los clientes residenciales en las actividades domésticas, los hábitos de consumo de energía y la disposición a participar en programas de respuesta a la demanda basados en incentivos. El estudio consideró dos programas de RD: uno basado en incentivos con control automático del ajuste de temperatura del termostato de HVAC y uso de agua caliente; y uno basado en el precio, que implica un comportamiento de restricción manual. El estudio mostró la resistencia de los hogares a que sus electrodomésticos sean controlados. Además, se observaron desafíos en el programa en casos en que se instaló un controlador de termostato en unidades de vivienda alquiladas, con personas mayores o bebés sensibles a los cambios de temperatura.

Otro elemento que necesita ser considerado son las condiciones climáticas, especialmente con respecto a la gestión del aire acondicionado y la calefacción. Según Bartusch et al. (2011), los hogares experimentaron una reducción del costo de la electricidad dos veces mayor en verano que en invierno. Los experimentos mostraron que la variación de carga era más efectiva en regiones con estaciones bien definidas, especialmente durante el verano.

En suma, los programas residenciales de RD son bastante heterogéneos, al igual que sus resultados. Las circunstancias del hogar, sus electrodomésticos y el diseño del programa son importantes. Los incentivos de precios pueden funcionar, pero deben conceptualizarse y comercializarse de una manera que sea aceptable para los consumidores. Por ejemplo, los consumidores residenciales tienden a comprender mejor la conceptualización de la dualidad pico/valle para tomar decisiones. Los programas de RD tienden a ser más exitosos en el sector residencial si brindan incentivos significativos al consumidor residencial, una menor percepción de riesgo, cuentan con herramientas AMI fáciles de usar, tienen una buena campaña de comunicación para explicar los beneficios potenciales del programa a los consumidores, incluyen consejos sobre cómo cambiar los patrones de consumo de energía para responder a las señales del precio de la electricidad, o proporcionan instrumentos adicionales de control de temperatura HVAC.

Después de revisar las aplicaciones específicas de respuesta a la demanda para el sector residencial y las diferentes experiencias piloto que se han implementado, el estudio dirige ahora su atención a proporcionar evidencia sobre la posible adopción de esos programas y cuáles son las preferencias y características de un consumidor de ALC abierto a los programas de respuesta a la demanda. Comprender cómo involucrar a los clientes residenciales y fomentar su adhesión voluntaria es crucial para el éxito de un programa de RD residencial. La cuestión del compromiso es el foco del experimento desarrollado en el estudio, cuya metodología se presenta en la siguiente sección.



Metodología y diseño del experimento de respuesta a la demanda

Esta sección busca contribuir al diseño de potenciales políticas de RD con conocimientos experimentales. Para ello, en esta sección se discute las siguientes preguntas: ¿Cómo pueden los formuladores de políticas y las empresas de distribución de energía involucrarse mejor con los hogares para fomentar una mejor comprensión de los incentivos de RD? ¿Cuáles son los planes de RD preferidos que ofrecen las empresas de servicios públicos a los consumidores? ¿Cuáles son las percepciones de estos planes? El experimento utiliza lecciones de la literatura sobre intervenciones psicológicas para informar y motivar la toma consciente de decisiones concernientes a los programas de RD.

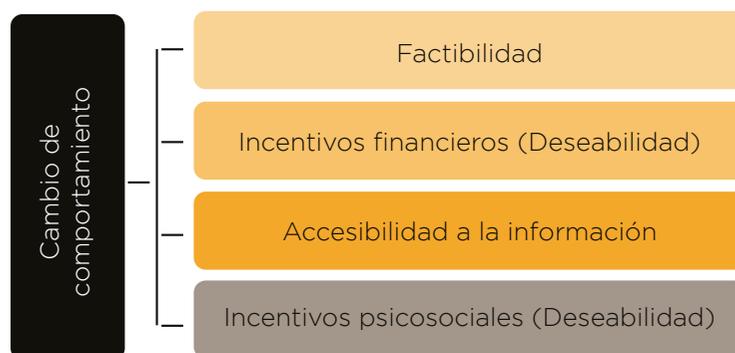
5.1 Antecedente teórico de la metodología

Recientes investigaciones científicas (Costa, 2012; Gunther et al., 2010; Gustafsson & Gyllenswärd, 2005; Holmes, 2009; Langevin et al., 2013; Wada et al., 2012, Dillahunt & Mankoff, 2014) han aportado evidencia inicial de la eficacia de las intervenciones psicológicas para optimizar las tasas de consumo de energía de los hogares. Por ejemplo, los investigadores han brindado información y retroalimentación a los consumidores a través de visualizaciones, denominadas eco-retroalimentación (Holmes, 2009). Las intervenciones basadas en la retroalimentación sobre el consumo de energía (Vassileva et al., 2012) han tenido un rol significativo en la concientización energética, reduciendo el consumo de energía en alrededor de 10%, en relación con la condición de control.

El estudio actual utiliza la teoría y los métodos conductuales para poner a prueba las intervenciones psicológicas existentes (Paunesku et al., 2015; Sherman et al., 2013) y novedosas para reducir el consumo de energía entre los consumidores de ingresos medios y bajos. Las intervenciones de cambio de comportamiento son herramientas para lograr un cambio de comportamiento, desarrolladas por investigadores para ayudar a los formuladores de políticas y profesionales a identificar y diseñar campañas exitosas. Los aportes de la ciencia del comportamiento en manos de profesionales expertos pueden ayudar a las personas a tomar mejores decisiones de las que tomarían por su cuenta. Intervenciones como esas siguen el punto de vista o un profesional que ha identificado objetivos conductuales específicos, como reducir el consumo de energía (Cohen & Andrade, 2018).

Recientes investigaciones señalan que para que el cambio de comportamiento se inicie y se mantenga desde una perspectiva conductual, el comportamiento promovido debe alcanzar niveles adecuados de accesibilidad, deseabilidad y viabilidad. La Figura 3 resume las mayores influencias del cambio de comportamiento en base a Andrade (2015).

Figura 3. Influencias del cambio de comportamiento



Fuente: Preparado por los autores; adaptado de Andrade (2015).

Este trabajo apunta a entender cómo reaccionan los consumidores de ingresos bajos y medios a los planes de RD después de recibir información completa sobre sus propósitos y beneficios. Las intervenciones conductuales evaluadas se pueden aplicar en varias estrategias de RD: precios/promoción de servicios, cartera de productos, publicidad/campañas, o comunicaciones entre estas empresas y sus clientes.

5.2 Diseño experimental

El estudio principal sigue el diseño de un factor (plan de horas pico/valle) diseño entre participantes basándose en medidas auto informadas. El procedimiento fue diseñado en Qualtrics y, por lo tanto, siguió un enfoque en línea. Los participantes accedieron al estudio a través del enlace de Qualtrics y participaron a su conveniencia. Se informó a los participantes que su información personal se mantendría confidencial.

5.2.1 Muestra

Como suele ser el caso con los estudios de comportamiento, una empresa externa reclutó participantes para este estudio. La empresa se enfocó en reclutar consumidores de ingresos bajos y medios-bajos de su base de datos de participantes en 11 países. La empresa sigue los criterios socioeconómicos de los países para definir a los participantes que pueden estar más dispuestos a aceptar los programas de RD.

Un total de 5 298 personas de 11 países de ALC (Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, México, Panamá, Paraguay, Perú y Uruguay) participaron en la encuesta. La Tabla 1 muestra el desglose de la muestra por país. La encuesta se realizó de forma digital vía internet. Ante esto, la encuesta sesga la muestra hacia consumidores con acceso a electricidad e Internet. Sin embargo, como los programas de RD requieren la existencia de electricidad y probablemente de Internet, ese sesgo no parece ser un gran problema.

En aras de otorgar una alta validez externa a los hallazgos del estudio, fueron excluidos los participantes que no completaron las preguntas relativas a las principales variables dependientes del estudio y/o no pagaron al menos una parte de la factura eléctrica de su hogar (un total de 801 y 561 participantes, respectivamente). Su exclusión también ayuda a asegurar un indicador preciso

de la carga del costo de la electricidad. En general, la mayoría de los entrevistados procedían de áreas urbanas, que es precisamente también donde las políticas de RD se pueden aplicar de manera más eficaz.

La muestra final estuvo compuesta por 3 936 participantes que llegaron al final del estudio. La muestra está distribuida aproximadamente de manera uniforme entre los países, con porcentajes que van desde 4,41% (México) hasta 11,92% (Brasil). Por lo tanto, la muestra parece heterogénea, con un robusto número de participantes por país. La Tabla 1 resume esos números.

Tabla 1. Muestra por país

| País | Total | Quién paga la factura | | Quién pagó la factura y completó la encuesta | | |
|--------------|-------------|-----------------------|-------------------------|--|--------------------|--|
| | # | # | % de los que comenzaron | # | % de los que pagan | Distribución de los que pagaron la factura y completaron el cuestionario |
| Argentina | 539 | 480 | 89,05% | 407 | 84,79% | 10,32% |
| Bolivia | 500 | 463 | 92,60% | 399 | 86,18% | 10,12% |
| Brasil | 777 | 639 | 82,24% | 470 | 73,55% | 11,92% |
| Chile | 477 | 435 | 91,19% | 382 | 87,82% | 9,69% |
| Colombia | 514 | 493 | 95,91% | 450 | 91,28% | 11,41% |
| Costa Rica | 457 | 411 | 89,93% | 289 | 70,32% | 7,33% |
| México | 247 | 221 | 89,47% | 174 | 78,73% | 4,41% |
| Panamá | 510 | 464 | 90,98% | 392 | 84,48% | 9,94% |
| Paraguay | 388 | 329 | 84,79% | 286 | 86,93% | 7,25% |
| Perú | 427 | 390 | 91,33% | 351 | 90,00% | 8,90% |
| Uruguay | 462 | 412 | 89,18% | 343 | 83,25% | 8,70% |
| Total | 5298 | 4737 | 89,41% | 3943 | 83,24% | 100% |

Fuente: Diseño de los autores en base a datos del experimento

La Tabla 2 presenta las características demográficas de la muestra. La edad promedio de los encuestados fue de 32,38 años, y el 57,96% eran mujeres. Alrededor de dos tercios de los encuestados se declararon no blancos y solo 34,45% estaban casados oficialmente. Con respecto a los ingresos, el proceso de reclutamiento seleccionó solo consumidores de ingresos bajos y medios bajos¹¹.

Tabla 2. Estadística general

| | Observaciones | Promedio % | Desviación Estándar | Min | Max |
|-----------------------|---------------|------------|---------------------|-----|-----|
| Edad | 3 353 | 32,38 | 9,87 | 18 | 85 |
| Género (Masculino) | 3 356 | 42,04% | | 0 | 1 |
| Raza (Blanca) | 3 356 | 33,10% | | 0 | 1 |
| Estado civil (Casado) | 3 356 | 34,45% | | 0 | 1 |

Fuente: Diseño de los autores en base a datos del experimento

5.2.2 Principales objetivos y predicciones

Este estudio se basa en conceptos de las ciencias de la decisión (Abrahamse et al., 2005; Cohen & Andrade, 2018; Karlan et al., 2010) para explorar formas de activar la disposición de los consumidores a cambiar de actividad y reducir su consumo de electricidad durante las horas pico. El éxito de la fijación de precios según el tiempo de uso, en la que a los consumidores se les cobran tarifas más altas durante el pico de uso, depende de muchos factores. El objetivo era probar qué tipo de plan basado en el tiempo de uso podría conducir a una mayor probabilidad de adhesión por parte de los consumidores objetivo. Este estudio predice que los planes con objetivos claros y sobresalientes para reducir las facturas de electricidad serán los preferidos entre la muestra de consumidores de ingresos bajos a medios.

Los consumidores deben administrar su consumo para reducir o evitar exitosamente el aumento de sus facturas de electricidad bajo un plan basado en el tiempo de uso. Este estudio también evaluó intervenciones para que los consumidores estén mejor preparados para manejar su consumo y hacer frente a la tarifa eléctrica aumentada (reducida) durante las horas pico (valle). Más precisamente, el experimento se basa en diferentes tipos de intervención conductual (p. ej., recordatorios, información sobre el precio de consumo) para evaluar qué intervenciones harían que los consumidores cambiaran su consumo de las horas pico a las horas valle. Se espera que los participantes informen que es más probable que cambien el consumo según los incentivos de RD cuando reciben recordatorios con información sobre los costos del servicio de electricidad (es decir, el costo del uso de un electrodoméstico durante un período) o su consumo real de electricidad, en comparación con cuando reciben sólo recordatorios de las horas pico.

11. Los resultados muestran que el estudio tiene una buena representación en la muestra de participantes de ingresos bajos y medios-bajos. Por ejemplo, en el caso de Brasil, el perfil socioeconómico de la muestra es bastante similar al perfil socioeconómico de la población brasileña de la Encuesta Nacional de Presupuestos Familiares de Brasil para los años 2017-2018. La comparación nos permite decidir que la muestra es robusta y capaz de representar hogares de ingresos bajos y medios. En este estudio, los participantes declararon una renta per cápita media de US\$ 200/mes, lo que es compatible con el 3^{er}-4^{er} decil de la población brasileña según la Encuesta Nacional de Presupuestos Familiares de Brasil. Además, los participantes respondieron que pagarían US\$ 28 por mes por la factura de la luz y esto solo sería equivalente al valor pagado por el 5^o decil de la población brasileña, también según la Encuesta de Presupuestos Familiares de Brasil. Finalmente, en términos de educación, 5% de la muestra no ha estudiado o tiene menos que educación secundaria; 60% completó o está completando la escuela secundaria; y 25% ya completó o está completando estudios de pregrado. Estos resultados reflejan que la muestra presenta un perfil socioeconómico compatible con el perfil de los hogares de ingresos medios y bajos. Por lo tanto, la muestra parece sólida en lo que atañe a la representación del público objetivo del estudio: hogares de ingresos bajos y medios. Más detalles disponibles en el Anexo A.1.

