

El impacto de la digitalización para reducir brechas y mejorar los servicios de infraestructura

Infraestructura en el desarrollo de América Latina

ideal





**El impacto de la digitalización para reducir brechas y mejorar los servicios de infraestructura**

**Infraestructura en el desarrollo de América Latina**

**ideal**

Título:  
IDEAL 2021:  
El impacto de la digitalización para reducir brechas  
y mejorar los servicios de infraestructura

Depósito legal: DC2021000563  
ISBN: 978-980-422-220-7

Editor:  
CAF  
Vicepresidente de Conocimiento, Pablo Sanguinetti

Coordinación por CAF:  
Walter Cont

Diseño gráfico:  
Estudio Bilder

Fotografías:  
Robin Worrall (portada, p. 94), Melanie Brown (p. 89), Chapman Chow (p. 98),  
American Public Power Association (p. 109), Ernest Ojeh (p. 120)

Las ideas y planteamientos contenidos en la presente  
edición son de exclusiva responsabilidad de sus autores  
y no comprometen la posición oficial de CAF.

Esta y otras publicaciones se encuentran disponibles  
en [scioteca.caf.com](http://scioteca.caf.com)

© 2021 Corporación Andina de Fomento  
Todos los derechos reservados

# Prólogo

La infraestructura es un factor clave para el desarrollo sostenible por su aporte en múltiples dimensiones. No solo contribuye al crecimiento de la economía y la competitividad de las empresas, la integración del espacio nacional y regional y la diversificación del tejido productivo, sino que también ayuda a impulsar la inclusión social y la protección del medio ambiente, mejorando así la calidad de vida de las generaciones presentes y futuras.

Durante años, los departamentos sectoriales y las áreas de investigación de organismos multilaterales, el mundo académico, consultores y actores del sector público y privado han realizado estudios en esta temática. Las pesquisas han evolucionado, pasando del análisis de los requerimientos de inversión en infraestructura para lograr objetivos de desarrollo a la necesidad de ser eficientes en la ejecución y destino de las inversiones y, más recientemente, a la adopción de una visión más integral que pone en consideración los servicios prestados por la infraestructura.

Paralelamente, ha tenido lugar un conjunto de tendencias que impactan, y a la vez interactúan, con los distintos sectores de infraestructura. Sin pretender presentar una lista exhaustiva, una tendencia muy importante durante las últimas dos décadas corresponde a los avances tecnológicos generados por la digitalización. Estos cambios se han dado de forma complementaria con otras tendencias consideradas en este reporte, como la adecuación de la agenda sobre sostenibilidad ambiental, los procesos de descentralización en la producción de ciertos servicios de infraestructura y el crecimiento poblacional en las ciudades. Más recientemente, las economías y los distintos sectores se han visto sacudidos por la situación de pandemia por el COVID-19 y han tenido que adaptarse a una nueva realidad impuesta por la transmisión del virus.

En esta edición del IDEAL, se busca llevar el análisis al nivel de los servicios prestados por la infraestructura con la digitalización como tema transversal, priorizando dos sectores, el de energía eléctrica y el de transporte urbano de personas, por ser los más expuestos a ese avance tecnológico. Estos sectores proveen suficiente riqueza y variedad de desafíos, por ejemplo, en términos de innovación y seguridad en la provisión, fijación de precios y políticas de subsidios.

El reporte realiza una aproximación a las brechas de servicios de infraestructura con un enfoque de resultados, identificando distintas dimensiones que requerirían intervenciones a partir de los activos existentes: el acceso al servicio, el costo de provisión —que, junto con la política seleccionada por las autoridades, repercute sobre la asequibilidad— y la calidad. Se analizan también los desarrollos digitales que se han venido dando en los sectores priorizados, como, por ejemplo, el avance de las redes inteligentes en el sector eléctrico y, en el caso del transporte de pasajeros, el desarrollo de aplicaciones para el uso de la información y la planificación de viajes, y nuevas modalidades de pago.

El impacto del COVID-19 ha acelerado la digitalización de los servicios de infraestructura, por lo que es interesante revisar las adaptaciones por las que han pasado los sectores frente a los desafíos enfrentados. Finalmente, se realiza una discusión estructurada sobre intervenciones en materia regulatoria —que incluye, por ejemplo, el rediseño de mercados y esquemas tarifarios—, de políticas públicas —por ejemplo, políticas sociales compensatorias—, y de necesidades de inversión en infraestructura inteligente para afrontar tanto las brechas de servicio como los efectos que pueden tener los avances tecnológicos.

Con esta nueva edición del reporte IDEAL, CAF propone colaborar con el desarrollo de la región promoviendo un enfoque de las intervenciones y regulaciones en los servicios de infraestructura basado en resultados, que permite una amplia comprensión de las políticas públicas necesarias para impactar en la productividad y el bienestar de los países y las comunidades.

# Reconocimientos

La preparación de este reporte es responsabilidad de la Vicepresidencia de Conocimiento, bajo la dirección de Pablo Sanguinetti.

La redacción y edición de esta edición estuvo a cargo de Walter Cont.

Ronald Fischer colaboró en el desarrollo del contenido del Capítulo 4.

La responsable de la edición de contenidos fue Ana Gerez.

Los capítulos se nutrieron de notas sectoriales elaboradas específicamente para esta publicación por Carlos Romero (energía eléctrica), Germán Lleras y Rafael Unda (transporte urbano), Marcelo Celani (TIC), Andrés Gartner y Lucila Capelli (logística), Leandro Zipitría (agua), Martín Besfamille y Nicolás Figueroa (evasión en transporte de pasajeros) y Sebastián López Azumendi (tópicos del Capítulo 4). Jorge Barbero colaboró como asesor externo.

Los asistentes de investigación fueron Eliana Uesu y Exequiel Romero Gómez.

Se agradecen los comentarios y aportes valiosos que se recibieron de Pablo Sanguinetti, Antonio Silveira, Julián Álvarez, Christian Daude, Fernando Álvarez, Miguel Ostos, Jorge Concha, Pablo López, Fernando Peñaherrera, Mauricio Agudelo, Soraya Azan, Angie Palacios, Andrés Alcalá, Fernando Branger, Mariana Sarasti, Lian Allub, Franz Rojas, Agustín Alonso, Milnael Gómez, Pablo Cisneros, Rafael Farromeque y Eduardo Chomali.

# Contenido

Abreviaturas — 12

## 1

**Brechas en los servicios de infraestructura** — 14

**Evolución del concepto de brechas en infraestructura** — 14

El enfoque tradicional de brecha de infraestructura — 14

Brecha de servicios: un enfoque de resultados — 18

**Diagnóstico de brechas de servicios en ALC** — 23

Energía eléctrica — 23

Transporte urbano de pasajeros — 32

Otros sectores de infraestructura — 47

**Síntesis de las brechas de servicio en sectores de infraestructura** — 53

## 2

**La tecnología digital y su impacto en los sectores de infraestructura** — 54

**Evolución del sector de las TIC y de la brecha digital** — 54

La brecha digital en América Latina — 57

**Otras tendencias sectoriales en energía eléctrica y transporte urbano** — 62

Energía eléctrica: electrificación de los servicios y descentralización de la producción y el consumo — 62

Transporte urbano: urbanización y cambio climático — 65

**La digitalización en el sector eléctrico: redes eléctricas inteligentes** — 67

Evolución de la digitalización en el sector eléctrico en América Latina: obstáculos y riesgos — 70

Impactos esperados de la digitalización en las brechas de los servicios eléctricos — 75

**La digitalización en el transporte urbano de personas** — 77

Avances de la tecnología en el sector del transporte — 78

Evolución de la digitalización, obstáculos y riesgos en el transporte urbano de personas — 81

Impactos esperados de la digitalización en las brechas de servicios de transporte — 87

**Granularidad y formación de mercados** — 88

Granularidad en el sector de la energía eléctrica — 90

Granularidad en el transporte urbano de pasajeros — 90

**La digitalización en otros sectores de infraestructura** — 91

Agua potable y saneamiento — 91

Logística — 93

# 3

## **COVID-19: aceleración de la digitalización e implicancias para los servicios** — 99

### **El COVID-19 y la aceleración de la digitalización** — 99

Salud — 102

Trabajo — 102

Educación — 102

### **Impacto del COVID-19 por sectores de infraestructura** — 104

Transporte urbano de personas — 104

Logística urbana — 106

Agua potable y saneamiento — 107

Energía eléctrica — 108

# 4

## **Desafíos y oportunidades: inversiones, regulaciones y políticas públicas** — 110

### **Contexto regulatorio en la región** — 113

#### **Regulación económica** — 118

Análisis costo-beneficio — 118

Rediseño de mercados — 118

Tarificación de servicios — 124

Colaboración e interacción entre sectores — 124

Capacitación — 125

#### **Inversiones** — 126

#### **Políticas públicas** — 129

Políticas sociales — 129

Políticas ambientales — 131

Políticas de seguridad — 131



## **Referencias bibliográficas** — 134



# Cuadros

- Cuadro 1** Determinantes de las dimensiones de la brecha de servicios en sectores seleccionados — 21
- Cuadro 2** Segmentación de las ciudades estudiadas — 32
- Cuadro 3** Tiempo de viaje por modo de transporte (en minutos) — 40
- Cuadro 4** Percepción de la frecuencia y el nivel de ocupación del transporte público — 41
- Cuadro 5** Índice de asequibilidad del transporte público colectivo, diciembre de 2014 — 44
- Cuadro 6** Indicadores de la brecha de servicio en agua potable y saneamiento — 47
- Cuadro 7** Porcentaje de población cuyas aguas residuales son tratadas en América Latina — 49
- Cuadro 8** Acceso, calidad y asequibilidad en países seleccionados, 2019 — 57
- Cuadro 9** Indicadores seleccionados del índice de desarrollo del ecosistema digital, 2010 y 2019 — 60
- Cuadro 10** Porcentaje de energía renovable en potencia y generación, 2017 — 63
- Cuadro 11** Costo nivelado de la energía por tipo, 2019 — 64
- Cuadro 12** Tamaño, cantidad y población de ciudades de América Latina — 67
- Cuadro 13** Clientes con esquemas de precios dinámicos en EE.UU. respecto al total de clientes, 2013-2018 — 74
- Cuadro 14** Relación entre los beneficios de la REI y las brechas de servicios — 76
- Cuadro 15** Nuevas tecnologías digitales en el transporte urbano — 78
- Cuadro 16** Porcentaje de utilización de aplicaciones de información, total y por género — 82
- Cuadro 17** Porcentaje de la finalidad dada a las aplicaciones de información — 82
- Cuadro 18** Porcentaje de utilización de aplicaciones de viajes y de micromovilidad — 83
- Cuadro 19** Demanda potencial de los viajes compartidos en ciudades de América Latina, 2019 — 85
- Cuadro 20** Relación de las tecnologías de transporte y las brechas de servicios — 87
- Cuadro 21** Comparación de la regulación en los distintos países — 114

# Figuras

- Figura 1** Estructura básica de una REI (flujo de energía y de comunicación) — 69
- Figura 2** Impacto de los componentes de una REI en la demanda de electricidad — 76
- Figura 3** Cambios en los sectores e intervenciones derivadas de las nuevas tecnologías — 112

# Gráficos

- Gráfico 1** Inversión pública en infraestructura económica en ALC (en porcentaje del PBI) — 16
- Gráfico 2** Acceso a la electricidad total, rural y urbano en países con déficit de cobertura, 2018 — 24
- Gráfico 3** Tarifas eléctricas residenciales por regiones: gasto en USD para un consumo mensual de 200 kWh y gasto anual como porcentaje del PIB per cápita, 2018 — 24
- Gráfico 4** Tarifas eléctricas residenciales por países, para un consumo mensual de 200 kWh, diciembre de 2018 — 25
- Gráfico 5** Precios de la energía eléctrica para entrega inmediata en los países seleccionados, 2018 — 26
- Gráfico 6** Pérdidas totales en electricidad en diferentes regiones y países del mundo, 2010 y 2017 — 26
- Gráfico 7** Pérdidas totales en electricidad en países de ALC, 2010 y 2017 — 28
- Gráfico 8** Indicadores de calidad (SAIFI y SAIDI) en ALC, Estados Unidos y Europa, años seleccionados — 29
- Gráfico 9** Evolución del SAIFI (interrupciones) en las principales distribuidoras de cada país, 2010-2018 — 30
- Gráfico 10** Evolución del SAIDI (horas) en las principales distribuidoras de cada país, 2010-2018 — 30
- Gráfico 11** Porcentaje de población que tiene electricidad mediante una conexión informal a la red pública en principales ciudades de cada país, 2019 — 31
- Gráfico 12** Porcentaje de población que realiza viajes — 33
- Gráfico 13** Porcentaje de población que realiza viajes desagregado por género — 34
- Gráfico 14** Tasa de viajes por persona en un día hábil — 35
- Gráfico 15** Tasa de viajes por persona que viaja en día hábil por género — 35
- Gráfico 16** Porcentaje de viajes por modo de transporte en día hábil — 36
- Gráfico 17** Tiempo promedio de caminata para acceder a servicios de transporte — 37
- Gráfico 18** Tiempo de caminata para acceder al servicio de autobús — 38
- Gráfico 19** Tiempo promedio de caminata para acceder al servicio de autobús por género — 39
- Gráfico 20** Costos del servicio de transporte público por viaje, 2014 — 42
- Gráfico 21** Costo de un viaje de 7 km por modo de transporte, diciembre de 2014 — 44
- Gráfico 22** Brechas de acceso: diferencia entre el quintil más rico y el más pobre — 48
- Gráfico 23** Gasto mensual en agua potable de usuarios residenciales para niveles de consumo de 17 m<sup>3</sup> y 100 m<sup>3</sup> (USD) — 50
- Gráfico 24** Precio por m<sup>3</sup> de agua potable para usuarios con niveles de consumo de 17 m<sup>3</sup> mensuales (aproximadamente 200 m<sup>3</sup> anuales), 2018 — 50
- Gráfico 25** Proporción del gasto en datos con relación a un mes de PIB per cápita, 2018 — 58
- Gráfico 26** Evolución de la población urbana en varias regiones del mundo — 65
- Gráfico 27** Expectativa de evolución del número de ciudades o aglomeraciones urbanas por tamaño de población — 66
- Gráfico 28** Desarrollo e inversiones en una REI — 70
- Gráfico 29** Brecha en medidores inteligentes entre ALC, Estados Unidos, Australia y la UE, 2018 — 71
- Gráfico 30** Porcentaje de personas que tiene en su hogar un medidor inteligente — 71

- Gráfico 31** Stock y porcentaje de nuevas matriculaciones de VE respecto de nuevas matriculaciones de autos livianos, 2017 — 72
- Gráfico 32** Impacto de la falla en Chattanooga en una REI respecto a una red tradicional — 77
- Gráfico 33** Distribución del número de viajes motorizados por cuarteto — 84
- Gráfico 34** Intensidad de la movilidad en países seleccionados de América Latina — 100
- Gráfico 35** Velocidad de bajada de datos en las redes fija y móvil, julio de 2020 frente a febrero de 2020 — 101
- Gráfico 36** Porcentaje de niños en hogares sin acceso a internet (promedio y primer quintil) — 103
- Gráfico 37** Evolución del número de agencias reguladoras en América Latina — 116
- Gráfico 38** Responsabilidades regulatorias de agencias del sector eléctrico en América Latina — 117
- Gráfico 39** Proporción de personas dispuestas a cambiar los patrones de consumo eléctrico si genera un ahorro en la factura del servicio — 128

## Recuadros

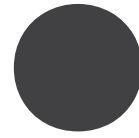
- Recuadro 1** Indicadores de la brecha de servicios en el transporte urbano de mercancías — 51
- Recuadro 2** La brecha de servicios en la logística — 52
- Recuadro 3** Quinta generación de tecnologías y estándares de comunicación inalámbrica (5G) — 56
- Recuadro 4** Desarrollo de tecnologías disruptivas — 61
- Recuadro 6** Adopción de tecnologías por la Barbados Water Authority — 92
- Recuadro 5** Digitalización en el sector de agua potable y saneamiento — 93
- Recuadro 7** Las nuevas tecnologías digitales en el sector de logística — 95
- Recuadro 8** Impacto de la digitalización en las brechas de servicio en el transporte urbano de mercancías — 97

# Abreviaturas

<b>ALC</b>	América Latina y Caribe
<b>AMBA</b>	Área Metropolitana de Buenos Aires
<b>AMR</b>	Medidores de lectura automática ( <i>automated meter reading</i> )
<b>ARP</b>	Automatización robótica de procesos
<b>B2B</b>	Entre empresas (business-to-business)
<b>B2C</b>	Entre empresas y consumidores (business-to-consumers)
<b>BRT</b>	Autobús de tránsito rápido ( <i>bus rapid transit</i> )
<b>CCE</b>	Contratos de compra de energía
<b>CEPAL</b>	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
<b>DDI</b>	Índice de la brecha digital ( <i>Digital Divide Index</i> )
<b>DMA</b>	Distritos hidrométricos ( <i>district metered areas</i> )
<b>ECAF</b>	Encuesta CAF
<b>EOD</b>	Encuesta origen-destino
<b>EPA</b>	United States Environmental Protection Agency
<b>ERNC</b>	Energía renovable no convencional
<b>GI Hub</b>	Global Infrastructure Hub
<b>GIS</b>	Sistema de información geográfica ( <i>geographic information system</i> )
<b>GTFS</b>	Especificación general de alimentación del transporte público ( <i>general transit feed specification</i> )
<b>IDED</b>	Índice de desarrollo del ecosistema digital
<b>IMA</b>	Infraestructura de medición avanzada
<b>INB</b>	Ingreso Nacional Bruto
<b>IoT</b>	Internet de las cosas
<b>ISP</b>	Proveedor de servicios de Internet ( <i>Internet service provider</i> )
<b>LAN</b>	Redes de área local ( <i>local area network</i> )
<b>LoRA</b>	Long Range
<b>M2M</b>	Conexión entre aparatos ( <i>machine-to-machine</i> )
<b>MaaS</b>	Movilidad como servicio
<b>MOD</b>	Movilidad bajo demanda
<b>OCDE</b>	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
<b>ODS</b>	Objetivos de desarrollo sostenible
<b>OMD</b>	Operador del mercado de distribución
<b>OMU</b>	Observatorio de Movilidad Urbana
<b>ONU</b>	Organización de las Naciones Unidas
<b>OSD</b>	Operador del sistema de distribución
<b>PIB</b>	Producto Interno Bruto
<b>REI</b>	Red eléctrica inteligente
<b>RMBA</b>	Región Metropolitana de Buenos Aires
<b>RPI</b>	Inflación de precios minoristas ( <i>Retail Pricing Index</i> )
<b>RTT</b>	Tiempo de ida y vuelta ( <i>round-trip time</i> )
<b>SAIDI</b>	Índice de duración promedio de las interrupciones del sistema

<b>SAIFI</b>	índice de frecuencia promedio de interrupciones del sistema
<b>SCADA</b>	Control de supervisión y adquisición de datos ( <i>supervisory control and data acquisition</i> )
<b>SIG</b>	Sistema de información geográfica
<b>SITP</b>	Sistema Integrado de Transporte Público – Colombia
<b>SUBE</b>	Sistema Único de Boleto Electrónico – Argentina
<b>TIC</b>	Tecnologías de la información y la comunicación
<b>UE</b>	Unión Europea
<b>V2G</b>	De vehículo a red ( <i>vehicle-to-grid</i> )
<b>VE</b>	Vehículo eléctrico
<b>WEF</b>	Foro Económico Mundial

# 1



## Brechas en los servicios de infraestructura

### Evolución del concepto de brechas en infraestructura

#### El enfoque tradicional de brecha de infraestructura

Durante los últimos 15 años, ha habido un fuerte énfasis en el concepto de brecha de infraestructura, estimada en función del requerimiento de inversiones a nivel global, en un país o una región determinada. En este contexto, emergieron dos visiones relacionadas sobre la manera de aproximar las necesidades de inversión en infraestructura: la brecha vertical

y la horizontal, diferenciándose la una de la otra en el valor de referencia. La brecha vertical se define con respecto a factores propios del país o región, identificando las diferencias que surgen entre la demanda interna de infraestructura y su oferta. Este enfoque analiza si el *stock* de infraestructura existente es suficiente para atender una demanda creciente. La brecha horizontal se determina con respecto a factores externos, por ejemplo, la disponibilidad de cierta infraestructura en comparación con otro país o con relación a un objetivo que se intenta alcanzar (Perrotti y Sánchez, 2011, pp. 31-34).

En este marco, se produjeron múltiples estimaciones de necesidades de inversión en infraestructura para América Latina y el Caribe (ALC). Fay y Morrison (2007) calcularon requerimientos de inversión de al menos el 3 % del PIB para lograr la cobertura universal en servicios básicos, mantener la infraestructura existente y alcanzar un crecimiento moderado del PIB, del 3 % anual, para un período de 10 años. Dicho valor asciende a entre un 4 % y



un 6 % del PIB si lo que se busca es que ALC alcance valores de países desarrollados, como Corea del Sur, en un período de 20 años. A nivel global, los documentos de Dobbs *et al.* (2013) para el McKinsey Global Institute y del Global Infrastructure Hub (GI Hub, 2017) estimaron que se requerían entre USD 3,4 billones y USD 3,7 billones anuales de inversión en infraestructura para sostener el crecimiento que se esperaba en las siguientes décadas.<sup>1</sup> Adicionalmente, según el GI Hub, estos montos representan un 19 % por encima de la tendencia de inversión de los años previos a nivel mundial, y un 47 % para el caso de América.

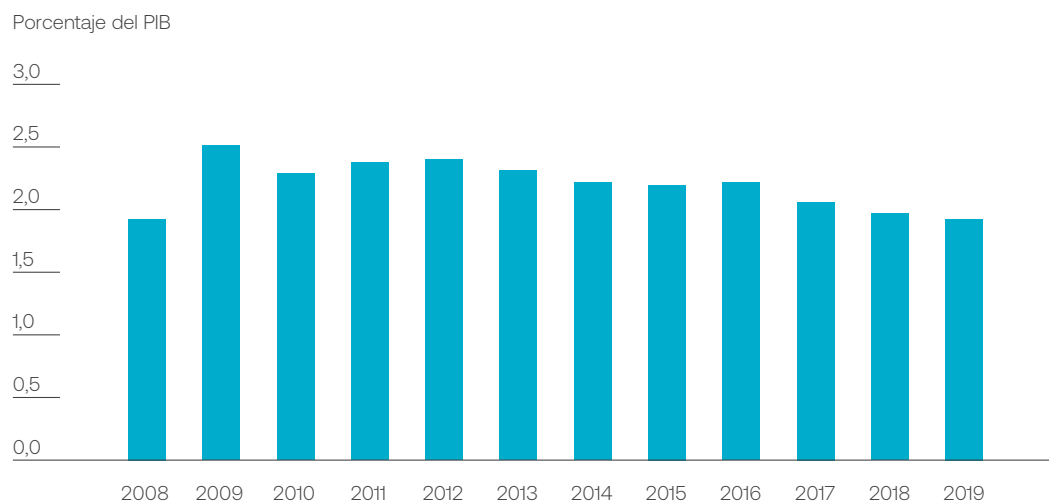
En 2011, cumpliendo con una solicitud de la Secretaría General Iberoamericana (SEGIB), CAF elaboró un diagnóstico estratégico titulado “La infraestructura en el desarrollo integral de América Latina” (IDEAL), que fue presentado en la XXI Cumbre Iberoamericana de Jefes de Estado y de Gobierno en la ciudad de Asunción (Paraguay). Ese documento realizó un análisis de la situación de la infraestructura y propuso una agenda estratégica para su desarrollo. En particular, señalaba:

“(…) las inversiones en infraestructura para recuperar brechas y acompañar el crecimiento esperado, tomando en cuenta un incremento del PIB del 5 % anual (que refleja la aspiración al crecimiento sostenido), serán del orden del 4 % al 5 % del PIB regional, lo que representa un valor de USD 200.000 millones a 250.000 de millones por año” (CAF, 2011, p. 82).

En su informe del año 2012, el Foro Económico Mundial (WEF, por sus siglas en inglés) comenzó a alertar sobre la necesidad de establecer prioridades y ejecutar obras de infraestructura en una manera efectiva y eficiente. Por su parte, el reporte IDEAL 2013 adaptó el enfoque de la brecha de infraestructura al considerar conjuntamente los requerimientos de inversión y su productividad para el logro del desarrollo económico (CAF, 2013). La sección titulada “Hacer más con menos” establecía que la implementación de buenas prácticas en materia de planificación, selección y diseño de proyectos, ejecución de obras, gestión de la demanda y mantenimiento de activos permitiría optimizar el uso de los recursos y reducir las necesidades de inversión. Paralelamente, De Jong, Annema y Van Wee (2013) mostraban que, efectivamente, la forma de organizar el proceso de planificación y provisión de infraestructura podría tener implicancias en tres dimensiones:

**Gráfico 1**  
**Inversión pública en infraestructura económica en ALC**  
**(en porcentaje del PBI)**

Fuente: Infralatam (2021).



Nota: Promedio simple de la inversión (en porcentaje del PIB) de cada país.

<sup>1</sup> Un billón de USD equivale a un millón de millones de USD (el término inglés es *trillion*).



el costo de las obras, el tiempo de ejecución de los trabajos y la calidad de la infraestructura construida (lo que incluye su desempeño a lo largo de su vida útil). Dobbs *et al.* (2013) pusieron números a estos efectos. Un correcto uso de las inversiones podría generar ahorros de USD 1 billón anual por avances en la productividad de la infraestructura a través de mejoras en la selección de proyectos y la optimización de las carteras de infraestructura (20 % de los ahorros), eficiencias en la ejecución de las inversiones en infraestructura —montos y plazos— (40 %) y el aprovechamiento de los activos existentes (40 %).

Más recientemente, Izquierdo, Pessino y Vuletin (2018) han señalado que, en vista del panorama para los próximos años, con recortes en fondos para infraestructura, los países se verán obligados a encontrar maneras de brindar estos servicios de forma más eficiente. Los autores han vuelto a destacar la importancia de escoger proyectos adecuados y ser más eficientes (recortando sobre costos, evitando retrasos en la construcción y aprovechando al máximo los activos existentes). Por último, Rozenberg y Fay (2019), con esta misma idea, han buscado trasladar el foco del debate desde “gastar más” a “gastar mejor”. Más allá de los esfuerzos realizados en identificar necesidades de inversión a través del estudio de brechas desde distintos enfoques, ALC sigue presentando deficiencia en el desarrollo de su infraestructura. Una inspección de la inversión pública en infraestructura económica (energía, transporte, agua y telecomunicaciones) permite concluir que a nivel regional no ha variado significativamente en los 10 últimos años y, aun sumando la inversión privada (no incluida en el Gráfico 1), los niveles se han encontrado por debajo de los sugeridos por diversos estudios. Como consecuencia de esta menor inversión, ALC aún no tiene una infraestructura acorde con su nivel de ingresos (Cerra *et al.*, 2016).

En efecto, los análisis comparativos con otras regiones muestran un atraso creciente en ALC (GI Hub, 2017). Desde la perspectiva de Cavallo *et al.* (2016), en esta región no existen los instrumentos necesarios para canalizar el ahorro nacional hacia la infraestructura, por lo que, más allá de la promoción de la inversión, es necesario pensar en otros cambios que faciliten el desarrollo de estos sectores. Por ejemplo, en el informe se señalaba la necesidad de adecuar el marco regulatorio para generar los mecanismos que permitirán eliminar los cuellos de botella que impiden una mejor identificación de las necesidades, el planeamiento de nuevas inversiones y una mejor gestión de los activos existentes.

La última edición del reporte IDEAL (2017/18) aborda esta discusión, destacando que:

“En los últimos años el análisis de la infraestructura ha ido variando. El énfasis en los requerimientos de inversión (para cubrir la denominada brecha de infraestructura) y sus posibles modalidades de financiamiento fue virando hacia una mirada más amplia, alineada con la perspectiva del desarrollo sostenible, revisando algunos de los criterios tradicionales” (Barbero, 2019, p. 12).

Así, señala las limitaciones de las estimaciones agregadas de necesidades de inversión, que habían surgido como magnitudes de inversión necesarias más que como resultado de la identificación de prioridades. Además, “la noción de brecha y de indicadores generales, como una meta de inversiones del 5 % del PBI, no son tan útiles ni relevantes para definir qué hacer”. Claramente, la región debe:

“(…) invertir más en infraestructura, pero es necesario asegurar el enfoque en dos niveles: (i) que se hagan las inversiones adecuadas en función de los objetivos establecidos y (ii) que se invierta y se opere adecuadamente la infraestructura y los servicios, con transparencia, con métodos de construcción y operación actualizados, así como con controles de calidad y de eficiencia” (p. 96).

Las definiciones de brecha de infraestructura tradicionales consideran un enfoque puramente monetario (los billones de dólares en inversión requeridos para alcanzar un determinado objetivo). Además, estos objetivos establecidos, en general, buscan subsanar las necesidades de la población en términos de cobertura de un servicio de infraestructura, relegando otros aspectos relevantes de la provisión del servicio (como su costo y calidad), y se basan en supuestos de crecimiento económico que no siempre se cumplen (por ejemplo, 3 % de crecimiento). Finalmente, el foco de estas definiciones está puesto en la inversión, la cual es uno de los posibles instrumentos para reducir la brecha de servicios, pero no la única.

El enfoque propuesto en esta edición del reporte IDEAL busca ampliar el análisis de las brechas, comenzando por los servicios de infraestructura que reciben los usuarios (en cobertura, calidad y eficiencia), para luego identificar sus déficits y abordarlos a través de distintas intervenciones, entre las que se

destacan las inversiones, pero también el fortalecimiento institucional, las regulaciones y las políticas públicas. Esta iniciativa se suma a la reciente tendencia a prestar mayor atención a los servicios de infraestructura (Fay, Andrés, Fox, Narloch, Straub y Slawson, 2017, y, más recientemente, BID, 2020).

## Brecha de servicios: un enfoque de resultados

### Antecedentes

El estudio de las características que se consideran relevantes para la provisión del servicio de cada sector ya ha tenido lugar en diferentes documentos e informes especializados. De hecho, algunos de ellos plantean una aproximación al análisis de la brecha de servicios con un enfoque de resultados desde una perspectiva multidimensional.

Por ejemplo, en el sector de la energía eléctrica, los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) incluyen el acceso al suministro eléctrico asequible, confiable, sustentable y moderno (ver Naciones Unidas, 2015, y AIE, 2017, p. 146), mientras que en el Trilema Energético del Consejo Mundial de la Energía se identifican como dimensiones relevantes garantizar energía segura, asequible y ambientalmente sostenible. Neelawela, Selvanathan y Wagner (2019) parten de esta premisa para proponer un índice global de seguridad en electricidad (*global electricity security index*), que muestra cómo las dimensiones de cobertura y estabilidad del sistema, las tarifas, la rentabilidad de los operadores y la calidad de la gobernanza afectan a la asequibilidad y confiabilidad del suministro eléctrico.

En la misma línea, los ODS apuntan al acceso a sistemas de transporte seguros, asequibles, accesibles y sostenibles para todos y a una mayor seguridad vial (ampliando el transporte público), prestando especial atención a la población vulnerable (ver Naciones Unidas, 2015). La Nueva

Agenda Urbana (ONU-Hábitat, 2011) identifica tres pilares para conceptualizar las brechas en los servicios de transporte urbano de pasajeros: el pilar social (dado por el acceso desigual a la movilidad por grupo de usuario y localización geográfica), el ambiental (que analiza el impacto desigual del transporte en el medio ambiente y la salud dentro de una misma ciudad) y el económico (que consiste en las diferencias espaciales y en la distribución social de los beneficios de un transporte eficiente). En este marco, la Estrategia CAF en Movilidad Urbana de personas y mercancías sigue una visión integral con criterios de intervenciones seguras, integradas, inclusivas y limpias (y también productivas, en el caso de las mercancías). Por ejemplo, en transporte urbano de pasajeros se han comparado distintas dimensiones de desempeño de los sistemas, tanto en la provisión pública de transporte como en el transporte privado e individual, a través de indicadores de oferta, demanda, calidad del servicio y sostenibilidad (ver, por ejemplo, Scorcia, 2018, y Rivas, Suárez Alemán y Serebrisky, 2019a).

Estos avances también están presentes en dos sectores no priorizados en este reporte: el de logística, y el de agua y saneamiento. En logística urbana de mercancías, un análisis de las brechas de servicios requiere de un enfoque integral y de resultados que excede las necesidades de infraestructura local. La aproximación de estas brechas es más apropiada a nivel de cadenas logísticas agrupadas por las características de los productos, lo que dificulta una comparación más general.<sup>2</sup> Según SPIM-Taryet (2019), la ausencia de consensos sobre indicadores de desempeño logístico se debe a la dificultad de obtener información primaria fiable y sistemática (debido a una multitud de factores, al carácter privado y no regulado de la actividad, y a la diversidad de agentes o la escasa atención que las autoridades prestan a la logística urbana) y de asociar áreas de logística urbana con áreas administrativas.<sup>3</sup> Por su parte, los servicios logísticos van más allá del transporte y el almacenamiento de las cargas, y aplican las consideraciones de la logística urbana respecto de la identificación de las brechas de servicios a nivel de cadenas logísticas. En este sector han proliferado índices que contemplan

<sup>2</sup> El Banco Mundial (2009) identificó más de 150 cadenas logísticas en el entorno urbano. En particular, la cadena logística del comercio electrónico ha adquirido recientemente relevancia en el contexto de la pandemia causada por el COVID-19.

<sup>3</sup> La agenda de Logística Urbana Sostenible y Segura (LOGUS) propuso un conjunto de indicadores en tres aspectos (gobernanza, desempeño e impacto), buscando aproximar las dimensiones de eficiencia, competitividad, impacto ambiental o congestión a los aspectos sociales de las ciudades, para luego identificar líneas estratégicas de acción en infraestructuras logísticas, institucionalidad, planificación y monitoreo, normativa y fiscalización, y políticas colaborativas y de innovación (SPIM-Taryet, 2019).

la disposición de infraestructura junto con otras dimensiones,<sup>4</sup> como los componentes propios de la cadena logística (puntualidad, costo y trazabilidad de los cargamentos), los componentes regulatorios y los institucionales (OCDE, CAF y CEPAL, 2013).

En el caso de los servicios de agua y saneamiento, los Objetivos de Desarrollo Sostenible destacan el acceso universal a agua potable y saneamiento a un precio asequible y con estándares de calidad (reduciendo la contaminación y las aguas residuales sin tratamiento). Estos objetivos son recogidos en la “Estrategia del Agua” de CAF (2019), por ejemplo, al destacar la importancia del acceso a dichos servicios y el cumplimiento de estándares internacionales de calidad, para que el agua sea apta y segura para el consumo humano, el logro de eficiencias y la reducción de la contaminación y la preservación de los ecosistemas. También sostiene que “es necesario transitar de un enfoque de infraestructura a un enfoque de servicio” (p. 31).

La temática transversal en este reporte IDEAL es la digitalización en los distintos sectores económicos. La dinámica de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) ha afectado al resto de la economía y, en particular, a los sectores de infraestructura. Estas tecnologías alteran los modelos de operación y de negocio de los sectores, producen un incremento de la competencia y modifican la concepción de los servicios por parte de los usuarios. El Observatorio del Ecosistema Digital de CAF monitorea los avances en esa área con un enfoque integral, es decir, considerando aspectos cuantitativos y cualitativos de los servicios digitales (cobertura, calidad y nivel de competencia institucional y regulatorio, entre otros).

En síntesis, la aproximación a la brecha de servicios busca homogeneizar distintos enfoques sectoriales, destacando los del Consejo Mundial de la Energía, los pilares de ONU-Hábitat y los ODS de Naciones Unidas. Además, se basa en el análisis de los resultados en el desempeño de los servicios, admitiendo la utilización de diversas herramientas para reducir las brechas identificadas mediante el ofrecimiento de medidas alternativas que van más allá de las inversiones (y actuando en cierto modo de forma complementaria), al considerar la posibilidad de incorporar cambios o adaptaciones regulatorias o de las políticas públicas.

## Dimensiones de la brecha de servicios: acceso, costo y calidad

Tomando como premisa que los servicios de infraestructura tienen como objeto satisfacer necesidades de los usuarios (siendo estos usuarios finales o usuarios intermedios en cadenas de valor), los déficits —o brechas— en la prestación de estos servicios pueden manifestarse de distintas formas, que están relacionadas con distintas dimensiones de insatisfacción.

En el caso de la energía eléctrica, primer sector priorizado en este reporte IDEAL, la literatura y la práctica sectorial permiten identificar qué aspectos son relevantes en la provisión de este servicio. En primera instancia, el acceso al servicio se define a partir de la conexión a una red eléctrica. El objetivo de acceso puede ser parte de la política nacional (por ejemplo, estar plasmado en el marco regulatorio del sector) o enmarcarse en objetivos mundiales. Por ejemplo, los ODS establecen que “el acceso universal a la energía es esencial”, fijando así una meta de clara interpretación para la dimensión de acceso (ODS 7), aunque no necesariamente de fácil cumplimiento.