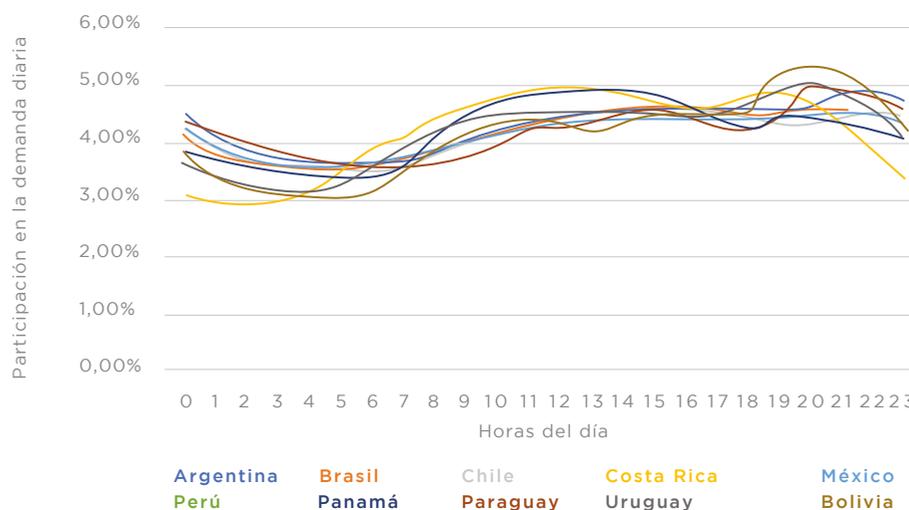
Es necesario que los proveedores de electricidad y los formuladores de políticas sean conscientes de la sensibilidad de los consumidores a los aumentos de precios en las horas pico, si aspiran a diseñar un plan más efectivo. Además, las ratios entre la tarifa en horas pico y las horas valle y la tarifa plana también son importantes para mitigar el consumo en horas pico. Por esa razón, el cuestionario busca evaluar la sensibilidad a los precios de los consumidores a las tarifas de las horas pico respondiendo a la siguiente pregunta: ¿Cuánto aumento es necesario para que los consumidores estén más dispuestos a reducir el consumo en las horas pico? Los autores asumen que incluso un pequeño incremento en la tarifa de las horas pico aumentará la intención declarada de cambiar el consumo cuando el aumento sea relevante para los consumidores. Por lo tanto, el estudio anticipa que la intención declarada de los consumidores de cambiar el consumo no será un crecimiento paralelo al aumento de la tarifa en las horas pico.

El estudio también tuvo como objetivo explorar los impactos psicológicos en la sensibilidad al precio de los consumidores. Por esta razón, el cuestionario evaluó las percepciones de los consumidores sobre qué tan justo sería aplicar una tarifa más alta en las horas de punta y si esto aumentaría su disposición a ajustar el consumo. Aunque la muestra comprende consumidores de ingresos medios y bajos, el informe también tiene como objetivo evaluar las posibles interacciones de los ingresos de los consumidores y los principales resultados de interés.

5.2.2.1 Horas objetivo para la gestión de la demanda

Con el fin de ajustar los tratamientos del experimento, se examinó la distribución de horas pico de cada país en base a datos de operadores nacionales. Abajo, la Figura 4 muestra cómo cada país tiene un intervalo particular en el que las posibles políticas de respuesta a la demanda deberían enfocarse en cambiar la carga de manera más efectiva. Como se muestra a continuación, el perfil de carga entre semana de cada país es similar, pero sus patrones varían ligeramente.

Figura 4: Distribución relativa del consumo de electricidad a lo largo del día



Diseño de los autores, utilizando datos disponibles de operadores de redes nacionales

Dado que el experimento busca a identificar a los posibles adherentes a los programas de RD, las horas objetivo fueron ajustadas para abarcar el período de tres horas de mayor consumo durante un día laborable en cada país. Mientras que el tiempo de intervalo de las horas pico se extendió más allá de las tres horas, el enfoque se centró en torno a la hora pico y la hora anterior y posterior para reducir la cresta de la carga. Adicionalmente, se optó por hacer foco en las horas

tradicionalmente asociadas al consumo del sector residencial y no tomó en cuenta el aumento del consumo del mediodía relacionado con los establecimientos industriales y comerciales.

Los horarios seleccionados para cada país fueron: Argentina, 20-23; Bolivia 18-21; Brasil 17-20; Chile, 20-23; Colombia, 18-21; Costa Rica, 18-21; México, 19-22; Perú, 18-21; Panamá, 17-20; Paraguay, 19-22; Uruguay, 19-22. En cada país, las horas fueron seleccionadas según la mayor concentración de consumo eléctrico¹².

5.2.2.2 Procedimiento del experimento

El procedimiento fue un enfoque cuantitativo con el diseño de una encuesta exploratoria y experimental, dependiendo de intervenciones conductuales y mediciones auto informadas. La decisión de realizar un estudio con métodos experimentales de comportamiento aportó una gran solidez metodológica. Incluso con limitaciones financieras y de tiempo, la indicación es el enfoque experimental. Los experimentos apuntan a medir la relación de la variable independiente con la variable dependiente (Wilson et al., 2010). La investigación científica busca a menudo estudiar el efecto de una variable sobre otra. Las variables en un estudio de una relación de causa-efecto se denominan variables independientes y dependientes. La variable independiente es la causa, la variable dependiente es el efecto, y su valor depende de los cambios en la variable independiente. En la investigación experimental, el investigador manipula o cambia la variable independiente para medir el efecto de este cambio sobre la variable dependiente (Wilson et al., 2010).

En el experimento, los miembros del marco de muestreo fueron invitados a participar en un estudio sobre el consumo de electricidad residencial. Se les informó que el Banco Interamericano de Desarrollo estaba realizando ese experimento con fines académicos y de política pública en asociación con investigadores académicos. Las personas que accedieran a participar tomarían decisiones hipotéticas en una encuesta en línea y proporcionarían información sobre sí mismas. Los participantes tardaron alrededor de diez minutos en completar todo el estudio. Los que no completaron el estudio fueron excluidos de la muestra porque no respondieron a los controles empleados en cada análisis.

Este estudio apuntó a evaluar el comportamiento de los responsables de las decisiones de pago de energía eléctrica en los hogares. Por lo tanto, el cuestionario también hizo otras preguntas sobre el valor de las facturas de electricidad de los encuestados (es decir, “¿Cuánto es la factura de electricidad mensual promedio en su hogar?”; “¿Cuánto fue la factura de electricidad más baja que ha pagado?”, “ ¿Cuánto fue la factura de electricidad más alta que ha pagado?”) y los electrodomésticos que tienen en casa (es decir, calentador eléctrico, aire acondicionado, ventilador, computadora (laptop, notebook, tablet), teléfono inteligente, acceso a Internet, acceso a electricidad de la red, medidor de electricidad propio). Los participantes que indicaron no pagar ninguna parte de su factura de electricidad también fueron excluidos del análisis de datos. Los participantes respondieron si pagan su factura de electricidad y cuánto contribuyen (es decir, 0%, 1% a 49%, 50% o 51% a 100%).

Después de responder a estas preguntas, los participantes respondieron a una pregunta para evaluar su percepción de qué tan justo sería aplicar una tarifa más alta en las horas de punta. Se informó a los participantes que hay períodos en los que los proveedores de energía tienen costos adicionales para cumplir con el uso de los clientes. Esos períodos se conocen como horas pico. Luego, el cuestionario les pidió que juzgaran si perciben que es justo que un proveedor de energía cobre una tarifa más alta durante las horas pico si ofrece un descuento durante las horas valle.

Después de esta pregunta, el cuestionario evaluó la sensibilidad de los participantes a un aumento de precios en las horas pico. El experimento preguntó a los participantes cuán probable era que cambiaran su consumo en las horas pico a las horas valle si la tarifa es un 20% mayor durante las

12. Los horarios de Colombia fueron seleccionados sobre la base de información publicada en el sitio web del operador nacional, XM.

horas pico en comparación con las horas valle. Se hace la misma pregunta para un aumento de 40, 60, 80 y 100% de la tarifa en horas pico para evaluar la sensibilidad de los participantes al precio.

Los participantes también respondieron preguntas que pusieron a prueba su conocimiento actual de las tarifas en horas pico (es decir, “¿Conoce las horas pico de electricidad en su región?” y “¿Sabe cuánto más cara es la tarifa por kWh que cobra su proveedor de energía durante las horas pico con respecto a las horas de menor actividad?”) y su plan de electricidad actual (es decir, “¿En su actual plan de energía, su proveedor le cobra una tarifa más alta por el uso de electrodomésticos durante las horas pico?”). Luego, el experimento informó a los participantes sobre las horas pico en su región y les pidió que respondieran si coincidían con los días/horas en que usan más electricidad en su hogar. El 44,8% de los participantes indicaron cuáles eran las horas de mayor consumo eléctrico en su región. Aun así, solo 35,8% sabía si su proveedor les estaba cobrando una tarifa más alta durante ese período de consumo.

En este punto de la encuesta, el participante debía elegir entre dos tipos de planes: un plan de tarifa plana o un plan de Respuesta a la Demanda (plan RD). Mientras que el plan de tarifa plana siempre fue el mismo para todos los participantes, la encuesta asignó aleatoriamente a los participantes a uno de los cinco planes de respuesta a la demanda (RD) diferentes.

La Figura 5 muestra lo que esos participantes leen para cada plan tarifario. Los textos en los tratamientos son traducciones de los ofrecidos en la encuesta. Los textos originales pueden ser encontrados al final de este documento (Anexo A.2). La encuesta original se realizó en español y portugués. Luego, el experimento presentó las diferencias entre el plan de tarifa plana (opción de control) y los planes RD (opciones de condición).

En el plan de tarifa plana, que fue caracterizado como un plan de control y fue mostrado como una opción para todos los participantes, la tarifa eléctrica es la misma para todas las horas del día. La mayoría de los consumidores domésticos de América Latina reciben su factura de consumo eléctrico en base a un plan de tarifa plana. En cuanto a los planes de RD, había cinco opciones condicionales. Cada participante fue expuesto a un solo plan de RD, y se vieron obligados a decidir entre ese plan de RD y el plan de tarifa plana. La Figura 5 muestra cómo se presentaron los planes a los participantes. Los cinco planes de RD se describen a continuación:

- **Condición 1 - El Plan Tarifario de Horas Pico Tipo 1:** La tarifa es más cara durante tres horas pico y más barata durante las otras 21 horas valle cada día. Al igual que en los planes australianos de DM, la tarifa en hora pico es casi el triple de la tarifa valle y 80% superior a la tarifa plana, y la tarifa valle es 30% menor que la tarifa plana. Considerando un consumidor cuyo consumo de electricidad mensual es igual a 150 kWh/mes y cuya demanda es igual a 500 W/h en horas pico y 167 W/h en horas valle, una reducción de 33% en el consumo de electricidad en horas pico supondría una reducción de hasta 21% en el total de la factura eléctrica (en el caso de que el consumidor sólo decida reducir el consumo). Supongamos que el consumidor decide trasladar 33% de su consumo de horas pico a un período valle. En ese caso, ese plan reducirá la factura eléctrica total en 21%.

- **Condición 2 - El Plan Tarifario de Horas Pico Tipo 2:** La tarifa es más cara durante tres horas pico y más barata durante las otras 21 horas valle cada día. Este plan es similar al anterior Plan Tarifario de Horas Pico, aunque este replica la condición del plan de RD de Brasil en lugar de las de los planes de RD de Australia. Por lo tanto, la tarifa en hora punta es casi el triple de la tarifa valle y el doble de la tarifa plana, mientras que la tarifa valle es 20% inferior a la tarifa plana. Considerando un consumidor cuyo consumo eléctrico mensual es igual a 150 kWh/mes y cuya demanda es igual a 500 W/h en horas punta y 167 W/h en horas valle, una reducción de 33% en el consumo eléctrico durante las horas punta resultaría en un descuento de hasta 4% en el total de la factura eléctrica (en el caso de que

13. Una descripción más detallada de los planes de DM de Australia está disponible en <https://www.energymadeeasy.gov.au/>.

el consumidor decida únicamente reducir el consumo).

• **Condición 3 - Plan de Control de Aire Acondicionado (AA):** El consumidor que decide adoptar este plan le permite al distribuidor apagar su AA (en caso necesario) durante las tres horas pico de cada día. Como compensación, el consumidor recibe un descuento del 21% en su factura eléctrica. Sobre la base de la Encuesta de Presupuestos Familiares de Brasil 2017-2018 (IBGE, 2020), los hogares que tienen una unidad de aire acondicionado declararon un consumo mensual de electricidad de entre 185 kWh/mes y 333 kWh/mes. Además, con respecto a los datos del IBGE (2020), se construyó un modelo ascendente simple para estimar la participación de cada aparato en el consumo total de energía eléctrica para comprender la potencia promedio y el tiempo de uso de cada electrodoméstico. Como resultado, los autores estiman que el aire acondicionado es responsable de 33% del consumo de electricidad durante las horas pico. Apagar el aire acondicionado durante las horas punta reduciría el consumo en las horas punta en 33%. Por lo tanto, el Plan de Control de AA tiene el mismo resultado que el Plan Tarifario de Horas Pico. Este plan se ofreció como condición en el experimento solo para el consumidor de aire acondicionado.

• **Condición 4 - Plan de Control de Calefactor:** El consumidor que decide adherirse a este plan permite que la distribuidora apague su calentador (en caso necesario) durante las tres horas pico de cada día. Como compensación, el consumidor recibe un descuento de 21% en su factura eléctrica. Teniendo en cuenta que el calefactor consume electricidad de manera similar al aire acondicionado, los autores estimaron que el calefactor es responsable de 33% del consumo de electricidad durante las horas pico. Como resultado, apagar el calefactor durante las horas pico reduciría el consumo en las horas pico en 33%. Por lo tanto, el Plan de Control de Calefactor produce los mismos resultados que el Plan Tarifario de Horas Pico. La única diferencia es la forma en que el plan se explica al cliente. Este estudio asume que la explicación de la reducción del uso del calefactor durante las horas pico, como ejemplo, facilita que los consumidores comprendan los pros y los contras del plan. Este plan se ofreció como condición en el experimento solo para el participante/consumidor con calefactor.

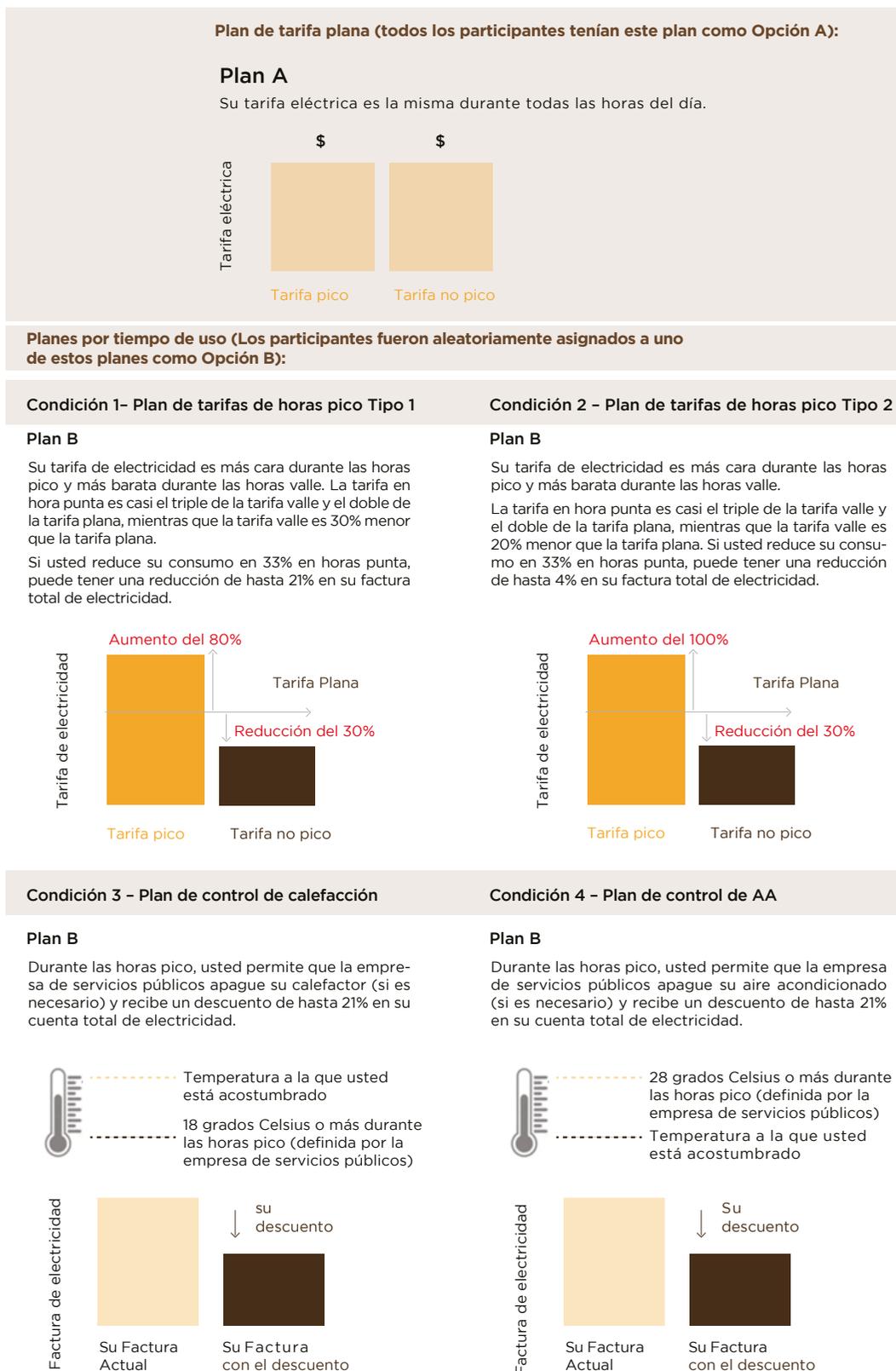
• **Condición 5 - Plan de Meta de Ahorro en Horas Pico:** El consumidor que adopta este plan enfrenta un desafío explícito. Si consigue reducir 33% su consumo de electricidad durante las horas pico (high-end), recibe un 21% de descuento en su factura eléctrica mensual. Supongamos que mantiene el mismo nivel de consumo o reduce el consumo, pero no alcanza el objetivo de reducción de consumo en las horas punta. En ese caso, su consumo se sigue facturando a tarifa plana. Sin embargo, supongamos que hay un aumento en el consumo durante las horas pico. En ese caso, la factura eléctrica mensual del consumidor puede estar sujeta a una penalización de hasta 8%. La creación de esta condición apuntaba a evaluar cómo reaccionaban los consumidores ante la existencia de una meta a perseguir. En otras palabras, la idea era analizar si la presencia de una meta podría hacer que el plan fuera más transparente y atractivo para el cliente y aumentar la adhesión a un programa de DRD.

Después de optar por uno de los planes en una de las cinco condiciones anteriores, los participantes indicaron qué información sería más beneficiosa para que su hogar reduzca el consumo durante las horas pico. Subsiguientemente, respondieron a elementos que aprovecharon sus percepciones sobre la calidad del suministro de electricidad en su hogar y por qué podrían estar interesados en reducir la electricidad durante las horas pico. Se aplicó el tratamiento al azar. El resto de las preguntas se aplicaron en el mismo orden a todos los encuestados.

Antes de terminar la encuesta, los participantes respondieron algunas preguntas demográficas, entre ellas: antecedentes raciales, identidad de género, edad, nivel educativo, lugar de residencia, ingreso mensual bruto individual y familiar, estado civil, ocupación y qué parte de su ingreso mensual total se destina a pagar su factura de energía. Después, los participantes reciben un mensaje de agradecimiento.

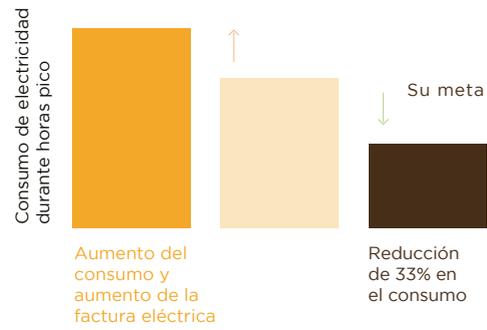
La siguiente sección evaluará las diferentes respuestas con base en la condición aleatoria, la selección del plan al que cada persona estuvo expuesta con respecto a otras variables de control.

Figura 5. Condiciones experimentales



Condición 5 - Plan de ahorro en las horas pico

Supongamos que usted reduce el consumo en 33% durante las horas punta. En este caso, puede recibir un descuento de hasta 21% en su factura eléctrica mensual. Si usted no cambia su consumo, su factura eléctrica seguirá siendo la misma. Sin embargo, su factura será más cara si usted aumenta su consumo en horas punta.



Fuente: Diseño de los autores

6



Resultados y discusión

Esta sección explora los resultados del experimento a través del análisis estadístico y se divide en cinco partes. Inicialmente, aborda la composición de los participantes del experimento. La segunda parte examina el papel de la percepción de los consumidores acerca de la aceptabilidad de RD y la probabilidad de que adopten cambios de comportamiento con respecto al consumo de electricidad. La tercera, evalúa la sensibilidad a los precios para ver cuán interesados podrían estar estos usuarios en variar su consumo, ya que las políticas de RD pueden aumentar los precios en algunos momentos del día. La cuarta, analiza la probabilidad de adoptar herramientas de comunicación, que son esenciales para una política de RD exitosa. Finalmente, se incluye una breve sección que perfila a los participantes que aceptaron el plan de respuesta a la demanda en el experimento.

6.1 Experimento principal: plan de horas pico preferido

Los autores analizaron la probabilidad de que los participantes optasen por un plan de electricidad de RD basado en tarifas de tiempo de uso cuando había disponible un plan de tarifa plana fuera de RD. Cada participante debía elegir entre dos tipos de planes¹⁴. La manipulación se basó en el tipo de RD de tiempo de uso y planes basados en la empresa de servicios públicos presentados en la última sección. Mientras que el plan de tarifa plana siempre fue el mismo para todos los participantes, la encuesta asignó aleatoriamente a los participantes a uno de cinco planes diferentes basados en RD. La Figura 6 resume las opciones que enfrentaron los entrevistados.

14. Los autores han realizado todas las pruebas, incluidos los datos demográficos como variables de control, para aportar una mayor solidez a los resultados y evitar cualquiera diferencia demográfica entre las condiciones de tratamiento. Los resultados parecen estar protegidos contra variaciones culturales o de países porque son sólidos incluso después de controlar las diferencias de países y las diferencias demográficas de los participantes.

Figura 6: Sumario de condiciones experimentales



CONDICIÓN 1: Plan de tarifa plana vs. Plan tarifario de horas pico (se mostró a n=1 059 participantes)

CONDICIÓN 2: Plan de tarifa plana vs. Plan tarifario de horas pico de Brasil* (mostrado a n=842)

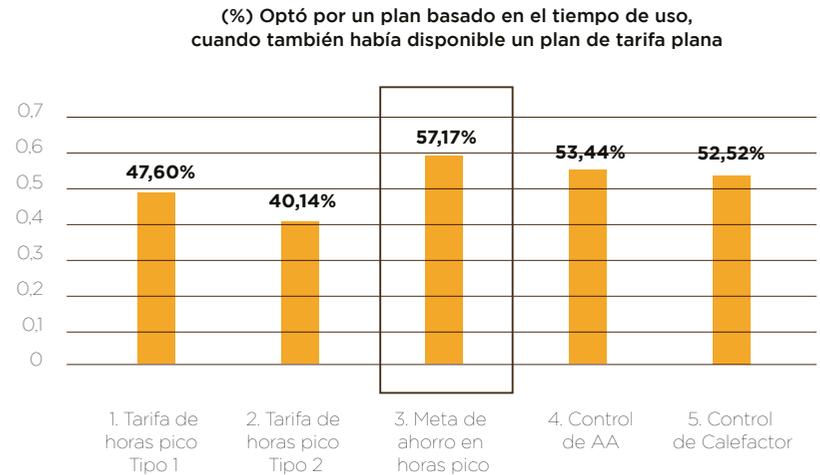
CONDICIÓN 3: Plan de tarifa plana vs. Plan de metas de ahorro en horas pico (mostrado a n=1 018)

CONDICIONES 4 & 5: Plan de tarifa plana frente a planes de control de AA o calefactor en horas pico (mostrado a n = 668 y 356 = 1 024)

Las respuestas fueron codificadas como uno (1) si el encuestado prefería el plan basado en el tiempo de uso, o cero (0) si el consumidor optó por la tarifa plana. La prueba de chi-cuadrado mostró que la adopción del plan alternativo no se distribuye por igual entre las condiciones ($\chi^2(4) = 60,19, p < 0,001$). La prueba de chi-cuadrado evalúa si al menos una condición es diferente de las demás, pero no muestra qué condiciones son diferentes. La Figura 7 muestra los principales resultados.

El plan de meta de ahorro en horas pico fue elegido con mayor frecuencia (57,2%) por los consumidores dispuestos a reducir su factura de electricidad, ubicándose como el plan de RD propuesto con el nivel más alto de aceptabilidad en este estudio. El plan de horas pico (2) inspirado en el Plan Tarifario de Horas Pico de Brasil fue elegido con menor frecuencia. Estas diferencias son, en todos los casos, estadísticamente significativas de acuerdo con los niveles habitualmente exigidos indicados en la literatura ($p < 0,001$).

Figura 7: Principales resultados del experimento



Diseño de los autores basado en datos del experimento

Los autores realizaron regresiones logísticas tomando el plan de horas pico como comparación de referencia entre otros planes de tiempo de uso para aportar mayor solidez estadística a este hallazgo con respecto al plan de RD más aceptable. La ventaja del modelo logístico en comparación con el chi-cuadrado es la inclusión de controles, que reducen posibles explicaciones alternativas y entregan un resultado más robusto. Los controles son variables informadas por los participantes (p. ej., ingreso de los participantes, raza, género, porcentaje de la factura de electricidad que pagan usualmente) que pueden ser usados para minimizar los efectos exógenos en los cambios de la variable dependiente (p. ej., la decisión con respecto a un plan de tiempo de uso). Con los controles, es posible explicar solo por las variables independientes (es decir, el tipo de plan de tiempo de uso). En comparación con la prueba de chi-cuadrado, la regresión logística permite comparar todas las alternativas individualmente en lugar de agrupadas.

Había dos modelos: uno ‘controlaba’ el país y la demografía de los participantes; el otro no identificó el país de residencia como control. La variable dependiente Elección de plan sería asumida como “1” si el entrevistado eligió el plan de RD, y “0” si el entrevistado optó por quedarse con un plan de tarifa plana. Así, el modelo estimado es el siguiente:

$$\text{Elección de plan} = \alpha + \beta_1 \text{ Tarifa Blanca} + \beta_2 \text{ Meta} + \beta_3 \text{ AA} + \beta_4 \text{ Calefactor} + X'\delta + \theta + \varepsilon$$

donde $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ y β_4 son los coeficientes de interés, y $X'\delta$ es el vector de variables de control (logaritmo natural del ingreso del hogar en dólares, carga de electricidad percibida, edad y dummies para hombres, estado civil y quienes pagan la mitad o más de la cuenta). El coeficiente θ denota los efectos país en el segundo modelo. La Tabla 3 presenta los resultados.

Tabla 3. Resultados de regresión logística

| | Modelo 1: | Modelo 2: |
|------------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | Sin controles de país | Con controles de país |
| Tarifa de Horas Pico Tipo 2 | -0,290** (0,108) | -0,291** (0,109) |
| Meta de Ahorro | 0,376*** (0,099) | 0,376*** (0,100) |
| Control de AA | 0,183 (0,116) | 0,172 (0,117) |
| Control de Calefactor | 0,144 (0,135) | 0,142 (0,136) |
| Observaciones | 3,045 | 3,045 |
| Pseudo-R² | 0,0109 | 0,0152 |
| Controles | Si | Si |
| Controles de País | No | Si |

* p<.05, ** p<.01, *** p<.001. Standard errors in parentheses. Controls were omitted due to non-significant values—Peak Hours Tariff Plan used as the baseline.

Fuente: Diseño de los autores, utilizando datos del experimento

Incluso después de controlar únicamente la demografía de los participantes (Modelo 1) y el país de residencia de los participantes (Modelo 2), el Plan Meta de Ahorro sigue siendo el plan de RD preferido por los consumidores en los países de América Latina sobre un plan plano. Es menos probable que los consumidores de estos países elijan el plan de RD de Horas Pico (2) que los otros planes de RD basados en el tiempo de uso y en electrodomésticos. Estos resultados son sólidos incluso después de la inclusión de controles demográficos y de países. En resumen, los consumidores prefieren el Plan de RD de Meta de Ahorro a la alternativa. Rechazan significativamente el Plan Tarifario de Horas Pico Tipo 2. Con respecto a las opciones de RD de Control de Calefactor o AA, los consumidores parecen no tener gustos o sentir rechazos particulares, lo que sugiere que los planes podrían obtener apoyo si se promocionan bien.