En segundo lugar, el costo de la provisión refleja la eficiencia del sector para proveer energía eléctrica considerando las distintas etapas de producción (generación, transporte, distribución y comercialización). Desde el punto de vista del sistema, este costo se encuentra determinado por diversos factores (por ejemplo, las tecnologías de generación, la estacionalidad de la demanda, el grado de eficiencia de los sistemas y el nivel de pérdidas de transmisión y distribución, entre otros). La tarifa que pagan los usuarios finales depende, además, de otros elementos, como la política fiscal, social o distributiva (impuestos, y subsidios directos o cruzados), y determina la asequibilidad del servicio (una dimensión más cualitativa, en particular, sobre lo que se considera un precio moderado).

En tercer lugar, la dimensión de calidad apunta a identificar los aspectos que determinan un buen servicio. Un suministro eléctrico de calidad es aquel que brinda a sus clientes un servicio ininterrumpido para satisfacer las distintas necesidades (de consumo final o como insumo en una actividad productiva o comercial). Desde la perspectiva de la demanda, la calidad del servicio eléctrico se suele

<sup>4</sup> Los indicadores más populares son el Indílog de CAF, el índice de desempeño logístico del Banco Mundial, y el índice de facilitación comercial y los pilares del índice de competitividad global del Foro Económico Mundial.

caracterizar a través de indicadores que establecen la frecuencia e intensidad de las interrupciones.

En el caso del transporte urbano, el otro sector priorizado en este reporte, esta clasificación tiene algunas consideraciones particulares. En primer lugar, tomando como premisa que la movilidad urbana es un factor determinante para la productividad económica de las ciudades, la calidad de vida de sus ciudadanos y su acceso a servicios básicos de salud y educación, el acceso a servicios de transporte no es una medida binaria como en el sector de la energía eléctrica, sino que considera, por un lado, la disponibilidad (que exista el servicio) y, por otro, la capacidad de las personas para acceder a distintas oportunidades de trabajo, educación, esparcimiento, espacios verdes y salud. Esta dimensión usualmente se caracteriza mediante indicadores que reflejan la facilidad o dificultad que tienen las personas para utilizar el servicio; por ejemplo, los modos de transporte disponibles, la distancia o el tiempo de caminata necesario para llegar a un modo de transporte público, o las oportunidades que ofrece (en los diferentes modos individuales o como combinación de los mismos) en un rango de tiempo determinado desde un punto de origen. En particular, el sistema público de transporte colectivo (en sus múltiples formatos, como los sistemas de autobús de tránsito rápido —conocidos por sus siglas en inglés BRT—, alimentadores, sistemas organizados en rutas, etc.) adquiere relevancia por su distribución capilar para atender las necesidades de la población.

En segundo lugar, la dimensión de costos se puede aproximar con indicadores que reflejen el costo para el sistema (de transporte público) de movilizar pasajeros mediante distintos modos de transporte (públicos o privados) y el costo para los usuarios de desplazarse usando distintos modos. El primer componente de esta dimensión da una noción global de los costos de una política de movilidad urbana. El segundo componente, aplicado al transporte público, apunta a la asequibilidad del servicio, que depende de la decisión de la política sectorial respecto del servicio ofrecido y de la carga económica sobre el usuario final.<sup>5</sup>

En tercer lugar, la calidad del servicio considera atributos no monetarios del viaje para el usuario. Dado que el transporte por sí mismo no aporta valor económico al consumidor, sino que este recurre al servicio para acceder a otras actividades, la calidad percibida por el usuario es mayor cuando los viajes son más cortos (incluyendo menor tiempo de espera o número de transbordos) y cuando el servicio es confiable (en frecuencia y predictibilidad), cómodo (por ejemplo, según el hacinamiento y limpieza de las unidades) y seguro (tanto en la dimensión vial como personal). El enfoque de género adquiere especial importancia en este sector (en particular, en lo que respecta a la seguridad personal).

Estas dimensiones de la brecha de servicios también pueden aplicarse a otros sectores. En el caso del sector logístico, a nivel nacional e internacional o dentro de las áreas urbanas, el acceso se centra en la capacidad de utilizar el servicio (tomando relevancia los corredores logísticos a nivel nacional o regional). La segunda dimensión se centra en el costo logístico de los productos. Por último, la dimensión de calidad comprende la confiabilidad del servicio (por ejemplo, la previsibilidad de entrega en cierto tipo de productos y la rapidez de entrega en otros) y la posibilidad de acceder a un servicio personalizado según las necesidades del demandante, entre otros factores. En el caso del sector del agua y el saneamiento, las dimensiones pueden analizarse como la disponibilidad de agua potable en las cercanías y de sistemas de gestión segura de las excretas (acceso), el costo de provisión del servicio —distinguiendo entre operativos (de mantenimiento, rehabilitación, reparación o renovación) y de capital— respecto a las tarifas pagadas por los usuarios (que, al igual que en los otros sectores, depende de la decisión política sectorial respecto del servicio ofrecido y la carga sobre el usuario final), la calidad o contaminación del agua, la continuidad del servicio y la presión del agua (calidad del servicio). El Cuadro 1 presenta un resumen (no exhaustivo) de los determinantes de las dimensiones de brechas en los sectores priorizados, así como en los demás sectores a los que se hace referencia a lo largo del reporte.

<sup>5</sup> La sostenibilidad financiera del servicio es el resultado de una decisión de política local que balancea eficiencia, equidad, la situación particular de las finanzas públicas y las externalidades que se buscan resolver con el transporte público (ver la discusión conceptual en Estupiñán, Gómez Lobo, Muñoz Raskin y Serebrisky, 2007). Como resultado de la consideración de esas fuerzas, el servicio puede ser autosostenible (por ejemplo, Medellín y Cali en 2014), con financiación mixta (como es la mayoría de los casos de la región) o gratuito (por ejemplo, el transporte público de Luxemburgo a partir de 2020).

Con la situación derivada de la pandemia causada por el COVID-19, este tema adquiere notoriedad pública. Un primer desafío es el transporte de personas sujeto a restricciones de movilidad (según las autorizaciones o prohibiciones aplicables) y el distanciamiento social. Un segundo desafío está vinculado con las fuentes de financiación del servicio, en un contexto de finanzas públicas debilitadas (ver discusión en el Capítulo 3).

**Cuadro 1**  
**Determinantes de las dimensiones de la brecha de servicios en sectores seleccionados**

Fuente: Elaboración propia.

Sector	Acceso	Costo	Calidad
Energía eléctrica	Cobertura de la red eléctrica	Costo medio/marginal de provisión del servicio, tarifas (asequibilidad)	Confiabilidad del sistema (duración y número de interrupciones a nivel de distribución)
Transporte urbano	Cobertura del servicio	Costo medio de provisión del servicio, tarifas (asequibilidad)	Tiempo de viaje (total, espera, transbordos), frecuencias, comodidad, confiabilidad, seguridad
Logística nacional e internacional	Acceso a los servicios logísticos	Costo para el usuario	Confiabilidad y personalización del servicio
Logística urbana	Acceso a servicios logísticos urbanos	Costo para el usuario	Tiempo/velocidad media de corredores de carga
Agua y saneamiento	Disponibilidad de agua potable (y agua manejada en forma segura) en las cercanías y de sistemas de gestión segura de excretas	Costo medio de provisión del servicio, tarifas (asequibilidad)	Continuidad, contaminación, presión
TIC	Conexión a la red (medida usualmente a través de la cobertura) y disponibilidad de equipos propios o en las cercanías	Costo medio/marginal de provisión del servicio, tarifas (asequibilidad)	Velocidad de conexión, disponibilidad de la red, interrupciones, latencia

Las tres dimensiones seleccionadas para la aproximación de la brecha de servicios pueden estar más o menos relacionadas y es de esperar que, para satisfacerlas, se produzcan conflictos que requieran compromisos (*trade offs*). Por ejemplo, los ODS hacen referencia a “garantizar el acceso universal a servicios energéticos asequibles, fiables y modernos” como máximo en 2030. Proveer un servicio de alta calidad o moderno es naturalmente costoso y puede ser accesible solo para un porcentaje del universo de usuarios. El rol de la política sectorial es balancearlos (por ejemplo, subsidiando el acceso a un porcentaje de la población). En el sector eléctrico, la reducción de pérdidas no técnicas en la distribución de energía permite disminuir el costo total del sistema, pero podría afectar negativamente la dimensión de acceso en ausencia de medidas compensatorias.

Por otro lado, la consideración de un marco conceptual transversal a los distintos sectores de infraestructura que se concentre en estas tres dimensiones posiblemente excluya ciertas dimensiones relevantes en un análisis concentrado en un sector particular. Sin embargo, esta caracterización de la brecha de servicios en tres dimensiones es útil para conocer cómo es la utilización y el desempeño del servicio provisto. Además, permite

identificar deficiencias en su prestación y oportunidades para mejoras, con suficiente flexibilidad para incluir aspectos específicos de los sectores. Por lo tanto, la brecha de servicios no se define como una necesidad de inversión en infraestructura, sino de una mejora en la provisión del servicio en las dimensiones relevantes, la cual se puede llevar a cabo mediante inversiones, políticas públicas o por adaptaciones a cambios tecnológicos o regulatorios. Por supuesto, las inversiones siguen siendo el medio para acompañar escenarios de desarrollo o para acercarse a objetivos de desarrollo en plazos de 20 a 30 años, pero son uno de los varios instrumentos existentes para resolver deficiencias en los servicios o para adaptar sectores a escenarios de cambio (por ejemplo, tecnológico).

El estándar de comparación seleccionado da lugar a distintas aproximaciones de brecha de servicios: absolutas o relativas. Por ejemplo, si una norma, reglamento, plan u objetivo define una meta de cobertura del 100 %, la brecha absoluta será la diferencia entre dicha meta y el acceso real. En cambio, la referencia de comparación puede ser relativa al estado de situación de un grupo o categoría de usuarios seleccionado apropiadamente —lo cual permite más flexibilidad y riqueza en la comparación—



## La caracterización de la brecha de servicios en tres dimensiones (acceso, costo y calidad) es útil para identificar deficiencias en su prestación y oportunidades para mejoras.



dentro de un mismo país, a nivel regional o internacional, según el nivel de ingreso o su género (relevante en el transporte urbano de pasajeros), el grado de adopción de los avances tecnológicos (como puede pasar en el sector eléctrico con las TIC) y otras variables que sean de interés. Este tipo de comparación será importante en la discusión de la aparición de nuevas tecnologías o de medidas de política, que pueden impactar de forma diferencial a los usuarios.

Por último, una ventaja de este enfoque es que admite que la brecha de servicios puede ser evolutiva. Considerando los cambios (tecnológicos o de cualquier otro factor) que se dan en cada sector, las necesidades de los usuarios pueden cambiar y, junto con estas, se deberá adaptar la forma de proveer el servicio y las dimensiones relevantes a considerar.

## Diagnóstico de brechas de servicios en ALC

Tomando como referencia las definiciones introducidas en la sección anterior, a continuación, se avanza en la presentación y análisis de indicadores que permiten diagnosticar las brechas de servicios en los distintos países de la región, focalizando este análisis en los sectores priorizados: energía eléctrica y transporte urbano de personas.

### Energía eléctrica

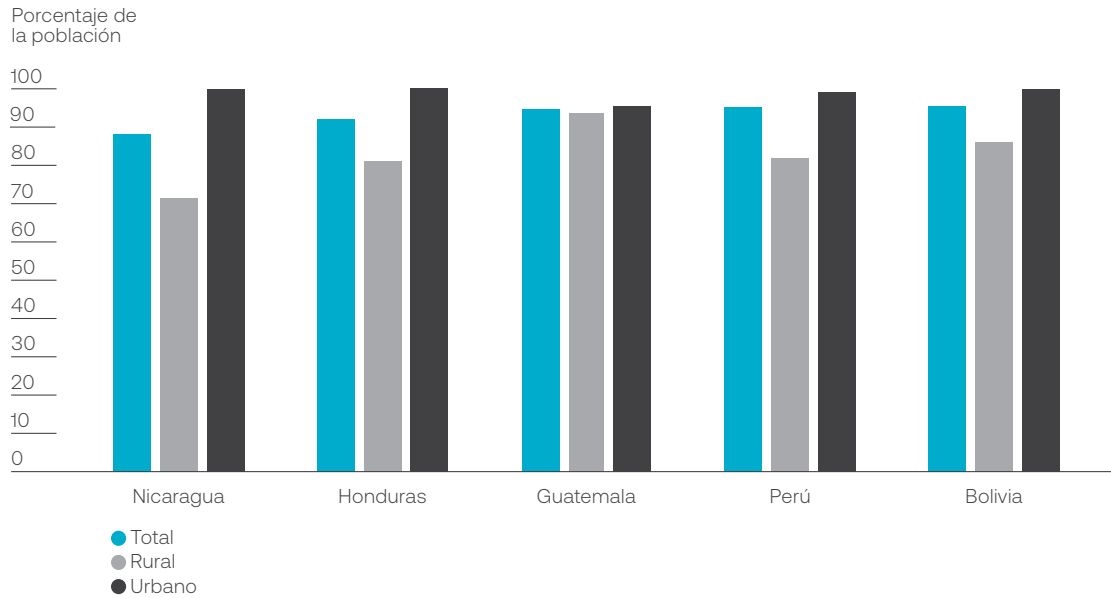
En ALC, el sector eléctrico se caracteriza por un alto nivel de cobertura. En términos generales, el porcentaje de población que posee acceso al servicio de electricidad en la región ha aumentado desde un 95,9 % en 2010 a un 98,3 % en 2018. Si bien no es un desafío regional prioritario, al repasar la situación individual de los países se pueden observar disparidades entre estos y entre áreas atendidas.

Tomando como referencia el año más reciente con información detallada por país (2018), el acceso al servicio era superior al 99 % en muchos países de ALC. Los países que muestran un retraso en esta dimensión se ilustran en Gráfico 2: Nicaragua (88,1 % de la población total), Honduras (91,9 %), Guatemala (94,7 %), Perú (95,2 %) y Bolivia (95,6 %). La brecha de acceso es mayor en la población rural. Por ejemplo, en Perú, el acceso rural a electricidad se situaba en un 81,8 %, y en Bolivia alcanzaba el 86 %, mientras que en el área urbana de ambos países alcanzaba o superaba un 99 %.

La situación de algunos países ha mejorado notoriamente durante la última década. Si se toma como referencia el nivel de estos indicadores en 2010, los mayores incrementos en cobertura urbana se han dado en Perú (pasando del 98,1 % al 99 %), mientras que en cobertura rural se han registrado en este mismo país (del 55,6 % al 81,8 %), seguido de Colombia (del 86,2 % al 99,7 %) y Argentina (del 89,8 % al 100 %).

**Gráfico 2**  
**Acceso a la electricidad total, rural y urbano en países con déficit de cobertura, 2018**

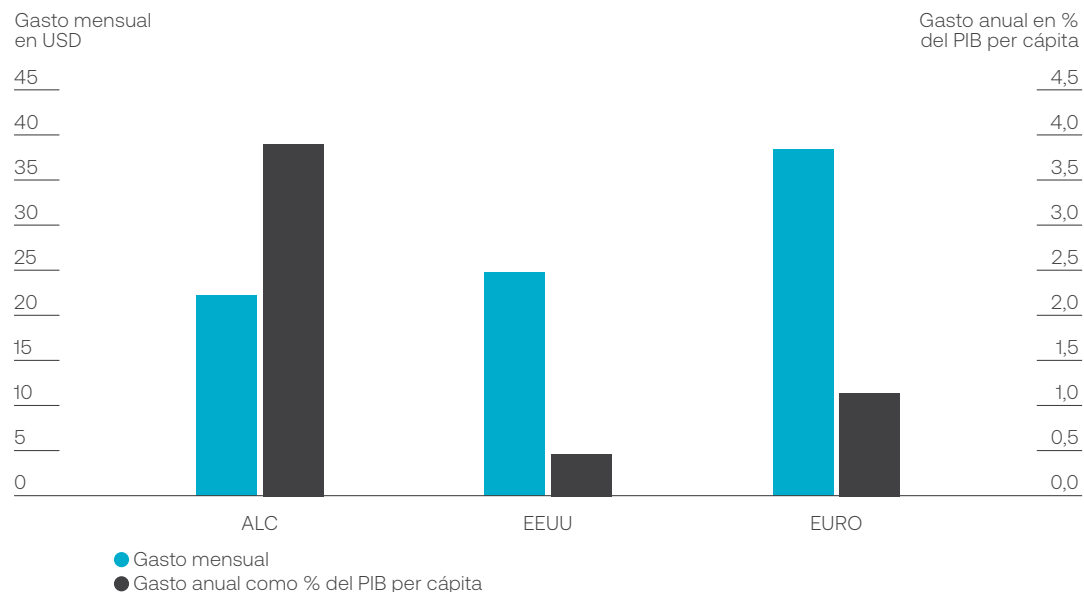
Fuente: Banco Mundial (2020).



Nota: Se seleccionaron países con acceso inferior al 99 %.

**Gráfico 3**  
**Tarifas eléctricas residenciales por regiones: gasto en USD para un consumo mensual de 200 kWh y gasto anual como porcentaje del PIB per cápita, 2018**

Fuente: GPR Economía (2020).

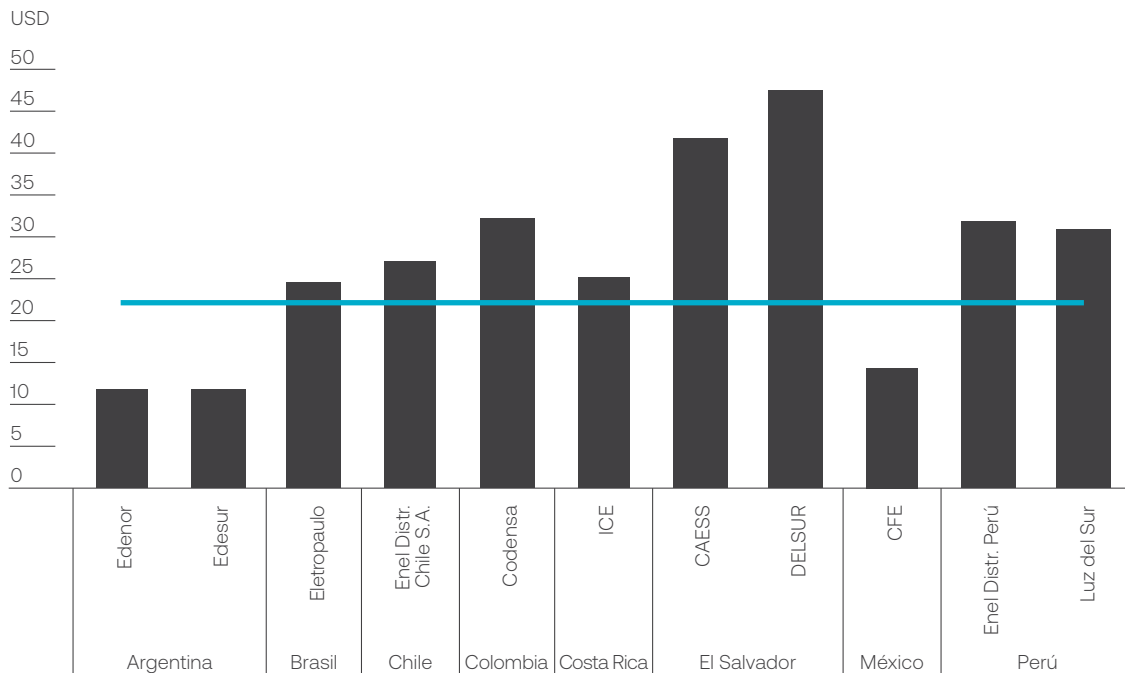


Notas: Los datos para ALC corresponden a diciembre de 2018 e incluyen a Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, El Salvador, México y Perú; los datos de Europa corresponden al segundo semestre de 2018; los datos para EE.UU. son el precio promedio residencial en febrero de 2019.



**Gráfico 4**  
**Tarifas eléctricas residenciales por países, para un consumo mensual de 200 kWh,**  
**diciembre de 2018**

Fuente: GPR Economía (2020).



Notas: Los valores corresponden a tarifas base, sin impuestos. El cálculo para Colombia se basa en el consumo de clientes del estrato 4 de la población (sin subsidios). El cálculo para México utiliza la tarifa 1 (tradicional para uso doméstico con consumo bajo o medio). En algunos países puede existir una tarifa social explícita.

La asequibilidad del servicio es un factor elemental para que la población pueda utilizar el mismo. Como indicador indirecto para analizar esta dimensión se pueden utilizar las tarifas residenciales para un determinado nivel de consumo (el Gráfico 3 realiza una comparación regional para un consumo de 200kWh/mes).

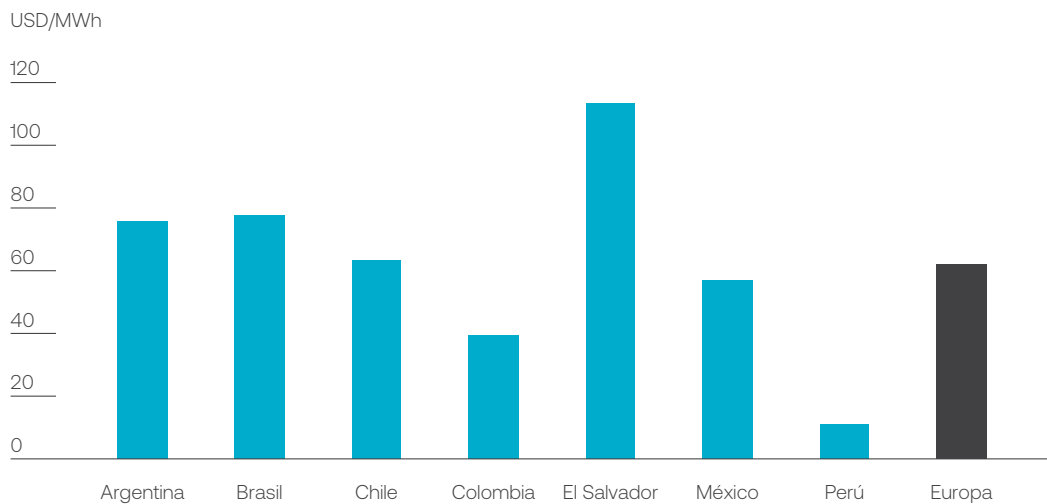
En términos nominales, las tarifas de la región son similares a las de Estados Unidos y se encuentran muy por debajo de los niveles de Europa. Las razones pueden ser varias, destacándose la influencia de la distribución de la matriz energética (participación de la energía hidráulica, que abarata los costos de generación) y de las políticas de subsidios (que afectan a los niveles y las estructuras de los esquemas tarifarios). Sin embargo, al comparar las tarifas en términos de PIB per cápita, la situación es otra: en ALC ese valor es del 3,9 %, más de 3 puntos porcentuales por encima de Estados Unidos (0,5 %) y tres veces más que en Europa (1,16 %).

La situación individual de distintos países latinoamericanos se ilustra en el Gráfico 4, donde se observan situaciones dispares, con casos que exceden los USD 30 (Colombia y Perú) y otros con niveles por debajo de los USD 15 (Argentina y México).

Las tarifas finales (para todo tipo de usuarios) están compuestas por los costos de las diversas etapas del sistema (generación, transporte, distribución y comercialización), a los que se suman generalmente impuestos o subsidios. Los costos de generación normalmente representan una proporción importante de la tarifa. De este modo, la comparación de los costos medios de generación permite establecer una brecha relativa en la dimensión de costos del sistema entre los distintos países, esto es, qué tan costoso es producir un MWh en los distintos sistemas nacionales. El Gráfico 5 presenta la comparación de los precios de la energía para entrega inmediata (*spot prices*) en los países de

**Gráfico 5**  
Precios de la energía eléctrica para entrega inmediata  
en los países seleccionados, 2018

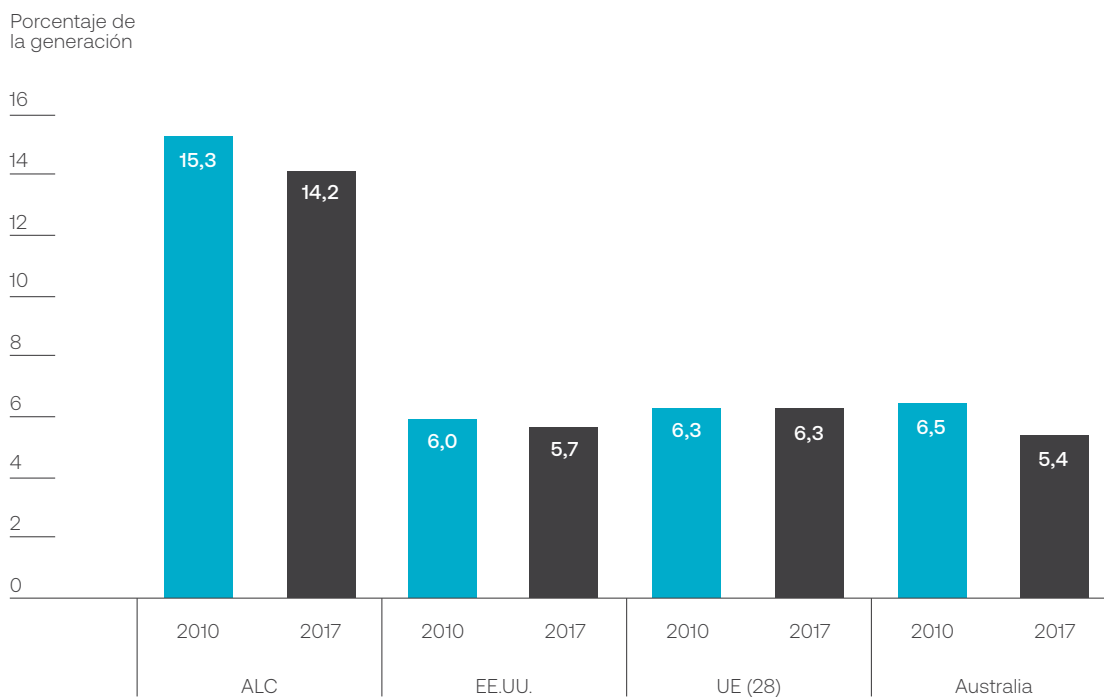
Fuentes: GPR Economía (2020).



Notas: El valor de México corresponde a diciembre de 2018.

**Gráfico 6**  
Pérdidas totales en electricidad en diferentes regiones  
y países del mundo, 2010 y 2017

Fuente: AIE (2019a).



## La cobertura en electricidad es prácticamente universal, excepto en áreas rurales en pocos países. La tarifa residencial es elevada en términos de ingreso per cápita.



ALC y en Europa (promedio regional) para el año 2018, destacándose los niveles en Colombia y Perú, por un lado, y los costos de Argentina y Brasil, por otro (en América Central los niveles pueden superar los USD 100 por MWh).<sup>6</sup>

Las pérdidas totales del sistema eléctrico suelen ser una medida relevante para analizar la eficiencia del sector y los costos de provisión de la energía eléctrica en un sistema determinado. Las pérdidas de distribución no técnicas, además, pueden tener una interpretación de política social (ver la sección “Políticas sociales” del Capítulo 4). El Gráfico 6 muestra las pérdidas totales en electricidad para ALC, Estados Unidos, Europa y Australia en los años 2010 y 2017. Las pérdidas en ALC superan ampliamente las de las regiones y países restantes. Gran parte de esta diferencia se debe a las pérdidas no técnicas, que pueden tomar la siguiente forma: consumo ilegal (robo), alteraciones en la medición (fraude), electricidad no contabilizada (en general, para iluminación en espacios públicos o abastecimiento de electricidad a usuarios “no medidos”)<sup>7</sup> o errores de gestión administrativa, contable o de manejo de clientes.

Por su parte, el Gráfico 7 muestra la disparidad en las pérdidas totales en países seleccionados de la región. Algunos de ellos registran pérdidas a un nivel comparable con el de países desarrollados, como es el caso de Chile y Colombia (en este caso, se nota una mejora significativa en 2017 con relación a 2010), y otros casi los triplican, como Brasil y Argentina. La variación de las pérdidas ha sido muy dispar entre 2010 y 2017, con países que lograron fuertes mejoras, como Chile, Colombia y México (con reducciones de 2,9, 8,4 y 2,4 puntos, respectivamente), y países con peor desempeño, como Argentina y El Salvador (con incrementos de 2,4 y 2 puntos, respectivamente).

Por último, los indicadores usualmente utilizados para aproximar la calidad del servicio eléctrico son el índice de duración promedio de las interrupciones del sistema (SAIDI, por sus siglas en inglés) y el índice de frecuencia promedio de interrupciones del sistema (SAIFI, por sus siglas en inglés). El Gráfico 8 presenta estos índices para un grupo de países de ALC y los compara con los de Estados Unidos y Europa. Es necesario aclarar que la comparación de estos índices es compleja ya que la metodología de medición no es igual en las distintas regiones. Sin

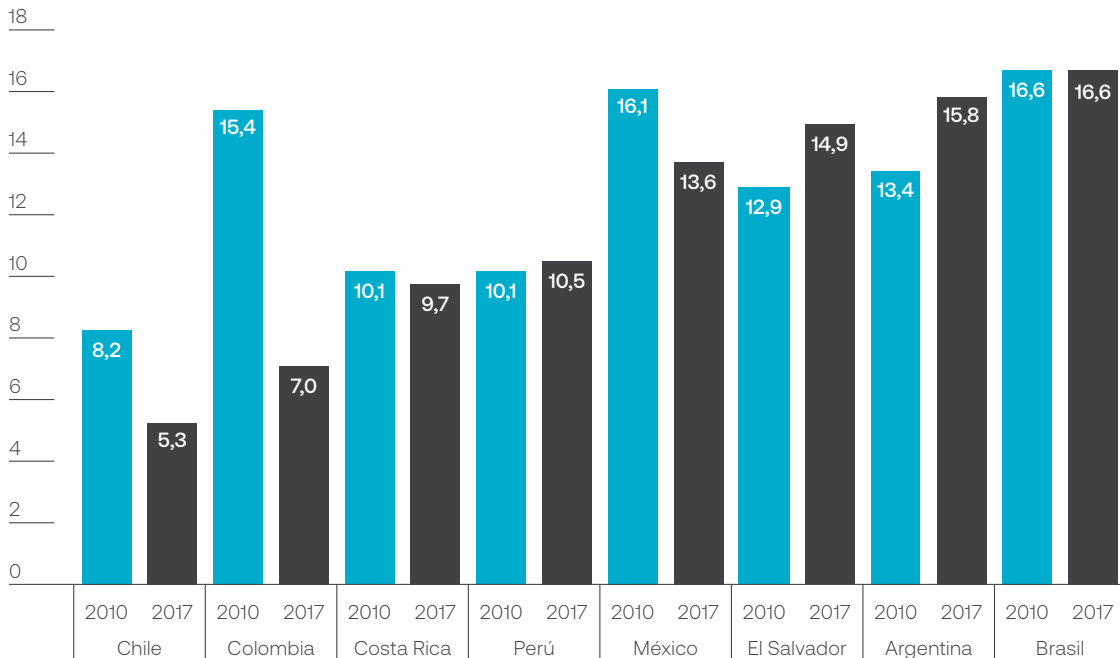
<sup>6</sup> Esta información se presenta a modo ilustrativo y cualquier comparación debe hacerse con cuidado, según el objetivo buscado. Realizar una comparación homogénea es muy complejo, ya que se debe tener presente que tanto los recursos energéticos de cada país (activos físicos, la composición de la matriz energética) como su política energética (en particular, si se subsidia el sector) determinan los precios de generación.

<sup>7</sup> Por ejemplo, en Córdoba, Argentina, la distribuidora EPEC distingue dos categorías de tarifa social provincial, una para consumo medido y otra para consumo no medido (en este caso, la tarifa es un monto equivalente a 200 kWh mensuales).

**Gráfico 7**  
**Pérdidas totales en electricidad en países de ALC, 2010 y 2017**

Fuente: AIE (2019a).

Porcentaje de  
la producción



embargo, se destaca que la calidad del servicio se encuentra muy alejada de los estándares de países avanzados. Las implicancias de estas interrupciones para la economía y la productividad pueden ser importantes cuando esas interrupciones son de gran magnitud y duración. Los cortes en ciudades afectan el transporte de pasajeros electrificado, el tránsito (cuando quedan afectados los sistemas de señalización), el suministro de agua potable, el funcionamiento de ascensores, la actividad comercial e industrial, junto con los servicios de logística urbana (sobre todo los dependientes de la cadena de frío), los sistemas de refrigeración y de calefacción (cuando éstos dependen de electricidad), etc.<sup>8</sup>

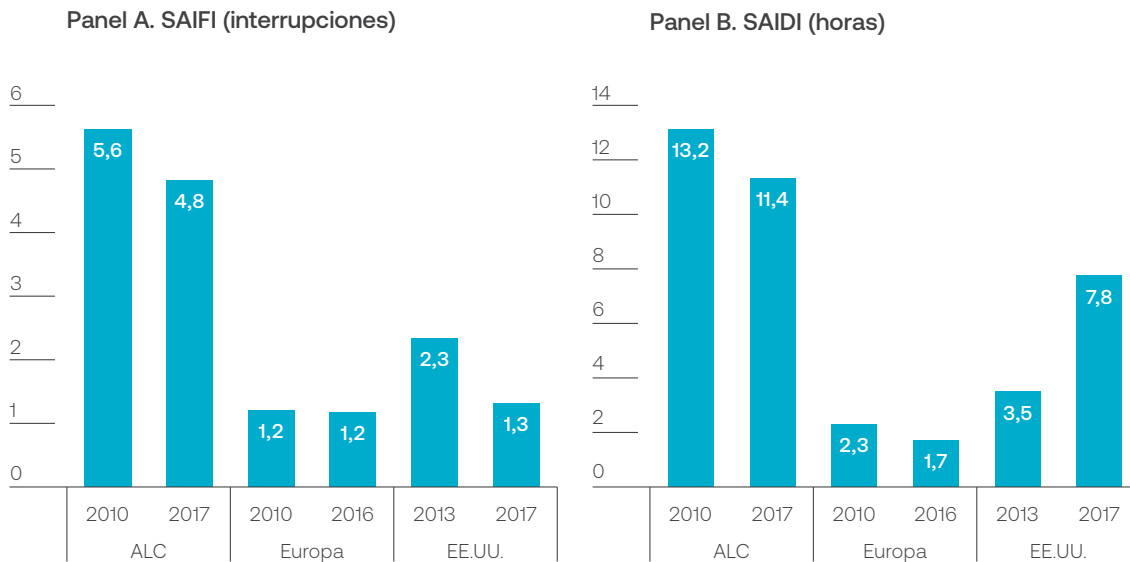
Este mismo análisis se puede realizar de forma individual para países seleccionados de ALC. Los Gráficos 9 y 10 reflejan la evolución de los indicadores SAIFI y SAIDI de las principales distribuidoras de los países de ALC en el período 2010-2018.

Una primera observación es la diferencia en los indicadores de la región, que están muy por encima de los correspondientes a Europa y Estados Unidos (aunque este último país ha mostrado un fuerte incremento en la duración de los cortes entre 2013 y 2017). En segundo lugar, dentro de la región, las historias individuales de estos índices son muy variadas. México es el país con mejor desempeño en términos de SAIDI y SAIFI (los datos excluyen a

<sup>8</sup> En febrero de 1999, hubo un incidente en el área atendida por Edesur (mitad sur del Área Metropolitana de Buenos Aires) que dejó sin electricidad a más de 150.000 usuarios residenciales (entre 300.000 y 500.000 personas) y comerciales durante más de 10 días. Este apagón afectó las condiciones de vida de los usuarios (ocurrió en un mes de verano) y causó grandes pérdidas económicas, estimadas en USD 400 millones en el caso de usuarios particulares y USD 750 millones en el sector comercial, y conllevó una multa de USD 70 millones para la distribuidora. La valorización económica de estos incidentes es común en otros países (por ejemplo, los causados por eventos naturales, como huracanes, terremotos o tsunamis).

**Gráfico 8**  
**Indicadores de calidad (SAIFI y SAIDI) en ALC, Estados Unidos y Europa,**  
**años seleccionados**

Fuente: GPR Economía (2020).



Notas: Para ALC, se toma como referencia los SAIDI (duración promedio de interrupción del sistema) y SAIFI (frecuencia promedio de interrupción del sistema) de las principales distribuidoras de cada país, excepto en el caso del SAIDI de Chile (dato nacional). Para Europa, se consideran el SAIDI y el SAIFI planeado y no planeado (incluyendo eventos excepcionales). Para EE. UU., se toman el SAIDI y SAIFI incluyendo eventos de fuerza mayor.

la empresa CFE Transmisión). Desde 2015, este país tiene menos de una interrupción al año, cuya duración es inferior a 30 minutos. Entre los países con peor desempeño se encuentran Colombia, con un máximo de 12 interrupciones en 2014 y actualmente de 9, aunque con valores de SAIDI cercanos a la media de los países comparados, y Argentina, con una interrupción cada 1,6 meses de una duración promedio superior a las 25 horas (aunque con una tendencia a la mejora en los últimos años de la muestra).