6.2 Percepción psicológica del sentido de agencia y efectos de moderación

Con estos resultados en mente y con el papel de agencia mencionado en secciones anteriores con respecto a la eficacia de RD, las variables de los cinco planes ofrecidos se clasifican en dos categorías: (1) aquellos en los que el usuario tiene control sobre sus objetivos (es decir, el plan de horas pico tipo 1 y el plan de hora de pico tipo 2), y, por lo tanto, tienen un mayor sentido de agencia, y (2) aquellos en los que hay un sentido de agencia de los demás, en los que el proveedor de energía eléctrica sugiere los objetivos o ejerce un control externo sobre el consumo (es decir, el plan de metas y los planes de control de HVAC). Por lo tanto, existe una variable ficticia (dummy variable) denominada “agencia”, que asume el valor de uno (1) si los consumidores controlan y definen sus metas de reducción bajo el plan, y cero (0) si el proveedor de electricidad establece la meta de reducción o el uso de HVAC para cumplir con la reducción en el valor de la factura. La variable dependiente es una variable ficticia (dummy variable) por adoptar el plan alternativo frente al plan de tarifa plana. Por lo tanto, la regresión logística de la base de referencia es la siguiente (que es muy similar a la especificación anterior):

$$\text{Elección del plan} = \alpha + \beta \text{Agencia} + X'\delta + \theta + \varepsilon$$

Los autores también evaluaron las interacciones de este efecto con la variable de ingresos, la carga de electricidad percibida (es decir, el % de la factura de electricidad sobre los ingresos del hogar) y la variable de tarifa justa (es decir, una variable que evalúa la percepción de los consumidores de que cargar una tarifa más alta durante las horas pico es justo). Los resultados se presentan en la Tabla 4, a continuación.

Tabla 4. Resultados de regresiones logísticas de agencia

| | Modelo 1 | Modelo 2 | Modelo 3 | Modelo 4 |
|----------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Agencia | -0,396*** (0,074) | -0,512*** (0,134) | -0,428*** (0,100) | -0,512*** (0,135) |
| Agencia x Tarifa Justa | | 0,049 (0,048) | | |
| Agencia x Carga Percibida | | | 0,153 (0,318) | |
| Agencia x Ingreso | | | | 0,049 (0,048) |
| Observaciones | 3,045 | 3,045 | 3,045 | 3,045 |
| Controles | Si | Si | Si | Si |
| Efectos Fijos de País | Si | Si | Si | Si |
| Pseudo-R² | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |

El primer coeficiente muestra que los planes en los que el proveedor establece objetivos de reducción o temperatura de HVAC funcionan mejor que aquellos en los que la agencia recae en el consumidor. En otras palabras, es menos (vs. más) probable que los consumidores elijan el plan cuando los consumidores (vs. el proveedor) ejercen control sobre él. Ninguna de las interacciones fue significativa, lo que muestra un efecto muy homogéneo de esos tipos de planes entre diferentes demografías.

A diferencia de los resultados de la encuesta de Shi et al. (2020), este experimento encontró que los consumidores están interesados en planes que ofrecen a la empresa de servicios públicos la capacidad de controlar el consumo de electricidad de los consumidores en todos los modelos. Esta preferencia se vuelve aún más clara cuando se controla por la percepción de que tan justa es la tarifa. Al considerar los ingresos de los consumidores, los consumidores preferían los planes de tarifas controlados por el proveedor en vez de los planes planos. Este resultado apunta hacia la necesidad de explorar otros planes que reduzcan la necesidad de los consumidores de administrar el consumo de su plan, aportando soluciones guiadas por los proveedores de electricidad al diseñar políticas de RD. La diferencia observada con los resultados de una encuesta en EE. UU. señala la necesidad de explorar más a fondo si los elementos culturales desempeñan un papel en la disposición de los hogares a optar por programas de control automático¹⁵.

6.3 Sensibilidad al precio

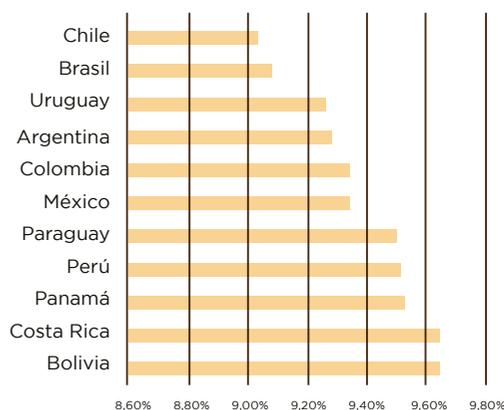
La sensibilidad al precio es clave para comprender hasta dónde pueden ser efectivos los programas de RD, así como para evaluar la calibración de precios una vez que se implementan para lograr los resultados esperados. Se evaluaron cinco escenarios en los que los precios durante las horas pico son 20%, 40%, 60%, 80% y 100% más altos que los precios valle. La probabilidad de reducir el consumo durante las horas pico fue evaluada utilizando una escala de Likert de siete puntos¹⁶. Este estudio estimó luego modelos OLS utilizando la medida de que tan justas son las horas pico, la carga de electricidad percibida y el logaritmo natural de los ingresos del hogar en dólares estadounidenses. Esta parte del experimento apuntaba a comprender la modificación plena del comportamiento auto percibido resultante de diferentes planes de precios aplicados a los costos corrientes de electricidad de los consumidores.

En promedio, quienes participaron en el experimento, informaron una carga percibida de la factura de electricidad de alrededor del 9,4% de sus ingresos. Los países de la muestra con menor carga relativa fueron Chile, con 9,03%, y Brasil, con 9,08%. Las mayores cargas relativas se registraron en Bolivia, con 9,65%, y Costa Rica, que también registró 9,65%. Estas cifras se reflejan en la Figura 8, a continuación. La encuesta midió la desviación estándar seguida por Colombia.

15. Tal es el caso de la Tarifa Blanca Brasileña (Tarifa Branca, en portugués), que favoreció la tarificación estándar en horas pico y eso por su propia cuenta. El estudio apunta que, de reformularse, la Tarifa Blanca podría tener más adeptos y aportar más beneficios al sistema eléctrico.

16. Definidos como los siguientes niveles: extremadamente improbable, moderadamente improbable, levemente improbable, ni probable ni improbable, levemente probable, moderadamente probable y extremadamente probable.

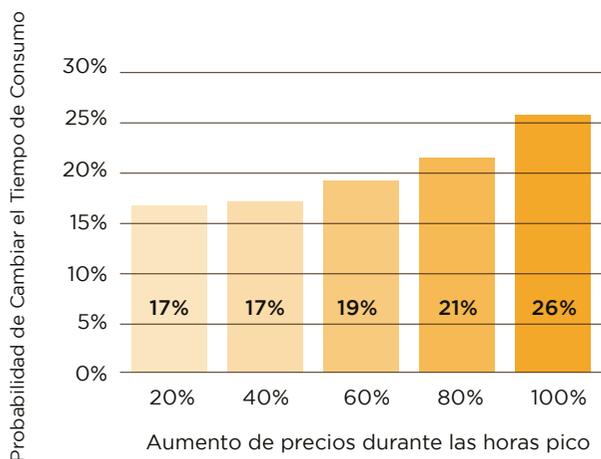
Figura 8. Porcentaje promedio del ingreso dedicado a pagar la factura de la electricidad



Fuente: Diseño de los autores usando datos del experimento

Como se muestra a continuación en la Figura 9, era probable que 17% de los participantes bajase el consumo si el precio aumentaba 20%. En comparación, 26% de los consumidores participantes declararon que probablemente cambiarían sus patrones de consumo si el precio se duplicase.

Figura 9. Probabilidad de cambiar el tiempo de consumo



Fuente: Diseño de los autores usando datos del experimento

En este caso, se estimó un modelo de Mínimos Cuadrados Ordinarios (OLS)¹⁷ para explicar cómo la variación de la Probabilidad de Reducir el Consumo se explica por la percepción de qué tan justas son las tarifas, la carga percibida de la factura eléctrica, y los ingresos. La especificación se formula a continuación y los resultados de la regresión se muestran en la Tabla 5.

$$\text{Probabilidad de Reducción} = \alpha + \beta_1 \text{ Tarifa Justa} + \beta_2 \text{ Carga de Electricidad Percibida} + \beta_3 \ln(\text{Ingresos}) + X'\delta + \theta + \varepsilon$$

17. Se eligió el modelo de Mínimos Cuadrados Ordinarios (OLS) en lugar de una regresión logística porque la variable dependiente era una escala de 7 puntos en vez de una variable ficticia (dummy variable). Esto requirió alejarse de las variables ficticias para captar la variabilidad plena de los sujetos en los niveles de muestreo corrientes.

Tabla 5: Resultados de la sensibilidad al precio

| Aumento de precio | Probabilidad de reducir el consumo (más sensible a los precios) | | | | |
|-----------------------------|---|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | 20% | 40% | 60% | 80% | 100% |
| Tarifa Justa | 0,128*** (0,021) | 0,136*** (0,023) | 0,142*** (0,024) | 0,121*** (0,025) | 0,101*** (0,025) |
| Carga Percibida | 0,424** (0,151) | 0,552*** (0,150) | 0,444** (0,159) | -0,343* (0,169) | 0,037 (0,182) |
| Ingresos | 0,033* (0,014) | 0,027* (0,014) | 0,016 (0,015) | 0,026 (0,015) | 0,010 (0,017) |
| Observaciones | 3 020 | 2 933 | 2 929 | 2 907 | 2 916 |
| Controles | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes |
| Efecto fijos de País | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes |
| R² | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,01 |

Fuente: Diseño de los autores usando datos del experimento

La percepción de qué tan justo es la tarifa en las horas punta (o del descuento en las horas valle) está fuertemente correlacionada con la probabilidad de reducción del consumo. Las personas que perciben la tarifa de RD como justa tienden a reducir más el consumo. Esto resalta la importancia de hacer que los consumidores entiendan el propósito de los programas de RD, ya que la comprensión puede significar apoyo y eficacia.

Con relación a la participación percibida de la factura de la electricidad sobre los ingresos, los resultados demuestran que las personas que utilizan un mayor porcentaje de sus ingresos para pagar sus facturas presentan mayor probabilidad de reducir el uso de energía durante las horas pico debido a un aumento de precios. Este efecto parece ser causado porque esta medición captura el efecto del ingreso, dado que es esperado que las personas con menores ingresos perciban que destinan un mayor porcentaje de sus ingresos al pago de sus facturas de energía. Todavía, es importante destacar que aquellos con ingresos más bajos en la muestra pueden no tener mucho que cambiar en su consumo, dado que ya presentan un bajo consumo de energía eléctrica; por lo tanto, tienen menos margen para reducir su consumo en las horas punta. En otras palabras, tienen menos consumo de energía “discrecional” que reducir.

Con relación a ingresos, el efecto significativo de los ingresos está en el primer nivel de aumento (20%) y el segundo nivel de aumento (40%) (Tabla 5). Todavía para los demás niveles de aumento de precios, la variable ingreso no es significativa; el efecto de los ingresos no parece impactar significativamente sobre los aumentos mayores (como 60%, 80% y 100%). Eso significa que las familias con mayores ingresos de la muestra parecen ser más sensibles al precio y cambian de comportamiento mismo con incrementos de precio más modestos (20 y 40%).

Es importante todavía recordar que el reclutamiento para este estudio se enfocó en involucrar a participantes de ingresos bajos y medios. Las personas de bajos ingresos se encuentran en los deciles de ingresos más bajos, y las de ingresos más altos no son ricas, sino de ingresos medios (excepto unos pocos casos atípicos). De este modo, la mayoría de las personas con más ingresos en la muestra no son ricas (y el precio para ellas es importante), y podrían tener más espacio para cambiar en comparación con los participantes de la muestra que tienen ingresos más bajos. Los autores interpretan así a aquellos con ingresos más bajos versus más altos en la muestra.

Por lo tanto, los hogares con menores ingresos en la muestra parecen no poder cambiar su consumo porque su consumo de electricidad ya es el mínimo necesario para cumplir con los requisitos básicos de electricidad para la subsistencia. Esto significa que tienen menos margen para reducir más su consumo en las horas pico. Mientras tanto, los participantes con más ingresos en la muestra (aquellos que no son ricos y probablemente forman parte de una clase de ingresos medios) responden mejor a los cambios en los precios, teniendo un poco más de margen para cambiar su comportamiento en comparación con aquellos con menores ingresos en la muestra. Esto significa que incluso un aumento menor del 20% puede reducir el consumo de energía en los hogares de ingresos medios durante las horas pico.

Dado que la fuente del cambio parece diferir, esto sugiere que las políticas y programas aplicados de manera diferente podrían ser comercializados entre consumidores segmentados a lo largo de estas líneas demográficas. En el Anexo A.3 se puede apreciar una discusión sobre el efecto de los ingresos de los participantes, la percepción de qué tan justas son las tarifas de las horas pico y la carga de electricidad percibida sobre su sensibilidad al precio.

6.4 Efecto de las herramientas de comunicación para apoyo a programas de Respuesta a la demanda

La presencia de estrategias informativas podría ayudar a los consumidores a cambiar mejor su comportamiento para maximizar sus ahorros y, por extensión, mejorar en forma acorde la eficacia de la política de RD, un resultado que sería congruente con los hallazgos de la literatura. Se analizaron cinco posibles Herramientas de Comunicación en una escala de Likert de cinco puntos¹⁸, tres de los cuales proporcionaron solo recordatorios con información general sobre horario de punta y dos de los cuales proporcionaron recordatorios con información general del horario de punta y específica sobre el consumo de electricidad del consumidor realizado y pronosticado, siendo una por mensaje de texto y una en que exista un aplicativo propio para eso.

La Tabla 6 muestra los cinco tipos de recordatorios utilizados. La intervención revela el método preferido de comunicación al consumidor, permitiéndole establecer alguna forma de toma de decisiones en tiempo real sobre las actividades que consumen electricidad. Las opciones iban desde una forma de comunicación más simple hasta una más dinámica. El objetivo aquí era ayudar a informar las posibles decisiones de diseño de RD al comunicarse con los consumidores residenciales. También se realizó un análisis de prueba-t pareada comparando los recordatorios puros con los recordatorios con información de precios. La prueba-t pareada permite comparar las medias de dos condiciones, en este caso, los recordatorios puros con los recordatorios con información.

Los resultados mostraron que, de hecho, cuando los participantes reciben información, declaran que es más probable que ellos reduzcan el consumo de energía $[(\text{Media})_{\text{info}} = 3.79, (\text{Media})_{\text{recordatorio}} = 3.68, t(3841) = 9.44, p < 0.001]$. También hubo una comparación entre la notificación de la app versus mensajes de texto significativos $(t = 21.30, p < 0.0001)$. La aplicación demostró ser más adecuada que los mensajes de texto para obtener información sobre los precios cambiantes generados por las políticas de RD.

18. Según Preedy y Watson (2010), una escala de Likert de cinco puntos es un tipo de escala de respuesta psicométrica en la que quienes responden especifican su nivel de acuerdo con una declaración, típicamente en cinco puntos: (1) Fuerte desacuerdo; (2) Desacuerdo; (3) Ni de acuerdo ni en desacuerdo; (4) De acuerdo; (5) Fuertemente de acuerdo.

Tabla 6: Efecto medio de las herramientas de comunicación para RD.

| | | Contenido | Observaciones | Media | Min | Max |
|----------------------------|---|--|---------------|-------|-----|-----|
| Mensaje de texto | Recordatorio General Puro 1 | Un mensaje de texto con un recordatorio de cuándo comienzan y terminan las Horas Pico | 3,343 | 3.55 | 1 | 5 |
| | Recordatorio General Puro 2 | Un mensaje de texto con un recordatorio cuando el precio de la electricidad alcanza un umbral | 3,342 | 3.63 | 1 | 5 |
| | Recordatorio General con información sobre precios | Un mensaje de texto con información sobre el precio de la electricidad e información sobre los electrodomésticos que más electricidad consumen | 3,353 | 3.74 | 1 | 5 |
| | Recordatorio Específico con información sobre precios | Un mensaje de texto con información sobre el consumo actual del consumidor y pronosticado | 3,339 | 3.82 | 1 | 5 |
| Notificación de app | Recordatorio Específico con información sobre precios | Notificación de aplicación con información sobre el consumo actual del consumidor y pronosticado | 3,339 | 4.00 | 1 | 5 |

Fuente: Diseño de los autores usando datos del experimento

6.5 ¿Quiénes son los que más aceptan?

Una de las preguntas sobre la promoción de RD entre los usuarios residenciales es qué tipo de consumidor, con qué tipo de comportamiento de consumo de electricidad, sería más probable que participase en los planes de RD. La hipótesis operativa fue que los consumidores con electrodomésticos de alto consumo de electricidad, como HVAC, serían más conscientes de los costos de electricidad y, en consecuencia, propondrían adoptar un plan de RD. Para sorpresa de los autores del estudio, no hubo diferencias significativas entre los electrodomésticos y las fuentes de energía de los participantes que aceptaron RD y los participantes que no aceptaron RD. Sin embargo, este documento incluye esos datos, ya que esta composición material puede ser importante al diseñar políticas potenciales y podría interesar a los formuladores de políticas. El 26,9 % de los participantes que aceptaron RD tenían AA.

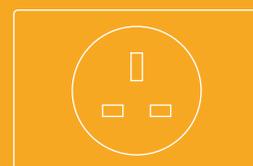
Análogamente y bajo la misma hipótesis, la encuesta investigó los diferentes combustibles utilizados para cocinar, calefaccionar, y calentar agua. Del mismo modo, los resultados tampoco fueron significativos, pero las distribuciones se pueden encontrar en la Tabla 7 a continuación.

Tabla 7: Fuentes energéticas utilizadas por los participantes en el experimento según preferencia de RD

| | Aceptación de RD | | | Rechazo de RD | | |
|--------------------------|------------------|--------|--------|---------------|--------|--------|
| | Electricidad | Gas | Otros | Electricidad | Gas | Otros |
| Calefacción | 43,55% | 11,73% | 44,72% | 43,2% | 10,99% | 45,81% |
| Cocina | 18,54% | 71,21% | 10,25% | 17,9% | 74,04% | 8,06% |
| Calentado de agua | 41,97% | 37,98% | 20,05% | 44,62% | 33,85% | 21,53% |

Fuente: Diseño de los autores usando datos del experimento

Conclusiones y lecciones aprendidas



El empoderamiento del consumidor es una de las transformaciones radicales que la digitalización puede aportar al sector eléctrico. Históricamente, los consumidores (especialmente los pequeños consumidores) han sido considerados como tomadores de precios o precio aceptantes, especialmente en el corto plazo. En el contexto del sector energético, no se esperaba que los consumidores estuvieran conscientes y empoderados en sus decisiones diarias.

Debido a esta historia, los reguladores y los formuladores de políticas asumen que los clientes no pueden reaccionar a las variaciones de precios de corto plazo. También se ha asumido que los costos son más altos que el valor que las respuestas de los hogares pueden aportar al sistema. Consecuentemente, las regulaciones y políticas obstaculizan las señales de precios de corto plazo (y en ocasiones las prohíben) para proteger a los consumidores. Sin embargo, estas clases de suposiciones pueden conducir a un círculo vicioso. Sin señales de precios, los consumidores no cambian su comportamiento, lo cual justifica las presunciones de los reguladores sobre el papel pasivo de los consumidores. Mientras tanto, por lo general, los consumidores no están al tanto de los cambios en los costos de electricidad, ni de que podría ser posible pagar menos si cambian su comportamiento. Históricamente, esta lógica ha sido justificada por los altos costos de transacción asociados con la respuesta a la demanda.

Entonces, ¿qué ha cambiado (o está cambiando)? En primer lugar, la digitalización y la infraestructura de medición avanzada (AMI) permiten que las empresas de servicios públicos y los consumidores realicen un seguimiento de su consumo de electricidad en tiempo real y tomen decisiones preestablecidas basadas en precios/costos. La AMI reduce sustancialmente el costo de transacción asociado con la respuesta a la demanda. En segundo lugar, el crecimiento de las energías renovables variables aumenta sustancialmente la diferencia entre los costos de la electricidad en las horas pico y horas valle. Esto significa que aumenta el potencial de ahorro económico asociado con la respuesta a la demanda. En el proceso de transición energética en el que las energías renovables necesitan crecer exponencialmente durante las próximas décadas, el valor de la flexibilidad de la demanda aumentará. En tercer lugar, la combinación con otras tecnologías que permiten el arbitraje de precios, como el almacenamiento y la electromovilidad, empodera a los consumidores y aumenta su potencial para brindar la flexibilidad que el sistema eléctrico requiere.

En este contexto, la respuesta a la demanda (RD), habilitada por la digitalización del sector eléctrico, es parte del futuro del sector eléctrico. La RD puede aumentar la eficiencia del sistema para hacer frente a la variabilidad al mismo tiempo que aumenta la asequibilidad.

Los incentivos para los programas de RD pueden basarse en precios (programas de RD basados en precios) o contratos (programas de RD basados en incentivos por contrato). Normalmente, los programas de RD basados en precios consideran tarifas de electricidad diferenciadas por día, también conocidas como tarifas de ToU. En este caso, mientras que las tarifas en horas pico son más elevadas para cubrir los costos de suministro, en las horas valle la tarifa es aún más baja que la tarifa plana convencional. Por lo tanto, en los programas de RD con incentivos basados en precios, los consumidores pueden reaccionar naturalmente a diferentes tarifas de electricidad. A la inversa, en los programas RD basados en incentivos por contrato, el consumidor firma un contrato que otorga a la distribuidora el derecho de imponer límites de consumo durante algunas horas del día a cambio de un descuento en la tarifa eléctrica o en la factura total. Los programas de RD basados en incentivos por contrato pueden proporcionar descuentos en la tarifa o factura de electricidad si el consumidor logra un objetivo predefinido de reducción de consumo.

Las políticas de respuesta a la demanda han demostrado ser exitosas en entornos comerciales e industriales. La implementación de programas de RD para los sectores industrial y comercial ya ha echado raíces en varios países de ALC. Los resultados de las evaluaciones de costos en Jamaica han demostrado cuán beneficiosos pueden ser estos incentivos para reducir la exposición de las fábricas y comercios a costos de electricidad inasequibles.

El éxito de los programas de RD puede ser replicado en el sector residencial, especialmente con los avances en AMI. En el sector residencial, los programas de RD basados en precios de adopción voluntaria tienden a ser más comunes debido a su simplicidad. Países de ALC como Brasil, Costa Rica y Uruguay ya han implementado algunos programas de RD para los hogares. La mayoría de esos programas de RD se basan en tarifas ToU y en la adhesión voluntaria del consumidor. En otras palabras, el consumidor puede elegir pasarse de un programa de tarifa plana a un programa de tarifa ToU. Sin embargo, ese programa tiene una adhesión limitada. Comprender las barreras y los posibles mecanismos para superarlas es clave para mejorar la adopción.

Sobre la base de nuestro análisis, se espera que el éxito de los programas de RD aumente exponencialmente a lo largo de los años. Sin embargo, el experimento reforzó que el éxito de esos programas dependerá de la existencia de incentivos significativos para el consumidor residencial, de herramientas AMI fáciles de usar, una buena campaña de comunicación para explicar a los consumidores los beneficios potenciales del programa, así como la inclusión de consejos sobre cómo cambiar los patrones de consumo de energía para responder a las señales del precio de la electricidad.

Además, la difusión de programas de RD con contratos basados en incentivos juntamente con la provisión de instrumentos de control adicional de temperatura HVAC podría aumentar aún más la adopción y la eficacia de los programas de RD en el sector residencial, porque este tipo de programa de RD parece más fácil de comprender para el consumidor y más atractivo debido a su claro descuento en la tarifa/factura de electricidad, tal como apuntan experiencias pasadas (FSR, 2020, Asadinejad et al., 2016).

Con el fin de analizar la probabilidad de que los hogares de ingresos medios y bajos adhieran a un plan de RD en ALC, este estudio desarrolló un experimento ofreciéndole al consumidor la opción de cambiarse a un plan de RD con una muestra de consumidores de 11 países: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, México, Panamá, Paraguay, Perú y Uruguay.

Los principales resultados del experimento estiman que los hogares podrían tener una buena aceptación y comprensión de los programas de RD. La mayoría de los entrevistados entiende que sería justo cubrir los costos de suministro si las tarifas de electricidad fueran más altas durante las horas pico. Más del 50% de los entrevistados estaría dispuesto a cambiar a un plan de RD bajo algunas condiciones experimentales. Esas condiciones incluían programas de RD con incentivos específicos o limitados, tales como las Metas de Ahorro de Horas Pico y control de HVAC de Horas Pico.

Al ver los resultados a través de la lente de los ingresos, los consumidores de ingresos medios tienden a tener una mayor sensibilidad a las variaciones en los precios de la electricidad, reaccionando incluso ante aumentos de tarifas muy bajos. Incluso variaciones modestas en el precio (20% durante las horas pico) son efectivas para cambiar el comportamiento de consumo de electricidad de los consumidores de ingresos medios.

Es importante destacar que la sensibilidad a las variaciones en los precios depende también la percepción del consumidor en relación el peso de la cuenta de luz sobre su presupuesto familiar. En otras palabras, cuanto mayor el peso percibido de las cuentas de luz sobre el presupuesto familiar más sensible el consumidor tiende a ser a las variaciones de los precios. Con estas perspectivas en mente, es lógico pensar que los programas de RD son una oportunidad interesante para reducir la carga de la factura de electricidad, principalmente en los hogares de más bajos ingresos. Al mismo tiempo, sin embargo, los hogares de menores ingresos también tienen menos flexibilidad para reducir su consumo durante las horas pico, ya que están atados a actividades más esenciales. Las políticas y regulaciones de RD deben tener en cuenta estos hallazgos para capturar este positivo mercado potencial sin introducir o exacerbar las cargas de los consumidores de bajos ingresos. En los próximos pasos, los autores sugieren analizar el mercado residencial potencial para los programas de RD y desarrollar planes de RD de acuerdo con los bloques de consumo de electricidad para captar la heterogeneidad de los patrones de consumo de energía.

El experimento resalta igualmente la importancia de una campaña de concientización para informar a los clientes de energía acerca de los beneficios y el razonamiento detrás de la política de RD como un medio para aumentar su éxito. Los entrevistados en este estudio demostraron una alta aceptación de los instrumentos informativos (como recordatorios de texto y notificaciones de una aplicación que les permitía realizar un seguimiento de su consumo de electricidad). Los consumidores participantes demostraron una preferencia por la digitalización y, específicamente, el uso de aplicaciones, para monitorear su consumo; sin embargo, los hallazgos no excluyen el valor de los mensajes de texto. La implementación de estos instrumentos de información mejoraría la percepción de qué tan justos son los programas de RD por parte de los consumidores y su conciencia sobre su comportamiento de consumo de electricidad durante el día/mes/año, así como los costos asociados. En otras palabras, esos instrumentos podrían ayudar a los consumidores a administrar mejor su consumo de electricidad y participar más en los cambios en los patrones de consumo. La implementación de instrumentos informativos podría contribuir significativamente a la adopción y eficacia de los programas de RD.

En resumen, este estudio ha aportado información sobre cómo diseñar políticas de RD para aumentar su aceptación por parte de los consumidores residenciales potenciales. La información compartida aquí incluyó datos experimentales, revisiones de literatura y precedentes de políticas. ALC ha presenciado el establecimiento de algunas políticas de RD dirigidas a diferentes sectores. Como sugieren diversos diseños de RD y precedentes en otras regiones, existe potencial para desarrollar aún más la RD en nuevos países y sectores de ALC. Los programas de RD deben ser considerados una solución potencial y efectiva para reducir los costos del servicio eléctrico de ALC y aumentar su asequibilidad en el corto y mediano plazo.



ABRAHAMSE, W., STEG, L., VLEK, C., & ROTHENGATTER, T. (2005). A review of intervention studies aimed at household energy conservation. *Journal of Environmental Psychology*, 25(3), pp. 273–291. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2005.08.002>

ACUÑA, D., KORENKO, J., & KORENKO L. (2016). *EnerHomGy: gestión de la demanda eléctrica domiciliaria*. Tesis de Grado. Facultad de Ingeniería. Universidad de la República: Uruguay.

ALBADI, M.H., & EL-SAADANY, E.F. (2008). A summary of demand response in electricity markets. *Electric Power Systems Research*, 78(11), pp. 1989–1996. <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2008.04.002>

ANDRADE, E. B. (2015). Consumer emotions. In M. I. Norton, D. D. Rucker, & C. Lamberton (Eds.), *The Cambridge handbook of consumer psychology* (pp. 90–121). New York: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107706552.004>

ANTONIO, K. M., RAVILLARD, P., CHUECA, E., LOPEZ, D., & HALLACK, M. (2020). *Enhancing affordability of Peruvian households: Evidence from retrofit lighting*. Washington, D.C.: Inter-American Development Bank.