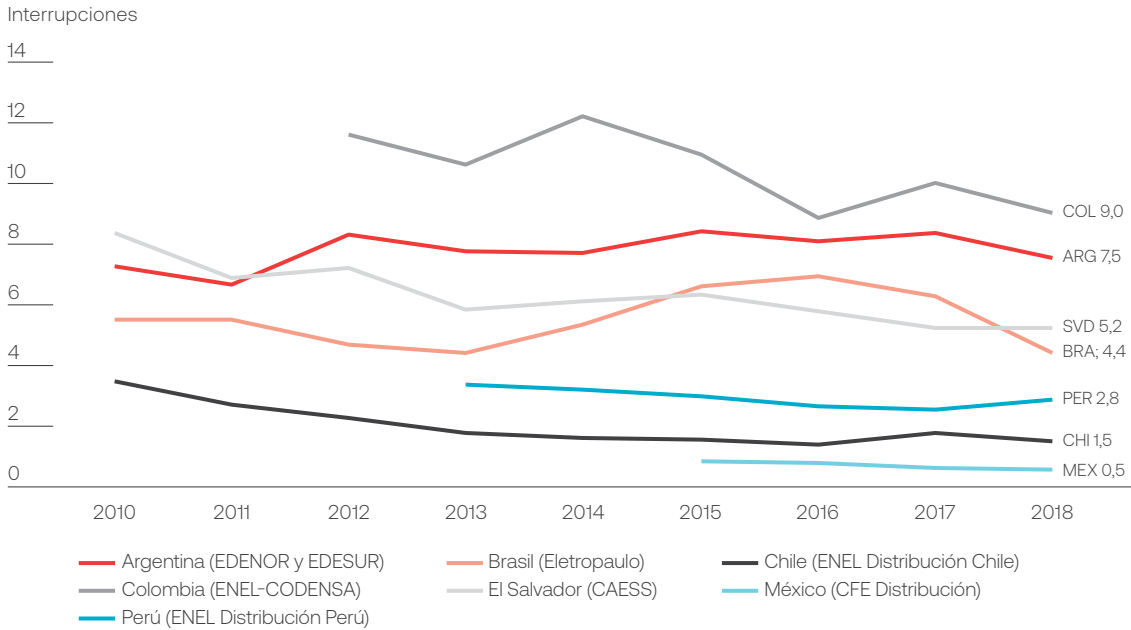
A modo de síntesis, la situación actual de los países no está muy alejada de alcanzar una cobertura total, con la excepción del acceso rural en algunos países (por ejemplo, Perú). Las tarifas en el sector son bajas en términos

nominales, debido, en parte, a que poseen fuentes de generación más baratas,<sup>9</sup> aunque las empresas no sean eficientes (las pérdidas de electricidad duplican los valores de otras regiones). Sin embargo, las tarifas son altas en términos de ingreso per cápita en comparación con otras regiones (EE.UU. y Europa), mientras que la calidad del servicio se encuentra muy alejada de los estándares de países avanzados, con índices de interrupciones (en frecuencia y duración) que triplican los valores de Europa y duplican los de Estados Unidos.

<sup>9</sup> Dependiendo del país (o región del país) y del momento, las tarifas pueden incorporar un componente de subsidio. Por ejemplo, Argentina mantuvo un subsidio explícito en la tarifa de la energía eléctrica para el Área Metropolitana de Buenos Aires hasta el año 2015 y en el precio mayorista de la energía, incorporado en la tarifa para usuarios del resto del país. Entre los años 2016 y 2018, esos subsidios se redujeron fuertemente (aunque no se eliminaron) y se sustituyeron por esquemas de tarifa social. Otras formas de subsidio se centran en las primeras unidades de consumo, dentro de tarifas en bloques crecientes (que fijan precios bajos en las primeras unidades de consumo, como, por ejemplo, en la ciudad argentina de Córdoba y en Brasil, México o Uruguay) o tarifas por estratos (Colombia).

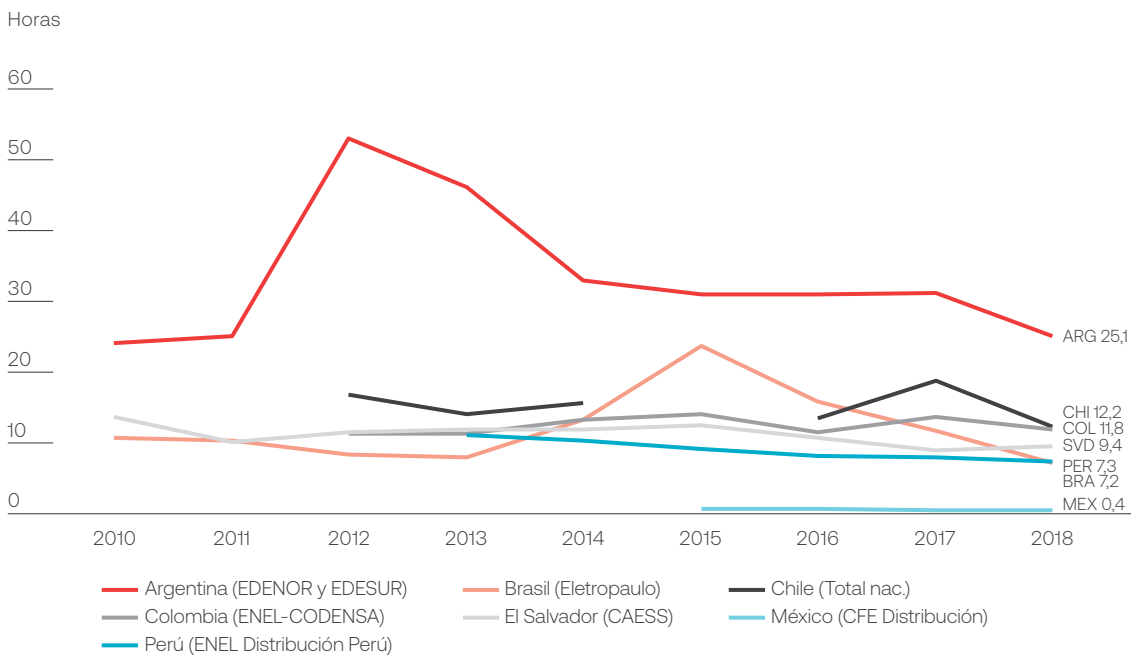
**Gráfico 9**  
**Evolución del SAIFI (interrupciones)**  
**en las principales distribuidoras de cada país, 2010-2018**

Fuente: GPR Economía (2020).



**Gráfico 10**  
**Evolución del SAIDI (horas)**  
**en las principales distribuidoras de cada país, 2010-2018**

Fuente: GPR Economía (2020).



### Informalidad en el sector de la energía eléctrica

La informalidad en el sector de la energía eléctrica se manifiesta de dos formas: (i) los usuarios sin una conexión formal a la red (denominadas conexiones ilegales o informales) se apropian ilegalmente de la energía o (ii) los usuarios modifican los equipos de medición para registrar niveles de consumo eléctrico más bajos que los reales. Estos actos ilícitos son uno de los motivos de las pérdidas no técnicas. En vista de los indicadores presentados en los Gráficos 6 y 7, en ALC las pérdidas son un problema serio de eficiencia. El porcentaje de conexiones clandestinas en países de la región se puede estimar a partir de la encuesta de hogares realizada por CAF (ECAAF)<sup>10</sup> en 2019. El Gráfico 11 muestra que las conexiones clandestinas en los países encuestados no superan el 6 % (hay que considerar que la encuesta se realiza solamente en las principales ciudades de cada país).

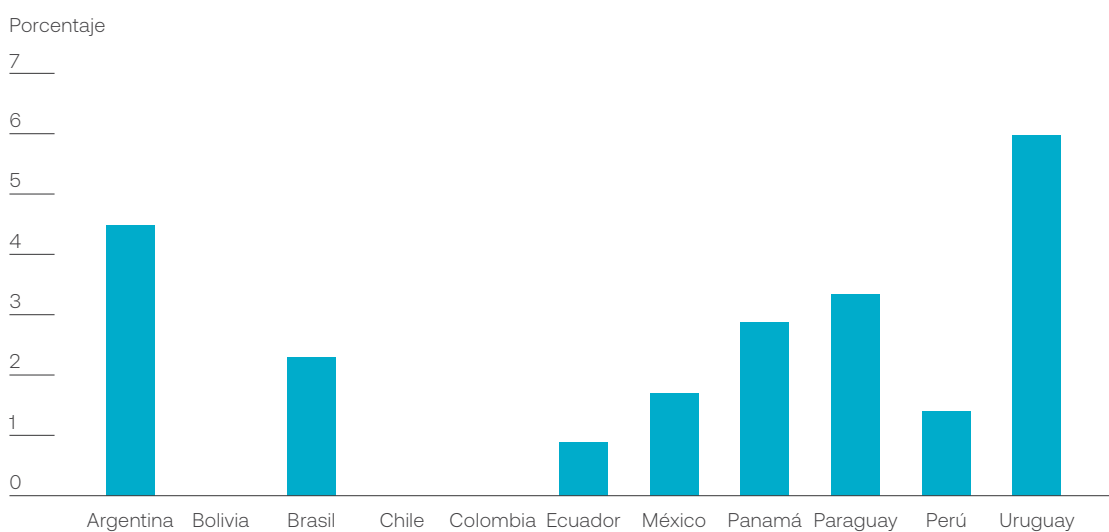
La informalidad en el sector suele deberse a diversos factores combinados que no siempre dependen directamente de la gestión de la empresa eléctrica. Uno de esos factores puede

ser el resultado de aumentos de los precios o de los bajos ingresos de la población. También es posible que la informalidad (el robo de electricidad o fraude) sea una respuesta a la percepción de un servicio de baja calidad o un deficiente monitoreo por parte de las empresas. Otra explicación es la baja propensión a pagar por los servicios públicos en estos contextos socioculturales, o la imposibilidad de conexión debido a la falta de títulos de propiedad (Jiménez, Serebrisky y Mercado, 2014).

El último de estos factores es muy común en ALC debido al aumento de la población y la expansión no planificada de las ciudades. Parte de este crecimiento urbano se ha dado mediante la ocupación informal de terrenos en las zonas periurbanas, favoreciendo la existencia de barrios populares o asentamientos precarios. Estas viviendas suelen estar conectadas de forma clandestina a la red de energía eléctrica. Por lo tanto, querer resolver el problema de informalidad en el sector de la energía eléctrica implica tener que caracterizar a la población objetivo con el fin de abordar el problema sin generar efectos redistributivos regresivos.

**Gráfico 11**  
**Porcentaje de población que tiene electricidad mediante una conexión informal a la red pública en principales ciudades de cada país, 2019**

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la ECAF 2019.



<sup>10</sup> ECAF es una encuesta a individuos en hogares que realiza CAF anualmente desde 2008 en un conjunto de ciudades de América Latina para recoger información socioeconómica de los encuestados y un conjunto de características a nivel del hogar y de la vivienda. El cuestionario incluye preguntas de acceso, calidad y gasto en servicios de transporte urbano, seguridad, recolección de basura, agua, saneamiento, energía eléctrica, tipo y calidad de la vivienda, y medidas de satisfacción con la vida, la vivienda y la seguridad.

## Transporte urbano de pasajeros

Las personas utilizan el transporte urbano para acceder a derechos básicos (educación, trabajo, salud y cuidados, entre otros), a múltiples actividades y a otros servicios, convirtiéndose en una prestación clave en la vida diaria de la población. Dado este rol, el desafío para las autoridades urbanas es planificar la movilidad de forma que la población se pueda trasladar de manera rápida y segura dentro de un marco integral de transporte que debe balancear accesibilidad, eficiencia, calidad, seguridad (vial y personal) e impacto ambiental.

Los distintos modos de transporte pueden alcanzar estas características deseadas de forma diferencial. Por ejemplo, un modo privado de transporte (vehículo propio) ofrece al usuario un amplio acceso y le permite transportarse de forma cómoda y segura, pero es una alternativa costosa que, a su vez, tiene efectos ambientales y de congestión. El transporte público masivo, por su parte, presenta desafíos relacionados con minimizar el tiempo de viaje, proveer un mayor acceso a los servicios, ser eficiente en los costos de provisión y brindar una prestación cómoda y segura, entre otros.

El servicio de transporte responde a las necesidades de movilidad de la población, las cuales están determinadas por las características

### Cuadro 2 Segmentación de las ciudades estudiadas

Fuente: Elaboración propia con base en datos de Naciones Unidas (2018b), Steer (2020), CAF (2015) y la ECAF 2019.

Categoría	Ciudad	Población (2020)	EOD	ECAF	OMU
Muy grandes	São Paulo, Brasil	22.043.028	✓	✓	✓
	Ciudad de México, México	21.782.378	✓	✓	✓
	Buenos Aires, Argentina	15.153.729	✓	✓	✓
	Bogotá, Colombia	10.978.360	✓	✓	✓
	Lima, Perú	10.719.188		✓	✓
	Santiago, Chile	6.767.223	✓	✓	✓
Grandes	Recife, Brasil	4.127.092			✓
	Medellín, Colombia	4.000.263			✓
	Asunción, Paraguay	3.336.562		✓	✓
	Cali, Colombia	2.781.980	✓		✓
	Quito, Ecuador	1.873.763		✓	✓
	Ciudad de Panamá, Panamá	1.860.291		✓	✓
	La Paz, Bolivia	1.857.797		✓	
	Montevideo, Uruguay	1.752.388		✓	✓
	Rosario, Argentina	1.532.128	✓		✓
	Valparaíso, Chile	983.751	✓		✓
Pequeñas / medianas	Temuco, Chile	341.951	✓		
	David, Panamá	206.658	✓		



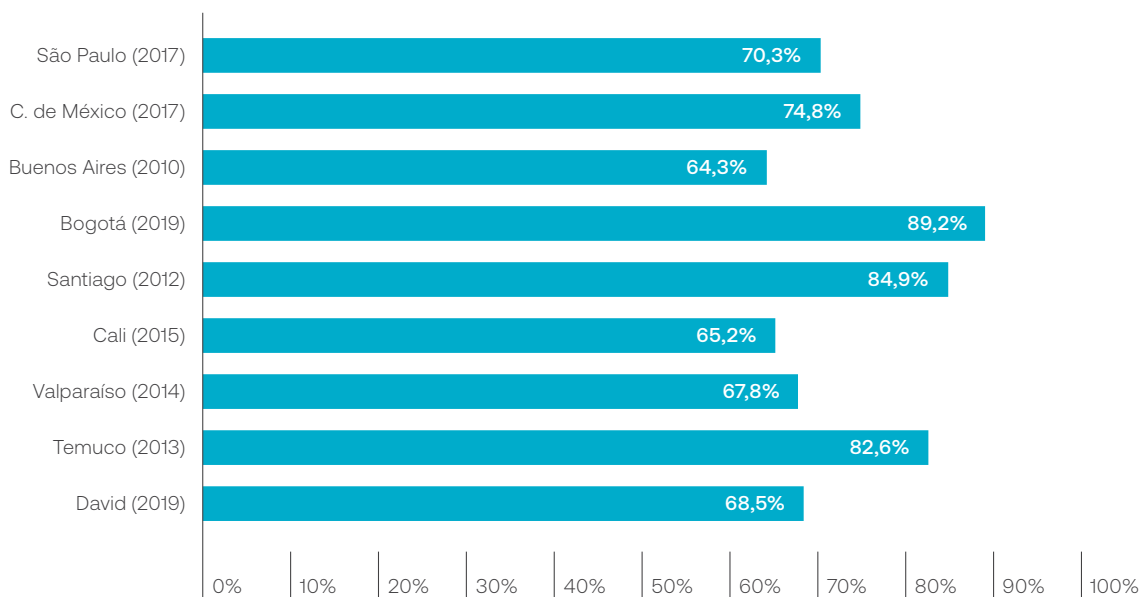
de las ciudades.<sup>11</sup> El Cuadro 2 presenta una muestra de ciudades agrupadas, según su población, en muy grandes, grandes y pequeñas/medianas. En estudios sectoriales, la caracterización suele ser más amplia, considerando dimensiones adicionales, como el relieve y la extensión en kilómetros cuadrados, entre otras.<sup>12</sup>

Un primer indicador para caracterizar las brechas de servicios es el porcentaje de población que realiza viajes (Gráfico 12). Este indicador captura a quienes efectivamente se desplazan, pero no

permite distinguir las razones por las cuales el resto de la población no realiza viajes (por ejemplo, entre quienes tienen la capacidad de hacerlo y quienes no). No se detecta una relación entre este porcentaje y el tamaño de la ciudad, habiendo, por ejemplo, ciudades muy grandes donde la proporción de población que viaja es menor (Buenos Aires) que en las ciudades del mismo grupo o en algunas grandes, y otras donde esta proporción es significativamente mayor (Bogotá). Lo mismo sucede con las ciudades pequeñas/medianas con relación a algunas grandes (como Temuco y Valparaíso).<sup>13</sup>

**Gráfico 12**  
**Porcentaje de población que realiza viajes**

Fuente: Steer (2020).



Notas: El año corresponde al de realización de las respectivas EOD. Las ciudades están ordenadas de mayor a menor tamaño de población, según datos del Cuadro 2.

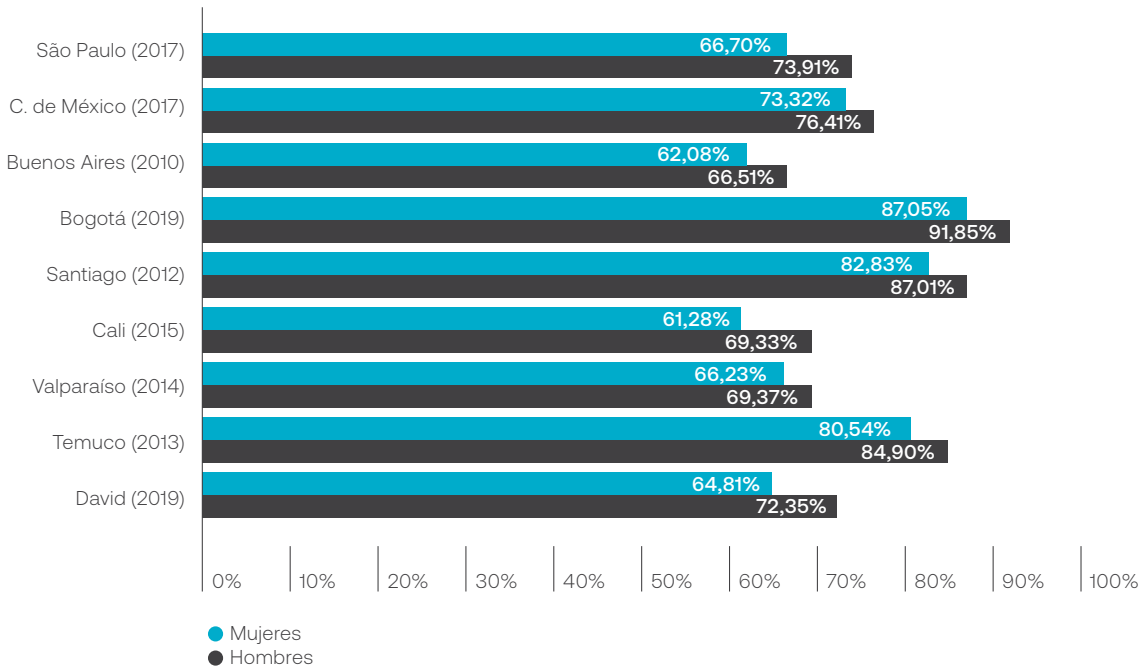
<sup>11</sup> La situación de pandemia causada por el COVID-19 evidenció la importancia de generar cambios estructurales en el modo de vida, reduciendo viajes y desarrollando un modelo de hábitat cercano y sostenible. La reducción de viajes y de tiempos de viaje se puede lograr con una distribución geográfica de servicios esenciales a distancias cortas de la población. En la medida que se vaya implementando, este cambio de paradigma tendrá implicancias para la movilidad en el mediano y largo plazo.

<sup>12</sup> Las ciudades consideradas en este reporte corresponden a tres fuentes: las analizadas en la nota sectorial de Steer (2020) según la disponibilidad de Encuestas de Origen-Destino (EOD); las ciudades cubiertas por el Observatorio de Movilidad Urbana (OMU) con información para las dos mediciones existentes (2007 y 2014), y las cubiertas por la ECAF 2019.

<sup>13</sup> Esto puede deberse a diferencias en las distintas encuestas respecto de los viajes reportados u omitidos o a problemas muestrales. En todo caso, conviene tener presente que las encuestas, y en particular las EOD, son ejercicios estadísticos que tienen asociado un error muestral. La comparación entre ciudades debe realizarse con cuidado dado que pueden existir diferencias metodológicas con respecto al corte temporal, el muestreo, la metodología de expansión y los días de la semana que se consideran para la encuesta, entre otros aspectos.

**Gráfico 13**  
**Porcentaje de población que realiza viajes desagregado por género**

Fuente: Steer (2020).



Notas: El año corresponde al de realización de las respectivas EOD. Las ciudades están ordenadas de mayor a menor tamaño, según los datos del Cuadro 2.

Al desagregar el indicador anterior por género (Gráfico 13), se observa que, en todas las ciudades analizadas, la proporción de hombres que viaja es mayor que la de mujeres. Este resultado puede obedecer al papel que tradicionalmente los hombres y las mujeres han tenido dentro de la familia en la región.

Otro aspecto que permite caracterizar la movilidad es la intensidad con la que la población realiza los viajes. El Gráfico 14 compara la tasa de viaje por persona (incluyendo quienes no viajan) con Londres y Madrid en un día hábil. Las ciudades de Chile se destacan por su elevada tasa de viajes, en comparación con otras ciudades de la región, superando holgadamente los dos viajes diarios por persona. En el resto no se puede observar una relación entre el tamaño y la tasa de viajes. En algunas ciudades se explica en parte por una menor proporción de personas que viaja (Buenos Aires y Cali), pero no siempre es así (Valparaíso).

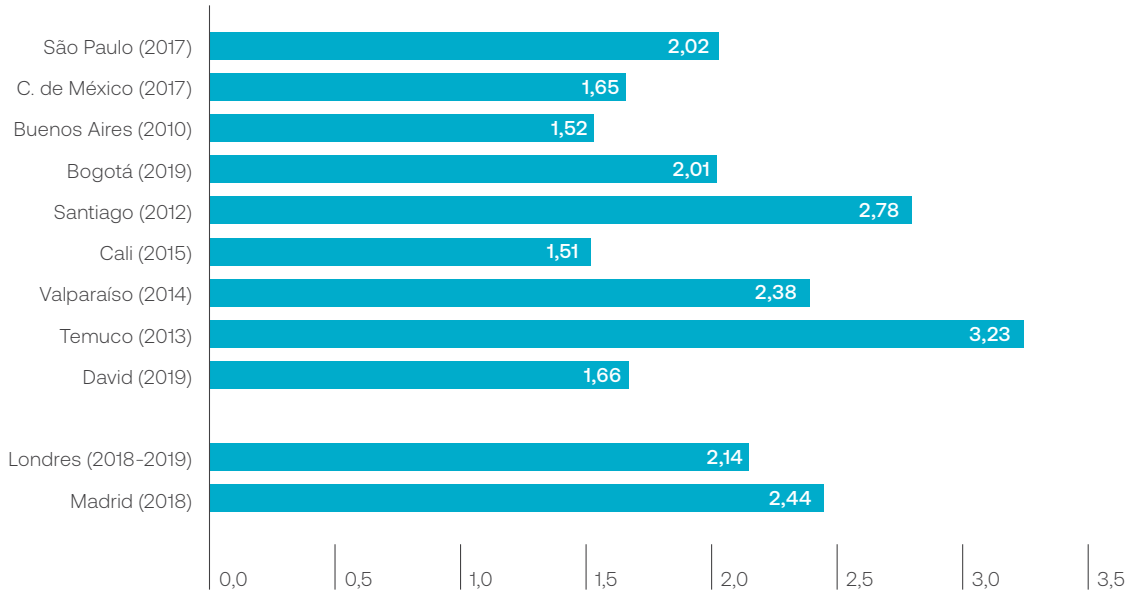
Comparando con Londres y Madrid, en general, la intensidad de viajes es menor en las ciudades analizadas de la región, excepto en Chile.

El indicador agregado puede ocultar brechas relativas por género, reflejadas en el Gráfico 15 mediante la tasa de viajes por género (considerando solo a las personas que viajan). En varias ciudades, la tasa de viajes es mayor para las mujeres (con diferencias entre 0,1 y 0,2 viajes en promedio); las excepciones son São Paulo, Cali y David. Analizadas en conjunto con la proporción de personas que viajan, es posible que este resultado esté asociado a dinámicas de desigualdad de género, en las que las mujeres realizan más viajes, pero más cortos, cerca de la casa y asociados al sostenimiento del hogar, mientras que los hombres realizan menos viajes, pero más largos, relacionados principalmente con el trabajo o la educación.<sup>14</sup>

<sup>14</sup> Estos resultados se analizan para el caso de Ciudad de México en Steer Mexico et al. (2020), pero requiere de una mayor investigación para el resto de las ciudades (Steer, 2020).

**Gráfico 14**  
**Tasa de viajes por persona en un día hábil**

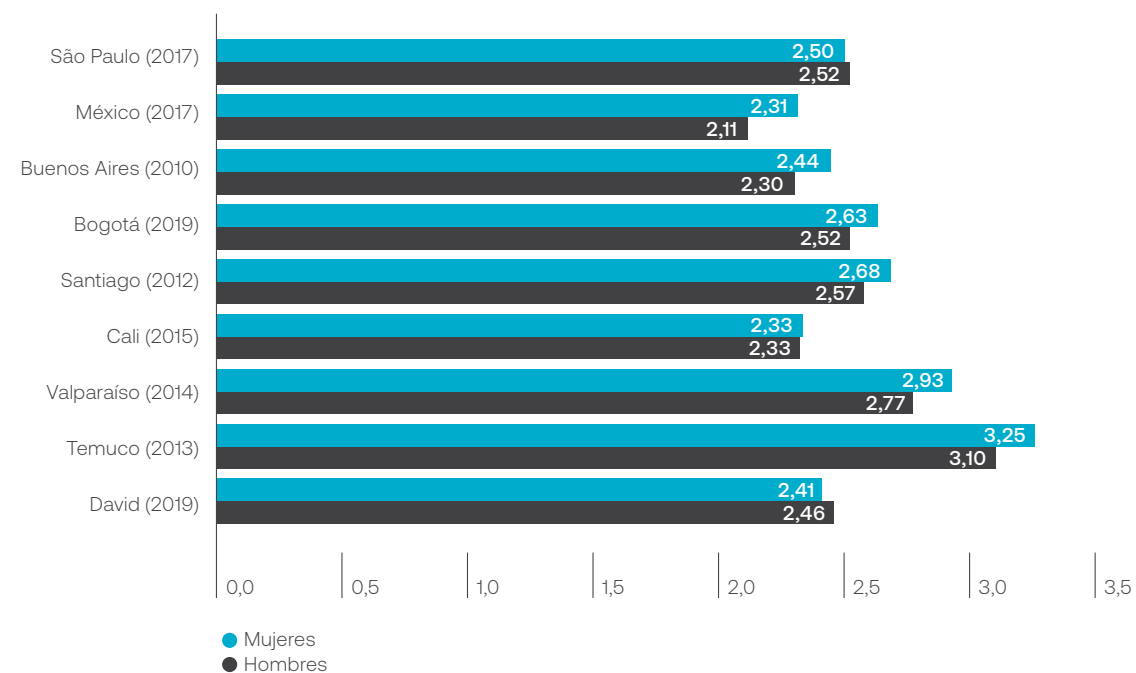
Fuente: Para datos de ALC, Steer (2020); para datos de Londres, Transport for London (2019); para datos de Madrid, Deloitte e IPD (2019).



Notas: El año corresponde al de realización de las respectivas EOD.

**Gráfico 15**  
**Tasa de viajes por persona que viaja en día hábil por género**

Fuente: Steer (2020).



Nota: El año corresponde al de realización de las respectivas EOD.

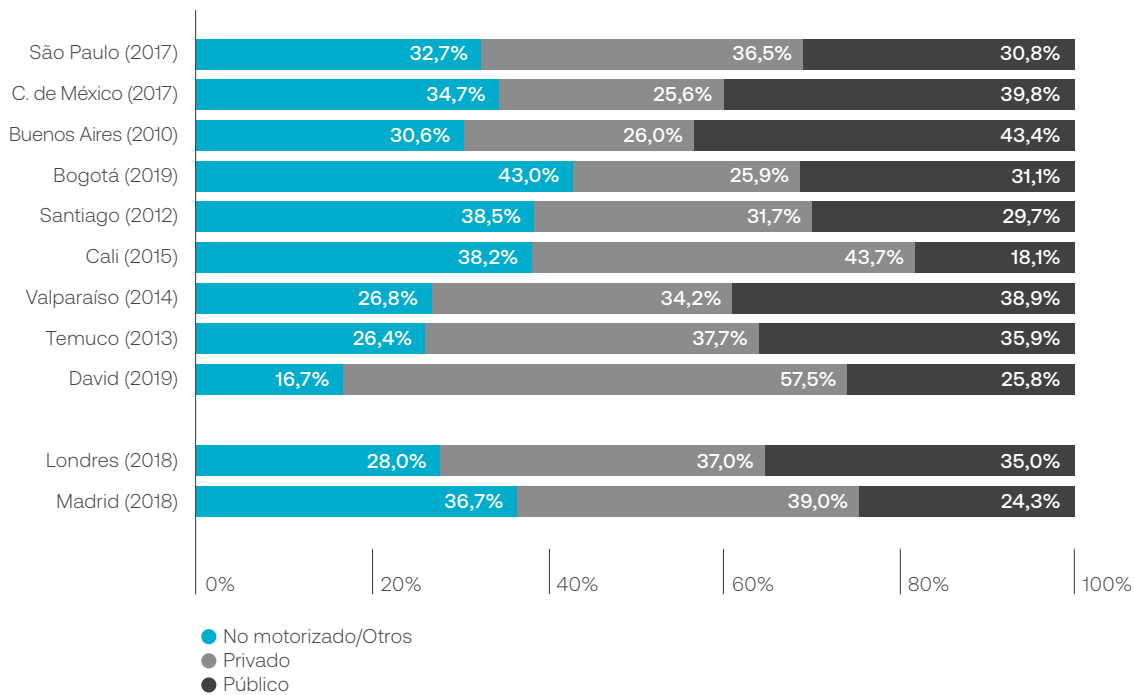
Por último, el Gráfico 16 ilustra la distribución de los viajes por modo de transporte.<sup>15</sup> En las ciudades muy grandes hay una alta participación del transporte público y los modos no motorizados. En contraste, las ciudades pequeñas/medianas presentan una predominancia de los modos privados de transporte. Por ejemplo, David es una ciudad muy pequeña que carece de un sistema de transporte público organizado (como les pasa a muchas ciudades pequeñas de la región), lo que puede explicar la menor participación del transporte público en su distribución modal de viajes. Comparando las ciudades europeas, como Londres y Madrid, con las ciudades grandes ilustradas en el Gráfico 16, solo en Cali la participación de viajes en transporte privado es mayor. Sin embargo, en una comparación realizada por Rivas *et al.* (2019a) entre Belo Horizonte, Bogotá, Montevideo, Río de Janeiro, Santiago y São Paulo, el transporte privado aumentó su participación del 17 % al 24 % en un período

de aproximadamente 15 años, mientras que los desplazamientos en bicicleta y caminando aumentaron del 32 % al 36 %, lo que refleja una sustitución del transporte público.

En síntesis, la población que realiza viajes representa entre el 65 % y el 85 % del total en la mayoría de las ciudades de la muestra (aunque las EOD no permiten discernir si la gente no viaja por cuestiones de la oferta de los servicios de transporte o por cuestiones propias de la demanda). Al analizar la intensidad de los viajes, en promedio, las personas realizan al menos un viaje y medio por día (en las ciudades de Chile, Bogotá y São Paulo, exceden los dos viajes). Las mujeres presentan una mayor tasa de viajes que los hombres en casi todas las ciudades estudiadas, revelando dinámicas de género (posiblemente porque las mujeres realizan viajes asociados al sostenimiento del hogar y el cuidado de niños). En cuanto a la distribución

**Gráfico 16**  
**Porcentaje de viajes por modo de transporte en día hábil**

Fuente: Steer (2020).

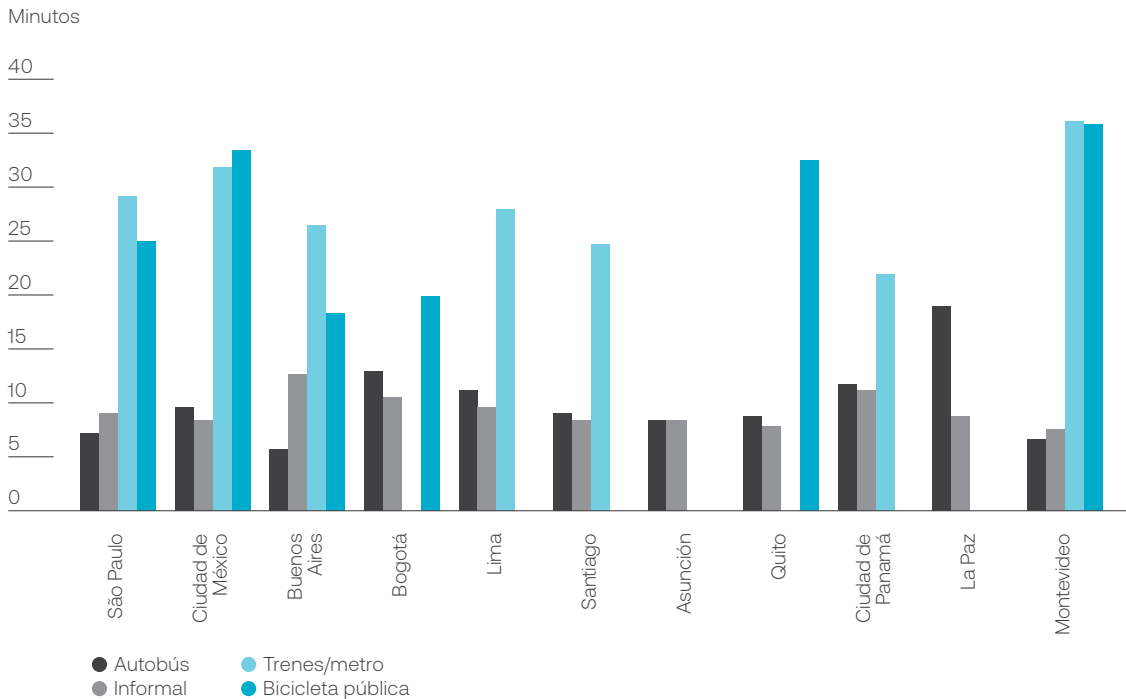


Nota: El año corresponde al de realización de las respectivas EOD.

<sup>15</sup> El transporte no motorizado incluye caminatas y bicicletas. En el caso del transporte privado, este no sólo incluye los vehículos propios, sino también el transporte público individual (taxis y similares).

**Gráfico 17**  
**Tiempo promedio de caminata para acceder a servicios de transporte**

Fuente: Elaboración propia con base en la ECAF 2019.



modal de los viajes, en la región se observa cierta heterogeneidad, habiendo ciudades en donde predomina el transporte público (generalmente en las ciudades grandes) y en otras, el privado (en las ciudades más pequeñas). Dado este contexto, a continuación se analizan las brechas de servicios presentes en el sector del transporte urbano de pasajeros, centrándose particularmente en el segmento de personas que utilizan estos servicios.

Un elemento fundamental del servicio de transporte es tener un fácil acceso. Esta dimensión se puede aproximar a través de la cobertura del sistema en un área definida (por ejemplo, dentro de un radio de 300 o 500 metros) o del tiempo que tardan los usuarios en llegar a la parada

o estación.<sup>16</sup> La ECAF 2019 permite evaluar la segunda alternativa para distintos modos de transporte (autobús, que es el modo representativo por su extensión y su capilaridad, trenes y metros, transporte informal<sup>17</sup> y bicicletas públicas).

El Gráfico 17 compara el tiempo promedio de caminata para acceder a los distintos modos y ofrece varias observaciones.<sup>18</sup> En primer lugar, el transporte por autobús es el de mayor cobertura, seguido por el transporte informal. En segundo lugar, el transporte informal presenta tiempos similares que el autobús, siendo más accesible en algunas ciudades (por ejemplo, en Bogotá y La Paz), y menos en otras (como en Buenos Aires), complementando los déficits del servicio formal.

<sup>16</sup> Cada una aporta información diferente. La cobertura de la población atendida permite aproximar el acceso teórico de toda la población. Por su parte, el tiempo que tardan los usuarios hasta la parada da idea de la distancia que deben cubrir quienes pueden acceder caminando (menor tiempo a mayor capilaridad), pero además brinda información complementaria asociada; por ejemplo, el tiempo de exposición de las personas a otros riesgos (como la inseguridad) durante el trayecto desde su hogar hasta el punto de inicio del transporte.

<sup>17</sup> En la ECAF 2019, el transporte informal incluye a los taxis colectivos, los minibuses, los vehículos todoterreno y las combis.

<sup>18</sup> La ECAF 2019 pregunta sobre el tiempo caminando en tres intervalos: menos de 10 minutos, entre 10 y 30 minutos y más de 30 minutos. El tiempo promedio se estima asignando un lapso a cada viaje, siendo este de 5 minutos para las caminatas del primer intervalo, 20 minutos para las caminatas del segundo intervalo y 45 minutos para el tercero.

En cuanto a los otros modos, los trenes o metros presentan una menor cercanía en general, debido a la rigidez natural en la infraestructura para proveer los servicios. Además, si bien ha habido despliegues de redes de bicicletas públicas, acompañadas en muchos casos por bicisendas para fomentar el uso seguro, este modo aún no presenta una distribución lo suficientemente capilar. Buenos Aires y Bogotá se destacan por tener puntos de acceso que insumen considerablemente menos tiempo (en promedio, por debajo de los 20 minutos) que en el resto de las ciudades que ofrecen el servicio.

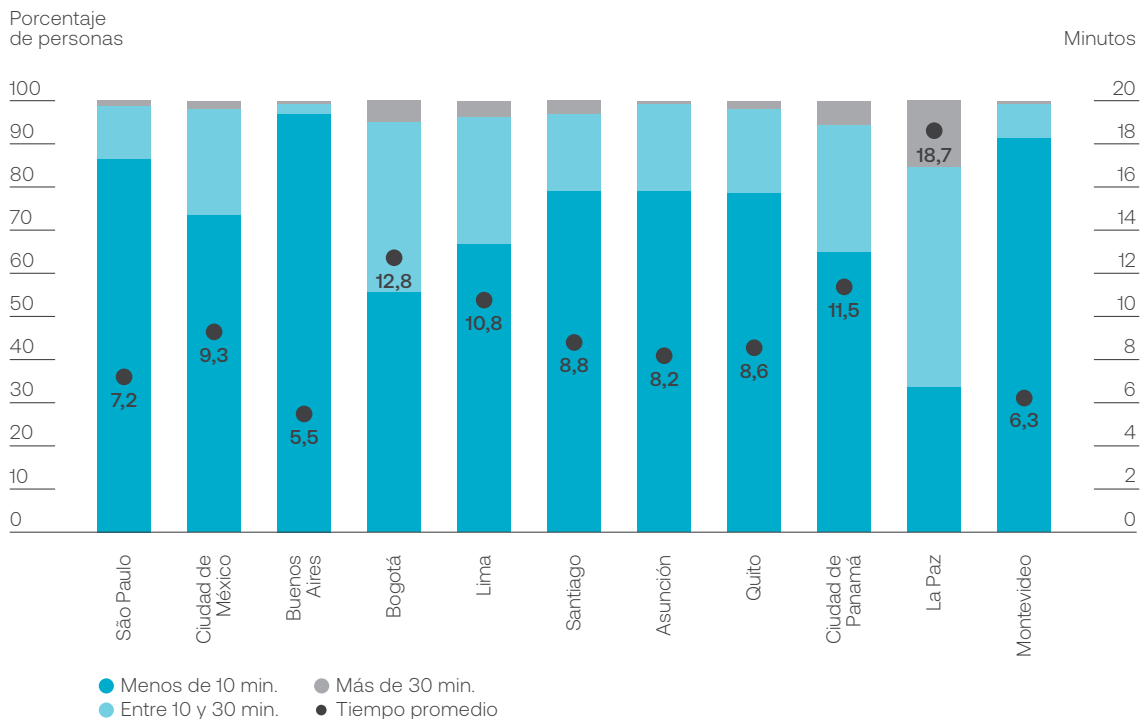
La deficiencia en el acceso a servicios formales de transporte público puede inducir a los usuarios a emplear modos informales (e inseguros), tanto para trasladarse hacia los destinos de viaje como para llegar a las paradas, lo que, además de incrementar el costo total del viaje, puede requerir de mayores tiempos de traslado, con eventuales consecuencias en la productividad, la vertebración familiar o la salud, entre otros efectos.

El Gráfico 18 se concentra en el transporte por autobús, identificando las caminatas hasta la parada según intervalos de tiempo de viaje. Se observa un contraste entre ciudades, sin una relación según su tamaño. Por ejemplo, en Buenos Aires, Montevideo y São Paulo más del 80 % de las personas encuestadas dice poder acceder al autobús en menos de 10 minutos, mientras en La Paz ese porcentaje es inferior al 35 %. En términos generales, menos del 5 % de las personas en las ciudades analizadas requieren más de 30 minutos de caminata, siendo las excepciones Ciudad de Panamá, Bogotá y La Paz. Esto se ve reflejado en los tiempos promedio de caminata para llegar a una parada de autobús.

La brecha de servicios en la dimensión de acceso es un asunto importante en ciudades como La Paz y Bogotá, donde se requieren mayores caminatas para acceder al transporte. Otras ciudades, como Ciudad de Panamá y Lima, también muestran deficiencias al respecto, puesto que más del 30 % de las personas encuestadas tiene dificultades de acceso, indicando una posible falta de capilaridad del servicio.

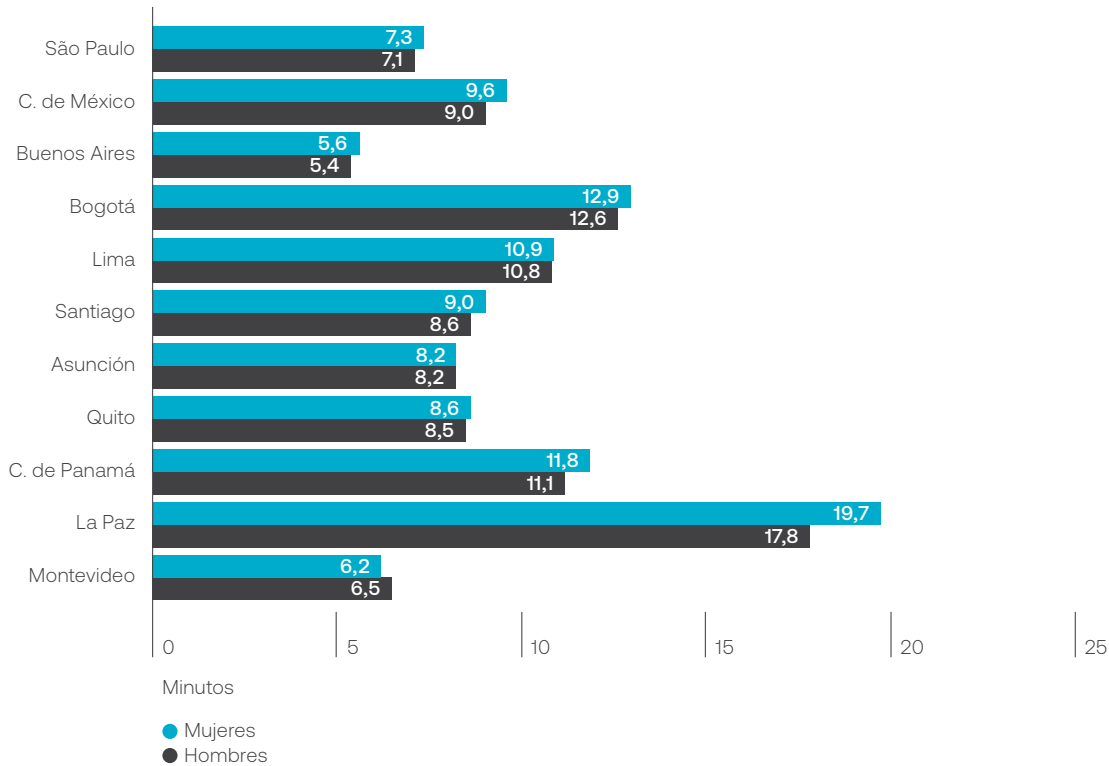
**Gráfico 18**  
**Tiempo de caminata para acceder al servicio de autobús**

Fuente: Elaboración propia con base en la ECAF 2019.



**Gráfico 19**  
**Tiempo promedio de caminata para acceder al servicio de autobús por género**

Fuente: Elaboración propia con base en la ECAF 2019.



El tiempo de caminata hasta la parada del autobús puede, a su vez, descomponerse por género (Gráfico 19). Con excepción de La Paz, en general no se observan diferencias significativas en el tiempo de caminata entre hombres y mujeres. No obstante, la necesidad de realizar largas distancias a pie para acceder a la parada del autobús afecta a la comodidad y expone a las personas a situaciones de inseguridad (siendo esto particularmente importante ante el agravamiento de la vulnerabilidad de género). Por lo tanto, la implementación de medidas (mayor expansión de las redes) o tecnologías (que se desarrollarán en los siguientes capítulos de este reporte) o una mayor calidad del espacio público (veredas, iluminación y presencia de cámaras de seguridad, entre otros) pueden reducir la exposición a estas situaciones.

Por otro lado, el concepto de calidad del servicio de transporte se puede medir en función del tiempo, la seguridad y la comodidad del viaje (especialmente con atención a la dimensión de género). Este último aspecto, a su vez, se

aproxima analizando la frecuencia y el nivel de ocupación del servicio de transporte público.

El Cuadro 3 reporta el tiempo promedio de viaje por tipo de transporte y su desviación estándar. Los viajes en transporte público en las ciudades muy grandes tienden a insumir más tiempo que en el resto, lo cual es un resultado esperable debido en parte a la mayor distancia (y congestión) que implicarían los viajes. No obstante, al analizar los tiempos de viaje en transporte privado, salvo en los casos de Bogotá y Ciudad de México, estos tienden a ser similares entre las distintas categorías de ciudades. Los tiempos de viaje en modos no motorizados, por corresponder a distancias relativamente cortas, son más homogéneos entre ciudades, con duraciones de aproximadamente 15 minutos por viaje. Comparando con Madrid, las ciudades grandes y muy grandes presentan un tiempo de viaje en transporte público considerablemente mayor, siendo más del doble en el caso de Bogotá. Madrid tiene una red de cercanías y subterránea muy desarrollada, que permite

**Cuadro 3**  
**Tiempo de viaje por modo de transporte (en minutos)**

Fuente: Steer (2020) y Deloitte e IPD (2018).

Ciudad y año EOD	No motorizado		Privado		Público	
	Promedio	Desvío Estándar	Promedio	Desvío Estándar	Promedio	Desvío Estándar
São Paulo (2017)	13	10	26	23	65	37
Ciudad de México (2017)	17	13	42	35	67	40
Buenos Aires (2010)	16	18	28	35	53	42
Bogotá (2019)	25	39	54	66	86	60
Santiago (2012)	14	13	32	29	58	39
Cali (2015)	17	20	29	27	58	35
Valparaíso (2014)	14	12	27	28	40	26
Temuco (2013)	14	11	25	37	31	18
David (2019)	18	43	29	38	42	39
Madrid (2018)	17	-	23	-	38	-

Nota: El año corresponde al año de realización de las respectivas EOD.

reducir sensiblemente los tiempos de viaje.<sup>19</sup> En cuanto al transporte privado, si bien los tiempos siguen siendo mayores en la ciudades de la región, la diferencia no es tan marcada (con excepción de Bogotá y Ciudad de México).

Teniendo en cuenta la información provista por el Gráfico 16, estos resultados indican que, en la mayoría de las ciudades analizadas, los mayores tiempos de viaje afectan a una gran parte de la población que utiliza el servicio de transporte público.

En el caso particular del transporte público, también se pueden mencionar otros dos factores importantes que determinan la calidad del servicio: la frecuencia y el nivel de ocupación que tienen los autobuses, trenes u otros modos de transporte masivos. La frecuencia impacta sobre la calidad mediante el tiempo de viaje total (incluyendo el tiempo de espera) y por cuestiones de inseguridad (por la mayor exposición en la calle mientras se espera en la parada o en la estación), en tanto que el nivel de ocupación impacta sobre

la calidad a través del nivel de confort del viaje y la seguridad personal (esta última, especialmente para las mujeres).<sup>20</sup> En el Cuadro 4 se presenta el puntaje de percepción de ambos factores (frecuencia y ocupación) por parte de los usuarios, puntuándolos de 1 a 10.

En el caso de la frecuencia, una puntuación más alta indica un mayor nivel de conformidad en este aspecto. No se observan diferencias sustanciales entre ciudades de distintos tamaños, e incluso ciudades de un mismo tamaño presentan valores diversos. En general, el servicio recibe alrededor de 6 puntos, aunque hay picos de casi 7 (como en la Ciudad de México) y calificaciones donde la percepción cae por debajo de 5 (Bogotá). En cuanto al nivel de ocupación, este es mayor cuanto más alto es el puntaje que recibe. Nuevamente, no se observan diferencias entre las ciudades según su tamaño y hay ciertas heterogeneidades dentro de cada grupo de ciudades. El nivel de ocupación percibido por los encuestados es relativamente elevado, indicando una menor comodidad en el viaje.

<sup>19</sup> El tiempo de viaje se ve influenciado por múltiples factores, por lo que la comparación entre ciudades debe hacerse con cautela. Por un lado, si bien la categorización utilizada en este capítulo se basa en la cantidad de población, la extensión suele ser otra característica relevante. Por otro lado, puede ocurrir que en algunas ciudades se realice una mayor cantidad de viajes cortos, como consecuencia de un desarrollo económico más equilibrado en el área urbana.

<sup>20</sup> Allen et al. (2018) estudian en detalle esta problemática para Buenos Aires, Quito y Santiago, y presentan una guía de recomendaciones con respecto a regulaciones, infraestructura y diseño operativo del transporte, junto con otras soluciones colaborativas (ver referencia para más detalles).



**Cuadro 4**  
**Percepción de la frecuencia y el nivel de ocupación**  
**del transporte público**

Fuente: Elaboración propia con base en la ECAF 2019.

Ciudad	Frecuencia			Nivel de ocupación		
	Total	Mujeres	Hombres	Total	Mujeres	Hombres
São Paulo	6,42	6,48	6,34	7,99	8,14*	7,75*
Ciudad de México	6,92	6,95	6,88	7,87	7,77	8,00
Buenos Aires	6,88	6,84	6,93	7,24	7,08*	7,47*
Bogotá	4,75	4,96*	4,47*	8,73	8,90*	8,50*
Lima	5,89	5,85	5,94	7,60	7,65	7,54
Santiago	5,65	5,63	5,67	8,13	8,17	8,09
Asunción	6,05	6,02	6,08	7,29	7,20	7,43
Quito	6,05	5,98	6,13	8,14	8,06	8,23
Ciudad de Panamá	6,29	6,42	6,16	7,20	7,11	7,29
La Paz	6,15	6,11	6,19	7,23	7,28	7,18
Montevideo	6,79	6,50*	7,18*	7,50	7,74*	7,17*

Notas: En la columna de frecuencia, un mayor número significa mejor percepción. En ocupación, un mayor número significa peor percepción. \* Las diferencias de las medias entre hombres y mujeres son estadísticamente significativas (al 10 % o menos).

El Cuadro 4 también permite identificar diferencias por género. Las mujeres perciben levemente más frecuencias en Bogotá y menos en Montevideo (aunque el nivel es elevado con relación al resto de las ciudades). Por su parte, tienen una percepción de mayor nivel de ocupación del transporte público en São Paulo, Bogotá y Montevideo, mientras que en Buenos Aires ocurre lo contrario.

En síntesis, la brecha de servicios en la dimensión de calidad muestra que los tiempos de viaje en el transporte público de las ciudades muy grandes es más elevado que en los otros tipos de transporte y que en el transporte público de ciudades más pequeñas. A su vez, la percepción de un alto nivel de ocupación del transporte público puede ser un resultado natural del diseño del modo. Asimismo, el resultado de los tiempos de viaje por modo de transporte contribuye a

alertar sobre la hipótesis de que el transporte público normalmente atiende a los ciudadanos que viven más lejos de sus sitios de trabajo y estudio (y en el caso de las mujeres, se suman las tareas de cuidado del hogar y los niños) y, por consiguiente, estos usuarios pueden tener menos tiempo disponible<sup>21</sup> para realizar otras actividades.<sup>22</sup>

Por último, es importante que el servicio (público) pueda ser ofrecido al menor costo monetario posible para el usuario. En primer lugar, el costo medio de provisión del servicio de transporte público por viaje es un indicador que permite estimar los recursos que debe asignar el sistema para transportar pasajeros. En segundo lugar, el costo neto para el usuario del transporte público permite identificar su aporte en los gastos operativos del sistema y cuánto son los aportes a través de subsidios (que es el resultado

<sup>21</sup> Las EOD, en vez de un punto específico, pueden utilizar áreas relativamente amplias para detallar el origen y el destino de un viaje en particular, lo que dificulta la realización de la medición del tiempo de viaje por kilómetro recorrido.

<sup>22</sup> Ver Zahavi y Talvitie (1980) para consideraciones generales y Steer Mexico et al. (2020) para consideraciones de género, en especial cuando se trata de cuidados del hogar y de los niños.

de la política sectorial en función de diversos factores, según se explica en la nota 5 de pie de página). Finalmente, el gasto del usuario en transporte público se puede comparar con el correspondiente a otros modos de transporte (típicamente no subsidiados) para aproximar el costo de movilizarse para el usuario.

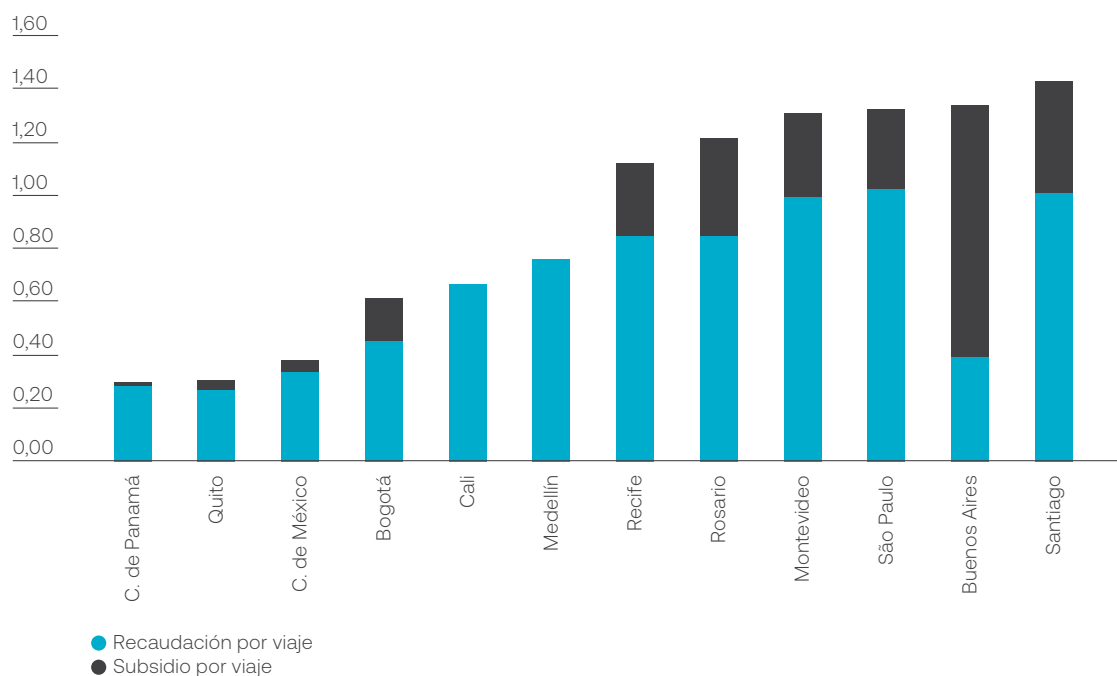
El Gráfico 20 muestra el costo operativo que tiene para el sistema público transportar un pasajero, y su descomposición por fuentes (recaudación y subsidios), según los datos del Observatorio de Movilidad Urbana para el año 2014. Se identifican dos grupos de ciudades según el costo medio para el sistema de realizar un viaje. Por un lado, se encuentran las ciudades que presentaron un costo menor que USD 0,80 por viaje (Ciudad de Panamá, Quito, Bogotá, Cali, Medellín y Ciudad de México), mientras que, por el otro, están las ciudades con un costo mayor que USD 1,20 por viaje (Buenos Aires,

Rosario, Montevideo, Santiago y São Paulo). Este dato amerita explorar los motivos por los cuales estas ciudades grandes presentan costos tan dispares (que en parte podrían explicarse por tipos de cambio relativos), dado que es un potencial indicio de una brecha de costos — eficiencia— en la provisión del servicio.

En general, no existe información sistematizada que permita aproximar el costo de operar y mantener el transporte público. Esto depende de medidas de ordenamiento urbano, de la cobertura del transporte y de políticas que son más o menos explícitas (que determinan el costo de operación y de capital). La presunción, no necesariamente correcta, es que la planificación urbana se hace buscando que el servicio funcione al menor costo posible.<sup>23</sup> En este marco, el Gráfico 20 también ilustra las fuentes de financiación del costo (operativo para el sistema) de realizar un viaje. Las ciudades del

**Gráfico 20**  
**Costos del servicio de transporte público por viaje, 2014**

Fuente: Elaboración propia con base en CAF (2015).



Nota: Para la estimación del costo por viaje se supuso que, durante los fines de semana, se realizan un 30 % de los viajes observados durante los días hábiles. En el caso de Bogotá, se incluye el déficit cubierto con aportes del Fondo de Estabilización Tarifaria (las transferencias de la Secretaría Distrital de Hacienda funcionan, en los hechos, como un subsidio).

**23** Debe tenerse en cuenta que las políticas de subsidios pueden ser de alcance local o nacional, mientras que la política urbana es íntegramente local. Es factible que las medidas nacionales no estén del todo coordinadas con las locales o viceversa.

## El transporte público masivo ha perdido participación en el reparto modal, con viajes que pueden llegar a exceder la hora y duplicar los tiempos en transporte privado.



interior de Colombia no subsidian el servicio (desde el año 2008, Bogotá utiliza recursos del Fondo de Estabilización Tarifaria para cubrir costos de provisión). Las restantes ciudades requieren de subsidios en diversas cuantías. En este punto contrastan Buenos Aires, por un lado, y Ciudad de Panamá, Quito y Ciudad de México, por otro: en el primer caso, los subsidios representaron el 70,6 % de la financiación del transporte, mientras que en el segundo caso se situaron entre el 4,5 % y el 12,6 %. Estos valores extremos contrastan con la realidad de las demás ciudades, donde los servicios de transporte público requieren subsidios cercanos al 25 % o 30 % de los ingresos totales. Si se realiza una comparación con los subsidios que recibe el transporte público en ciudades de otras regiones, se puede observar que la heterogeneidad mencionada también está presente. Por ejemplo, en Londres, los subsidios representan el 10 % de los costos operacionales, mientras que, en Madrid, suponen el 53 % (Scorcía, 2018).<sup>24</sup>

Desde el punto de vista del usuario, el componente directo relevante es la

representatividad del gasto en transporte respecto del ingreso (asequibilidad),<sup>25</sup> en especial para la población más vulnerable. Para ello, el Cuadro 5 presenta un índice de asequibilidad, calculado a partir del cociente entre el gasto que insumen cincuenta viajes mensuales en autobús y el salario mínimo. Este cuadro muestra cierta disparidad en la asequibilidad del transporte público colectivo para la población de bajos ingresos en las distintas ciudades consideradas (desde el 2,5 % en la Ciudad de Panamá al 20,7 % en São Paulo), en las que no se observa una tendencia según su tamaño. Si bien las comparaciones deben realizarse con cautela,<sup>26</sup> se destacan casos como el de São Paulo frente a Santiago, con un costo unitario y un componente de subsidios similares, pero con una carga sobre el usuario final de bajos ingresos mucho mayor en la primera ciudad. En Cali y Recife este indicador es similar, entre el 13 % y el 15 %, pero en la segunda ciudad se alcanza con una política de subsidios (con una tarifa que representa aproximadamente el 75 % del costo del viaje).

<sup>24</sup> Esta comparación simplemente refleja las diversas políticas seguidas en la región respecto de instrumentos para financiar el transporte público. El tema seguramente adquirirá relevancia en la situación pospandemia por COVID-19, dado que tanto la capacidad de gasto de los hogares como los recursos del sector público han sido fuertemente afectados. Una posibilidad ante un evento de incrementos tarifarios, para depender menos de los recursos públicos, es la implementación o intensificación de subsidios focalizados (tarifa social, que apunta a reducir el gasto en transporte —y también en otros servicios— para usuarios que satisfacen ciertas características del “grupo objetivo”), que ya existen en varios países de la región.

<sup>25</sup> Un análisis completo también debería incluir los impuestos pagados para financiar subsidios en transporte público (en el marco de eficiencia, equidad, finanzas públicas y externalidades mencionado anteriormente).

<sup>26</sup> Estupiñán, Gómez Lobo, Muñoz Raskin y Serebrisky (2007) destacan la dificultad de comparar estos resultados con parámetros de referencia (si el gasto es alto o bajo) o entre ciudades (si el índice en una ciudad es más alto que en otra), dado que son indicadores endógenos y el gasto en transporte forma parte de la canasta de consumo de los hogares (por ejemplo, un consumidor podría trasladarse largas distancias para comprar productos más baratos). En todo caso, pueden ser una primera aproximación, útil para entender si cierta política de movilidad resulta costosa para la población (en particular, la vulnerable).

### Cuadro 5 Índice de asequibilidad del transporte público colectivo, diciembre de 2014

Fuente: Elaboración propia con base en CAF (2015).

Ciudad	Índice de asequibilidad
São Paulo	20,7 %
Recife	14,9 %
Medellín	14,7 %
Pereira	14,6 %
Cali	13,0 %
Santiago	12,9 %
Montevideo	12,4 %
Bogotá	12,2 %
Ciudad de México	8,3 %
Rosario	5,7 %
Quito	3,5 %
Buenos Aires	3,4 %

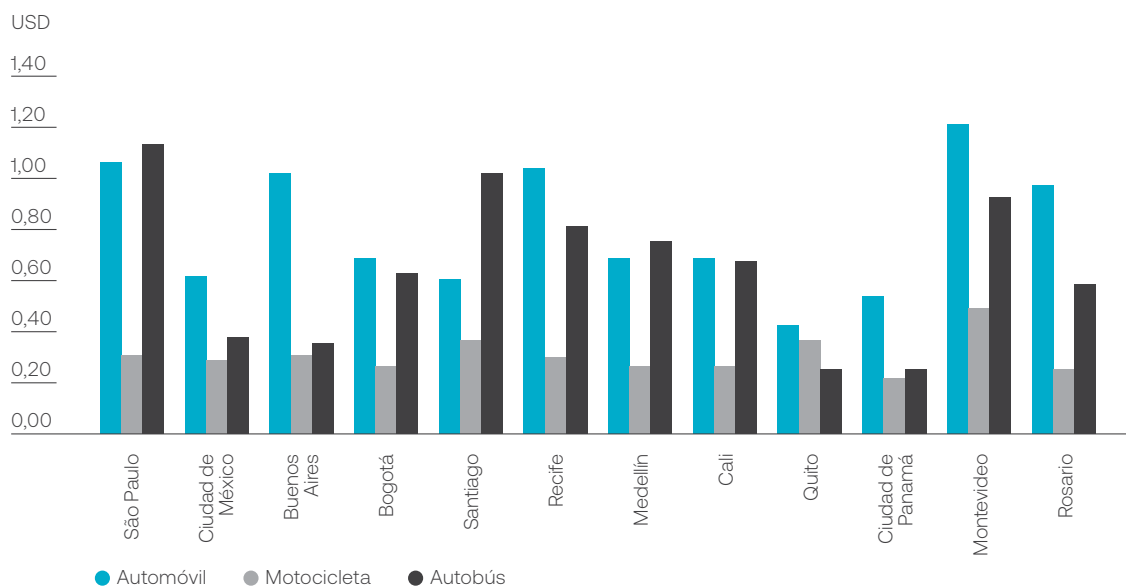
Nota: El índice se define como el cociente entre el gasto que insumen cincuenta viajes mensuales en autobús y el salario mínimo.

El Gráfico 21 presenta información sobre el costo para los usuarios de un viaje de 7 km mediante distintos modos de transporte y en diferentes ciudades. Se observa cierta heterogeneidad entre las urbes al comparar el costo de un viaje en automóvil con el de los autobuses. En particular, hay ciudades en donde el autobús tiene un mayor costo para el usuario que los demás modos (Santiago, Medellín y São Paulo) y otras con un costo sensiblemente menor que el del transporte privado (Buenos Aires, Ciudad de México y Ciudad de Panamá). También existen diferencias en el costo del transporte público entre ciudades de un mismo tipo (por ejemplo, hay diferencias sustanciales entre las ciudades muy grandes, como Buenos Aires y Bogotá con respecto a Santiago y São Paulo), lo que puede obedecer al grado de eficiencia con que se prestan los servicios, pero también a distintas políticas de financiación del capital o incluso de la operación (esto es, si cada componente de los costos se cubre con la tarifa o con subsidios).

A modo de síntesis, la participación del transporte público (y no motorizado) es alta en la mayoría de las grandes ciudades si se compara con los casos de países desarrollados. Sin embargo, existe evidencia de una pérdida de participación del transporte público masivo en el reparto modal. Por su parte, el transporte informal sigue siendo una opción que está al alcance de la población

### Gráfico 21 Costo de un viaje de 7 km por modo de transporte, diciembre de 2014

Fuente: Elaboración propia con base en CAF (2015).



a distancias (medidas en tiempo) similares que el transporte colectivo formal, y en ocasiones es más accesible (como en La Paz, donde la oferta de autobuses es menos capilar, y Bogotá). Esto se condice con la percepción de los usuarios respecto de (una baja) frecuencia. Las bicicletas públicas (presentes en muchas ciudades analizadas), si bien han crecido significativamente en el reparto modal, no han llegado a un nivel de penetración que permita a los usuarios acceder a las mismas a una distancia (en promedio) menor. Por otro lado, los tiempos de caminata también alertan de otros aspectos del diseño urbano, vinculados a la seguridad.

La reducción en el tiempo de viaje en el transporte público es una asignatura pendiente en varias ciudades (entre las analizadas, los viajes de Bogotá, Ciudad de México y São Paulo exceden en promedio la hora, frente a los 30 minutos del transporte privado). Esta característica, a su vez, se complementa con una percepción por parte de los pasajeros de un alto nivel de ocupación en las unidades (sobre todo en Bogotá, pero también en otras ciudades, como Santiago y Quito). Nuevamente, esta dimensión puede tener una implicancia en términos de seguridad.

En la dimensión de costos se identifican dos grupos de ciudades (costo de viaje por debajo de USD 0,80 y costos por encima de USD 1,20, según valores de 2014). Si bien estas diferencias pueden atribuirse a los respectivos tipos de cambio, este resultado llama la atención sobre la necesidad de asegurar la provisión de un servicio al menor costo posible, dadas sus implicancias tanto en la tarifa final como en los aportes del Estado (combinación que depende de las decisiones de política local). Las comparaciones de asequibilidad son útiles para entender cómo las ciudades balancean tarifas y subsidios para proveer un servicio al usuario final (que puede resultar costoso, aún neto de subsidios, como surge de comparar São Paulo con Santiago o Recife respecto a Cali).

En la dimensión de género, las mujeres tienden a realizar más viajes que los hombres, siendo una posible explicación que las mujeres realizan desplazamientos asociados al sostenimiento del hogar y el cuidado de los niños. A su vez, si bien el tiempo de caminata para acceder al servicio de autobús es similar (con excepción de La Paz, donde es mayor) y la percepción sobre la ocupación de las unidades en las que viajan también lo es (excepto en São Paulo, Bogotá y Montevideo, donde hay una peor percepción por parte de las mujeres), son situaciones de exposición que tienen implicancias en términos de seguridad.

Los siguientes capítulos presentan medidas y herramientas que pueden ser útiles para reducir algunas dimensiones de las brechas de servicios identificadas. En particular, la digitalización podría permitir la reducción en tiempos de viaje e incrementar la capilaridad de los servicios de transporte mediante aplicaciones que otorguen información en tiempo real sobre el estado del servicio y la ubicación de los modos públicos de transporte, así como la integración multimodal y las plataformas de economía compartida y de micromovilidad.

## Evasión e informalidad en el transporte urbano de pasajeros

La informalidad en el sector del transporte presenta desafíos en lo que respecta a la movilidad urbana (operadores informales) y la sostenibilidad financiera del sector (evasión del pago por el servicio).

La evasión puede tener consecuencias sobre el sector, por ejemplo, respecto a la seguridad de los pasajeros transportados y no registrados y el financiamiento de los operadores. En ciertas ciudades, ha alcanzado un nivel lo suficientemente alto como para llevar a los actores del sector a implementar medidas que buscan contrarrestar la evasión del pago. A continuación, se presentan los casos de los sistemas de transporte público de las ciudades de Bogotá, Buenos Aires y Santiago.

La elevada evasión en el Transantiago, estimada en el 27,9 % de los usuarios en diciembre de 2017, es un tema muy importante para un sistema de transporte que depende de los subsidios estatales. Estudios realizados indican que los principales motivos de la evasión en Santiago son la mala calidad percibida del servicio, el elevado costo del transporte, la reducida cantidad de centros para recargar la tarjeta con la que se realizan los pagos (Bip!) y la falta de cultura ciudadana. La ciudad de Santiago adoptó medidas para contrarrestar dicho problema, como el Plan Integral contra la Evasión (que introdujo un nuevo modelo de fiscalización), la promulgación de la Ley Antievasión el 5 de junio de 2018 (que planteó un incremento de las sanciones y la creación de un registro de evasores), la utilización de torniquetes mariposa y la adopción de la telemetría (que permite contabilizar a los pasajeros de los autobuses). Estas medidas lograron una disminución de la evasión, siendo esta del 25,7 % durante el segundo trimestre de 2019.

En el caso del sistema Transmilenio de Bogotá, la evasión también se ha reconocido como un problema relevante. Un estudio reciente de la

Universidad Nacional de Colombia (2018) estimó una tasa promedio del 15,36 % en segmentos troncales para el año 2018. Dada la problemática, se realizó un estudio del Transmilenio con el objeto de monitorear y hacer un seguimiento de la evasión (APCA E&Y e Iquartil Ltda., 2018). A su vez, a partir del año 2018, la empresa Transmilenio S.A. comenzó a elaborar un Plan Antievasión, el cual plantea diversas medidas: el reforzamiento de la fiscalización del pago con mayor presencia de policías, la inversión en infraestructura de control de la evasión (por ejemplo, barreras perimetrales y barandas, entre otros), campañas de concientización y el monitoreo, que busca hacer un seguimiento de la evasión y de las medidas implementadas y sus efectos.

En el Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA) la situación es dispar según el modo de transporte considerado. Por un lado, especialistas del sector consideran que no hay evasión en el transporte automotor urbano de pasajeros o esta no es relevante por la modalidad de pago (el conductor asume el rol de cobrador del viaje). El margen de evasión podría darse a través de la subdeclaración de la sección de viaje (pudiéndose pagar un viaje más corto de lo que realmente fue, pero la diferencia de tarifa por secciones es baja) o de un uso inapropiado del esquema de tarifas sociales. Por otro lado, en el modo de transporte por ferrocarril (que representa el 21 % de los pasajeros transportados en el AMBA) se estimaba una evasión en el pago del orden del 18 % en el año 2018, oscilando entre el 4 % y el 42 %, dependiendo del operador, según la Comisión Nacional de Regulación del Transporte (CNRT, 2018). Luego de la tragedia que tuvo lugar en estación Once, de la Línea Sarmiento, en febrero de 2012, la evasión llegó a superar la tasa del 40 % y solo se redujo ese nivel de evasión después de mejoras en cobrabilidad, inversiones en la modernización de la red ferroviaria, la incorporación de material rodante, adecuaciones de las estaciones y mejoramiento de las vías, entre otras, medidas.

Un punto a tener en cuenta es el escaso incentivo que pueden tener los reguladores para controlar la evasión. El contrato que firma el operador con la autoridad es clave para el esquema de remuneración. El diseño de un contrato que relacione las remuneraciones que recibe el operador del servicio con los niveles de evasión puede generar incentivos para que este controle y reduzca la evasión y de esa forma obtener una mayor remuneración por el mecanismo de compensación establecido en el contrato.

La situación en la región amerita un estudio más profundo del estado real, de sus causas y efectos, no solo en materia de recaudación, sino también en cuanto a la percepción de los usuarios y a la reacción de los operadores respecto de las características y la calidad del servicio prestado. Un diagnóstico de este tipo permitirá identificar los mejores instrumentos de política para un mejor control.

En cuanto a la informalidad en el servicio de transporte urbano de pasajeros, en América Latina se observa que tienden a surgir servicios de transporte público colectivo o individual informales en las áreas u horarios en los que el sector formal no puede proveer un servicio satisfactorio por diversos motivos (costos elevados, falta de infraestructura vial y zonas en donde prevalece la ocupación ilegal de terrenos, entre otros motivos). Por ejemplo, las zonas de ladera o regiones donde prevalece la ocupación ilegal de terrenos o barriadas surgidas fuera de los procesos de planificación y desarrollo formal son lugares propicios para la aparición del servicio de transporte informal, facilitando la oferta de transporte por motocicleta o mediante vehículos adaptados para esas condiciones. En algunos casos, cuestiones de falta de seguridad en determinadas áreas también generan el surgimiento de servicios alternativos informales.

Este transporte informal puede cumplir un rol de conexión con el sistema formal de transporte, funcionando como servicios del “último kilómetro o el último trecho” en las periferias. Dos ejemplos de estos servicios son los “camperos” (y otros vehículos particulares, por lo general de modelo antiguo y en condiciones técnico-mecánicas deficientes), utilizados para alimentar y desalimentar modos de transporte masivo en las zonas periféricas, y el “mototaxismo” como alternativa de transporte en muchas ciudades de la región con importantes deficiencias en sus sistemas públicos de transporte y su infraestructura vial.