BARTUSCH, C., WALLIN, F., ODLARE, M., VASSILEVA, I., & WESTER, L. (2011). Introducing a demand-based electricity distribution tariff in the residential sector: Demand response and customer perception. *Energy Policy*, 39(9), pp. 5008–5025.

BATLLE, C., & RODILLA, P. (2009). Electricity demand response tools: Current status and outstanding issues. *European Review of Energy Markets*, 3(2), pp. 1–27.

BORENSTEIN, S., JASKE, M., & ROSENFEL, A. (2002). Dynamic pricing, advanced metering, and demand response in electricity markets. University of California Energy Institute, Center for the Study of Energy Markets (CSEM) Working Paper Series. no. 105, pp. 1–64, October.

CASTRO ABRIL, M. (2020). *Intermittent renewable energy, hydropower dynamics and the profitability of storage arbitrage*. Washington, D.C.: Inter-American Development Bank.

CAVALLO, E., POWELL, A., & SEREBRISKY, T. (2020). *From structures to services: The path to better infrastructure in Latin America and the Caribbean*. Washington, D.C.: Inter-American Development Bank.

COHEN, J. B., & ANDRADE, E. B. (2018). The ADF framework: A parsimonious model for developing successful behavior change interventions. *Journal of Marketing Behavior*, 3(2), pp. 81–119. <https://doi.org/10.1561/107.000000046>

COSTA, F. (2012). *Can rationing affect long-run behavior? Evidence from Brazil, December 2011*. Costa, <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2028684>

DILLAHUNT, T. R., & MANKOFF, J. (2014). Understanding factors of successful engagement around energy consumption between and among households. CSCW '14: Proceedings of the 17th ACM conference on computer supported cooperative work and social computing. pp. 1246–1257. <https://doi.org/10.1145/2531602.2531626>

- DRANKA, G. G., & FERREIRA, P. (2020). Load flexibility potential across residential, commercial, and industrial sectors in Brazil. *Energy*, vol. 201, June. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.117483>
- EID, C., KOLIOU, E., VALLES, M., RENESES, J., & HAKVOORT, R. (2016). Time-based pricing and electricity demand response: Existing barriers and next steps. *Utilities Policy*, 40, pp. 15–25, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2016.04.001>
- EUROPEAN COMMISSION – EC. (2016). Impact assessment study on downstream flexibility, price flexibility, demand response and smart metering, DG Energy, pp. 192, 2016, July.
- FARUQUI, A., & SERGICI, S. (2010). Household response to dynamic pricing of electricity: A survey of 15 experiments. *Journal of Regulatory Economics*, 38(2).
- FARUQUI, A., & SERGICI, S. (2013). Arcturus: International evidence on dynamic pricing. *The Electricity Journal*, 26(7), pp. 55–65.
- FARUQUI, A., & BOURBONNAIS, C. (2020). The tariffs of tomorrow. *IEEE Power Energy Magazine*, pp. 18–25, June.
- FEDERAL ENERGY REGULATORY COMMISSION – FERC. (2018). Assessment of demand response and advanced metering. Staff Report. November.
- FLORENCE SCHOOL OF REGULATION - FSR. (2020). Time of use and dynamic pricing rates in the US. Available: <https://fsr.eui.eu/time-of-use-and-dynamic-pricing-rates-in-the-us/>.
- GAGNE, D., SETTLE, E., AZNAR, A., & BRACHO, R. (2018). Demand response compensation methodologies: Case studies for Mexico. Technical Report. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory (NREL), pp. 58, June.
- GELLINGS, C. W. (1985). The concept of demand-side management for electric utilities. *Proceedings of the IEEE*, 73(10), pp. 1468–1470.
- GOLDENBERG, C., DYSON, M., & MASTERS, H. (2018). Demand flexibility the key to enabling a low-cost, low-carbon grid insight brief. White Paper. Basalt, CO: Rocky Mountain Electricity Institute.
- GUNTHER, B., JÖRG, P., & LINDA, S. (2010). Energy usage and socio-economic conditions in Mozambique – Evidence from GTZ electrification project regions.
- GUSTAFSSON, A., & GYLLENSWÄRD, M. (2005). The power-aware cord: Energy awareness through ambient information display. *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings*, p. 1423–1426. Available at: <https://doi.org/10.1145/1056808.1056932>
- HALE, E., BIRD, L., PADMANABHAN, R., & VOLPI, C. (2018). Potential roles for demand response in high-growth electric systems with increasing shares of renewable generation potential roles for demand response in high-growth electric systems with increasing shares of renewable generation. Technical Report. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory - NREL, vol. NREL/TP-6A, December.
- HOLMES, T. G. (2009). Eco-visualization: Combining art and technology to reduce energy consumption. *Proceedings of the 6th Conference on Creativity & Cognition*, Washington, D.C., USA, June. <https://doi.org/10.1145/1254960.1254982>
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY – IEA. (2021). Demand response. Paris: IEA. Available at: <https://www.iea.org/reports/demand-response>

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY – IEA. (2018). World Energy Outlook 2018: Highlights. Paris: IEA.

JANSEN, L. L., ANDREADOU, N., PAPAIOANNOU, I., & MARINOPOULOS, A. (2020). Smart grid lab research in Europe and beyond. *International Journal of Energy Research*, 44(3), pp. 1307– 1336. <https://doi.org/10.1002/er.4818>

JIMENEZ MORI, R. A. & YÉPEZ-GARCÍA, A. (2020). How do households consume energy? - Evidence from Latin American and Caribbean Countries. Washington, D.C.: Inter-American Development Bank.

KARLAN, D. S., MCCONNELL, M., MULLAINATHAN, S., & ZINMAN, J. (2010). Getting to the top of mind: How reminders increase saving. *Management Science*, 62(12), March. <https://doi.org/10.1287/mnsc.2015.2296>

LANGEVIN, J., GURIAN, P. L., & WEN, J. (2013). Reducing energy consumption in low-income public housing: Interviewing residents about energy behaviors. *Applied Energy*, 102, pp. 1358– 1370. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.07.003>

LUJANO-ROJAS, J. M., MONTEIRO, C., DUFO-LÓPEZ, R., & BERNAL-AGUSTÍN, J. L. (2012). Optimum residential load management strategy for real time pricing (RTP) demand response programs. *Energy Policy*, 45, pp. 671–679.

OCONNELL, N., PINSON, P., MADSEN, H., & OMALLEY, M. (2014). Benefits and challenges of electrical demand response: A critical review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 39, pp. 686–699.

PREEDY, V.R., & WATSON R.R. (2010). *Handbook of disease burdens and quality of life measures*. New York: Springer. DOI: https://doi.org/10.1007/978-0-387-78665-0_6363.

RAVILLARD, P., CARVAJAL, F., LOPEZ SOTO, D., CHUECA MONTUENGA, E., & HALLACK M. (2019). Towards greater energy efficiency in LAC: Progress and policies. Washington, D.C.: Inter-American Development Bank.

RODAS-GALLEGO, E., & MEJÍA-GIRALDO, D. (2020). Market-based Impact of a demand response program in the Colombian power market. *IEEE Latin America Transactions*, 18(03), pp. 537–544, March. <https://doi.org/10.1109/TLA.2020.9082725>

SANCHEZ Ú.E., PORTELA, G., MUÑOZ, J., SAN ROQUE, A., CHUECA, J. E., & Hallack M. (2021). Impacto del COVID-19 en la demanda de energía eléctrica en Latinoamérica y el Caribe. Washington, D.C.: Inter-American Development Bank. <https://publications.iadb.org/es/impacto-del-covid-19-en-la-demanda-de-energia-electrica-en-latinoamerica-y-el-caribe>

SATCHWELL, A., BARBOSE, G., GOLDMAN, C., HLEDIK, R., & FARUQUI, A. (2013). Incorporating demand response into Western interconnection transmission planning. Berkeley, CA: Lawrence Berkeley National Laboratory.

SCHIL W., PAHLE M., & GAMBARDELLA C., (2017). Start-up costs of thermal power plants in markets with increasing shares of variable renewable generation. *Nature energy*.

STOFT, S. (2002). *Power system economics*. IEEE Press.

STOKKE, A. V., DOORMAN, G. L., & ERICSON, T. (2010). An analysis of a demand charge electricity grid tariff in the residential sector. *Energy Efficiency*, 3(3), pp. 267–282. <https://doi.org/10.1007/s12053-009-9071-9>

VANTHOURNOUT, K., DUPONT, B., FOUBERT, W., STUCKENS, C., & CLAESSENS, S. (2015). An automated residential demand response pilot experiment, based on day-ahead dynamic pricing. *Applied Energy*, 155, pp. 195–203.

- VASSILEVA, I., ODLARE, M., WALLIN, F., & DAHLQUIST, E. (2012). The impact of consumers' feedback preferences on domestic electricity consumption. *Applied Energy*, 93, pp. 575-582. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2011.12.067>
- VAZQUEZ C., HALLACK M., & VAZQUEZ, M. (2017). Price computation in electricity auctions with complex rules: An analysis of investment signals. *Energy Policy*, 105(C), 550-561.
- WADA, K., AKIMOTO, K., SANO, F., ODA, J., & HOMMA, T. (2012). Energy efficiency opportunities in the residential sector and their feasibility. *Energy*, 48(1), pp. 5-10. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2012.01.010>
- WALKER, I., & HOPE, A. (2020). Householders' readiness for demand-side response: A qualitative study of how domestic tasks might be shifted in time. *Energy and Buildings*, 215, p. 109888. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.109888>
- WANG, Y., LIN, H., LIU, Y., SUN, Q., & WENNERSTEN, R. (2018). Management of household electricity consumption under price-based demand response scheme. *Journal of Cleaner Production*, 204, pp. 926-938. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.09.019>
- WEBER, S., PUDDU, S., & PACHECO, D. (2017). Move it! How an electric contest motivates households to shift their load profile. *Energy Economics*, 68, pp. 255-270.
- WILSON, T.D., ARONSON, E., & CARLSMITH, K. (2010). The art of laboratory experimentation. *Handbook of Social Psychology*, pp. 49-79. <https://doi.org/10.1002/9780470561119.socpsy001002>
- US DEPARTMENT OF ENERGY - US DOE. (2006). Benefits of demand response in electricity markets and recommendations for achieving them. pp. 13-14, February.

A.1 Ingreso per cápita promedio y costo de la factura de la luz del hogar:

Una comparación entre los resultados de la muestra y la encuesta de presupuesto de los hogares de Brasil

Este es el perfil socioeconómico de la muestra del experimento de Brasil, excluyendo los valores atípicos²⁰:

(a) Ingreso per cápita mensual (hogar completo)

10% de la muestra: gana menos de US\$20 - > equivalente al 1er decil de ingresos de la Encuesta de Presupuestos Familiares de Brasil 2017-2018.

25% de la muestra: gana menos de US\$40 - > equivalente al 1er decil de ingresos de la Encuesta de Presupuestos Familiares de Brasil 2017-2018.

50% de la muestra: gana menos de US\$80 - > equivalente al 2do decil de ingresos de la Encuesta de Presupuestos Familiares de Brasil 2017-2018.

75% de la muestra: gana menos de US\$130 - > equivalente al 3er decil de ingresos de la Encuesta de Presupuestos Familiares de Brasil 2017-2018.

90% de la muestra: gana menos de US\$230 - > equivalente al 5to decil de ingresos de la Encuesta de Presupuestos Familiares de Brasil 2017-2018.

Media = ganancia US\$200 -> entre el 3ro y 4to deciles de ingresos de la Encuesta de Presupuestos Familiares de Brasil 2017-2018.

El ingreso per cápita mensual por decil de hogar brasileño se muestra a continuación (Tabla A.1.1). Los datos son de la Encuesta de Presupuestos Familiares de Brasil 2017-2018¹⁹.

19. La tasa de cambio fue de 3,22 reales por dólar del Banco Central de Brasil para el día 15 de enero de 2018, disponible en: <http://www.ipea-data.gov.br/ExibeSerie.aspx?serid=38590&module=M>

Tabla A.1.1. Ingreso per cápita por decil de hogar brasileño, 2018

| Variable | Media | Desv.Estándar | Min | Max |
|----------|-------------|---------------|-----------|--------------|
| Decil 1 | \$ 50,75 | \$ 17,26 | \$ - | \$ 76,21 |
| Decil 2 | \$ 96,98 | \$ 11,70 | \$ 76,21 | \$ 116,50 |
| Decil 3 | \$ 137,14 | \$ 11,68 | \$ 116,52 | \$ 157,34 |
| Decil 4 | \$ 178,13 | \$ 12,43 | \$ 157,34 | \$ 200,30 |
| Decil 5 | \$ 226,42 | \$ 14,90 | \$ 200,31 | \$ 251,42 |
| Decil 6 | \$ 277,71 | \$ 15,32 | \$ 251,42 | \$ 304,34 |
| Decil 7 | \$ 339,93 | \$ 21,15 | \$ 304,36 | \$ 378,45 |
| Decil 8 | \$ 434,47 | \$ 35,33 | \$ 378,46 | \$ 502,53 |
| Decil 9 | \$ 618,48 | \$ 77,87 | \$ 502,54 | \$ 777,92 |
| Decil 10 | \$ 1 766,66 | \$ 1 911,39 | \$ 777,94 | \$ 74 396,94 |

* Valores en dólares (diciembre 15, 2020)

Fuente: Encuesta de Presupuestos Familiares de Brasil – POF 2017-2018.

(a) Costo de la Factura de Electricidad Mensual del Hogar (todo el hogar)

10% de la muestra: paga menos de US\$12 (R\$60) en promedio por mes ->

equivalente al 2º decil de ingresos de la Encuesta de Presupuestos Familiares de Brasil 2017-2018.

25% de la muestra: paga menos de US\$18 (R\$90) en promedio por mes ->

equivalente al 3er decil de ingresos de la Encuesta de Presupuestos Familiares de Brasil 2017-2018.

50% de la muestra: paga menos de US\$24 (R\$120) en promedio al mes ->

equivalente al 4º decil de ingresos de la Encuesta de Presupuestos Familiares de Brasil 2017-2018.

75% de la muestra: paga menos de US\$36 (R\$180) en promedio al mes ->

equivalente al 6º decil de ingresos de la Encuesta de Presupuestos Familiares de Brasil 2017-2018.