Un detalle particular del servicio informal es que, en algunos casos, el costo monetario para los pasajeros supera el del sistema formal, en particular, en áreas donde, por la carencia de cualquier tipo de transporte público formal, se observa un monopolio del transporte informal, que suele ser cubierto por grupos ilegales (Steer, 2020).

## Otros sectores de infraestructura

### Agua potable y saneamiento

En esta subsección se realiza una breve descripción de las brechas de servicios en el sector de agua potable y saneamiento (AyS) en la región,<sup>27</sup> haciendo énfasis en las dimensiones de acceso, eficiencia (como indicador indirecto de los costos) y calidad.

El acceso a agua potable se mide como el porcentaje de la población (urbana o rural) con acceso al menos a un servicio básico de agua potable. En términos de acceso urbano, salvo en Perú y algunos países centroamericanos, los países presentan cobertura prácticamente plena (superior al 98 %). Es en el sector rural donde aparecen diferencias de cobertura de agua potable. Ello se observa principalmente en países con bajo PIB per cápita y mayor población relativa en áreas rurales. Asimismo, las brechas de acceso se pueden analizar en términos relativos al ingreso (Gráfico 22). Solamente en

**Cuadro 6**  
Indicadores de la brecha de servicio en agua potable y saneamiento

Fuente: JMP (2018) para los indicadores de acceso y calidad; ERAS (2016), SUNASS (2019) y AAPS (2019) para pérdidas y continuidad del servicio; y Zipitria (2020).

País	Agua						Saneamiento			
	Acceso		Calidad		Eficiencia		Acceso		Calidad	
	Acceso a agua potable		Acceso a agua manejada de forma segura		Continuidad del servicio (Horas de servicio de agua)	Pérdidas (% de agua despachada)	Saneamiento básico		Saneamiento manejado de forma segura	
	Urbano	Rural	Urbano	Rural			Urbano	Rural	Urbano	Rural
Argentina	>99	93	-	-	24,0	41,3	96	-	-	-
Bolivia	>99	78	-	-	22,2	24,8	72	36	25	-
Brasil	>99	90	92	-	24,0	36,4	93	60	52	-
Chile	>99	99	99	-	24,0	30,0	>99	>99	81	-
Colombia	>99	86	81	40	24,0	41,9	93	76	14	-
Costa Rica	>99	>99	96	84	24,0	50,6	98	96	-	-
Ecuador	>99	83	85	58	24,0	28,0	91	83	33	57
El Salvador	>99	92	-	-	-	-	91	79	-	-
Guatemala	98	90	66	46	-	-	79	51	-	-
Honduras	>99	89	-	19	21,0	-	85	76	35	-
México	>99	97	-	-	-	-	93	82	52	-
Nicaragua	98	59	67	29	-	-	84	62	-	-
Panamá	98	93	-	-	20,0	46,7	92	65	-	-
Paraguay	>99	>99	72	51	-	-	94	83	54	66
Perú	96	76	59	21	21,6	28,5	80	56	51	-
Uruguay	>99	95	95	-	-	51,1	97	97	-	-

Notas: Los indicadores de pérdidas y continuidad del servicio corresponden a las principales empresas de cada país: AySA en Argentina; SABESP en Brasil; Aguas Andinas en Chile; Bogotá en Colombia; AyA en Costa Rica; EPMAPS-Q en Ecuador; Aguas de San Pedro en Honduras; IDAAN en Panamá; SEDAPAL en Perú; y OSE en Uruguay. En el caso de Bolivia corresponden al total del país.

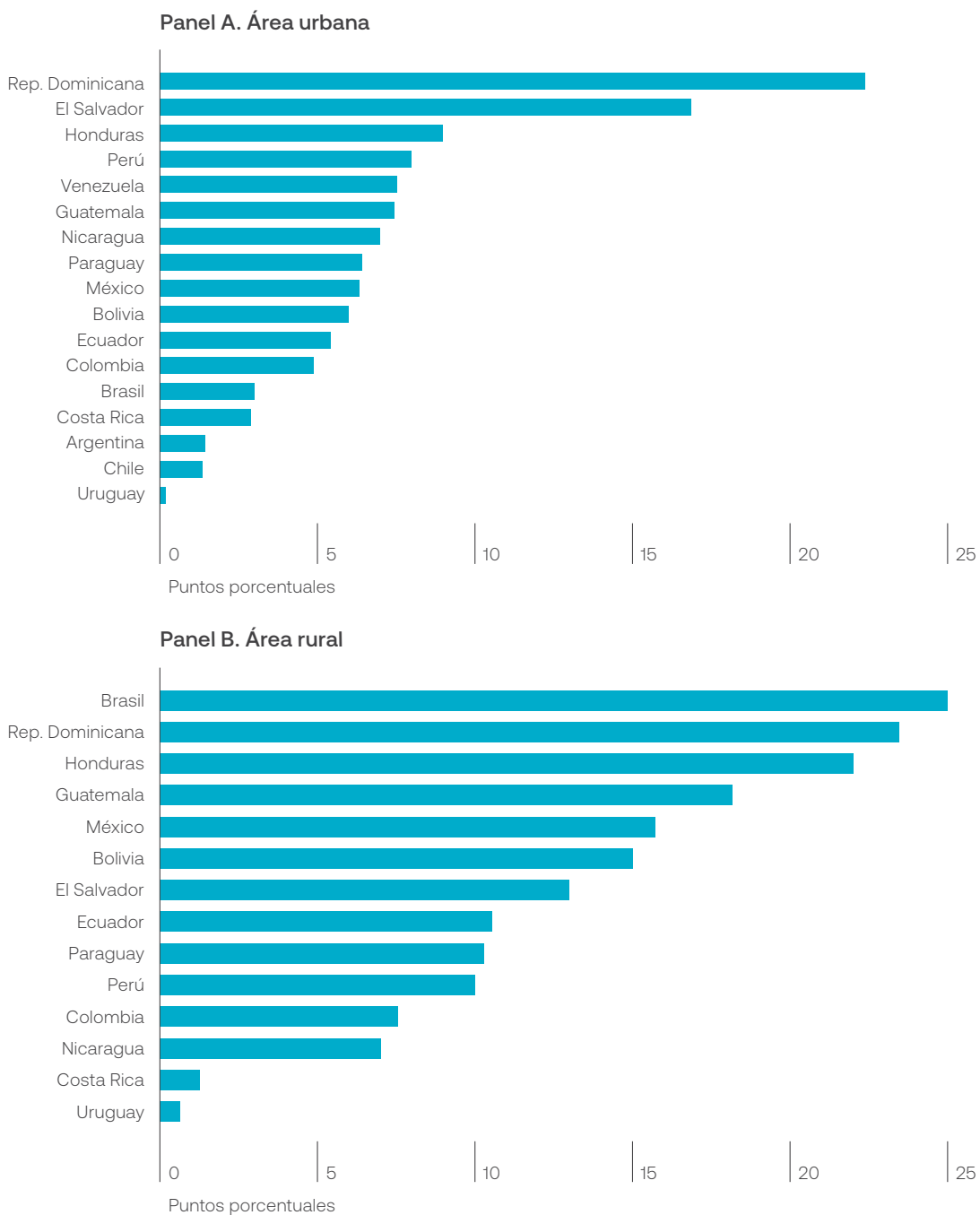
<sup>27</sup> Un análisis más completo del sector (incluyendo agua y saneamiento, servicios asociados al desarrollo productivo, gestión del recurso en condiciones normales y extremas) está previsto en un próximo reporte IDEAL.

Uruguay el acceso es universal (dentro de la región). En las áreas urbanas de Argentina, Brasil, Chile y Costa Rica, las brechas entre el primer quintil y el último quintil de población según la distribución del ingreso son pequeñas, pero en

países de América Central, Perú y Venezuela son importantes. En las áreas rurales, las brechas exceden los 10 puntos en más de la mitad de los países de la muestra (incluyendo casos como Brasil y México).

**Gráfico 22**  
**Brechas de acceso: diferencia entre el quintil más rico y el más pobre**

Fuente: WWAP (2019).





El acceso a agua manejada de forma segura se mide como el porcentaje de población cuyo servicio de agua cumple con tres condiciones: (i) proviene de una fuente mejorada ubicada dentro de la vivienda o en el patio o parcela, (ii) está disponible en el momento necesario y (iii) libre de contaminación fecal y sustancias químicas prioritarias. Por lo tanto, este indicador contempla características del servicio que son parte de la dimensión de calidad. Esta dimensión se puede complementar con la continuidad del servicio (y, también, con la presión). Una aproximación similar se puede realizar con el acceso y la calidad del servicio de saneamiento. La calidad de la información disminuye en estas dimensiones (ver el Cuadro 6). Es interesante observar que los países en los que hay problemas de acceso, también presentan deficiencias de calidad del servicio (Zipitría, 2020). Otro problema importante en la región son las altas tasas de agua no contabilizada (entre el 25 % y el 50 % del agua producida), que adquiere relevancia en contextos de escasez de agua.

Por último, en la región hay un bajo tratamiento de las aguas residuales, que pone en riesgo las fuentes de agua de las ciudades, sobre todo, cuando aumenta el tamaño de las mismas. En este caso, se destacan los cambios regulatorios realizados en Chile para fomentar el tratamiento de las aguas residuales.<sup>28</sup>

La información sobre tarifas del servicio de agua potable y saneamiento suele ser escasa y poco frecuente. Recientemente, Bricchetti (2019) elaboró un estudio para 49 prestadores de ALC, del cual se obtienen varias observaciones relevantes. En primer lugar, la mayoría de los operadores utiliza tarifas crecientes con el consumo, con fuertes penalidades por consumo adicional. Este tipo de estructuras tarifarias puede generar incentivos para que los operadores expandan las redes en áreas de consumo alto. En segundo lugar, en muchos casos se utilizan estructuras que dependen de cargos fijos para recuperar los costos fijos, pero que podrían tener implicancias en términos de asequibilidad (sobre todo para usuarios de bajos ingresos). El problema de la asequibilidad es más severo a niveles elevados de consumo: para niveles de consumo cercanos a los 200 m<sup>3</sup> anuales, el gasto residencial (incorporando las políticas locales de subsidios) es moderado y cercano a niveles promedio mundiales, pero se

encarece relativamente para niveles altos de consumo (ver Gráfico 23).

#### Cuadro 7 Porcentaje de población cuyas aguas residuales son tratadas en América Latina

Fuente: Elaboración propia con base en datos del JMP (2018).

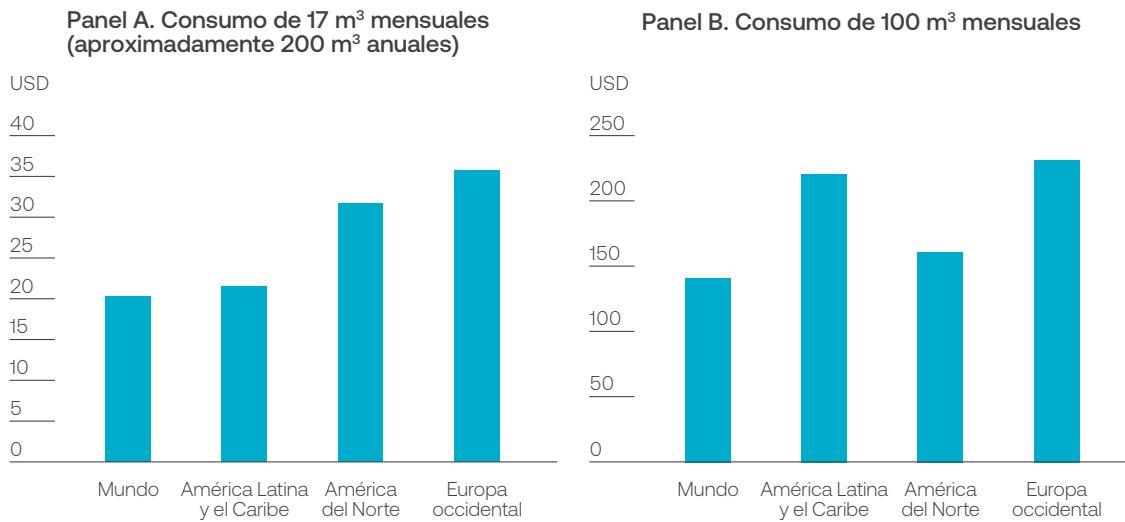
País	Urbana	Rural
Argentina	-	-
Bolivia	15	1
Brasil	43	5
Chile	81	17
Colombia	14	2
Costa Rica	13	3
Cuba	25	7
Ecuador	22	7
Guatemala	-	-
Honduras	23	2
México	49	18
Nicaragua	-	-
Panamá	-	-
Perú	47	10
Paraguay	7	1
Rep. Dominicana	6	1
Uruguay	-	-
Venezuela	-	-

El Gráfico 24, por su parte, ilustra la disparidad en la región en el precio por m<sup>3</sup> correspondiente al gasto de 17 m<sup>3</sup> mensuales (desde bajos niveles en Panamá y Perú, a valores por encima de los USD 2,50 por m<sup>3</sup> en Brasil y Uruguay).

<sup>28</sup> Ver la "Norma de emisión de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales" de Chile (2001).

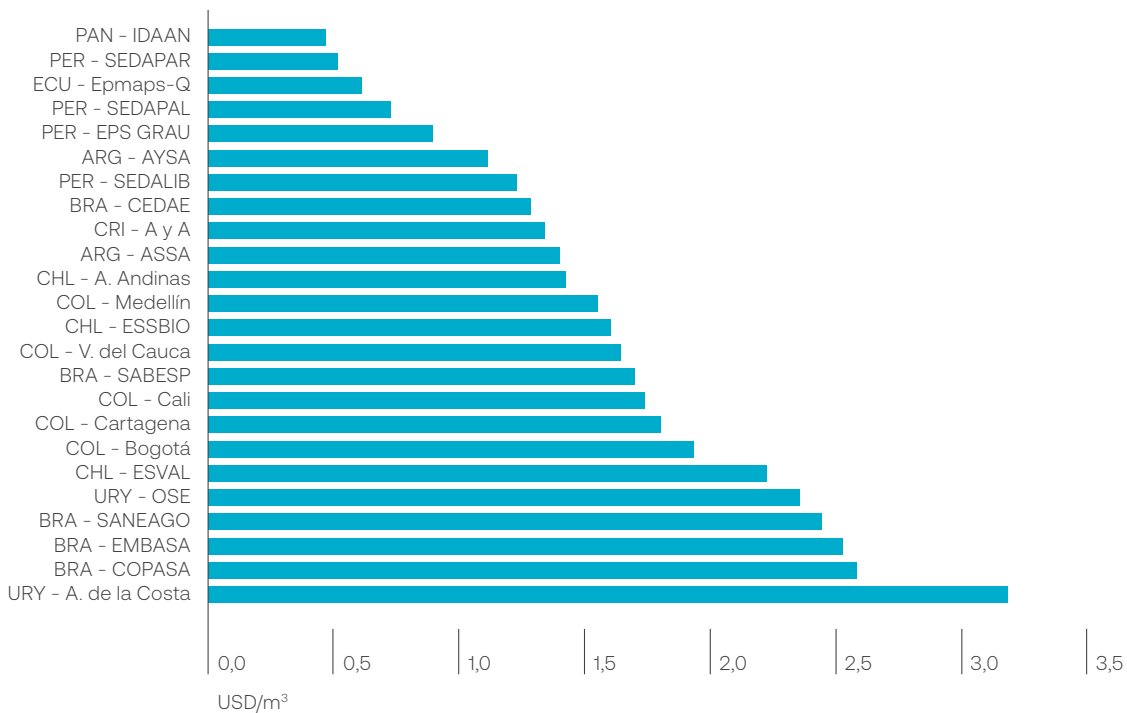
**Gráfico 23**  
**Gasto mensual en agua potable de usuarios residenciales para niveles de consumo de 17 m<sup>3</sup> y 100 m<sup>3</sup> (USD)**

Fuente: Elaboración con base en Brichetti (2019).



**Gráfico 24**  
**Precio por m<sup>3</sup> de agua potable para usuarios con niveles de consumo de 17 m<sup>3</sup> mensuales (aproximadamente 200 m<sup>3</sup> anuales), 2018**

Fuente: Elaboración propia.



## Logística

La escasez de mediciones sobre el desempeño del transporte de carga de mercancías dificulta realizar el diagnóstico de este sector. Uno de los motivos de esta escasez es la injerencia limitada que pueden tener los gobiernos nacionales y locales, restringiéndose a fijar y regular algunas reglas básicas. No obstante, el transporte

de cargas es un servicio importante para la actividad económica de múltiples sectores, justificando la importancia de estudiar la existencia de posibles brechas de servicios. Los Recuadro 1 y 2 presentan una breve descripción de las características que deberían tener los indicadores de brechas de servicios en logística urbana e interurbana.

### Recuadro 1 Indicadores de la brecha de servicios en el transporte urbano de mercancías

Fuente: Steer (2020).

Se puede obtener una aproximación a las brechas del transporte urbano considerando los eslabones clave de su cadena de valor. De este modo, los indicadores de la brecha de servicios permiten identificar los factores que determinan la recepción satisfactoria de las cargas: tiempo de entrega, costo de entrega o proporción del costo logístico en el costo total del producto o servicio, y estado de los productos entregados.

Estos factores no solo permiten analizar la brecha de servicios en términos absolutos, sino que también posibilitan la comparación de diferentes grupos según distintas características. Entre ellas, están las sociodemográficas —por ejemplo, los costos y la calidad de entrega de medicamentos entre dos hospitales en función de las características socioeconómicas del área en el que se encuentran—, el tipo de servicio de logística, los actores involucrados —servicios entre empresas (*business-to-business* o *B2B*, por sus siglas en inglés) y de empresas a consumidores (*business-to-consumer* o *B2C*)—, el código comercial o industrial y el grupo o la segmentación de la población receptora, proveedora o comercializadora.

No obstante, se debe tener presente que la falta de información dificulta plantearse un escenario ideal que dé la pauta normativa de la brecha. Esto último podría solucionarse mediante una comparación absoluta con los valores más frecuentes o esperados de tiempo, costo y especificaciones de calidad de entrega medidos. Dichos parámetros, se pueden encontrar en estudios como LOGUS (SPIM-Taryet, 2019).

## Recuadro 2 La brecha de servicios en la logística

Fuente: Capelli y Gartner (2020).

Una propuesta para el análisis de la brecha de servicios es profundizar el estudio del desempeño logístico por tipo de producto y cadena de abastecimiento. Existen antecedentes en ALC de análisis de cadenas productivas. Sin embargo, estos no se han realizado de forma sistematizada y regular a nivel regional.

El análisis por cadena de abastecimiento involucra el estudio de todos los costos asociados a operaciones logísticas determinadas. Una aproximación de estas características podría resultar más costosa en términos de construcción, pero es un enfoque que permitiría identificar las necesidades asociadas a una problemática en particular y establecer alternativas de resolución de cuellos de botella y dificultades diversas. Posibilitaría además analizar corredores específicos y comparar el desempeño logístico de productos similares para diferentes países de la región y respecto de otros países.

El análisis de las cadenas de alimentos de exportación en Perú (Banco Mundial, 2016) permitió evidenciar los principales desafíos de costos en la logística de exportación y agruparlos en dos grandes categorías de análisis, en función de la integración de las cadenas. Por un lado, las cadenas logísticas de la uva y la cebolla amarilla se encuentran integradas en su gran parte y con avances en materia de digitalización, sobre todo, los referidos a la simplificación de trámites o herramientas de gestión de flota. Estos avances son importantes dado que la logística de estos productos requiere de la cadena de frío. Por otro lado, el café, el cacao y la quinua tienen cadenas logísticas no integradas y carentes de procesos digitalizados. En cada eslabón de la cadena existen diferentes agentes, desde pequeños agricultores que producen y cosechan el cultivo, hasta acopiadores para el almacenamiento y exportadores ubicados en las principales ciudades del país. En general, estas cadenas no integradas tercerizan el transporte en cada etapa, recurriendo a servicios informales de transporte que se encuentran altamente fragmentados y poseen ineficiencias de escala.

Las ventajas de la integración vertical (más la digitalización) parecen superar las provenientes de las cadenas segmentadas. Esto se debe a que los productos de este último tipo de cadenas suelen tener costos logísticos más elevados (entre el 20 % y 34 %) que los productos con cadena integrada, sobre todo, por la informalidad de los servicios de transporte automotor y el mal estado de los caminos rurales (el 70 % se encuentra en mal o muy mal estado).

Otro ejemplo es la floricultura en Colombia (CEPAL, 2016), cuyo principal desafío es el sistema documental que acompaña al proceso de exportación (muy burocrático para la vida útil de una flor). Por este motivo, el Gobierno colombiano ha priorizado la política antitrámites, simplificando y digitalizando procesos, logrando importantes avances en la reducción de costos.

## Síntesis de las brechas de servicio en sectores de infraestructura

Las brechas de servicio en ALC son una realidad en los distintos sectores de infraestructura. Si bien predominan las deficiencias en dimensiones puntuales, hay carencias básicas que aún no han sido resueltas y que generan déficit en la provisión de estos servicios esenciales.

Por ejemplo, en el caso del sector de la electricidad, los principales problemas parecen concentrarse en la dimensión de calidad, con prolongadas y frecuentes interrupciones del servicio. También se identifican deficiencias en la dimensión de pérdidas del sistema, aunque la composición de la matriz energética de estos países permite que los costos de generar no sean elevados. Si bien en términos nominales las tarifas promedio (para usuarios residenciales) son bajas respecto de otras regiones, como Europa o Estados Unidos, representan un mayor porcentaje del ingreso. Por último, el acceso es prácticamente universal, aunque existen algunos rezagos en las zonas rurales.

En el sector del transporte urbano de pasajeros, los problemas se dan en las tres dimensiones de la brecha: amplia cobertura capilar de los servicios informales y, en algunas ciudades, largas distancias para acceder al servicio de autobús, elevados tiempos de viaje en condiciones de alta ocupación (para el transporte público), condiciones desfavorables para las mujeres y una disparidad de costo entre las ciudades analizadas, que en algunos casos puede resultar oneroso en términos de los ingresos de los hogares más vulnerables.

En otros sectores también se observan desafíos pendientes que impactan en las brechas de servicio. Por ejemplo, en el sector de agua y saneamiento, la problemática fundamental es el acceso (principalmente en zonas rurales y para el servicio de saneamiento), profundizándose más aún al considerarse el acceso a un servicio de calidad. Otro problema recurrente en la región es el elevado nivel de agua no contabilizada. El costo para los usuarios (en niveles de consumo bajos) está ubicado en el promedio mundial, en parte como resultado de la política de financiamiento del sector (ingresos tarifarios respecto a subsidios), pero con gran disparidad entre países.

En este contexto, la digitalización puede otorgar herramientas de utilidad para reducir las brechas existentes, aunque también plantea otros riesgos y desafíos que deben afrontarse para aprovechar sus ventajas, tema que se aborda en el Capítulo 2.

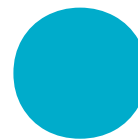
# 2

## La tecnología digital y su impacto en los sectores de infraestructura

### Evolución del sector de las TIC y de la brecha digital

La convergencia entre las industrias de telecomunicaciones, electrónica e informática se ha consolidado durante las últimas dos décadas. Esa aproximación se ha visto favorecida por una creciente disponibilidad geográfica en el acceso inalámbrico de banda ancha, una amplia penetración de las terminales móviles con gran capacidad de cómputo, y un costo decreciente en el transporte, almacenamiento y procesamiento de grandes volúmenes de datos. Una de las principales consecuencias de esta expansión tecnológica ha sido el

surgimiento de una economía digital, donde las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) se han convertido en un impulsor clave de la innovación de los sistemas económicos modernos. Estos cambios han promovido el debate sobre el impacto de las TIC en las condiciones de producción y en el bienestar de la sociedad. Este proceso acelerado de cambio tecnológico, denominado la cuarta revolución industrial (Schwab, 2016), afecta a la sociedad y la economía de diversas maneras. Primero, una mayor proporción de personas en el mundo están utilizando plataformas globales de comunicación (por ejemplo, redes sociales) que les permiten conectarse, acceder y disponer de una vasta cantidad de nueva información. Segundo, se facilita el acceso a los mercados a nuevos productores o competidores (por ejemplo, a través de plataformas de comercialización y distribución). Tercero, los consumidores están cada vez más involucrados



en las cadenas de producción y distribución (Xu, David y Kim, 2018). Estos aspectos empiezan a afectar y determinar la forma en que se realizan las transacciones comerciales, así como las expectativas de los consumidores sobre la calidad de los productos y servicios.

Tradicionalmente, la digitalización se ha concentrado en los datos generados por las personas, las empresas, los gobiernos y las transacciones que realizan entre ellos. Más recientemente, se han incorporado los datos que se obtienen en el ámbito de las infraestructuras, por ejemplo, por medio del internet de las cosas (IoT, por sus siglas en inglés). Estos datos se transportan a través de redes de comunicación (4G, 5G, LoRa, entre otras) y son depurados, verificados y analizados por diversas tecnologías (computación en la nube, *big data*, *blockchain*), permitiendo la introducción de nuevos equipamientos de producción (por ejemplo, de robótica), la automatización de procesos, el aprendizaje automático (*machine learning*), la inteligencia artificial (IA) y el aprendizaje profundo (*deep learning*). Paralelamente, el sector de las TIC asiste a cambios estructurales cuyos efectos inmediatos son variados y, por ahora, no del todo conocidos. Las nuevas tecnologías están multiplicando los usos potenciales de las TIC, propagando sus usos —generando externalidades— a otros sectores. Esta evolución tecnológica permite convertir activos dedicados originalmente a las TIC en insumos o soportes de otras actividades tan variadas

como el transporte, la medicina, el comercio, el sector financiero, la seguridad y otros sectores de infraestructura. Algunas de las actividades, proyectos e iniciativas que están siendo influidas por estas nuevas tecnologías son la automatización industrial, las ciudades inteligentes, los vehículos autónomos (que interactúan entre sí y con la infraestructura vial, incluyendo camiones, trenes e incluso vehículos aéreos) y actividades de ejecución remota (como intervenciones quirúrgicas, con especialistas médicos localizados físicamente en otro lugar, mediante cirugía robótica). El Recuadro 3 describe los principales rasgos de la tecnología 5G, facilitadora de muchos de estos avances.

En este contexto, los principales atributos de la digitalización son la conectividad (la disponibilidad de redes de acceso y transporte para que las personas y los objetos puedan conectarse), la interoperabilidad (conexiones, protocolos, plataformas y sistemas estandarizados que permiten ampliar la escala y el alcance), la descentralización (sistemas o subsistemas para los procesos de gestión y toma de decisiones), la virtualización (capacidad de conectar sistemas físicos con modelos y simulaciones virtuales) y las capacidades en tiempo real (para facilitar los procesos de toma de decisiones y la gestión de la infraestructura y los activos). Su consideración integral permite optimizar los beneficios para las sociedades (ver detalles en CAF, 2020a).

### Recuadro 3

#### Quinta generación de tecnologías y estándares de comunicación inalámbrica (5G)

Fuente: Celani (2020).

La tecnología 5G promete una mayor velocidad que las redes 4G actuales gracias a un nuevo modo de gestión del espectro. La 5G utiliza una nueva tecnología de dirección de haz que conecta a los usuarios a través de señales de radio más pequeñas y direccionales (conocidas como *millimeter waves*) desde la estación base, en lugar de una señal más amplia que se envía a todos los móviles. Esto consiste en la ampliación del espectro de frecuencias utilizado para las transmisiones de datos. En el cuadro, se sintetizan las principales diferencias de esta tecnología respecto a la 3G y la 4G.

#### Cuadro

##### Comparación entre tecnologías de acceso móvil

Característica	3G	4G	5G
Ancho de banda	2 Mbps	10 a 30 Mbps con movilidad y hasta 60 Mbps para acceso fijo	Más de 80 Mbps en móvil y hasta 3 Gbps en acceso fijo
Cobertura de celda (móvil)	Hasta 100 km en área rural	Hasta 100 km en área rural	Hasta 80 km en área rural
Conectividad masiva	2.000 usuarios por km <sup>2</sup>	2.000 usuarios por km <sup>2</sup>	> 200.000 usuarios por km <sup>2</sup>
Latencia ultra baja	> 100ms	10ms a 100ms RTT	1ms
Ultra movilidad	< 200 km/h	Hasta 350 km/h	Hasta 1.000 km/h
Ultra bajo consumo energético	90 % más de consumo que una red 5G	90 % más de consumo que una red 5G	Hasta diez años de duración de la batería para dispositivos con baja potencia

En términos de infraestructura, la 5G es diferente de sus antecesoras en que el nuevo modo de irradiación por haz de esta tecnología requiere de una red de nodos mucho más densa. Otra característica de esta red es el denominado dúplex completo, destinado a resolver el problema de las señales que transmiten datos en una sola dirección a la vez. El dúplex completo permite redirigir momentáneamente las señales procedentes de direcciones opuestas en un mismo canal mediante interruptores de alta velocidad. En lugar de colisionar, las señales viajan paralelamente, proporcionando un tráfico más eficiente y garantizando baja latencia. Esta propiedad es básica para el IoT, dado que permite el “diálogo” entre dispositivos.

Finalmente, el volumen de tráfico esperado requiere de un respaldo de fibra óptica mayor que el de una red 4G. Es probable que los países con una infraestructura de fibra menos desarrollada encuentren restricciones al desarrollo de 5G por esta razón.



## La brecha digital en América Latina

Una condición necesaria para que las innovaciones digitales comiencen a aplicarse en los sectores de infraestructura es un nivel elevado de cobertura y desarrollo del sector de las TIC. Por lo tanto, esta subsección presenta un diagnóstico del sector de tecnologías digitales en la región.

### La brecha entre hogares y componentes de la infraestructura digital

El término brecha digital se difundió en la década de 1990, habiéndose definido, originalmente, como la división entre los que tienen acceso a las TIC y

los que carecen de ellas, parcial o totalmente. El análisis de la brecha digital en las TIC comparte algunas dimensiones con brechas en otros sectores (transporte, energía y agua, entre otros) tales como “acceso” (penetración y cobertura), costo (asequibilidad) y calidad.

A modo ilustrativo, el Cuadro 8 reporta el índice de digitalización de los hogares elaborado por CAF<sup>29</sup> en el marco del índice de desarrollo del ecosistema digital (IDED) y pone de manifiesto una clara diferencia (brecha relativa) entre el grupo de países desarrollados (OCDE, con un indicador de digitalización igual a 74,3) y los países de la región (con un valor promedio de 50,7). A nivel individual, Chile y Brasil tienen una menor brecha relativa con países desarrollados, mientras que Bolivia y Paraguay se encuentran en el otro extremo.<sup>30</sup> En general, Chile tiene

**Cuadro 8**  
**Acceso, calidad y asequibilidad en países seleccionados, 2019**

Fuente: Indicadores seleccionados de CAF (2020b).

Región o país	Índice de digitalización de hogares	Penetración en hogares	Cobertura	Calidad	Asequibilidad
OCDE	74,3	76,9	73,8	43,1	85,0
ALC	50,7	54,4	58,4	15,0	57,7
Chile	66,7	75,5	64,5	28,0	72,4
Costa Rica	63,5	68,8	59,0	14,2	74,1
Brasil	60,7	58,1	63,0	17,4	68,4
México	57,4	55,1	59,1	13,8	72,5
Argentina	55,2	73,1	67,4	22,4	45,1
Uruguay	54,4	72,1	70,6	18,5	71,0
Colombia	52,6	55,1	62,1	12,1	56,1
Panamá	47,5	62,3	52,7	20,4	66,7
Perú	45,9	47,1	50,5	14,9	60,4
Ecuador	36,4	48,0	59,9	13,9	50,9
Paraguay	29,8	41,7	55,3	13,3	42,4
Bolivia	20,3	31,4	49,2	10,4	24,3

Nota: El índice de penetración en hogares se compone de 10 indicadores (penetración de banda ancha fija y móvil, telefonía, TV de pago, internet, aplicaciones y teléfonos inteligentes, entre otros); el índice de cobertura pondera 7 indicadores (cobertura móvil por 2G, 3G, 4G y 5G y fija de banda ancha por fibra óptica, electricidad u otro tipo de cable); el índice de calidad consta de 6 indicadores (categorizados en velocidad de descarga e infraestructura crítica); y el índice de asequibilidad incluye 6 indicadores (asequibilidad de la banda ancha fija y móvil, TV de pago, prepago de datos móviles y telefonía móvil). El promedio de ALC corresponde a 20 países. En este cuadro se selecciona un subconjunto.

<sup>29</sup> El índice de digitalización de los hogares es un promedio de 20 indicadores que se clasifican en tres categorías: penetración (adopción, tenencia de dispositivos y uso), asequibilidad de los servicios digitales (fijos y móviles) y adopción de las plataformas B2C (redes sociales, aplicaciones, comercio y servicios). Ver metodología del Índice CAF de Desarrollo del Ecosistema Digital en CAF (2017) y CAF (2020b).

<sup>30</sup> A modo ilustrativo, un 67 % de los hogares de la región tenían acceso a internet (CEPAL, 2020).

buen desempeño en todas las dimensiones, mientras que Uruguay recibe esa cualificación en penetración y cobertura, Argentina la obtiene en acceso y calidad (pero el servicio es considerado costoso para los usuarios) y Panamá tiene buenos indicadores de calidad. En el otro extremo, Bolivia y Paraguay tienen bajos indicadores en todas las dimensiones, sumándose Perú en baja cobertura y Colombia en baja calidad.

En la mayoría de los países en desarrollo, e incluso en algunos países desarrollados, los usuarios de internet en zonas rurales tienen velocidades de conexión más lentas. Además, en comparación con usuarios de servicios inalámbricos fijos (*wifi*) o por cable, quienes

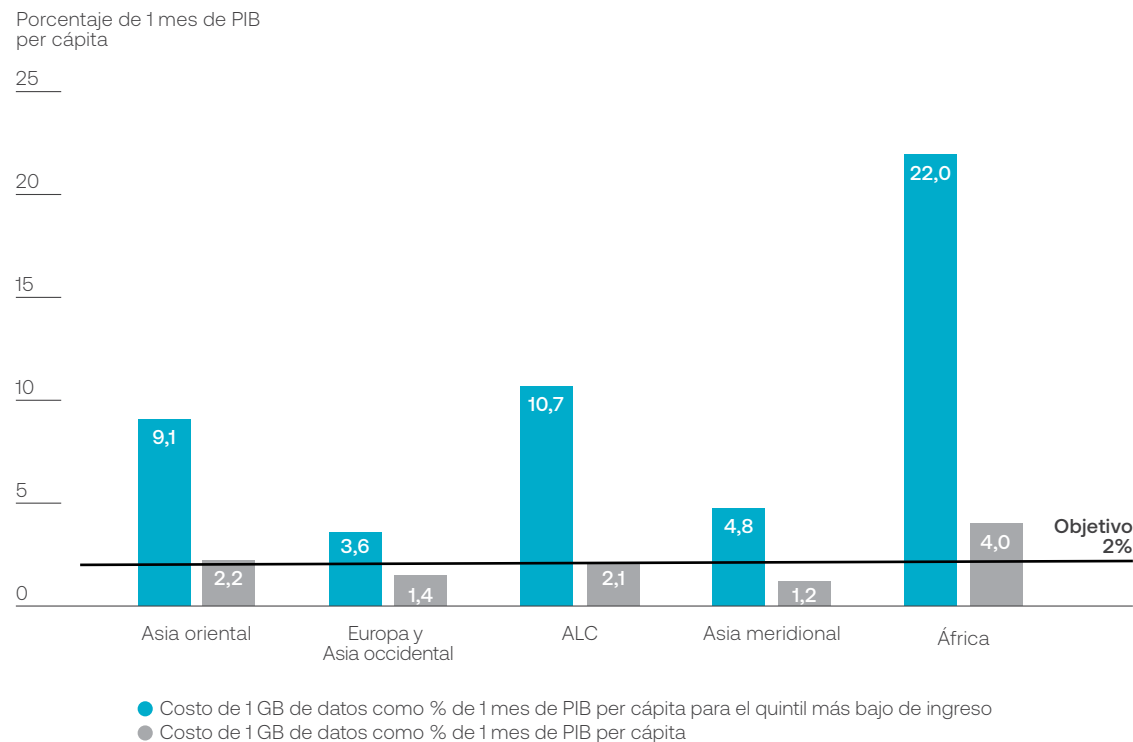
tienen acceso a la red mediante servicios móviles están expuestos a velocidades de banda ancha comparativamente bajas, a períodos de latencia y costos mucho más altos, y con límites y cupos de tráfico.

Parte de la diferencia en la dimensión de calidad se debe a las velocidades de descarga. Por ejemplo, la velocidad promedio de descarga de banda ancha móvil es de 38 Mbps en la OCDE y de 21 Mbps en ALC. De hecho, en 2019, la OCDE ya tenía un 20 % de cobertura 5G, mientras que esta tecnología no se había implementado todavía en la región.<sup>31</sup>

Por último, una aproximación alternativa a la dimensión de asequibilidad es la proporción de

**Gráfico 25**  
**Proporción del gasto en datos con relación a un mes de PIB per cápita, 2018**

Fuente: GSMA (2019).



Nota: El informe no desagrega la información por países dentro de cada región.

<sup>31</sup> CAF (2020b) destaca que, a nivel de empresas, la adopción de tecnologías digitales básicas en la región se encuentra alineada con la de países avanzados, pero la digitalización de la fuerza de trabajo todavía presenta limitaciones. Ver en la siguiente subsección detalles sobre la adopción de tecnologías disruptivas.

## La digitalización de los hogares de la región ha avanzado mucho, pero existe una brecha con los países desarrollados en cobertura, calidad y asequibilidad.



un gasto estándar o paquete de servicios con relación a una medida de ingreso individual — usualmente se utiliza el PIB o el ingreso nacional bruto (INB) per cápita—. Según CAF (2020b), el abono mensual de banda ancha móvil representa el 4,6 % del valor mensual del INB per cápita en América Latina (comparado con el 0,8 % en la OCDE). El Gráfico 25 ilustra las estimaciones del gasto de un paquete de datos respecto del ingreso promedio y del ingreso del primer quintil de población según la distribución de ingresos. La región latinoamericana tiene costos elevados con relación a la media mundial, pero muy superiores al resto cuando se compara la población vulnerable.<sup>32</sup>

En años recientes, se ha analizado la brecha digital (relativa) considerando aspectos socioeconómicos (Tirado, Mendoza, Marín y Mendoza, 2017). De esta forma, pueden surgir explicaciones más precisas sobre la adopción, el uso y el aprovechamiento de los servicios. Un ejemplo ya mencionado es la brecha relativa en la dimensión de calidad entre usuarios rurales y urbanos: si quien vive en una ciudad alcanza un nivel educativo mayor, probablemente haga un uso más intenso del internet y requiera de un servicio con mayor velocidad (calidad). Si el usuario rural dispone del mismo servicio, probablemente lo use menos o decida no acceder porque sus necesidades son satisfechas con un plan de menor potencial.

La nueva generación de indicadores basados en índices compuestos ha abordado esta cuestión, incorporando información que permite caracterizar las poblaciones desde el ángulo demográfico y económico. Un ejemplo de índice compuesto fue el índice de la brecha digital (DDI, por sus siglas en inglés), surgido en el marco del proyecto SIBIS (Statistical Indicators Benchmarking Information Society) de la Unión Europea (UE), que combina cuatro factores sociodemográficos (género, edad, educación e ingresos) en relación con indicadores ligados a las TIC. En general, los grupos con mayor déficit relativo en el área de la Unión Europea han sido mujeres, personas mayores de 50 años, ciudadanos con baja educación (personas que abandonaron la educación escolar formal a la edad de 15 años o menos) y el grupo de bajos ingresos (el cuartil de ingresos más bajos de los encuestados). Para América Latina, CEPAL (2020) indica que más del 90 % de los hogares rurales en Bolivia, Paraguay y Perú no cuentan con conexión a internet, mientras que en países con mejor desarrollo digital, como Chile o Uruguay, el déficit de acceso rural es de aproximadamente el 50 %. Por su parte, la brecha por grupos de edad es mayor en niños de 5 a 12 años y adultos mayores de 65 años. Finalmente, un 33 % de los hogares de la región tienen acceso limitado o no tienen acceso a internet (porcentaje que asciende al 42 % para el 40 % de la población con ingresos más bajos).

<sup>32</sup> Si bien no es objetivo de este reporte analizar un umbral de asequibilidad, cabe señalar que la Comisión de Banda Ancha de las Naciones Unidas lo ha definido en el 2 % del PIB per cápita mensual para los servicios de banda ancha.

## Otros componentes del índice de desarrollo del ecosistema digital

El análisis anterior se enfocó en las dimensiones de la brecha de servicios correspondiente a la digitalización en los hogares. Sin embargo, como explica el Observatorio CAF del Ecosistema Digital 2020 (CAF, 2020b), el IDED también considera la economía digital, la digitalización del Estado (que, junto con la digitalización en hogares, componen el pilar vertical) y la infraestructura digital, las políticas públicas, la regulación, y el capital humano y la fuerza laboral (que componen el pilar horizontal). Varios indicadores de esas dimensiones están vinculados con las tecnologías disruptivas (ver ejemplos en el Recuadro 4).

Existe, además, un subconjunto de indicadores del ecosistema digital, especialmente los vinculados con el desarrollo de tecnologías. Estos aparecen sintetizados, para el grupo de países de la región, comparándolos con países de la OCDE, en el Cuadro 9. El panorama completo puede analizarse en el sitio web del Ecosistema Digital<sup>33</sup> y en CAF (2020b)

El Cuadro 9 muestra, por un lado, que prácticamente todos los indicadores seleccionados mejoran después de una década, como es de esperar en un contexto de adopción tecnológica. Pero, por otro lado, la región no ha logrado cerrar la brecha con relación a los países desarrollados (ilustrados en este caso por la OCDE). En América Latina, ha habido avances que se aplican al sector de usuarios finales (hogares), pero la brecha relativa persiste por rezagos en

**Cuadro 9**

### Indicadores seleccionados del índice de desarrollo del ecosistema digital, 2010 y 2019

Fuente: Indicadores seleccionados de CAF (2020b).

	2010		2019	
	ALC	OCDE	ALC	OCDE
<b>IDED</b>	<b>29,5</b>	<b>52,0</b>	<b>42,4</b>	<b>65,1</b>
<b>Economía digital</b>	<b>16,2</b>	<b>44,2</b>	<b>22,4</b>	<b>54,7</b>
<b>Digitalización de procesos productivos y servicios relacionados</b>	<b>24,9</b>	<b>39,8</b>	<b>31,0</b>	<b>52,0</b>
Adopción digital avanzada				
Centro de datos y equipamiento (índice)	1,6	3,8	1,5	4,1
Penetración de la conexión entre aparatos (cada 100 hab.)	1,4	2,0	7,0	25,0
Inversión en <i>big data</i> (índice)	3,8	5,1	3,6	5,6
Inversión en servicios en la nube (índice)	1,2	3,3	1,4	4,4
<b>Peso de industrias digitales</b>	<b>19,1</b>	<b>48,5</b>	<b>20,9</b>	<b>58,8</b>
Fabricación de productos digitales (% del PIB)	2,0	2,5	2,0	2,4
Gasto en publicidad digital (USD pc)	0,2	7,8	5,0	45,6
<b>Innovación</b>	<b>8,1</b>	<b>38,2</b>	<b>12,1</b>	<b>48,7</b>
<b>Digitalización del Estado</b>	<b>36,1</b>	<b>59,1</b>	<b>50,6</b>	<b>71,5</b>
<b>Trámites y servicios</b>	<b>39,4</b>	<b>68,7</b>	<b>39,6</b>	<b>68,9</b>
Tiempo para procesamiento aduanero (índice)	2,4	3,5	2,5	3,6
Facilidad de comercio transfronterizo (índice)	62,5	91,0	69,8	91,7
<b>Plataformas de gobierno electrónico</b>	<b>21,1</b>	<b>37,7</b>	<b>54,2</b>	<b>70,9</b>
<b>Transparencia gubernamental</b>	<b>47,8</b>	<b>70,9</b>	<b>58,1</b>	<b>74,6</b>

33 El sitio es accesible en el enlace [https://www.caf.com/app\\_tic/](https://www.caf.com/app_tic/)

## Recuadro 4 Desarrollo de tecnologías disruptivas

Fuente: CAF (2020a).

Dado el dinamismo del sector de las TIC, no debería sorprender que constantemente aparezcan nuevas tecnologías o adaptaciones de las existentes, cada una con distinto potencial de aplicación en el resto de la economía. A continuación se enumeran algunas de las principales tecnologías que se encuentran en pleno proceso de crecimiento y evolución.

- Internet de las cosas (IoT): Sistema en el que la totalidad de los dispositivos (infraestructuras, vehículos, máquinas y otros elementos electrónicos) están interconectados gracias a una o varias redes para generar y compartir datos.
- Computación en la nube: Acceso a funcionalidades y aplicaciones informáticas bajo demanda, permitiendo soluciones con escalamiento exponencial y nuevos modelos de pago por uso.
- Cadena de bloques (*blockchain*): Tecnología que utiliza algoritmos para facilitar el registro de transacciones de forma indiscutible, sin necesidad de recurrir a un intermediario o a una administración central.
- *Big data*: Uso de grandes volúmenes de datos altamente volátiles y valiosos (datos estructurados, datos de sensores, audio, video, medios sociales) para la construcción de soluciones inteligentes.
- Automatización robótica de procesos (ARP): Tecnología basada en *software* programado, que sustituye a humanos, realizando tareas manuales y repetitivas basadas en reglas mediante la automatización de procesos.
- Impresión en 3D: Tecnología que permite la producción eficiente de productos tridimensionales únicos, donde y cuando se necesiten.
- Inteligencia artificial: Sistemas cognitivos que combinan el aprendizaje automático con la capacidad de interactuar a través del lenguaje natural y crear conocimiento a partir de los datos.
- Plataformas digitales: El uso de la tecnología digital para conectar a las personas en nuevas y poderosas formas.
- Robótica y drones: Tecnologías que sustituyen al trabajo humano a gran escala, no sólo para tareas rutinarias, sino cada vez más para la prestación de servicios.

Estas tecnologías han habilitado la aparición de nuevos modelos productivos u organizativos, como, por ejemplo, la cocreación (que consiste en iniciativas que reúnen a las partes para crear conjuntamente un producto de valor, con gran potencial en las ciudades inteligentes), el aprovisionamiento en masa (que busca obtener servicios, ideas o contenidos solicitando contribuciones de un gran grupo de personas y especialmente de una comunidad en línea, en lugar de pedirlo a los empleados o los proveedores tradicionales), o la economía compartida (que utiliza la tecnología de la información como medio de reunir de una forma diferente la oferta y la demanda de bienes, servicios o información).

otros componentes. Por ejemplo, los desarrollos tecnológicos disruptivos relacionados con la digitalización de procesos productivos (como los centros de datos o la inversión en *big data*) han evolucionado a la par de los países avanzados, pero otros desarrollos (como la interconexión de aparatos, conocida por la siglas inglesas M2M) lo han hecho mucho más lentamente. Otros elementos que ilustran el rezago relativo de la región son la tasa de innovación tecnológica y la promoción de publicidad digital. Finalmente, se destaca el rol del Estado en la adopción de la digitalización, contribuyendo a la reducción de la brecha, tanto absoluta como relativa (principalmente por medidas relativas a la mejora en la transparencia del Estado y a cierta facilidad para realizar operaciones de comercio transfronterizo, sin mejorar la complejidad de los trámites aduaneros).

## Otras tendencias sectoriales en energía eléctrica y transporte urbano

Mucho antes de los cambios y aceleraciones en el sector digital producidos por la crisis causada por la enfermedad del coronavirus (COVID-19) en 2020, se pudieron observar otras tendencias en los sectores de infraestructura priorizados en este reporte (energía eléctrica y transporte urbano). Esas tendencias acompañan, y en cierto sentido complementan, el avance de la digitalización.

Esta sección repasa las tendencias sectoriales, para luego realizar un análisis conjunto en cada sector priorizado (dos secciones siguientes). De esta forma, se pueden anticipar los modelos de negocio que se derivan de estos cambios y sus implicancias regulatorias, de inversiones y de política.

## Energía eléctrica: electrificación de los servicios y descentralización de la producción y el consumo

En el sector eléctrico, además de la tendencia a la digitalización que se comentará más adelante, se pueden observar cambios referidos a la electrificación de ciertas actividades y sectores, y a la descentralización de los patrones de producción y consumo.

La electrificación de sectores específicos de la economía (transporte, electrodomésticos, etc.) es una de estas tendencias que pueden ser clave para alcanzar las metas de descarbonización requeridas para satisfacer los objetivos climáticos de los ODS. Hace ya varios años que algunas actividades han modificado el uso de fuentes de energía contaminantes hacia la energía eléctrica (por ejemplo, la cocción y la calefacción eléctrica). La electrificación en el transporte, vía vehículos privados o vehículos para transporte público, está menos difundida, pero ofrece grandes oportunidades de optimizar el uso de la red (sobre todo, si se incluye la posibilidad de almacenamiento distribuido) y de acelerar beneficios ambientales.<sup>34</sup>

Otra tendencia reciente en el sector es la descentralización de ciertas actividades a nivel de usuarios finales, permitiéndoles un rol más activo en el sector, innovando en generación y almacenamiento distribuido, y en respuesta de la demanda. Este avance se complementa con el de las energías renovables no convencionales (ERNC), que incluyen las fuentes eólica y solar, la biomasa, el biogás y pequeñas generadoras hidroeléctricas con capacidad inferior a 50 MW,<sup>35</sup> algunas de las cuales se adaptan para la producción a pequeña escala (sobre todo las solares).

Las ERNC han tomado relevancia en el sector a medida que su costo ha caído y que el impacto del uso de combustibles fósiles en el cambio climático ha sido evidente. Con la excepción de la biomasa, estas fuentes de energía tienen costos de generación nulos.

<sup>34</sup> Para que esta transición logre beneficios ambientales, el ciclo de vida de los vehículos eléctricos —incluyendo, por ejemplo, las baterías— y la generación incremental de electricidad para su funcionamiento deben ser menos contaminantes que el ciclo de vida y el combustible utilizado por el transporte reemplazado. Por ejemplo, si la generación eléctrica marginal se realiza con fueloil o con carbón, el recambio de un automóvil que combustiona gasolina por uno eléctrico no necesariamente produce estos beneficios. Lo mismo ocurre con la calefacción por electricidad si esta sustituye a la calefacción con gas natural (en los países donde es factible).

<sup>35</sup> Las pequeñas generadoras hidroeléctricas (con capacidad inferior a 50 MW) se tratan de forma diferencial respecto de las represas hidroeléctricas (referidas como renovables convencionales o renovables).

La participación de estas nuevas fuentes de energía ha crecido rápidamente en algunos países de la región. La generación de ERNC en 2017 representaba un 46 % de la generación total en Uruguay (luego de las fuertes inversiones realizadas en el sector, sobre todo en energía eólica), el 41 % en El Salvador, el 22 % en Costa Rica, el 13 % en Chile y el 9 % en Brasil (ver Cuadro 10). En otros países de América Latina, la participación de fuentes renovables ha ido creciendo, aunque es probable que su avance enfrente desafíos en el mediano plazo debido a la abundancia de energías convencionales (como es el caso de Paraguay y Costa Rica con la hidroelectricidad, o el de Argentina y Bolivia con la generación basada en combustibles fósiles abundantes).<sup>36</sup>

**Cuadro 10**  
**Porcentaje de energía renovable en potencia y generación, 2017**

Fuente: Fischer (2020).

País	Potencia		Generación	
	Renovable	ERNC	Renovable	ERNC
Uruguay	82 %	48 %	98 %	46 %
El Salvador	56 %	29 %	74 %	41 %
Costa Rica	86 %	17 %	98 %	22 %
Chile	45 %	16 %	43 %	13 %
Brasil	82 %	18 %	81 %	9 %
Panamá	64 %	11 %	72 %	6 %
México	25 %	10 %	16 %	6 %
Perú	43 %	3 %	51 %	2 %
Bolivia	36 %	6 %	26 %	1 %
Colombia	70 %	0 %	87 %	1 %
Argentina	32 %	1 %	31 %	0 %
Paraguay	100 %	0 %	100 %	0 %

Notas: La potencia es la medida de la capacidad de generación en un momento del tiempo (medida en MW). La generación corresponde a la energía total generada en un período de tiempo (por ejemplo, GWh en un año). Países ordenados en orden descendente según generación de ERNC. Datos de 2017 o el año más cercano.

Dado que la velocidad de instalación de energías renovables de tipo eólico y solar es rápida, los porcentajes pueden cambiar en pocos años. Por ejemplo, la capacidad de ERNC en Chile aumentó desde el 16 % en 2017 al 22 % (5.293 MW) en 2019 y debería aumentar en más de un 50 % (2.973 MW) a fines de 2021, considerando los proyectos en etapa de construcción.

Sin embargo, las condiciones actuales sugieren que aún no se ha desarrollado la generación a pequeña escala a costos competitivos. Por ejemplo, el costo nivelado de la energía solar a escala residencial es cuatro veces mayor que el de la energía solar a gran escala (ver el Cuadro 11).<sup>37</sup> Si bien los valores del cuadro no incorporan el costo de transmisión, este ahorro no compensa el mayor costo de inversión.<sup>38</sup>

A pesar de estas diferencias, en Europa, Estados Unidos y Canadá se ha expandido la generación distribuida,<sup>39</sup> gracias a la existencia de subsidios, aunque la capacidad de almacenamiento está en una fase incipiente. Este componente del sector tendrá mayor dinamismo a medida que disminuya el costo de las baterías. Si bien hay instalaciones distribuidas en América Latina, estas se encuentran en zonas aisladas, con mala calidad de servicio, en los techos de empresas en las que puede ser conveniente económicamente o por convicciones ideológicas (Fischer, 2020). Tal vez por eso, el crecimiento de la generación distribuida no convencional ha sido limitado. Por ejemplo, luego de aprobarse en Chile la Ley de Generación Ciudadana, el número de instalaciones inscriptas alcanzaba las 4.765 (a octubre de 2019), sumando casi 29 MW de potencia y creciendo a una tasa de 1-2 MW mensual. En Brasil, la disponibilidad de generación distribuida renovable no convencional alcanzaba en 2019 los 766 MW en más de 72.000 instalaciones, generando 896 GWh. En ambos países se trata de cantidades menores, cercanas al 1 por mil de la capacidad instalada y de la generación. En vista de los costos de estas tecnologías, es probable que, si los países de América Latina buscan expandir la generación distribuida, deban adaptar los esquemas de remuneración a las redes de distribución y subsidiar

<sup>36</sup> En Bolivia, la reducción en la productividad de los yacimientos de gas natural podría cambiar los objetivos de política energética a futuro.

<sup>37</sup> El costo nivelado de generar electricidad con una tecnología es el valor económico que incluye todos los costos a lo largo de la vida útil del proyecto: la inversión inicial, la operación y el mantenimiento, el costo de capital, y los insumos si corresponde.

<sup>38</sup> Como referencia, el costo de transmisión en EE. UU. representa un 20 % de los costos de transporte y administración del sistema (que no incluye el costo de la generación), o menos de USD 10/MWh (Energy Institute, 2018). En Inglaterra, el costo de transmisión representaba el 4,5 % del valor final al consumidor en 2016/17 (National Grid, 2020). Se debe señalar que las energías renovables a gran escala conllevan un aumento en la demanda por transmisión y, por lo tanto, de sus costos.

<sup>39</sup> Por generación distribuida se entiende la generación de energía eléctrica, principalmente a partir de fuentes renovables, mediante plantas de pequeña escala ubicadas cerca del punto de consumo, lo que representa un cambio de paradigma respecto a la generación de energía centralizada.

**Cuadro 11**  
**Costo nivelado de la energía por tipo, 2019**

Fuente: Lazard (2019).

Tecnología	Min (USD/MWh)	Max (USD/MWh)
Solar fotovoltaica, residencial	151	242
Solar fotovoltaica, techo comercial e industrial	75	154
Solar fotovoltaica, comunitaria	64	148
Solar fotovoltaica, cristalino, gran escala	36	44
Solar fotovoltaica, película delgada, gran escala	32	42
Solar térmica con almacenamiento	126	156
Geotérmica	69	112
Eólica terrestre	28	54
Eólica marina (solo el promedio)	89	89
Gas de punta	150	199
Nuclear	118	192
Carbón	66	152
Gas ciclo combinado	44	68

la generación residencial para incentivar la instalación de estas tecnologías.<sup>40</sup>

Si los vehículos eléctricos se masifican, los hogares podrían también prestar servicios de almacenamiento, en lo que se denomina servicios bidireccionales de vehículo a red (*vehicle-to-grid* o, por sus siglas en inglés V2G). Un automóvil eléctrico normal tiene una capacidad de almacenamiento que permite un consumo de al menos 20–25 kWh. Considerando un consumo residencial promedio por persona de aproximadamente 1,3 kWh por día (valores para Colombia) o de 2 kWh por día (valores para Chile y Argentina), la energía almacenada por un automóvil eléctrico asegura el consumo del hogar de 3 personas en un periodo de tres a seis días, dependiendo del país que se considere (entre dos y cinco días para un hogar de cuatro personas). Es decir, un hogar con un automóvil eléctrico y conexiones bidireccionales adecuadas puede asegurar el suministro de electricidad durante un corte de servicio de breve duración, tanto al hogar como a otros en la red. Asimismo, un vehículo eléctrico puede proveer servicios de estabilización

de la frecuencia a nivel de distribución. Todos estos servicios son valiosos para el sistema.

La descentralización en el sector eléctrico puede surgir a partir de la eficiencia energética, además de la generación distribuida (Astarloa *et al.*, 2017). Este concepto hace referencia a los esfuerzos que realizan los distintos agentes del sector eléctrico con el fin de reducir el uso de energía proveyendo los mismos servicios. La eficiencia energética ha tomado relevancia en la política energética desde la década de los noventa. Algunos ejemplos latinoamericanos documentados en Cont y Barril (2012) son Argentina, donde se introdujo un Programa Nacional de Uso Racional y Eficiente de la Energía (PRONUREE) en el año 2007, cuyos objetivos incluían la realización de actividades destinadas a concientizar y educar a la sociedad acerca de la importancia de la eficiencia energética; y Brasil, donde se llevaron a cabo varios proyectos relacionados con señales eficientes para el uso de energía (“Luz para Todos”, eficiencia energética en oficinas públicas, etc.).

<sup>40</sup> Los subsidios a la generación renovable de pequeña escala para fomentar objetivos ambientales pueden tener efectos sobre la asignación de recursos (por la distorsión de precios), fiscales (dependiendo de cómo se financien los subsidios) y distributivos (en particular, regresivos, si quienes se benefician de estos subsidios son usuarios de altos ingresos). Sobre este último efecto, ver la referencia a la subsección “Políticas ambientales” del Capítulo 4.



## Transporte urbano: urbanización y cambio climático

En las áreas urbanas existen otras tendencias que avanzan en paralelo con la digitalización y que también plantean cambios sustanciales en el transporte urbano, tanto público como privado: la creciente urbanización y la preocupación por el cambio climático.

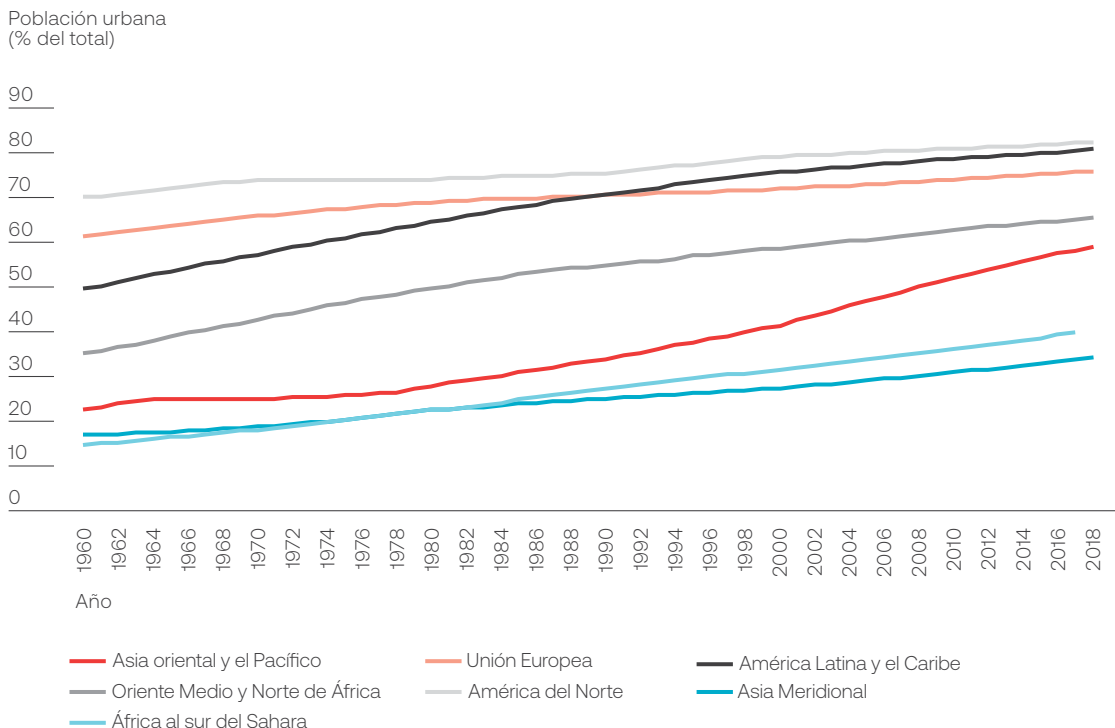
La creciente urbanización y el tamaño de las ciudades son factores importantes porque son las áreas en donde se concentra mayoritariamente el transporte de pasajeros. Con el crecimiento poblacional de las ciudades aumenta el uso de los servicios de transporte y consecuentemente sus externalidades.

En los últimos 60 años, se ha observado en todas las regiones del mundo un aumento en la proporción de población viviendo en zonas urbanas. Como ilustra el Gráfico 26, regiones como el Sudeste Asiático (o Asia oriental y el

Pacífico) han pasado de tener el 20 % de su población viviendo en ciudades en 1960 a casi el 60 % en 2018. La región de América Latina y el Caribe ha acompañado las tendencias de crecimiento urbano del Sudeste Asiático, llegando a tasas de población viviendo en ciudades ligeramente superiores al 80 %, ubicándose como la segunda región del mundo más urbanizada, después de América del Norte. A su vez, las ciudades de la región son las más densas del mundo, pero no necesariamente aprovechan los beneficios de esa aglomeración (en términos de productividad) y en cambio sufren las externalidades (congestión y contaminación) relacionadas con el transporte (Daude *et al.*, 2017). Por otra parte, cuando las ciudades crecen en extensión, los impactos son diferentes, principalmente en términos de costos para proveer un servicio a toda la población, generando problemas de accesibilidad y altos tiempos de traslado. Por último, la población urbana de las ciudades pequeñas y grandes de la región va a seguir en aumento (Gráfico 27), extendiendo geográficamente los desafíos aquí planteados.

**Gráfico 26**  
Evolución de la población urbana en varias regiones del mundo

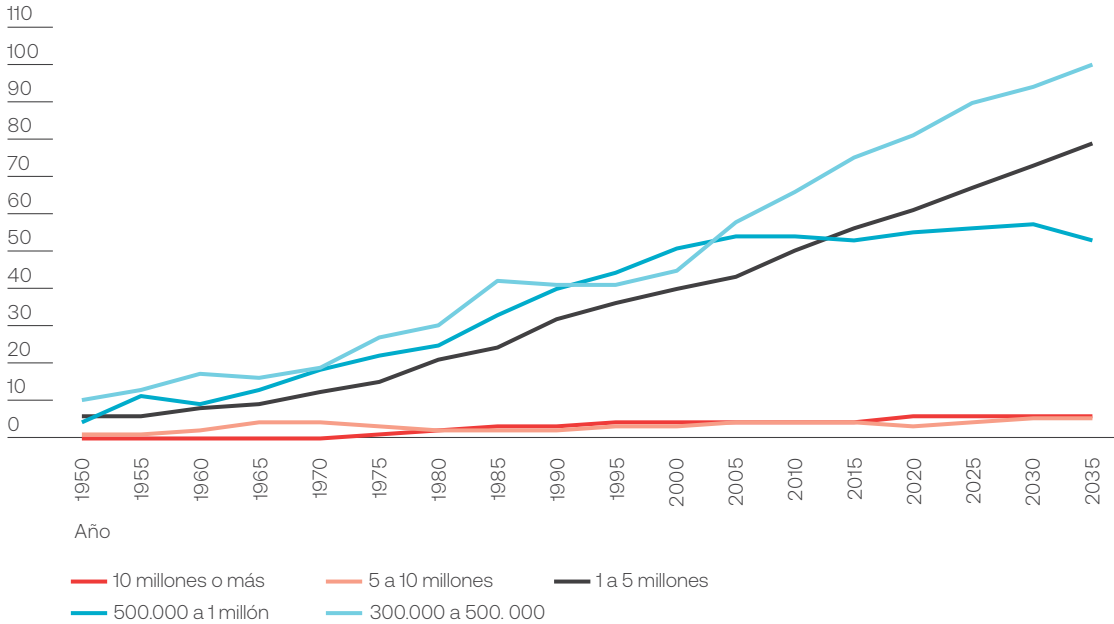
Fuente: Steer (2020), con base en datos del Banco Mundial.



**Gráfico 27**  
**Expectativa de evolución del número de ciudades**  
**o aglomeraciones urbanas por tamaño de población**

Fuente: Steer (2020), con base en datos del Banco Mundial.

Número de ciudades  
o aglomeraciones urbanas



Según datos del Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas (2018a), se esperaba que en 2020 la población urbana de la zona continental de América Latina superara los 507 millones de habitantes, distribuyéndose en grupos de ciudades según se muestra en el Cuadro 12.<sup>41</sup>

Otra preocupación relevante en la actualidad es el cambio climático, lo cual se ve reflejado en los ODS (objetivo número 13). El transporte tiene un efecto importante sobre las emisiones de gases de efecto invernadero, llegando a representar en los últimos años entre un 25 % y un 35 % de las

emisiones totales, dependiendo del país.<sup>42</sup> Por este motivo, las medidas que tienden a disminuir el tráfico y a fomentar tecnologías más limpias cobran cada vez mayor importancia.

El fomento de la utilización del transporte público se encuentra en línea con el primer tipo de medidas, mientras que el incremento de pasajeros por vehículo posibilita la reducción del tráfico y de las emisiones por persona. Con menor impacto, la promoción de los viajes compartidos tiene el mismo efecto que el transporte público, siempre y cuando no haya una sustitución en su utilización. El

<sup>41</sup> La definición de qué constituye una aglomeración urbana, una ciudad o área metropolitana es compleja y difícil de acotar y aplicar. Para este análisis, la definición depende del área de estudio o la realización de la encuesta, pues se circunscribe a las áreas incluidas en los procesos de muestreo, que no necesariamente obedecen a lógicas político-administrativas o de asociación de municipios. Por ejemplo, la última encuesta realizada en Buenos Aires se aplicó al Área Metropolitana de Buenos Aires, o la de Bogotá se aplicó a Bogotá y 18 municipios vecinos que no se inscriben en ninguna agregación político-administrativa. Recientemente se han realizado aproximaciones basadas en la intensidad de la luz nocturna, capturada a partir de imágenes satelitales. Por lo anterior, se recomienda cautela en el uso de esta información para otras mediciones. Para ampliar la discusión sobre la definición y delimitación de lo que es una ciudad, ver Daude *et al.* (2017).

<sup>42</sup> Dependiendo de las fuentes: United States Environmental Protection Agency (EPA, s.f), Agencia Europea del Medio Ambiente (2019) y World Resources Institute.

**Cuadro 12**  
**Tamaño, cantidad y población de ciudades de América Latina**

Fuente: Steer (2020) con base en datos de Naciones Unidas.

Categoría de tamaño	Tamaño (habitantes)	Cantidad de ciudades*	Población urbana proyectada 2020	Porcentaje de población urbana en zona continental de América Latina
Megaciudades	10 millones o más	6	94.134.758	18,6 %
Ciudades muy grandes	Entre 5 millones y 10 millones	3	18.031.132	3,6 %
Ciudades grandes	Entre 1 millón y 5 millones	61	125.874.415	24,8 %
Ciudades medianas	Entre 500.000 y 1 millón	55	40.223.210	7,9 %
Ciudades pequeñas	Entre 300.000 y 500.000	81	31.269.789	6,2 %
Ciudades muy pequeñas	Menos de 300.000	No disponible	197.643.064	39,0 %
<b>Total</b>		<b>206*</b>	<b>507.176.368</b>	<b>100,0 %</b>

Notas: Los datos se presentan por aglomeraciones urbanas o áreas metropolitanas, no por límites políticos o administrativos.

\* Se suman las ciudades identificadas de tamaño superior a 300.000 habitantes.

desplazamiento en bicicletas y a pie también ha ganado protagonismo en los últimos años, en línea con los modelos de movilidad sustentable.<sup>43</sup> Según reportan Rivas *et al.* (2019a), la participación modal de viajes en bicicletas y caminando aumentó del 32 % al 36 % en un período de aproximadamente 15 años en las ciudades analizadas.<sup>44</sup>

En cuanto al segundo tipo de medidas, los vehículos eléctricos, tanto privados como públicos, utilizan tecnologías más limpias que la tradicional con motores de combustión, contribuyendo a la reducción de las emisiones. No obstante, la promoción de la utilización de vehículos privados eléctricos puede generar una externalidad negativa por el aumento de la congestión si reemplazan el uso de transporte público. En todo caso, el efecto neto de los cambios que fomentan la electrificación sobre las emisiones de gases de efecto invernadero depende del impacto final que tienen en el consumo final de energía y en la combinación de fuentes en la matriz energética del país.

## La digitalización en el sector eléctrico: redes eléctricas inteligentes

La red eléctrica tradicional está compuesta por un conjunto de líneas de transmisión, subestaciones, transformadores, líneas de distribución y equipamiento que permite mover la energía eléctrica desde las unidades de generación hacia los consumidores. Esta tecnología prácticamente no ha sufrido cambios durante los últimos cien años. Con el surgimiento de la nueva economía digital, se abre la oportunidad de definir un nuevo concepto de red eléctrica, para atender a consumidores y generadores en un contexto en el que los servicios provistos pueden ser de mayor calidad y complejidad (por ejemplo, sujetos a una mayor automatización, permitiendo la toma de decisiones en lapsos cortos de tiempo e incluso en tiempo real). Esta red se denomina red eléctrica inteligente (REI).

<sup>43</sup> CAF promueve diversos planes de movilidad sustentable en ciudades de América Latina, donde se busca desarrollar un sistema de transporte más competitivo, equitativo, inclusivo, seguro y sostenible ambientalmente.

<sup>44</sup> No todas las ciudades muestran un aumento en este modo. Las ciudades consideradas en el estudio son Santiago (pasó del 23 % en 1991 al 41 % en 2012), Bogotá (del 21 % en 2005 al 29 % en 2015), Río de Janeiro (del 22 % en 1994 al 33 % en 2012), São Paulo (estable en el 37 % en 1997 y 2012), Belo Horizonte (del 40 % en 1995 al 38 % en 2012) y Montevideo (del 43 % en 2009 al 36 % en 2016).

La digitalización en el sector eléctrico está transformando el funcionamiento de los sistemas a través de la automatización y la comunicación entre los distintos segmentos de la cadena de producción (generación, transporte, distribución y comercialización). Por ejemplo, las nuevas tecnologías ya se están utilizando para la programación y ejecución del sector y para la identificación y resolución de fallas, entre otros usos técnicos. Sin embargo, el impacto más importante de la digitalización no se encuentra en las mejoras que aporta al funcionamiento actual del sector, sino en los cambios provocados en su organización industrial, específicamente en la configuración de los mercados eléctricos y la forma en que se llevan a cabo las transacciones.

Desde el punto de vista tecnológico, la REI es una adaptación de la red eléctrica que agrega capacidad de comunicación en doble vía, inteligencia artificial y sistemas modernos de control, inclusive contra ciberataques (Dileep, 2020).<sup>45</sup> En otras palabras, una REI es básicamente la superposición de una red física de electricidad con un sistema de información que enlaza los equipos y los componentes de la red con los sensores de las plataformas de los consumidores. Esto permite mejorar la confiabilidad, seguridad y eficiencia (tanto económica como energética) del sistema eléctrico desde los generadores tradicionales, a través de las redes de transporte y distribución, hasta los consumidores finales. Un creciente número de usuarios finales dispone de generación en pequeña escala (localizada dentro de las áreas de las redes de distribución) y recursos de almacenamiento (U.S. Department of Energy, 2010 y 2018).

Las REI aprovechan las ventajas que ofrecen las modernas tecnologías para transformar la red actual en una red que facilite la administración del sistema y las acciones de control autónomo para aumentar la confiabilidad y la resiliencia ante fallas de sus distintos componentes. La aplicación de nuevas tecnologías también ayuda a mejorar la eficiencia en el manejo de los activos de la red, integrar el sistema con fuentes de energías renovables y desarrollar la comunicación en tiempo real entre los consumidores y las empresas para obtener mayor eficiencia y calidad de servicio. La Figura 1 presenta el flujo de comunicaciones y energía eléctrica que interconecta a los productores, las redes de transmisión y distribución y los consumidores en una REI.

La generación incluye operadores de energía convencional y de fuentes renovables. El componente de transmisión y distribución consiste en subestaciones y centros de control conectados con sensores (fibra óptica, conexión inalámbrica, IoT). El centro de control incluye interconectores (*switches*), medidores y elementos técnicos que son manejados con los procesos automatizados y el *software* de la REI. El componente de consumidores incorpora la generación con renovables, autos eléctricos y medidores inteligentes. Los medidores inteligentes, a su vez, son interfaces que permiten manejar artefactos y activos inteligentes de los usuarios. La descripción anterior se puede complementar con otras fuentes de información (que permiten realizar pronósticos de demanda, clima, precios, etc.), normalmente utilizadas bajo la modalidad tradicional, pero que pueden tener un valor adicional bajo la nueva modalidad de red.