90% de la muestra: paga menos de US\$50 (R\$250) en promedio por mes ->

equivalente al 8º decil de ingresos de la Encuesta de Presupuestos Familiares de Brasil 2017-2018.

Media = paga US\$28 (R\$140) en promedio por mes ->

equivalente al 5º decil de ingresos de la Encuesta de Presupuestos Familiares de Brasil 2017-2018.

El costo de la factura de electricidad de los hogares brasileños se presenta por decil (Tabla A.1.2).

Tabla A.1.2. Costo de la factura de electricidad mensual promedio de los hogares por decil, 2018

| Variable | Media | Desv. Estándar | Min | Máx |
|----------|-----------|----------------|----------|-----------|
| Decil 1 | \$ 7,81 | \$ 2,50 | \$ 0,75 | \$ 11,52 |
| Decil 2 | \$ 14,50 | \$ 1,58 | \$ 11,53 | \$ 17,07 |
| Decil 3 | \$ 19,54 | \$ 1,38 | \$ 17,08 | \$ 21,93 |
| Decil 4 | \$ 24,55 | \$ 1,49 | \$ 21,94 | \$ 27,13 |
| Decil 5 | \$ 29,84 | \$ 1,66 | \$ 27,13 | \$ 32,83 |
| Decil 6 | \$ 35,84 | \$ 1,90 | \$ 32,83 | \$ 39,29 |
| Decil 7 | \$ 43,25 | \$ 2,50 | \$ 39,29 | \$ 47,89 |
| Decil 8 | \$ 53,61 | \$ 3,42 | \$ 47,90 | \$ 59,99 |
| Decil 9 | \$ 69,10 | \$ 6,34 | \$ 60,00 | \$ 82,45 |
| Decil 10 | \$ 121,12 | \$ 47,73 | \$ 82,45 | \$ 568,65 |

* Valores en dólares (diciembre 15, 2020)

A.2. Cuestionario del experimento en formato original

Comienzo del Bloque: Consentimiento

Formulario de consentimiento DOCUMENTO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Comportamiento de consumo eléctrico residencial

El propósito de esta investigación es conocer su opinión y hábitos de consumo eléctrico. Se lleva a cabo con fines académicos y de política pública cuyos datos serán analizados como parte de una colaboración con el Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

Si participa, tomará decisiones hipotéticas en una encuesta en línea y proporcionará cierta información sobre usted.

Responder el cuestionario le puede tomar unos 10 minutos.

Sus datos serán confidenciales y sus respuestas siempre serán analizadas de forma anónima, junto con las respuestas de otros encuestados, nunca de forma individual. Su participación es totalmente voluntaria y no implica riesgos anticipados. Si en algún momento tiene dudas sobre la investigación o su participación, puede contactar a los investigadores: Jorge Jacob (Investigador): jorgejacob@gmail.com, Rodrigo Leite: rodrigo.de.oliveira.leite@gmail.com, Jesus Montuenga (BID): JESUSCHU@iadb.org, Mariana Weiss (BID): MARIANAWWE@iadb.org

part_consent ¿Está de acuerdo en participar en este estudio?

- Si (4)
- No (5)

Skip To: End of Survey If ¿Está de acuerdo en participar en este estudio? = No

End of Block: Consentimiento

Start of Block: partic_billshare

partic_billshare

Gracias por participar. ¡Vamos a empezar!

Comenzaremos con algunas preguntas sobre el uso actual de electricidad en su hogar. ¿Qué porcentaje de la factura de electricidad total de su hogar paga al mes habitualmente?

- 0% - No pago nada de la factura. (1)
- 1% a 49% - Pago menos de la mitad de la factura. (4)
- 50% - Pago la mitad de la factura. (5)
- 51% a 100% - Pago más de la mitad de la factura. (6)

End of Block: partic_billshare

Start of Block: partic_billvalue

partic_billvalue_avg

¿Cuál es el valor promedio de la factura de electricidad de su hogar por mes?
(Considerando los últimos dos años)

[Responda solo en números, en su moneda local. No incluya centavos (ej .: 150).]

partic_billvalue_hig

¿Cuál fue el valor máximo que pagó por su factura de luz eléctrica?
(Considerando los últimos dos años)

[Responda solo en números, en su moneda local. No incluya centavos (ej .: 150).]

partic_billvalue_low

¿Cuál fue el valor mínimo que pagó por su factura de luz eléctrica?
(Considerando los últimos dos años)

[Responda solo en números, en su moneda local. No incluya centavos (ej .: 150).]

Page Break

partic_appliances Indique si tiene o no los siguientes artículos en su hogar:

| | Si (1) | No (2) |
|---|--------------------------|--------------------------|
| Calentador eléctrico (49) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Aire acondicionado (66) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Ventilador (68) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Computadora (laptop, notebook, tableta) (28) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Celular con acceso a internet (Smartphone) (37) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Servicio de internet (44) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Acceso a la red eléctrica (45) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Contador eléctrico particular (69) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

End of Block: partic_billvalue

Start of Block: timeofusetariff_fairness

timeofusetariff_fair

Lea atentamente la siguiente información:

Los proveedores de electricidad son empresas que suministran electricidad a los hogares. Por lo general, cobran la misma tarifa por cada unidad de electricidad utilizada (kWh), independientemente del tiempo de uso.

Sin embargo, en algunas horas del día la utilización de electricidad por los hogares en una ciudad es la más alta (las horas punta). Durante estos horarios, los proveedores de electricidad tienen costos adicionales para cumplir el uso de sus clientes.

part_timeofuse_fairn Teniendo eso en mente, por favor, marque los siguientes elementos:

Es justo que un proveedor de electricidad cobre una tarifa más alta durante las horas de pico (pico). (4)

- Totalmente en Desacuerdo (18)
- En Desacuerdo (19)
- Algo en Desacuerdo (20)
- Ni de Acuerdo Ni en Desacuerdo (21)
- Algo de Acuerdo (22)
- De Acuerdo (23)
- Totalmente de Acuerdo (24)

Page Break

part_timeofuse_sensi En caso de que un proveedor de energía cobre a su hogar una tarifa por la electricidad más alta durante las horas pico.

¿Qué posibilidades hay de que reduzca su consumo en horas de pico a horas de donde que no sean pico si su tarifa es?:

20% más durante las horas de pico, en comparación con las horas donde no se da el pico. (1)

- Extremadamente Improbable (32)
 - Moderadamente Improbable (33)
 - Ligeramente Improbable (34)
 - Ni probable Ni Improbable (35)
 - Poco Probable (36)
 - Moderadamente Probable (37)
 - Muy Probable (38)
-
-

40% más durante las horas de pico,
en comparación con las horas donde
no se da el pico. (4)

- Extremadamente Improbable (32)
- Moderadamente Improbable (33)
- Ligeramente Improbable (34)
- Ni probable Ni Improbable (35)
- Poco Probable (36)
- Moderadamente Probable (37)
- Muy Probable (38)

60% más durante las horas de pico,
en comparación con las horas donde
no se da el pico. (5)

- Extremadamente Improbable (32)
- Moderadamente Improbable (33)
- Ligeramente Improbable (34)
- Ni probable Ni Improbable (35)
- Poco Probable (36)
- Moderadamente Probable (37)
- Muy Probable (38)

80% más durante las horas de pico,
en comparación con las horas donde
no se da el pico. (6)

- Extremadamente Improbable (32)
- Moderadamente Improbable (33)
- Ligeramente Improbable (34)
- Ni probable Ni Improbable (35)
- Poco Probable (36)
- Moderadamente Probable (37)
- Muy Probable (38)

Precio 100% más alto (el doble) durante
las horas de pico, en comparación con las
horas donde no se da el pico. (7)

- Extremadamente Improbable (32)
- Moderadamente Improbable (33)
- Ligeramente Improbable (34)
- Ni probable Ni Improbable (35)
- Poco Probable (36)
- Moderadamente Probable (37)
- Muy Probable (38)

End of Block: timeofusetariff_fairness

Start of Block: timeofusetariff_awareness

part_timeofuse_awa .

| | Si (30) | No (31) |
|--|--------------------------|--------------------------|
| ¿Sabe a qué hora es la hora de pico de uso de electricidad en su región? (2) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| ¿Sabe cuánto más caro cobra su proveedor de energía la tarifa por kWh durante las horas de pico en relación con las horas fuera de pico? (3) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| ¿Tiene su ciudad o región una tarifa con valores que diferencia cuando realiza uso eléctrico en horario de pico y fuera de él? (11) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

End of Block: timeofusetariff_awareness

Start of Block: peaktime_info

peaktime_info La hora de picos de uso de electricidad en su región es:

De 7 hasta 10h de la noche (= 3 horas al día)

Teniendo en cuenta eso, responda las siguientes preguntas.

partic_time_mostuse ¿Corresponde este periodo de horas de pico a la hora del día en que su hogar consume más electricidad (por ejemplo, electrodomésticos)?

- Sí. Usamos más electricidad durante esta hora de punta. (4)
- Sí, EN PARTE. Usamos tanta electricidad dentro del horario de pico como fuera de el. (5)
- NO. No utilizamos más la electricidad durante esta hora de pico. (6)

End of Block: peaktime_info

Start of Block: cond_heater

cond_heater Imagine que su proveedor de electricidad ofrece estos dos planes para su hogar.

¿Qué plan elegirías? [Horas pico en su región: 7 hasta 10h de la noche] Duración total = 3 horas

- Plan A Tu tarifa es la misma independientemente de la hora del día. (2)
- Plan B Durante las horas de pico, permites que tu proveedor de electricidad apague tu calentador (solo si tu proveedor lo necesita) y tienes un descuento de hasta un 21% en tu factura total de la luz. (4)

End of Block: cond_heater

Start of Block: cond_horasdepico

cond_horasdepico Imagine que su proveedor de energía ofrece estos dos planes para su hogar. ¿Qué plan elegirías?

[Horas pico en su región: 7 hasta 10h de la noche] Duración total = 3 horas

- Plan A Tu tarifa es la misma independientemente de la hora del día. (1)
- Plan B Su tarifa es más cara durante las horas de pico y más barata fuera de estas horas pico. La tarifa de las horas de pico es casi el triple que las horas de menor actividad. Si reduce su uso en un 33% durante las horas de pico, su factura total de la luz se reduce en un 21%. (2)

End of Block: cond_horasdepico

Start of Block: cond_goal

cond_goal Imagine que su proveedor de electricidad ofrece estos dos planes para su hogar. ¿Qué plan elegirías?

[Horas pico en su región: 7 hasta 10h de la noche] Duración total = 3 horas

- Plan A Tu tarifa es la misma independientemente de la hora del día. (1)
- Plan B Si reduce su uso en un 33% durante las horas de pico, su tarifa disminuirá y su factura total de la luz se reducirá hasta en un 21%. Sin embargo, si continúa con su consumo eléctrico la factura total de la luz se mantiene, pero si aumenta su uso durante las horas de pico, su factura total de la luz aumenta. (2)

End of Block: cond_goal

Start of Block: cond_peakhours_Brazil

cond_peakhours_Brazi Imagine que su proveedor de electricidad ofrece estos dos planes para

su hogar. ¿Qué plan elegirías?

[Horas pico en su región: 7 hasta 10h de la noche] Duración total = 3 horas

- Plan A Tu tarifa es la misma independientemente de la hora del día. (1)
- Plan B Su tarifa es más cara durante las horas de pico y más barata fuera de estas horas pico. La tarifa de las horas de pico es casi el triple que las fuera de estas horas pico. Si reduce su uso en un 33% durante las horas de pico, su factura total de la luz se reduce en hasta 4%. (2)

End of Block: cond_peakhours_Brazil

Start of Block: cond_AC

cond_AC Imagine que su proveedor de electricidad ofrece estos dos planes para su hogar. ¿Qué plan elegirías?

[Horas pico en su región: 7 hasta 10h de la noche] Duración total = 3 horas

- Plan A Tu tarifa es la misma independientemente de la hora del día. (1)
- Plan B Durante las horas de pico, permites que tu proveedor de electricidad apague tu aire acondicionado (solo si tu proveedor lo necesita) y tienes un descuento de hasta un 21% en tu factura total de la luz. (2)

End of Block: cond_AC

Start of Block: DV_prefered_reminder

DV_prefered_interven

Ahora, imagine que le gustaría reducir el consumo de electricidad de su hogar durante las horas de pico.

¿Qué tipo de información proporcionada por el proveedor de electricidad cree que sería más eficaz para que su hogar redujera el consumo durante las horas de pico?

Mensajes de texto con información sobre qué electrodomésticos suelen consumir más electricidad y cuánto se paga aproximadamente por ellos. (33)

- Definitivamente No (23)
 - Probablemente No (24)
 - Tal Vez (25)
 - Probablemente Sí (26)
 - Definitivamente Si (27)
-
-

Mensajes de texto recibidos cuando comienzan y termina las horas de pico. (34)

- Definitivamente No (23)
 - Probablemente No (24)
 - Tal Vez (25)
 - Probablemente Sí (26)
 - Definitivamente Sí (27)
-

Un mensaje de texto cuando el precio de la electricidad es superior a un límite estimando el horario pico. (35)

- Definitivamente No (23)
 - Probablemente No (24)
 - Tal Vez (25)
 - Probablemente Sí (26)
 - Definitivamente Sí (27)
-

Un mensaje de texto con tu consumo actual y previsión de la factura de la luz a final de mes. (36)

- Definitivamente No (23)
 - Probablemente No (24)
 - Tal Vez (25)
 - Probablemente Sí (26)
 - Definitivamente Sí (27)
-

Una aplicación para el celular con notificaciones de tu consumo de electricidad y él pronostican el costo final de su factura de la luz. (37)

- Definitivamente No (23)
 - Probablemente No (24)
 - Tal Vez (25)
 - Probablemente Sí (26)
 - Definitivamente Sí (27)
-

End of Block: DV_prefered_reminder

Start of Block: manp_check

manipulation_check En esta investigación mostramos dos planes hipotéticos de consumo de

luz. ¿Cuál de los siguientes planes era uno de ellos?