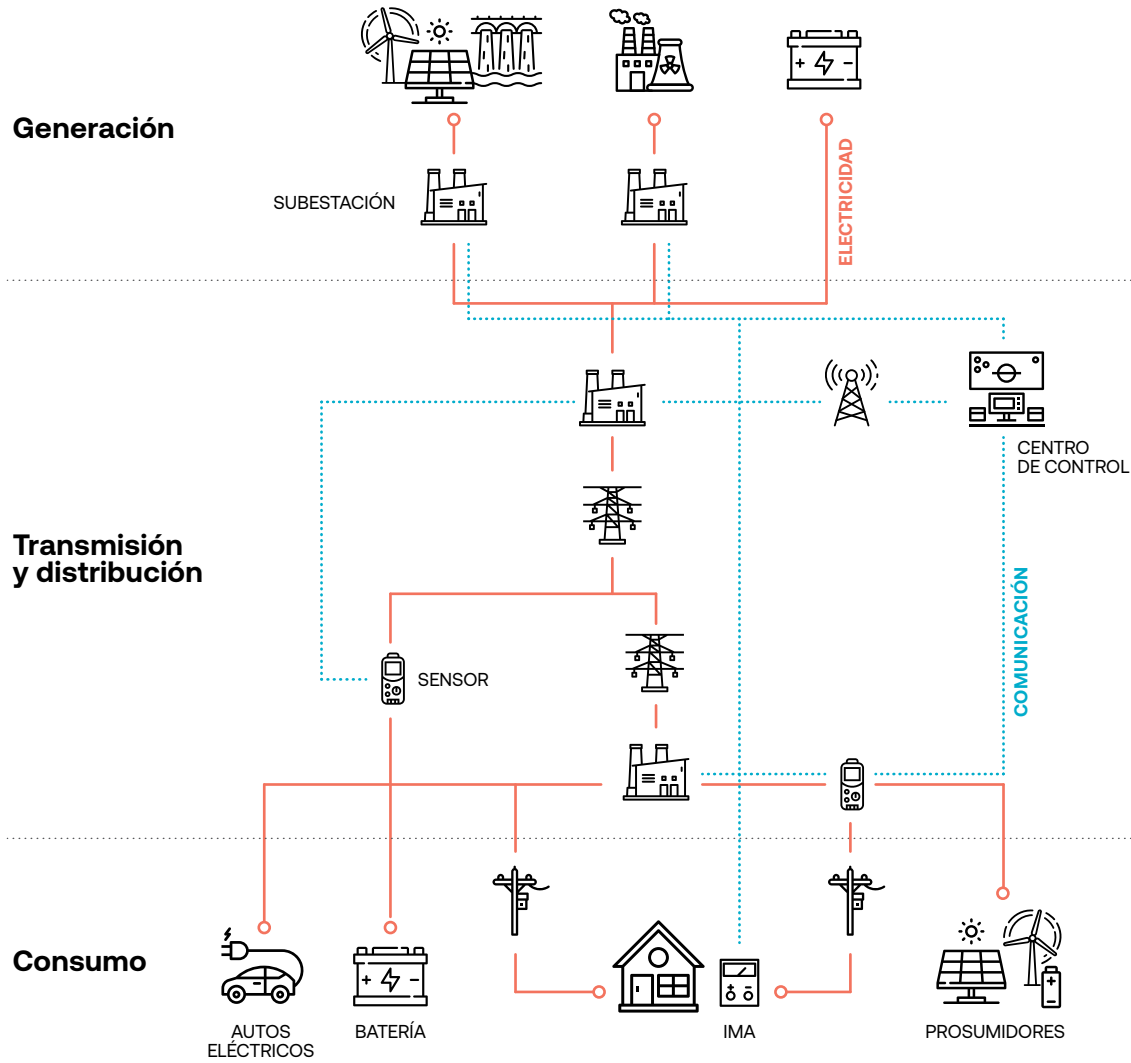
La demanda puede adoptar una postura activa si se implementan mecanismos de incentivos basados en precios dinámicos. A su vez, los centros de control se ubican en puntos de la red que les permiten brindar pronósticos de energía a los generadores y pronósticos de los precios o tarifas a los consumidores. Las redes de comunicación que se encontrarían presentes son redes de área local (LAN, por sus siglas en inglés, que permiten la comunicación dentro del hogar para los consumidores), redes privadas (establecidas por las empresas de servicios) y la red de internet (proporcionada por un proveedor de servicios de internet —ISP, por sus siglas en inglés— externo). La combinación de estos tres tipos de redes permite la comunicación de doble vía entre las empresas eléctricas y los usuarios. Así, la estructura de la REI se puede dividir entre cuatro entidades: los recolectores de datos internos (es decir, sensores en la red y medidores inteligentes localizados en los puntos de consumo); las empresas proveedoras de servicios eléctricos y centros de control; los generadores eléctricos, y las fuentes de información externas. Este último grupo, si bien no pertenece a la REI, provee información de utilidad para las operaciones de esta.

En la actualidad, el grado de despliegue y extensión de las REI en diferentes países es heterogéneo. El Gráfico 28 presenta los componentes de tecnología que contribuyen al desarrollo de una REI de gran alcance.

<sup>45</sup> El autor provee una revisión histórica del concepto de REI. Ver la referencia para más detalles.

**Figura 1**  
**Estructura básica de una REI (flujo de energía y de comunicación)**

Fuente: Elaboración propia.



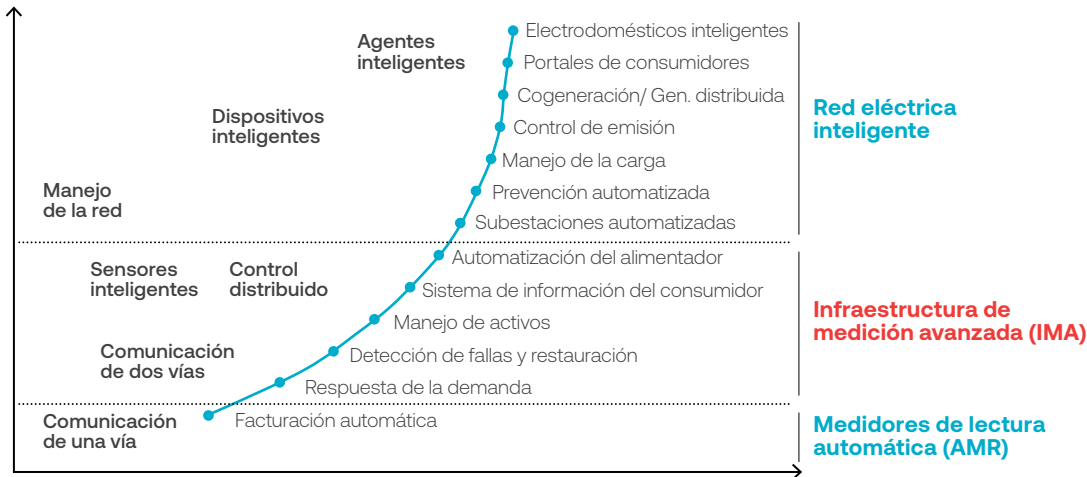
Nota: IMA (infraestructura de medición avanzada).

La utilización de lectura automática de medidores no necesariamente cambia la esencia del sistema tradicional, ya que, como en este, puede organizarse como comunicación de una sola vía. Por ende, no se considera como parte de la REI porque no permite una respuesta de la demanda en tiempo real. Con la utilización de la infraestructura de medición avanzada (IMA), se posibilita la comunicación de doble vía, con distintos niveles de intensidad de uso, desde respuestas de la demanda, manejo de activos o detecciones de fallas, hasta la automatización de alimentadores.

La REI propiamente dicha empieza a tomar identidad con las subestaciones automatizadas y aumenta en sofisticación a medida que se despliegan el manejo de cargas, la generación distribuida, los artefactos inteligentes, etc. Los medidores bidireccionales son esenciales para el despliegue de una red inteligente y son los que hacen posible que los consumidores se comporten a la vez como productores y consumidores (prosumidores). Además, estas redes permiten que los costos asociados a la lectura y la facturación disminuyan.

**Gráfico 28**  
**Desarrollo e inversiones en una REI**

Fuente: Dileep (2020).



Mediante los sistemas de IMA, se puede recolectar información instantánea sobre la demanda individual y agregada. Esta información es útil para los consumidores, quienes pueden tomar decisiones en tiempo real sobre su consumo de electricidad. Entre sus componentes, los sistemas IMA incluyen medidores inteligentes, redes automatizadas del hogar, termostatos inteligentes y redes de comunicación desde los medidores hasta los concentradores de datos locales, los sistemas de gestión de datos provenientes de los medidores y los datos adicionados a plataformas de *software* (Dileep, 2020). Los medidores inteligentes permiten también determinar a cuánto ascienden y dónde se producen las pérdidas no técnicas (a causa del robo principalmente), lo que posibilita reducirlas (Donato, Carugati y Strack, 2017).

Por otro lado, el desarrollo del IoT promete una expansión en el uso de artefactos inteligentes puertas adentro (*behind the meter*). Estos artefactos pueden comunicar entre sí y compartir datos, y consumen electricidad. La tecnología de datos en estos artefactos puede mejorar la experiencia de los consumidores en varias dimensiones: servicios personalizados al consumidor, manejo automatizado de la demanda e información sobre consumo por artefacto, entre otros beneficios. Estas tecnologías puertas adentro se acoplarían a la REI potenciando sus efectos sobre el sistema, como el control del voltaje de la red y la recolección de datos útiles para la detección automática de potenciales cortes, la eficiencia energética y las proyecciones de la demanda (Astarloa *et al.*, 2017).

## Evolución de la digitalización en el sector eléctrico en América Latina: obstáculos y riesgos

El grado de desarrollo de las REI en ALC es todavía relativamente bajo en comparación con otras regiones del mundo, en particular, Europa y Estados Unidos. No obstante, las empresas involucradas en el desarrollo de las REI en países desarrollados también están presentes en ALC. Para analizar el grado de convergencia entre el sector de energía eléctrica y la nueva economía digital, se repasan indicadores vinculados a los componentes de la REI: las IMA, el almacenamiento y los vehículos eléctricos (VE), y la gestión de la demanda.

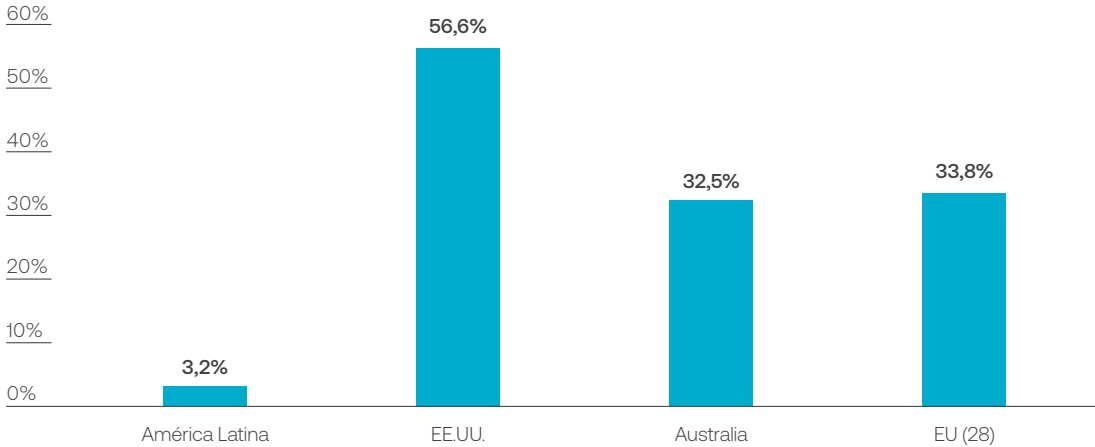
### Brechas en los componentes de la REI

#### Infraestructura de medición inteligente

Una parte considerable de las inversiones en infraestructura digital a nivel global ha tenido como destino los medidores inteligentes. El Gráfico 29 muestra la penetración de los medidores inteligentes en América Latina, Estados Unidos, Australia y la Unión Europea. El despliegue de estos dispositivos en la región aún no ha tenido un lugar relevante.

**Gráfico 29**  
**Brecha en medidores inteligentes entre ALC, Estados Unidos, Australia y la UE, 2018**

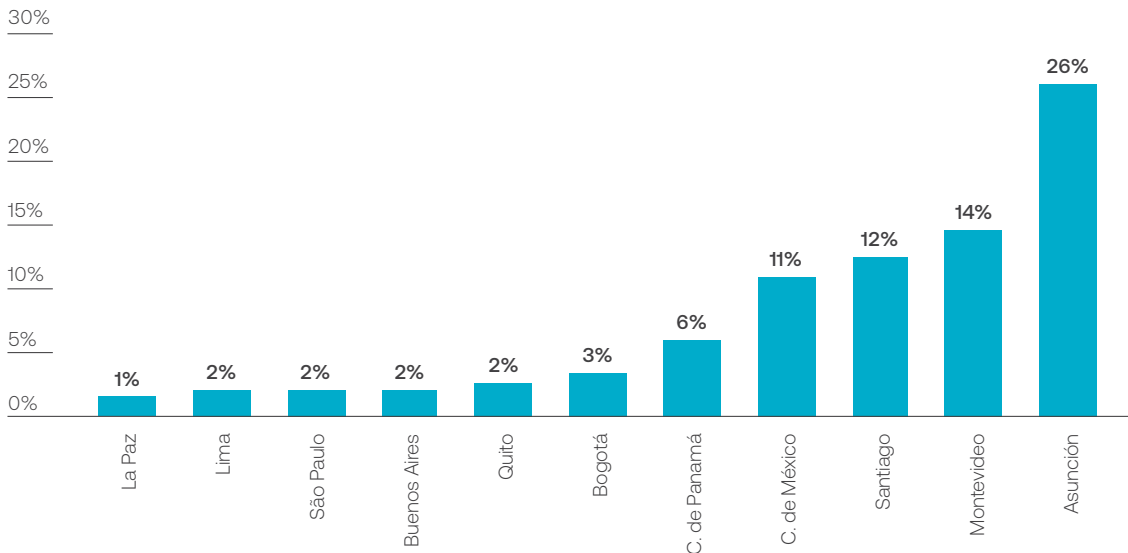
Fuente: GPR Economía (2020).



Notas: El dato de la UE (28 países) refleja la cantidad de medidores inteligentes sobre el total de medidores. Los datos de ALC, EE. UU. y Australia presentan la cantidad de medidores inteligentes sobre la cantidad de clientes. Para ALC, se toman datos de las principales distribuidoras.

**Gráfico 30**  
**Porcentaje de personas que tiene en su hogar un medidor inteligente**

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la ECAF 2019 para las principales ciudades de cada país.



Al analizar las principales ciudades latinoamericanas, se percibe, a partir de la ECAF 2019, que un 7,5 % de los usuarios declaraba tener en su hogar un medidor inteligente, provisto, en la mayoría de los casos, por la empresa de energía eléctrica. Dentro de la región se observan

diferencias en la penetración de estos aparatos (ver el Gráfico 30). En Asunción se registra la mayor implantación de este tipo de medidores (del 26 %) como resultado de una política de inversión de la distribuidora ANDE para mejorar la calidad del servicio y disminuir las pérdidas no técnicas. Si

bien no hay un análisis de causalidad para el caso de Paraguay, las pérdidas de electricidad cayeron del 32 % en 2012 al 24 % en 2018 (ANDE, 2019). Un segundo conjunto de ciudades tiene una penetración de entre el 11 % y el 14 % (Montevideo, Ciudad de México y Santiago), mientras que el resto de las ciudades donde se lleva a cabo la encuesta se encuentran rezagadas en esta dimensión.

Este despliegue de medidores inteligentes no está exento de problemas. A modo de ejemplo, en Chile, la instalación de esta tecnología fue frenada en el año 2018, cuando el gobierno confirmó que las distribuidoras tenían derecho a cobrar a los propietarios el costo de los nuevos dispositivos. Después de una serie de reclamos de organizaciones de defensa del consumidor, el gobierno resolvió que los usuarios tenían derecho a recuperar este costo y que los medidores inteligentes solo se instalarían si el consumidor lo solicitaba expresamente, lo que se traducirá en una tasa de adopción más lenta (BNamericas, 2019).

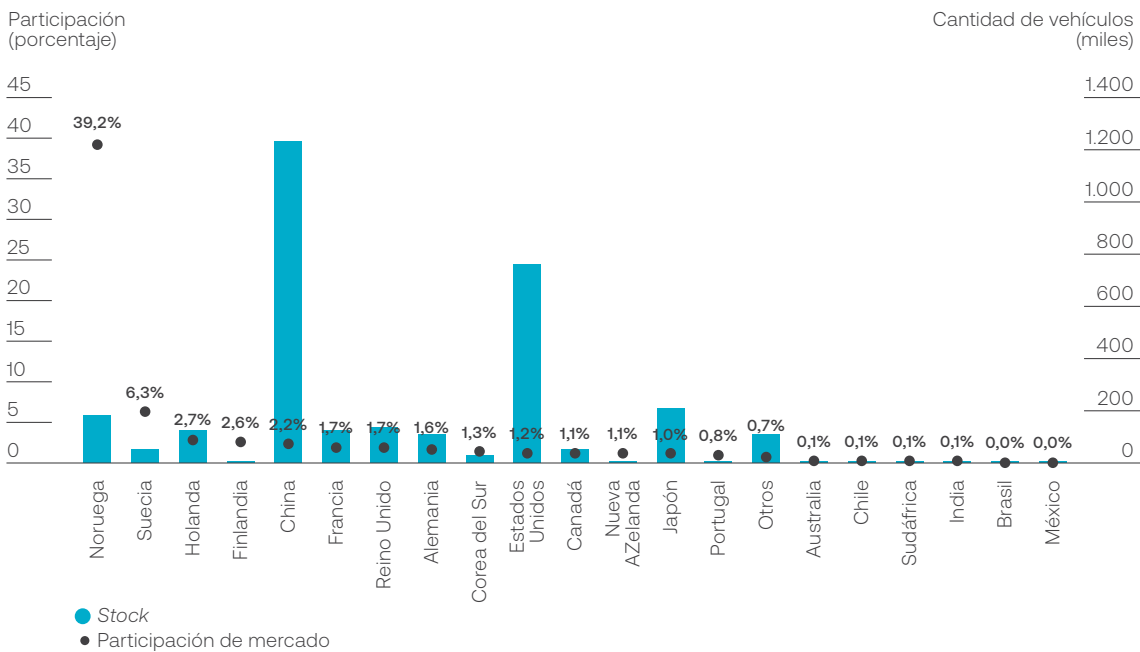
### Almacenamiento y vehículos eléctricos

El almacenamiento de energía es señalado como un componente clave que puede transformar la estructura actual y la operación de la red eléctrica. El avance del almacenamiento es aún incipiente y los datos son escasos. Por ejemplo, los sistemas de almacenamiento incorporados por distribuidoras, grandes usuarios comerciales e industriales en Estados Unidos representaban un 0,13 % de la potencia instalada en el país (1,6 GW de capacidad nominal) en el año 2019, mientras que los instalados por hogares permitían almacenar una capacidad para generar 185 MWh en 2018.<sup>46</sup>

Según se explicó en la sección “Otras tendencias sectoriales en energía eléctrica y transporte urbano” de este capítulo, los vehículos eléctricos pueden cumplir este rol en el sistema (con la flexibilidad de poder ubicarse en el área de cobertura del usuario). A través de conexiones del vehículo a la red (V2G), la batería de estos vehículos puede cargarse durante periodos valle y volcar

**Gráfico 31**  
**Stock y porcentaje de nuevas matriculaciones de VE respecto de nuevas matriculaciones de autos livianos, 2017**

Fuente: GPR Economía (2020) sobre la base de Global EV Outlook 2018.



<sup>46</sup> Según datos de la U.S. Energy Information Administration (2020) y Finkelstein, Kane y Rogers (2019). Para el caso de baterías en hogares, la fuente reporta el consumo de energía asociado con la capacidad de almacenamiento (en lugar de la potencia).



electricidad excedente a la red en periodos de pico, favoreciendo el aplanamiento de las curvas de demanda neta de electricidad. El primer caso europeo de conexión de autos eléctricos a la red es el de Dinamarca, denominado *Danish Vehicle-to-Grid hub*. En septiembre de 2020, el sitio web *v2g-hub.com* reportaba 67 proyectos distribuidos en 17 países (EE. UU., China, Japón, Namibia y el resto en países europeos).

El Gráfico 31 muestra el *stock* y la participación de vehículos eléctricos en distintos países (considerando únicamente los autos eléctricos livianos de pasajeros). En algunos países de América Latina (Chile, Brasil y México) se observa una incipiente participación de los VE, pero la misma no supera el 0,1 %, ubicándose muy lejos del otro extremo, que son los países nórdicos.

### Nuevos agentes

La digitalización ha dado lugar al surgimiento de nuevos agentes, que antes no existían en el mercado y, con excepciones puntuales, no están contemplados en la regulación. Un ejemplo son los usuarios que tradicionalmente eran consumidores y que, como consecuencia de las inversiones en equipos de generación distribuida, tienen la posibilidad de producir electricidad, denominados *prosumidores*.<sup>47</sup> De la mano del avance de la generación distribuida, la inclusión de estos nuevos agentes del mercado eléctrico en los distintos países de la región ha mostrado algunos avances, desde su inclusión en Brasil, Colombia, México, y algunas provincias argentinas, hasta el establecimiento de metas en Chile y Perú.

Un desafío importante con estos consumidores es la adaptación tarifaria para remunerar la energía inyectada a la red, así como las implicancias para el segmento de distribución.<sup>48</sup> Por ejemplo, en un estudio para Brasil, Aoki, Vicentini y Leite (2018) reconocen que la mayor parte de los usuarios que está optando por realizar las inversiones pertenece a aquellos tramos donde las tarifas son más caras. Además, es necesario considerar si las regulaciones que alcanzan a generadores de gran

escala deben incluir a estos nuevos agentes o si es necesario establecer reglas aparte para ellos, en cuyo caso se deben definir las responsabilidades que se les asignan y los riesgos que enfrentan los prosumidores.<sup>49</sup> La incorporación de los prosumidores puede tener grandes beneficios en la dimensión de acceso (por ejemplo, a través de microrredes de prosumidores en zonas aisladas), pero puede afectar la dimensión de calidad, ya que esta generación suele ser de fuentes renovables y su intermitencia (común en las ERNC) afecta a la confiabilidad del servicio.

### Brecha en la gestión de la demanda

Los mecanismos de respuesta de la demanda o participación de la demanda son otro elemento de las REI que aporta eficiencia económica y contribuye a la reducción de la demanda en horas pico. La digitalización de las redes y la información sobre consumos en tiempo real permite la tarificación del servicio con precios dinámicos que ofrecen una señal directa sobre los excedentes o faltantes en los flujos de electricidad. De esta forma, los consumidores puedan ajustar sus hábitos de consumo en función de la variación tarifaria.<sup>50</sup> Existen distintos esquemas de precios dinámicos, entre los que se encuentran los precios en tiempo real (*real-time pricing* o RTP, por sus siglas en inglés), las tarifas con discriminación horaria (*time of use* o TOU), los precios en períodos críticos (*critical peak pricing* o CPP), los precios diferenciados por intensidad de picos (*variable peak pricing* o VPP) y los descuentos por reducción de consumo en períodos críticos (*critical peak rebate* o CPR).

El Cuadro 13 presenta información sobre la cantidad de clientes que participan en programas de precios dinámicos en Estados Unidos con relación al total de clientes. Entre 2013 y 2018, la cantidad de clientes registrados en estos esquemas creció a una tasa promedio anual del 9 % en ese país y en 2018 el número de clientes con precios dinámicos superaba los 9 millones, lo que representa un 6 % del total de clientes. Si bien este porcentaje aún es reducido y la situación es heterogénea en el territorio (por ejemplo, en Montana, Maine

<sup>47</sup> A medida que el almacenamiento se convierta en un componente (económico) de la red, estos usuarios mutarán a la figura de prosumidores (productores-consumidores-administradores de energía).

<sup>48</sup> Los esquemas que se han utilizado en otras experiencias son de tarificación del balance entre lo que el prosumidor inyecta a la red y lo que consume de la red, o una tarificación diferencial por la electricidad inyectada a la red, desacoplando el precio de generación del precio pagado por consumo.

<sup>49</sup> Un elemento común en el fomento de la generación distribuida ha sido la eximición de impuestos para quienes realizan las inversiones, dando lugar no solo a precios diferenciales entre consumo y generación, sino también precios diferenciales entre distintas fuentes de generación (tradicional y nueva generación distribuida).

<sup>50</sup> Aún en esquemas de tarifas inflexibles, se han llevado a cabo políticas de eficiencia energética que buscaban modificar los patrones de consumo (Cont y Barril, 2012).

y Pensilvania no hay programas de precios dinámicos, mientras que en Maryland y Delaware el 65 % y 57 % de clientes, respectivamente, estaba inscripto a algún programa), el incremento ha sido considerable en los últimos años y se espera que continúe en ascenso. En contraste, en ALC no se observa la implementación extendida de programas de precios dinámicos (al menos no a la escala de EE. UU.) y la información sobre los mismos es escasa.

**Cuadro 13**  
**Clientes con esquemas de precios dinámicos en EE.UU. respecto al total de clientes, 2013-2018**

Fuente: GPR Economía (2020) sobre la base de la AIE (Annual Electric Power Industry Report).

Año	Clientes	Porcentaje del total de clientes
2013	5.977.281	4,1 %
2014	6.894.826	4,7 %
2015	7.589.060	5,1 %
2016	7.950.227	5,3 %
2017	8.497.720	5,6 %
2018	9.219.869	6,0 %

## Obstáculos y riesgos

Más allá de estos avances, hay algunos obstáculos, con distinto nivel de profundidad según la región considerada, que deben ser sorteados para el despliegue de las REI. Primero, su implementación requiere grandes inversiones. Esto presenta dos desafíos: por un lado, deben pasar por un proceso de análisis costo-beneficio social; por otro lado, en economías en desarrollo pueden existir significativas restricciones de financiamiento. Segundo, el desarrollo de una REI requiere el establecimiento de una base legal y regulatoria que determine los incentivos, defina los roles y los derechos de propiedad de los distintos agentes, reglamente la interacción entre ellos y permita la comunicación entre sus componentes. Tercero, no existe una definición unificada de estándares técnicos de los distintos elementos de la REI, afectando negativamente a la velocidad de implementación de las políticas públicas y las decisiones privadas de inversión.

En línea con el primer obstáculo mencionado, la infraestructura de las TIC es un prerrequisito para el desarrollo de la REI. Así, en países donde

la penetración o calidad de la digitalización en la sociedad es baja o donde los operadores de TIC no tienen incentivos para expandir sus inversiones en otros sectores es probable que el desarrollo de una REI sea más lento y que parte de las empresas del sector eléctrico, o terceros agentes, tengan que involucrarse en inversiones en TIC para llevar adelante sus proyectos de digitalización. En el caso de Brasil, Dantas *et al.* (2018) mencionan que las empresas eléctricas han tenido que construir redes de comunicación propias ante la incapacidad de las operadoras telefónicas de proveer un servicio con las características requeridas (implicando mayores costos de despliegue de las REI).

La recolección sistemática de información sobre variables relacionadas con los elementos de las REI es de mucha utilidad para facilitar la realización de evaluaciones costo-beneficio de estas redes. Una lista no exhaustiva incluye la cantidad y costo de los medidores de IMA, mediciones públicas de calidad (dado que la gran mayoría de los reguladores no presenta esta información) y de capacidad, el nivel de producción de la generación distribuida por tipo de tecnología y datos de seguimiento de los proyectos de REI.

A su vez, la transición hacia el nuevo sistema eléctrico enfrenta cuatro desafíos: i) la electricidad todavía se considera como una mercancía, lo cual resta incentivos a los consumidores (sobre todo, los usuarios medianos y pequeños) para involucrarse en nuevas tecnologías y proyectos complejos; ii) los paradigmas regulatorios actuales no fomentan suficientemente los recursos distribuidos; iii) la incertidumbre alrededor de las reglas no incentiva a los agentes interesados a tomar decisiones en infraestructura complementaria a la red; y iv) algunos segmentos presentan resistencia cultural al cambio.

Para la introducción de las REI en países en desarrollo, se debe tener en cuenta las condiciones particulares en las que se desenvuelve el sector eléctrico en cada uno de ellos. Esto implica desafíos adicionales, que pueden ser de orden técnico (por la existencia de altas pérdidas y baja calidad y confiabilidad del servicio), de gobernanza (por la existencia de subsidios cruzados, problemas financieros de las empresas, o baja productividad e incapacidad de atraer inversiones), o económicos (relacionados con la dificultad de implementar esquemas de precios que reflejen los costos del uso de las redes) (ver Jamasb, Thakur y Bag, 2018).

Un riesgo específico de las REI está relacionado con la ciberseguridad. Sin un sistema de seguridad adecuado, la REI es vulnerable a distintos tipos de ciberataques ya conocidos en sistemas computarizados (como son las amenazas

## Las redes eléctricas inteligentes están en desarrollo en América Latina y enfrentan desafíos intersectoriales, técnicos, de gobernanza, entre otros.



persistentes avanzadas y los ataques de denegación del servicio, de *botnets*<sup>51</sup> y del día cero<sup>52</sup>), y esto puede generar desconfianza y rechazo de los usuarios. Dentro del sector eléctrico, estos riesgos y amenazas pueden afectar exclusivamente a las REI.

Hasta ahora, ha habido muy pocas interrupciones del servicio causadas por ciberataques. Un caso conocido y que documenta la Agencia Internacional de la Energía (AIE, 2018) son dos cortes sufridos por el sistema eléctrico de Ucrania como resultado de ciberataques. El primero tuvo lugar en diciembre de 2015, cuando piratas informáticos accedieron al sistema de una empresa de servicios públicos del oeste del país y provocaron interrupciones del servicio que afectaron a 225.000 personas. Un año después, en diciembre de 2016, se dio un segundo ataque, del cual se cree que fue una prueba de funcionamiento de un *software* malicioso (*malware*) versátil, que permite a los atacantes ver, bloquear, controlar o destruir equipos de control de la red.

Un último aspecto que puede resultar un obstáculo en países en desarrollo es la falta de calificación y capacidad institucional. Las REI podrían requerir una masa crítica de recursos humanos formados en aspectos técnicos, financieros y legales relacionados con el funcionamiento de la distribución y la comercialización de energía. En el Capítulo 4, se analizará este obstáculo en mayor profundidad.

En síntesis, el desarrollo de las REI varía entre regiones, dependiendo de factores sociopolíticos, aspectos regulatorios, el avance tecnológico y el acceso al financiamiento, entre otros. Estas diferencias aparecen claramente al comparar países desarrollados y en desarrollo. En estos últimos, se tienen que sortear obstáculos relacionados con el bajo nivel de las inversiones, los problemas de financiamiento y de infraestructura inadecuada, y la implementación de este tipo de tecnologías digitales aplicadas a las redes de electricidad.

### Impactos esperados de la digitalización en las brechas de los servicios eléctricos

El despliegue de las REI tendrá grandes impactos en las características del servicio. La Figura 2 presenta una selección de elementos de las REI y su impacto en la demanda de electricidad.<sup>53</sup> La generación distribuida, principalmente vía generación solar, permite reducir la demanda de energía a la red (dada una demanda final) en horas del día, puesto que los usuarios pueden abastecer todo o parte de su consumo. El almacenamiento distribuido aplanará

<sup>51</sup> El término se refiere a un conjunto de "robots informáticos" o "bots", que se ejecutan de manera autónoma y automática.

<sup>52</sup> Por ataque del día cero se entiende el que tiene por objetivo la ejecución de un código malicioso aprovechando vulnerabilidades del sistema desconocidas para el fabricante y el usuario del producto.

<sup>53</sup> Por supuesto, el impacto en la demanda afectará el comportamiento de la oferta. Asimismo, el impacto de estos componentes en la demanda será mayor en la medida que existan tarifas dinámicas.

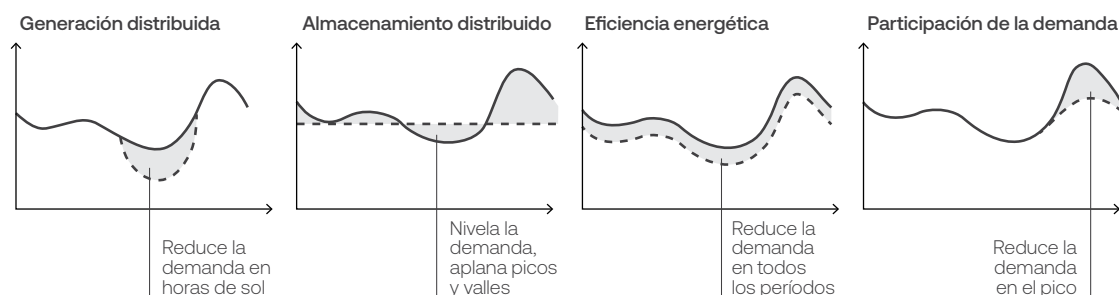
la demanda de energía a la red, nivelando picos y valles. Esto permite un uso más eficiente de la red y reduce la necesidad de infraestructura adicional. Asimismo, la rápida respuesta del almacenamiento ante incidencias hace que la red sea más robusta, aportando confianza al sistema (logrando aún más flexibilidad con la conexión de vehículos eléctricos). Por último, un mayor involucramiento de la demanda contribuye a reducir el consumo general (mayor eficiencia energética) y durante los períodos de mayor consumo (en la medida que los usuarios puedan responder a precios en tiempo real).

Todos estos aspectos redundarían en mejorar las brechas del sector eléctrico expuestas en la sección anterior. Más específicamente, en el Cuadro 14 se presentan algunos de los beneficios esperados de las REI y su relación con las brechas de servicios, detallando sobre qué dimensión tienen un mayor impacto. Como se puede observar

en el cuadro, los beneficios de las REI son múltiples y cada uno puede impactar distintas dimensiones de la brecha. Por ejemplo, la mayor velocidad de restitución ante fallas contribuye a un servicio de mejor calidad (disminuyendo el tiempo de duración de la falta de servicio), pero, además, induce a menores costos del sistema. La generación y transporte más eficientes impactan directamente las dimensiones de calidad y costos, redundando en menores tarifas finales. Los menores costos de abastecimiento afectarán directamente al gasto de los usuarios, si se asume un traslado (*pass through*) automático de los precios mayoristas a las tarifas. La integración de los consumidores y la energía renovable puede impactar el acceso, a través de la operación de sistemas inteligentes aislados. No se descarta la posibilidad de que estos beneficios tengan efectos indirectos sobre otras dimensiones en el largo plazo.

**Figura 2**  
**Impacto de los componentes de una REI en la demanda de electricidad**

Fuente: Astarloa et al. (2017) y GPR Economía (2020).



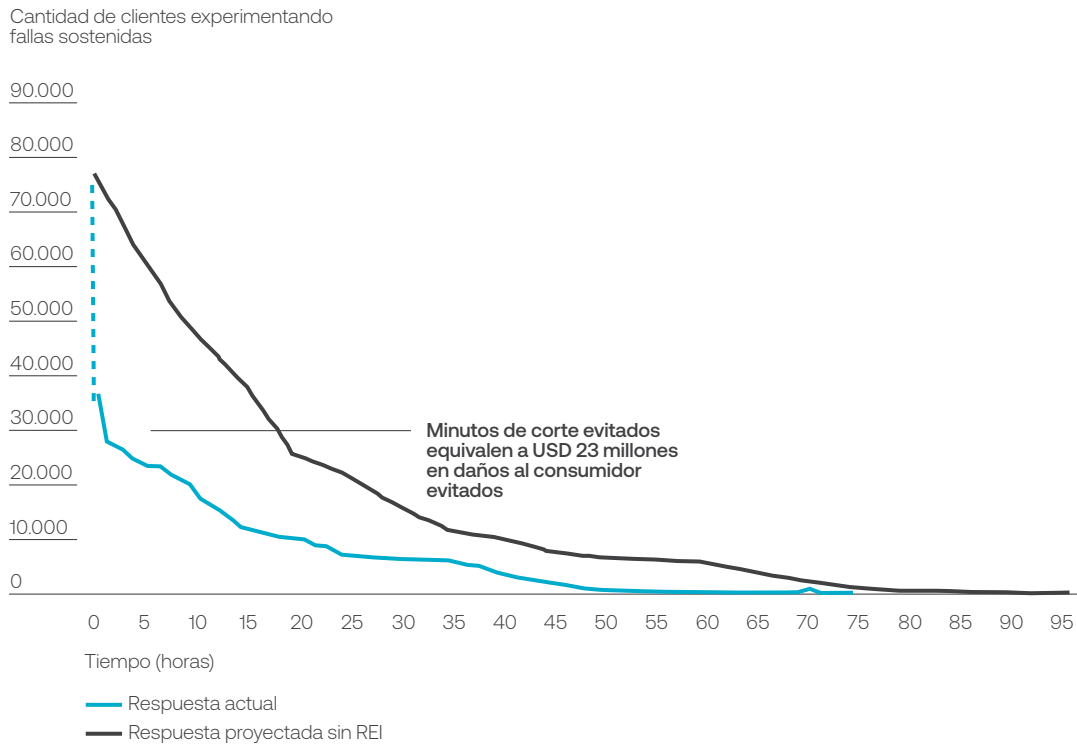
**Cuadro 14**  
**Relación entre los beneficios de la REI y las brechas de servicios**

Fuente: GPR Economía (2020).