- Si reduce su consumo eléctrico en un 33% durante las horas de pico, su factura total de luz puede reducirse hasta en un 21%. (21)
- Si reduce su consumo eléctrico en un 33% durante las horas de pico, su factura total de luz puede reducirse hasta en un 4%. (22)
- Si reduce su consumo eléctrico en un 33% en horas pico, su tarifa disminuye y su factura total de luz se puede reducir hasta en un 21%. Si no altera su consumo su factura de la luz no cambia. (23)
- Si deja que su proveedor de electricidad apague su aire acondicionado o calentador en los horarios de pico, obtendrá un descuento de hasta el 21% en su factura total de luz. (24)

End of Block: manp_check

Start of Block: partic_consumption_motives

partic_consumption_m

Indique en qué medida está de acuerdo o en desacuerdo con los siguientes puntos:

Me gustaría reducir consumo de electricidad en mi hogar por cuestiones medioambientales. (1)

- Totalmente en Desacuerdo (11)
- En Desacuerdo (12)
- Algo en Desacuerdo (13)
- Ni de Acuerdo Ni en Desacuerdo (14)
- Algo de Acuerdo (15)
- De Acuerdo (16)
- Totalmente de Acuerdo (17)

Me gustaría reducir consumo de electricidad en mi casa para ahorrar dinero. (2)

- Totalmente en Desacuerdo (11)
 - En Desacuerdo (12)
 - Algo en Desacuerdo (13)
 - Ni de Acuerdo Ni en Desacuerdo (14)
 - Algo de Acuerdo (15)
 - De Acuerdo (16)
 - Totalmente de Acuerdo (17)
- -----

Me gustaría reducir el consumo de electricidad en mi casa, pero es muy difícil porque tengo que educar a otras personas que viven conmigo. (3)

- Totalmente en Desacuerdo (11)
 - En Desacuerdo (12)
 - Algo en Desacuerdo (13)
 - Ni de Acuerdo Ni en Desacuerdo (14)
 - Algo de Acuerdo (15)
 - De Acuerdo (16)
 - Totalmente de Acuerdo (17)
-

He tenido dificultades en los últimos años para pagar mi factura de luz. (5)

- Totalmente en Desacuerdo (11)
 - En Desacuerdo (12)
 - Algo en Desacuerdo (13)
 - Ni de Acuerdo Ni en Desacuerdo (14)
 - Algo de Acuerdo (15)
 - De Acuerdo (16)
 - Totalmente de Acuerdo (17)
-

Normalmente evito usar dispositivos electrónicos debido al costo de la electricidad. (6)

- Totalmente en Desacuerdo (11)
 - En Desacuerdo (12)
 - Algo en Desacuerdo (13)
 - Ni de Acuerdo Ni en Desacuerdo (14)
 - Algo de Acuerdo (15)
 - De Acuerdo (16)
 - Totalmente de Acuerdo (17)
-

Me gustaría usar el aire acondicionado o la calefacción con más frecuencia en mi casa. (7)

- Totalmente en Desacuerdo (11)
 - En Desacuerdo (12)
 - Algo en Desacuerdo (13)
 - Ni de Acuerdo Ni en Desacuerdo (14)
 - Algo de Acuerdo (15)
 - De Acuerdo (16)
 - Totalmente de Acuerdo (17)
-

part_perc_use_same En comparación con personas con el MISMO nivel socioeconómico que el tuyo, ¿cómo crees que es tu consumo de electricidad?

- SUPERIOR al consumo promedio de los demás. (1)
 - IGUAL al promedio de los demás. (13)
 - INFERIOR al consumo promedio de los demás. (2)
-

part_perc_use_high En comparación con personas con el nivel socioeconómico SUPERIOR que

el tuyo, ¿cómo crees que es tu consumo de electricidad?

- SUPERIOR al consumo promedio de la gente como yo. (1)
 - IGUAL al promedio de la gente como yo. (13)
 - INFERIOR al consumo promedio de la gente como yo. (14)
-

partic_elect_supplie ¿Cuál es el nombre de su proveedor de electricidad?
(Si no recuerda, déjelo en blanco)

partic_electr_source ¿Cuál es la principal fuente de energía que utiliza en su casa para

- Calentar la casa (1)
- Energía Eléctrica (1)
 - Gas Canalizado (4)
 - Bombona de Gas (5)
 - Leña (7)
 - Otros (8)
 - Ninguno (9)
-

- Cocinar (2)
- Energía Eléctrica (1)
 - Gas Canalizado (4)
 - Bombona de Gas (5)
 - Leña (7)
 - Otros (8)
 - Ninguno (9)
-

- Calentar Agua (3)
- Energía Eléctrica (1)
 - Gas Canalizado (4)
 - Bombona de Gas (5)
 - Leña (7)
 - Otros (8)
 - Ninguno (9)
-

partic_Interr_freq

Respecto al suministro de energía eléctrica en su hogar el año pasado ...

En promedio, ¿con qué frecuencia ha tenido cortes de electricidad?

- Diario (11)
- 4-6 veces por semana (12)
- 2-3 veces por semana (13)
- Una vez por semana (14)
- Una vez al mes (15)
- Nunca (16)

partic_Interr_durati .

En promedio, ¿cuánto duraron las interrupciones y apagones del suministro eléctrico? (1)

- 0 (1)
 - 1-3min (2)
 - 4-15min (3)
 - 16-40min (4)
 - 41-59min (5)
 - 1-3h (6)
 - 4-10h (7)
 - 11-23h (8)
 - 1-2 días (9)
 - 3-5 días (10)
 - 6 días o más (11)
-

¿Cuánto duró el apagón eléctrico o corte de luz más largo? (2)

- 0 (1)
 - 1-3min (2)
 - 4-15min (3)
 - 16-40min (4)
 - 41-59min (5)
 - 1-3h (6)
 - 4-10h (7)
 - 11-23h (8)
 - 1-2 días (9)
 - 3-5 días (10)
 - 6 días o más (11)
-

partic_interr_conse Sobre los costos asociados a estos apagones eléctricos o cortes de luz:

¿Se dañó algún equipo? (1) Sí (1)
 No (2)
 No tuve interrupciones (3)

¿Ha recibido una compensación económica por la interrupción del servicio eléctrico? (7) Sí (1)
 No (2)
 No tuve interrupciones (3)

¿Ha recibido una compensación económica por el equipo dañado por el corte de luz? (8) Sí (1)
 No (2)
 No tuve interrupciones (3)

¿Fue necesario contactar al distribuidor o regulador para solucionar el problema? (9) Sí (1)
 No (2)
 No tuve interrupciones (3)

Page Break

End of Block: partic_consumption_motives

Start of block: demographics

todelete_13 Antes de terminar, responda a estas preguntas demográficas:

race ¿Cuál es su origen racial?
▼ Asiático (5) ... Prefiero no contestar (9)

gender ¿Cuál es su identidad de género?
▼ Masculino (1) ... Otro (13)

age ¿Cuál es tu edad? (En años | solo números enteros)
▼ 18 (1) ... 85 o más (68)

education

¿Cuál es el nivel educativo más alto que ha alcanzado?
▼ Educación Básica Incompleta (1) ... Prefiero no contestar (10)

nacionalidad ¿Dónde vive actualmente?

▼ Argentina (7) ... Otro (110)

state_live ¿En qué ESTADO/PROVINCIA vive actualmente?

Page Break

*

partic_income ¿Cuál es su ingreso total en un mes antes de impuestos? [Responda solo en números, en su moneda local. No incluya centavos (ej .: 150).]

partic_incomeshare_b

¿Cuánto de su ingreso mensual total se dedica a pagar su factura de energía? [Responda solo en números, en su moneda local. No incluya centavos (ej .: 150).]

▼ 5% o menos (7) ... 101% o más (18)

*

partic_income_hh ¿Cuál es el ingreso total de TODOS los miembros de su hogar en un mes antes de impuestos? (Incluidos sus ingresos y los de otros miembros de su familia). [Responda solo en números, en su moneda local. No incluya centavos (ej .: 150).]

partic_residents_hh ¿Cuántas personas en total viven o se quedan en su casa?

▼ 1 (1) ... 12 o más (15)

Page Break

*

civil_status ¿Está casado, viudo, divorciado, separado o nunca se casó?

▼ Casado (1) ... Nunca Casado (5)

*

work

¿Qué enunciado describe mejor su situación laboral actual?

▼ **Trabajando (Trabajo Asalariado) (1) ... Sin trabajo (Otro) (10)**

End of Block: demographics

Start of Block: Thanks

Thanks ¡Muchas gracias por su participación!

End of Block: Thanks

A.3 La sensibilidad al precio de los participantes

Primero, el documento examinó el efecto de los ingresos de los participantes (Tabla A.3.1), la percepción de qué tan justas son las tarifas en las horas pico (Tabla A.3.2) y la carga de electricidad percibida por los participantes (Tabla A.3.3) sobre su disposición a reducir el consumo durante las horas pico (un indicador de su sensibilidad al precio relacionada con el consumo de electricidad). El efecto de cada una de estas variables fue analizado por separado. Luego, estas tres variables fueron evaluadas en conjunto en la misma regresión (Tabla A.3.4). Todas estas regresiones controlan en la demografía de los consumidores.

Cuando se analiza por separado, el ingreso de los participantes impacta su sensibilidad al precio, especialmente un aumento inicial del precio (Tabla A.3.1). La percepción de qué tan justas para los participantes son las tarifas de las horas pico (Tabla A.3.2) y la carga de la electricidad percibida por los participantes (Tabla A.3.3) también impactan su sensibilidad a los precios y casi todos los niveles de aumento de precios. Comparando las tablas, el ingreso de los participantes (Tabla A.3.1) tiene un impacto menos estable en la sensibilidad al precio de los participantes en relación con la justicia percibida por los participantes (Tabla A.3.2) y la carga de la electricidad percibida por los participantes (Tabla A.3.3), dado que estas dos variables impactan a los participantes en más aumentos de precios.

Para comprobar el efecto final sobre la sensibilidad al precio de cada una de estas variables, el documento se basa en modelos de regresión que incluyen estas tres variables juntas (Tabla A.3.4). La Tabla A.3.4 muestra que el ingreso de los participantes afecta significativamente la sensibilidad al precio de los participantes, pero solo en el primer aumento de precio. Para los restantes niveles de aumento, el efecto del ingreso no parece alcanzar significación cuando se consideran estas otras variables. Por lo tanto, el ingreso tuvo un efecto menos estable en su sensibilidad al precio en comparación con el efecto de la percepción de qué tan justas son las tarifas y la carga de electricidad percibida, que impactó de manera más consistente la sensibilidad al precio de los participantes.

Tabla A.3.1. Impacto del ingreso en la disposición a reducir el consumo durante las horas pico

| Aumento de precio | Modelo 20% | Modelo 40% | Modelo 60% | Modelo 80% | Modelo 100% |
|--|--------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| DV: Disposición a reducir el consumo en horas pico (más sensible al precio) | | | | | |
| Ingreso | 0,031** (0,013) | 0,025 (0,013) | 0,020 (0,014) | 0,022 (0,014) | 0,008 (0,015) |
| Controles ¹ | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes |
| # Observaciones | 3 078 | 2 988 | 2 985 | 2 961 | 2 969 |
| R-cuadrado | 0,019 | 0,018 | 0,011 | 0,011 | 0,008 |

Notas: Errores estándar entre paréntesis, *** p<0,01, ** p<0,05,

1 Controlado por edad, género, raza, estatus social, país y % de la factura pagada de los consumidores

Fuente: Diseño de los autores, utilizando datos experimentales

Tabla A.3.2. Impacto de la percepción de qué tan justas son las tarifas en la disposición a reducir el consumo durante las horas pico (más sensible al precio)

| Aumento de precio | Modelo 20% | Modelo 40% | Modelo 60% | Modelo 80% | Modelo 100% |
|--|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| DV: Disposición a reducir el consumo en horas pico (más sensible al precio) | | | | | |
| Tarifa Justa | 0,140*** (0,020) | 0,130*** (0,020) | 0,134*** (0,022) | 0,113*** (0,023) | 0,100*** (0,025) |
| Controles ¹ | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes |
| Observaciones | 3 699 | 3 603 | 3 593 | 3 570 | 3 577 |
| R-cuadrado | 0,026 | 0,023 | 0,019 | 0,015 | 0,011 |

Notas: Errores estándar entre paréntesis, *** p<0,01, ** p<0,05,

1 Controlado por edad, género, raza, estatus social, país y % de la factura pagada de los consumidores

Fuente: Diseño de los autores, utilizando datos experimentales

Tabla A.3.3. Impacto de la carga de la electricidad percibida en la disposición a reducir el consumo durante las horas pico (más sensible al precio)

| Aumento de precio | Model 20% | Model 40% | Model 60% | Model 80% | Model 100% |
|--|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|-------------------|
| DV: Disposición a reducir el consumo en horas pico (más sensible al precio) | | | | | |
| Carga percibida | -0,372*** (0,140) | -0,572*** (0,141) | -0,459*** (0,149) | -0,389** (0,157) | -0,127 (0,169) |
| Controles ¹ | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes |
| # Observaciones | 3 552 | 3 464 | 3 455 | 3 432 | 3 442 |
| R-cuadrado | 0,016 | 0,018 | 0,011 | 0,009 | 0,006 |

Notas: Errores estándar entre paréntesis, *** p<0,01, ** p<0,05,

1 Controlado por edad, género, raza, estatus social, país y % de la factura pagada de los consumidores

Fuente: Diseño de los autores, utilizando datos experimentales

Tabla A.3.4. Impacto de la carga de la electricidad percibida en la disposición a reducir el consumo durante las horas pico (más sensible al precio)

| Aumento de precio | Modelo 20% | Modelo 40% | Modelo 60% | Modelo 80% | Modelo 100% |
|---|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|
| DV: Disposición a reducir el consumo en horas pico (más sensible al precio) | | | | | |
| Tarifa Justa | 0,128*** (0,023) | 0,136*** (0,023) | 0,142*** (0,024) | 0,121*** (0,025) | 0,101*** (0,027) |
| Carga percibida | -0,424*** (0,151) | -0,552*** (0,151) | -0,444*** (0,159) | -0,343** (0,169) | -0,037 (0,182) |
| Ingresos | 0,033** (0,014) | 0,027 (0,014) | 0,016 (0,015) | 0,026 (0,015) | 0,010 (0,017) |
| Controles ¹ | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes |
| Observaciones | 3 020 | 2 933 | 2 929 | 2 907 | 2 916 |
| R-cuadrado | 0,033 | 0,035 | 0,026 | 0,020 | 0,013 |

Notas: Errores estándar entre paréntesis, *** p<0,01, ** p<0,05,

¹ Controlado por edad, género, raza, estatus social, país y % de la factura pagada de los consumidores

Fuente: Diseño de los autores, utilizando datos experimentales