Beneficios de la REI	Dimensión de brecha		
	Acceso	Calidad	Costos
Generación y transmisión más eficientes		X	X
Mayor velocidad de restitución del servicio ante fallas		X	
Menores costos de operación y mantenimiento			X
Menores picos de demanda			X
Mayor integración de energía renovable	X	X	
Mejor integración de la producción de consumidores	X		
Mayor seguridad de suministro		X	

**Gráfico 32**  
**Impacto de la falla en Chattanooga en una REI respecto a una red tradicional**

Fuente: U.S. Department of Energy (2018).



Uno de los beneficios mencionados en el Cuadro 14 es que los sistemas de control y comunicación permitirán aislar fallas y restablecer más rápidamente el sistema. Si bien no existen muchas experiencias documentadas, el caso registrado en Chattanooga (Tennessee, EE. UU.) ilustra el potencial impacto de una REI en la calidad, a través de la disminución del tiempo de respuesta ante una falla del sistema (Gráfico 32). La línea celeste muestra la curva de la falla, medida en cantidad de clientes (eje vertical) y en tiempo (eje horizontal), que provocó una tormenta de viento en junio de 2012 en la ciudad de Chattanooga, donde ya se utilizaban sistemas automatizados de distribución (uno de los componentes de una REI). La línea negra muestra una estimación de lo que habría sido la curva de la falla si esta tecnología no hubiera estado presente. Según esta estimación, la digitalización del sistema evitó un corte al 55 % de los clientes afectados y permitió restituir completamente el servicio más rápidamente (17 horas antes). La empresa distribuidora (EPB) estimó en un monto de aproximadamente USD 23 millones los daños evitados a los consumidores (U.S. Department of Energy, 2018).

## La digitalización en el transporte urbano de personas

La digitalización representa una oportunidad para aprovechar y optimizar el uso de los activos existentes (tales como la infraestructura, los vehículos y la información), posibilitando la mejora del servicio de transporte urbano de pasajeros. Las nuevas tecnologías tienen impactos en la planeación, la gestión, el consumo y la gobernanza de los sistemas de transporte urbano de pasajeros en América Latina. Ello se debe a que implican diversos cambios y oportunidades, como el surgimiento de nuevos servicios de transporte, la posibilidad de recabar información en tiempo real, que es útil para los usuarios del transporte (por ejemplo, el horario de llegada del transporte público a una determinada parada) o para la gestión del sistema de transporte.

En esta sección se identifican los desarrollos más importantes que han surgido en el sector en los últimos 20 años, así como su posibilidad de aplicación en América Latina, los obstáculos y riesgos que presentan, y sus efectos sobre las brechas de servicio identificadas en el sector.

## Avances de la tecnología en el sector del transporte

Un conjunto de transformaciones que está experimentando el sector se debe a la abundancia de datos disponibles, generados a partir de la constante interconexión de miles de millones de usuarios mediante los teléfonos móviles y al surgimiento de nuevos servicios de transporte, que utilizan aplicaciones digitales para realizar su oferta de transporte.

La existencia de más información, en aspectos como la localización, los recorridos y los horarios de llegada, entre otros, no solo tiene impacto en los usuarios del servicio, quienes pueden acceder a parte de la misma (por ejemplo, mediante un teléfono celular), sino que también afecta a los planificadores y proveedores de los servicios de transporte. En este sentido, la capacidad de análisis de esta información

es crítica para la mejora y la planificación del servicio. En cambio, el surgimiento de nuevos servicios de transporte no solo puede hacer competencia a los modos tradicionales, sino que también puede presentar complementariedades con el sistema tradicional. Estas complementariedades son aprovechadas por algunas plataformas o formas de organización del mercado de servicios de transporte. En el Cuadro 15 se presentan las tecnologías desarrolladas en este sector.

A continuación, se describen las principales innovaciones que surgieron en el sector gracias a la digitalización y que han dado lugar a transformaciones en el servicio de transporte urbano.

### Planificación de viajes (demanda) y sectorial (autoridad)

Las aplicaciones dedicadas a proveer información a los usuarios, para la planificación de viajes, o a las autoridades del sector, para la planificación del transporte, surgieron a partir del desarrollo de sistemas y tecnologías que recaban datos sobre el estado del sistema de transporte en tiempo real. Entre ellos están los datos sobre el estado del tráfico y de las vías y el funcionamiento de algunos modos de transporte, en particular, a través de sistemas de georreferenciación y de especificación general de alimentación del transporte público (GTFS, por sus siglas en inglés).<sup>54</sup>

**Cuadro 15**  
**Nuevas tecnologías digitales en el transporte urbano**

Fuente: Elaboración propia.

Categoría	Tecnología	Ejemplos
Información de tránsito y localización	Aplicaciones planificadoras de viaje	Waze, Google Maps, Moovit
Aplicaciones de realización de viajes	Plataformas de economía compartida	Uber, Cabify
	Plataformas de viajes compartidos	Uber Pool
	Aplicaciones de autos compartidos	Awto
	Micromovilidad	Movo, BA Ecobici (Argentina), EcoBici (México)
Tecnología de las transacciones	Nuevas formas de pago	SUBE (Argentina), Bip! (Chile), tarjetas sin contacto
Integración del transporte	Aplicación de movilidad bajo demanda	Shotl (EE. UU.)
	Movilidad como servicio	Whim (Europa)

<sup>54</sup> Los sistemas GTFS permiten generar bases de datos estandarizados de tránsito, de tipo estático, como tarifas y horarios del transporte público, entre otros, y dinámico, como, por ejemplo, predicciones de llegada a las paradas o la posición en tiempo real de los vehículos.

Estas aplicaciones pueden apuntar a distintos tipos de usuarios, según provean un servicio de recomendación de rutas para quienes utilizan transporte privado (como Waze), de información sobre el estado del transporte público (Cuando Subo, en Buenos Aires; TransMiSITP, en Bogotá; Moovit, en varias ciudades) o incluso ambos servicios de forma integrada (Google Maps). Esta información incrementa la eficiencia en la realización de los viajes por modos públicos o privados, permitiendo reducir su tiempo esperado y la incertidumbre sobre la duración de los viajes al encontrar rutas óptimas o indicar la combinación óptima de modos de transporte para llegar a un determinado destino (en particular, las aplicaciones que proveen información de viajes multimodales).

Para las autoridades del transporte público, el valor de la información que proveen los sistemas GTFS, los sistemas de georreferenciación y las aplicaciones de planificación de viajes es mayor en el mediano plazo. Esta información, junto con la que se obtiene de equipos de monitoreo en autobuses y estaciones, puede ser utilizada para optimizar la operación (programación de despachos y control del cumplimiento por parte de los operadores) y la flota necesaria, adecuar el servicio a la demanda (identificación de mejores rutas, horarios y frecuencias), y planificar las inversiones en infraestructura de transporte necesaria.<sup>55</sup>

## Aplicaciones para la realización de viajes

Un conjunto de aplicaciones permite la realización de viajes mediante nuevos servicios, que se identifican por sus características.

### Plataformas digitales de economía compartida.

Estas plataformas constituyen un modelo de negocio que intermedia entre la oferta de conductores y la demanda de viajes (por ejemplo, Lyft, Uber o Cabify), y que permite la oferta de un servicio de transporte local e individual o para pequeños grupos de usuarios. Las principales características que los distinguen de algunos

servicios tradicionales de transporte es la utilización de tarifas dinámicas, la reserva de viajes y la flexibilidad de la oferta.<sup>56</sup> Estas plataformas se han adaptado, además, al transporte de pequeñas cargas o el envío a domicilio (vía Uber Eats o Cabify Envíos) de una importante cantidad y variedad de productos, aumentando los modos de distribución capilar. Sin embargo, en muchas ciudades, compiten con los servicios tradicionales regulados (taxis), sin estar necesariamente contempladas en los respectivos marcos regulatorios.

### Aplicaciones que permiten compartir viajes (*ride-sharing*).

Estas aplicaciones ofrecen un servicio de intermediación entre personas que desean realizar un trayecto similar en una misma franja horaria, dándoles la oportunidad de compartir el vehículo y los gastos. Los usuarios pueden viajar en un vehículo que ofrece un servicio de transporte similar al de las plataformas de economía compartida (como es el caso de Uber pool) o utilizar el vehículo propio de una de las personas que quiere realizar el viaje. Estas aplicaciones posibilitan que sus usuarios obtengan acceso a servicios de transporte en el corto plazo y en función de la demanda (Novikova, 2017).

Una alternativa a la aplicación anterior consiste en las **plataformas que permiten el uso temporal de un vehículo (*car-sharing*)**. Este servicio permite que los usuarios puedan usar un vehículo cuando otros lo han dejado de utilizar, generando un sistema de alquiler de vehículos por horas o por viajes. Una de las diferencias con el alquiler tradicional de vehículos es que tanto las agencias de alquiler como los usuarios particulares pueden ofrecer vehículos en estas plataformas. Este tipo de aplicaciones requiere que los usuarios compartan no solo la información sobre el recorrido que va a realizar el conductor, sino también la ubicación donde se estaciona el vehículo, por lo que es un modelo que se basa en la confianza entre los usuarios (Chase, 2015).<sup>57</sup> En todo caso, estos avances también requieren de definiciones respecto a las asignaciones de riesgos (y eventuales adaptaciones en los sistemas de seguros).

<sup>55</sup> Existen otros desarrollos no profundizados en este reporte, como la habilitación de sistemas inteligentes, para el cobro por el uso de las vías, o la digitalización del sistema de semáforos, para lograr un manejo inteligente de los intervalos en función de flujos reales. Esto último permite mejorar la movilidad general de las ciudades, ahorrar tiempos de viaje y mejorar la calidad de vida en las áreas urbanas.

<sup>56</sup> En algunas ciudades de EE. UU. y Canadá se ha comenzado a usar estas plataformas para reemplazar servicios de autobuses de baja demanda y alto costo. Ha habido también estudios que demuestran que la ubicuidad de estos servicios reduce la demanda de transporte público (ver, por ejemplo, Graehler, Mucci y Erhardt, 2019).

<sup>57</sup> Las plataformas para compartir vehículos pueden ser clasificadas en cuatro variantes según se combine la propiedad del vehículo (individual o perteneciente a una flota) y el punto de origen y destino del viaje (el vehículo debe ser estacionado en el mismo lugar que se retiró inicialmente o puede ser estacionado en alguno de los lugares preestablecidos por la aplicación utilizada). Por último, un modelo alternativo consiste en la compra conjunta de un vehículo entre un grupo de personas (funcionando como un bien colectivo).

### Aplicaciones que permiten realizar viajes mediante la utilización de bicicletas y patinetas eléctricas.

Estas plataformas funcionan de forma similar a las de compartir vehículos, pero con el foco en la micromovilidad, destacándose las bicicletas y las patinetas eléctricas de uso privado, de arriendo (por ejemplo, Movo o Grin) o financiadas por los gobiernos locales (por ejemplo, Ecobici en Buenos Aires). Estos modos han ingresado masivamente en varias ciudades de la región, con una regulación ausente o que se ha ido adaptando para la nueva situación. La micromovilidad es apropiada para distancias cortas (de hasta 5 km), sustituyendo las caminatas, así como para servir de alimentadores a los modos masivos de transporte urbano, aumentando su cuenca de atracción y su rentabilidad social. Sin embargo, estos modos no están exentos de problemas. El ejemplo más claro es China, donde se ha observado que estos modos, a menudo instalados sin coordinación ni planificación, obstaculizan los accesos a las estaciones del ferrocarril subterráneo, un problema que podría resolverse con una planificación apropiada (Taylor, 2018). Por otro lado, estos modos no son seguros si utilizan las mismas vías que vehículos motorizados, si las vías son de mala calidad o si los usuarios no utilizan correctamente la infraestructura.

### Innovaciones en las formas de pago por los viajes

La digitalización contribuyó al surgimiento de nuevas formas de pago por los viajes, introduciendo cambios en el cobro del servicio y en la tarificación por parte de los proveedores de transporte, tanto públicos como privados.

Respecto al cobro del servicio, existen diversas alternativas para su implementación. Entre ellas están el pago mediante un teléfono móvil o la utilización de un único medio de pago electrónico integrado a medios provistos por entidades bancarias, como una tarjeta de crédito o una tarjeta específica de transporte (algunos ejemplos son la tarjeta Bip!, utilizada en Santiago, o la tarjeta SUBE en Buenos Aires, que permiten abonar los boletos de autobuses, metro y trenes). Para esto, se requiere infraestructura que posibilite realizar estas transacciones, como serían las máquinas de cobro y los molinetes.

El objetivo de estas formas de pago es simplificar las transacciones de los usuarios, mejorando a su vez la seguridad (por reducir la necesidad de llevar dinero para abonar las transacciones). Por otro lado, se consolida la información de

recaudo y de demanda para remunerar a los diferentes operadores del sistema (según sus condiciones contractuales). Sin embargo, para que se reduzcan los costos de transacción es necesario que haya muy poca o nula intervención de actores a los que se debe retribuir monetariamente para la administración de las transacciones.

En cuanto a la tarificación de los servicios de transporte, tanto público como privados, estas nuevas formas de pago facilitan la implementación de subsidios directos focalizados en un determinado grupo de usuarios (por la vía de precios diferenciados, un número de viajes sin costo, o una combinación de ambos), así como otros mecanismos de apoyo a los usuarios del transporte.

### Integración del transporte

La integración de los servicios de transporte es un concepto novedoso con respecto al paradigma tradicional, dado que agrupa la oferta de múltiples modos de transporte, tanto privados como públicos, facilitando la movilización de personas. Hasta el momento han surgido dos modalidades de integración: la movilidad como servicio y la movilidad bajo demanda. En ambas, la integración multimodal puede darse en tres niveles: físico, tarifario y digital.

La primera de las modalidades, la movilidad como servicio (MaaS, por sus siglas en inglés), consiste en la integración de los diversos modos de transporte y formas de pago en un único servicio, aumentando la accesibilidad de los usuarios (Jittrapirom, Caiati, Fenero, Ebrahimigharehbaghi y Alonso González, 2017). Una particularidad de esta modalidad es la existencia de planes de suscripción, en los cuales se ofrecen diversos paquetes de cantidades de viajes y modos de transporte según el plan, posibilitando a los usuarios elegir el que mejor se ajuste a sus necesidades.

Actualmente, existe en pocas ciudades y en múltiples variantes. Por ejemplo, en Helsinki (Finlandia), el servicio es operado por Whim e integra el transporte público, bicicletas públicas, taxis, alquiler de automóviles y patinetas eléctricas. Por ahora, se ofrecen cuatro planes: el más básico, exclusivo para estudiantes, incluye un pase de transporte público con pagos adicionales para el resto de los servicios; el segundo plan también incluye el pase de transporte público, pero incorporando bicicletas (con restricciones de tiempo de uso) y tarifas reducidas en los demás servicios; el tercer



plan incorpora el alquiler de vehículos durante los fines de semana; y un último plan incluye transporte público y alquiler de vehículos ilimitados, servicio de bicicletas con restricciones de tiempo de uso y unos 80 viajes en taxi de una distancia de hasta 5 km. Otro ejemplo de implementación es el de Birmingham (Reino Unido), donde el servicio también es operado por Whim y actualmente integra el transporte público, los taxis y el alquiler de automóviles. En esta ciudad, hasta el momento, existe un modelo de pago por utilización del servicio individual de transporte, pero se está evolucionando a un sistema de suscripción. Un caso intermedio a Helsinki y Birmingham es el de Viena (Austria), en donde la aplicación ofrecida por el operador Whim permite adquirir pases específicos para cada modo de transporte, pudiendo ser por una cantidad de tiempo determinada (como ocurre en el transporte público) o para realizar un viaje en particular (por ejemplo, en el alquiler de autos o de patinetas eléctricas). Los modelos más desarrollados de movilidad como servicio requieren de una gran coordinación entre los diversos modos a integrar, los intermediarios y el mecanismo de retribución a cada modo.

La segunda modalidad, la movilidad bajo demanda (MOD, por sus siglas en inglés), integra transporte de pasajeros y de mercancías. En términos generales, la MOD se basa en tres principios: mercantilización del transporte (los modos de transporte tienen un valor económico distinguible en términos de costos, tiempos de viaje, tiempos de espera, número de conexiones y conveniencia, entre otros atributos), mejorar la eficiencia de la red de transporte (mediante viajes multimodales, gestión de la oferta y la demanda, y gestión activa de la demanda de transporte), y cubrir las necesidades de todos los usuarios (Shaheen y Cohen, 2020).

Este modelo posibilita la utilización del transporte público, el alquiler de vehículos, el uso de taxis, bicicletas, patinetas eléctricas, autos y viajes compartidos y servicios de mensajería, entre otros, pudiéndose demandar, en algunos casos, mediante aplicaciones digitales. En formas más avanzadas de la movilidad bajo demanda, las aplicaciones permiten planificar los viajes, brindan información en tiempo real sobre el estado del servicio, posibilitan el pago del viaje, reservar con anticipación (U.S. Department of Transportation, 2017) e incluso proveer una oferta flexible en función de demandas específicas (Yan, Zhao, Han, Van Hentenryck y Dillahunt, 2019).

Ambos modelos difieren entre sí por la manera en que logran la integración de los servicios. La

MaaS se basa en el “empaquetado” (abonos mensuales) de los distintos modos de transporte de personas aprovechando las aplicaciones digitales. En cambio, la MOD agrupa el transporte de pasajeros y de mercancías (reconociendo que los servicios de mensajería reducen la necesidad de realizar viajes por parte de las personas), pero aún no ha avanzado hacia esquemas de tarificación empaquetada. Sin embargo, coinciden en la búsqueda de la optimización de los viajes, lo cual podría, en algunos casos, mejorar el acceso a la red troncal de transporte (por ejemplo, mediante la utilización de bicicletas o patinetas eléctricas, como modos del “último kilómetro”), además de permitir una mayor utilización del sistema de transporte.

## Evolución de la digitalización, obstáculos y riesgos en el transporte urbano de personas

Las tecnologías digitales aplicadas a los servicios de transporte de pasajeros previamente descritas tienen potencial para ser implementadas en América Latina. En esta sección se presentan resultados sobre el uso de las tecnologías para planificar, realizar o compartir viajes y la posibilidad de desplegar un servicio integrado de transporte. A su vez, se identifican diversos desafíos y riesgos que el sector debe enfrentar.

### Oportunidades: planificación, viajes compartidos e integración de los servicios de transporte

#### Planificación de viajes

En América Latina la utilización de tecnologías informativas para planificar viajes es heterogénea entre las distintas ciudades, e incluso por género, según se desprende de la ECAF 2019 (Cuadro 16). Las ciudades de Montevideo y Buenos Aires son las que tienen la mayor proporción de usuarios de aplicaciones digitales de información (superior al 35 %), mientras que la Ciudad de México y La Paz son las que presentan menos utilización de estas herramientas (inferior al 15 %). Con respecto a las diferencias por género, los hombres tienden a utilizar más estas aplicaciones (con excepción de Montevideo y Buenos Aires), llegando casi al doble en los casos de Asunción y Quito.

**Cuadro 16**  
**Porcentaje de utilización de aplicaciones de información, total y por género**

Fuente: Elaboración propia con base en la ECAF 2019.

Ciudad	Mujeres	Hombres	Total
Montevideo	38,9 %	40,0 %	39,4 %
Buenos Aires	34,2 %	39,1 %	36,6 %
Santiago*	27,6 %	35,3 %	31,3 %
São Paulo*	27,6 %	35,4 %	31,2 %
Bogotá*	23,4 %	32,3 %	27,6 %
Lima*	15,0 %	27,1 %	20,8 %
Asunción*	13,0 %	25,2 %	18,8 %
Ciudad de Panamá*	12,3 %	21,5 %	16,8 %
Quito*	10,8 %	20,4 %	15,6 %
La Paz*	10,4 %	18,9 %	14,6 %
Ciudad de México*	11,3 %	15,5 %	13,2 %

Notas: Los porcentajes corresponden a usuarios encuestados que utilizaron aplicaciones digitales de información durante la semana previa a la consulta. \* Las diferencias de porcentajes de utilización entre mujeres y hombres son estadísticamente significativas (10 % de significación o menos).

El Cuadro 17 muestra la finalidad dada a las aplicaciones digitales por quienes indicaron utilizarlas. En general, los usuarios consultan múltiples datos en una determinada aplicación (motivo por el que la suma de los porcentajes observados puede superar el 100 %), siendo la principal finalidad la elección de la ruta óptima, seguido por las consultas de los tiempos estimados de viaje (con la excepción de las ciudades de Buenos Aires y Ciudad de Panamá, en donde la segunda finalidad más importante es conocer la modalidad de viaje más conveniente).

### Realización de viajes

El Cuadro 18 muestra el porcentaje de utilización de aplicaciones de realización de viajes (Uber, Cabify, EasyTaxi y Tappsi) y de bicicletas públicas y patinetas eléctricas por parte de los usuarios encuestados en la ECAF 2019. Como se puede ver, no todas las ciudades presentan el mismo grado de penetración de estos servicios. São Paulo es la ciudad con la mayor utilización de aplicaciones de realización de viajes, con el 46,9 %, lo cual contrasta con La Paz, donde solo el 3,3 % de las personas declaró usarlas. En términos generales, un poco más del 28 % de las personas en las ciudades analizadas por la ECAF utilizó este tipo de servicios. En cuanto a la micromovilidad, el grado de utilización es relativamente bajo, dada su naturaleza más incipiente: la tasa de uso, en general, es menor que el 5 %, aunque se destaca Asunción, llegando al 18 % de utilización.

**Cuadro 17**  
**Porcentaje de la finalidad dada a las aplicaciones de información**

Fuente: Elaboración propia con base en la ECAF 2019.

Ciudad	Conocer modalidad más conveniente	Elegir mejor recorrido	Tiempo estimado de viaje	Horario del próximo servicio	Costo estimado del viaje
São Paulo	14,1 %	74,6 %	27,0 %	9,6 %	8,7 %
Ciudad de México	11,4 %	58,3 %	28,8 %	2,3 %	6,8 %
Buenos Aires	39,8 %	58,6 %	20,4 %	9,8 %	1,6 %
Bogotá	13,1 %	59,5 %	28,5 %	2,6 %	8,8 %
Lima	14,4 %	61,2 %	40,2 %	2,9 %	7,2 %
Santiago	22,4 %	66,8 %	40,6 %	6,7 %	5,1 %
Asunción	10,5 %	57,9 %	22,6 %	2,6 %	4,2 %
Quito	14,9 %	39,0 %	28,6 %	1,3 %	11,7 %
Ciudad de Panamá	21,0 %	55,7 %	18,0 %	8,4 %	3,6 %
La Paz	4,9 %	52,1 %	26,4 %	3,5 %	4,9 %
Montevideo	8,4 %	58,0 %	17,8 %	19,1 %	2,5 %

## El uso de aplicaciones para la realización de viajes es aún bajo en América Latina, entre 13 % y 40 % según la ECAF.



**Cuadro 18**  
Porcentaje de utilización de aplicaciones de viajes y de micromovilidad

Fuente: Elaboración propia con base en la ECAF 2019.

Ciudad	Aplicaciones de viajes	Bicicletas y patinetas eléctricas
São Paulo	46,9 %	1,7 %
Bogotá	39,1 %	5,2 %
Santiago	34,6 %	2,1 %
Quito	31,7 %	4,4 %
Total ECAF	28,4 %	3,1 %
Buenos Aires	22,2 %	4,5 %
Lima	19,8 %	4,1 %
Ciudad de México	18,7 %	2,5 %
Asunción	16,1 %	18,0 %
Montevideo	14,4 %	2,4 %
Ciudad de Panamá	13,9 %	2,4 %
La Paz	3,3 %	1,1 %

Notas: La columna de bicicletas y patinetas eléctricas no incluye la utilización de bicicletas propias. El "total ECAF" corresponde al promedio ponderado por la población del área metropolitana de cada ciudad.

### Viajes compartidos

Los programas y plataformas digitales para la realización de viajes compartidos tienen valor si existe una demanda potencial y si dicha demanda valora esta alternativa de viajes. Para analizar la primera condición (demanda potencial), Steer (2020) realizó un ejercicio de identificación de viajes según cuatro características: lugar de origen, lugar de destino, hora de inicio de viaje y hora de fin del viaje. Esta elección se basa en la premisa de que deberían existir muchos viajes motorizados que tengan en común esas variables para que la disrupción de esta tecnología produzca un efecto significativo en el sistema de transporte y en la ciudad. Si bien esta consideración es muy exigente y no toma en cuenta otros factores, como el hecho de que un vehículo pasa por muchas más zonas que las identificadas en origen y destino (por donde podría recoger a otros usuarios) o que algunos viajes pueden tener flexibilidad horaria, lo que aumentaría las oportunidades de realizar viajes compartidos, el ejercicio muestra la potencialidad de esta disrupción en algunas ciudades.

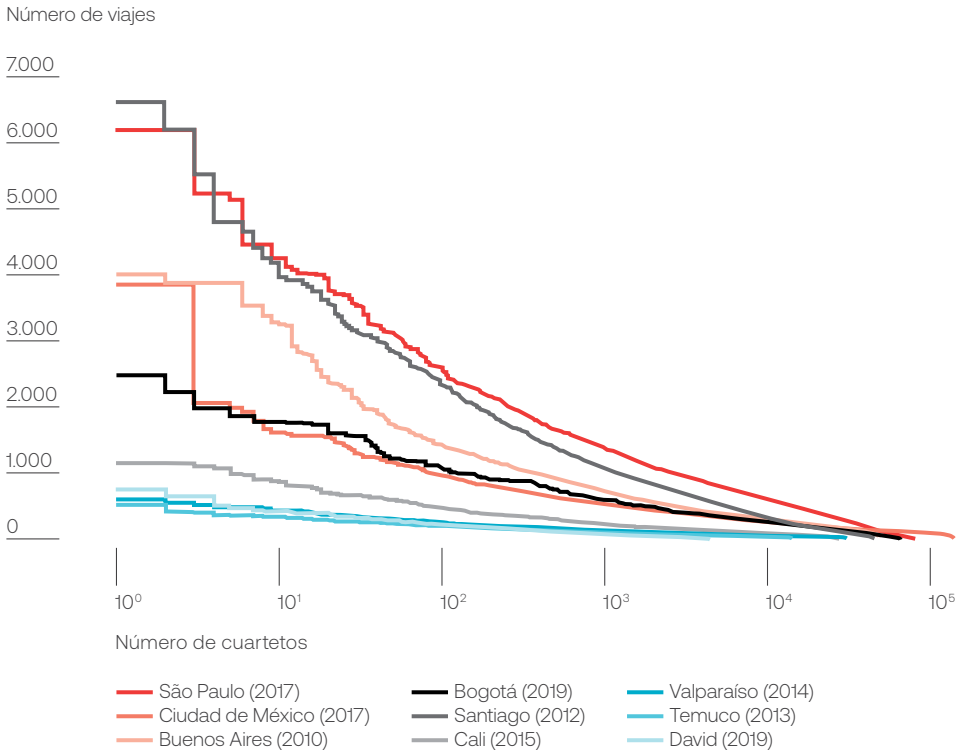
A partir de estos datos se armaron cuartetos, como un instrumento para describir un viaje determinado, según el origen y destino del viaje, su hora de inicio y de finalización.<sup>58</sup> Cada cuarteto podría agrupar uno o miles de viajes, dependiendo de cuántos comparten esas cuatro características.

El Gráfico 33 muestra la cantidad de viajes realizados en cada cuarteto para las ciudades analizadas en el estudio citado, ordenados de mayor a menor en cuanto a la cantidad de viajes

<sup>58</sup> Dado que las áreas de cada ciudad de las encuestas de origen y destino pueden tener un tamaño diferente y definiciones variadas (áreas y subáreas), se utilizaron únicamente las áreas más pequeñas en tamaño. Por su parte, los horarios de inicio y de fin del viaje están definidos por intervalos de 15 minutos.

**Gráfico 33**  
**Distribución del número de viajes motorizados por cuarteto**

Fuente: Steer (2020).



Nota. Cuarteto: vector de origen, destino, hora inicio y hora fin

que agrupan. Por ejemplo, en Santiago, el cuarteto que contiene la mayor cantidad de viajes (los cuales comparten el área de origen, la de destino, la franja horaria de inicio y la de fin del viaje) representa un total de aproximadamente 6.600 desplazamientos.

Una cantidad elevada de viajes en un cuarteto o la existencia de muchos cuartetos con concentración de viajes son indicios de la demanda potencial que tienen los servicios de viajes compartidos, debido a que es más probable encontrar a un usuario dispuesto a compartir ese viaje (en la misma hora y área, con un mismo destino en la dimensión geográfica y temporal). Esta concentración de viajes por cuarteto se puede observar en el eje vertical del gráfico. En general, las megaciudades y ciudades grandes (en particular, Santiago y São Paulo, seguidas por Buenos Aires, Ciudad de México y Bogotá) poseen un mayor potencial para el desarrollo de las aplicaciones de compartición de viajes.

El ejercicio anterior se complementa con el estudio de la elección del modo de transporte ante una interrupción del servicio de transporte público,

que también da indicios de su potencialidad. El Cuadro 19 muestra la demanda potencial, medida como todos los viajes que se realizaron utilizando algún servicio de transporte o vehículo propio (automóviles, motocicletas, taxis, aplicaciones de realización de viajes y otros modos), cuando se produce una interrupción del servicio público. Por lo menos un 42 % de los viajes en transporte público se harían por transporte privado u otros modos (alcanzando el 70 % en Ciudad de México y el 59 % en São Paulo).

Un análisis más completo de la realización de viajes también debe considerar la valoración que le dan los usuarios. En este último caso, un aspecto que se ha considerado en la literatura es la posibilidad de que los usuarios del sistema de transporte no estén dispuestos a utilizar los servicios de viajes compartidos por la mayor cantidad de información que deben proveer y la necesidad de confiar en los demás usuarios (Chase, 2015). Con respecto a este punto, Estupiñán (2018) utiliza datos de la ECAF 2016 para observar que las personas estarían más dispuestas a compartir el vehículo con

Cuadro 19

## Demanda potencial de los viajes compartidos en ciudades de América Latina, 2019

Fuente: Elaboración propia con base en la ECAF 2019.

Ciudad	Demanda potencial (ante interrupción del transporte público)			No utilizan transporte
	Transporte privado	Otros	Total	
São Paulo	28,9 %	30,1 %	59,0 %	41,0 %
Ciudad de México	34,6 %	35,3 %	69,9 %	30,1 %
Buenos Aires	9,1 %	45,5 %	54,5 %	45,5 %
Bogotá	27,8 %	14,3 %	42,2 %	57,8 %
Santiago	26,9 %	20,3 %	47,3 %	52,7 %

compañeros de trabajo (el 60 % de los hombres y el 46 % de las mujeres) y vecinos (el 45 % de los hombres y el 53 % de las mujeres). La disposición a compartir el vehículo con contactos de Facebook se reduce drásticamente (el 6 % para los hombres y el 4 % para las mujeres), mientras que muy pocos viajarían con desconocidos (el 3 % de los hombres y el 2 % de las mujeres). Finalmente, el estudio también indica que los jóvenes están más dispuestos a compartir. Estos resultados sugieren que estos servicios presentan potencial para su desarrollo en la región y aportan información sobre cómo aproximar los modelos de negocio a las preferencias de la demanda.

### Integración de los servicios de transporte

La integración de los modos de transporte plantea una oportunidad al facilitar la utilización de estos servicios por parte del usuario, eligiendo apropiadamente entre las opciones ofrecidas y en función de los medios de pago disponibles. Un elemento común de los ejemplos que se mencionaron en la sección anterior es que parten de un servicio de transporte público integrado.

En la región se ofrecen diversos servicios de transporte público (como trenes, metro, autobuses) y otros servicios, como las bicicletas públicas. En varios casos, se ha avanzado en la unificación tarifaria de un viaje. Por ejemplo, en Santiago, los usuarios utilizan la Tarjeta Bip! y pueden movilizarse en tres modos (buses, metro y metrotrén), haciendo hasta dos trasbordos por

el precio de un pasaje (dependiendo de la hora de viaje y del cambio de modo, puede aplicarse un pago adicional); en Bogotá, rige un sistema similar (de único pago o de pagos adicionales) según el tipo de transbordos (Tarjeta Tu Llave). En el Área Metropolitana de Buenos Aires, los usuarios pueden movilizarse entre los mismos tres modos (buses, subte y tren) abonando los tramos adicionales con un descuento (creciente) sobre el precio de referencia (Red SUBE), mientras que el subte, además, tiene un descuento por uso frecuente dentro de un mes. Sin embargo, no se ha logrado una integración plena, que en países desarrollados converge a un plan o abono mensual o anual, complementado por precios individuales.

En muchas ciudades de ALC, las oportunidades laborales y los servicios educativos y sociales se encuentran concentrados en determinadas zonas, mientras que la población más vulnerable vive en las afueras. La integración tarifaria es un primer paso para reducir una brecha relativa de acceso a servicios y oportunidades y, a su vez, perfeccionar mecanismos de subsidios focalizados en grupos objetivo (usuarios de bajos ingresos, pero también otros grupos normalmente considerados dentro de una tarificación especial, como adultos mayores y estudiantes).<sup>59</sup>

Este esquema puede ser implementado de forma centralizada por la autoridad pública para mantener el control de la operación del sistema (a cargo de oferentes públicos o privados de servicios de transporte) con un mínimo número

<sup>59</sup> Esto ocurre en las tres ciudades mencionadas: Santiago (tarifa diferenciada para estudiantes y adultos mayores), Bogotá (tarifa diferenciada para adultos mayores y usuarios con discapacidad, y tarifa social), y Buenos Aires (tarifa diferenciada para desempleados, jubilados y beneficiarios de ciertos planes sociales, entre otros). Ver detalles en Besfamille y Figueroa (2020).

de intermediarios. Además, puede beneficiar a los usuarios con una mayor movilidad multimodal y una mayor eficiencia y capacidad de focalización de los subsidios al sector. Este puede ser un primer paso para la consideración de modelos más ambiciosos de integración.

## Desafíos y riesgos de la digitalización en el transporte urbano

La aparición y adopción de las nuevas tecnologías digitales impone diversos desafíos para el sector. En primer lugar, las nuevas tecnologías requieren de inversiones en infraestructura de TIC adicionales a las tradicionales, como la infraestructura vial y la flota vehicular (por ejemplo, para garantizar la conectividad y la recolección de información en tiempo real, o para proveer información a los usuarios). Esta interacción con las TIC hace necesaria una nueva formación de capital humano a nivel de autoridad del transporte en un área frecuentemente considerada accesorio, pero que pasará a ser fundamental para la prestación de un mejor servicio para la movilidad.

En segundo lugar, todos los avances tecnológicos detallados en la sección anterior imponen cambios (en ocasiones drásticos) en la prestación de servicios y, a su vez, generan y requieren de una gran disponibilidad de datos, y una consecuente necesidad (y costo) de almacenarlos. La velocidad con la que ocurren estos cambios presiona a la autoridad del sector de transporte (dentro del organismo público) para liderar la definición de estándares de datos, y de políticas de ordenamiento urbano en general, en la medida que los nuevos servicios de transporte afectan a los patrones de movilidad en la ciudad.

En tercer lugar, la integración de sistemas de cobro y pago de los viajes puede requerir la intervención de terceros (por ejemplo, bancos, *fintechs*,<sup>60</sup> etc.), a los que se debe retribuir monetariamente por el servicio de transacciones provisto, limitando la reducción en costos de transacción.

En cuarto lugar, el avance de la digitalización no garantiza a todos los usuarios del transporte urbano una apropiación uniforme de los beneficios. Es probable que los mayores beneficiarios sean los grupos sociales de mayor ingreso; por ejemplo, la utilización de las

tecnologías requiere que los usuarios tengan acceso a dispositivos móviles con servicios de datos o que estén bancarizados (para algunos casos de pagos integrados). Esto podría ampliar la brecha relativa entre estos sectores de la sociedad en las dimensiones de acceso y calidad.

En quinto lugar, dada la naturaleza privada del desarrollo de aplicaciones digitales, han surgido nuevos actores no reconocidos en las regulaciones locales tradicionales. Un ejemplo son las aplicaciones de servicios de transporte individual (plataformas de economía compartida que aún no han sido aceptadas por diversas autoridades locales u otros servicios como el mototaxismo), desarrolladas sin atenerse a ninguna regulación, al menos de forma inicial, y sobre las cuales el Estado no tiene prácticamente control ni conocimiento de su operación (Steer, 2020). Esta situación plantea la necesidad de regular y formalizar el servicio de transporte sin generar una pérdida de cobertura.

En sexto lugar, en años recientes, ha surgido la preocupación de que, siguiendo la tendencia de integración del transporte, muchos servicios se vuelvan “a demanda”, promovidos por la optimización de costos y la reducción de subsidios. Esta evolución puede terminar perjudicando la cobertura o el acceso de poblaciones alejadas o vulnerables.

En séptimo lugar, con los avances de la digitalización, el sistema de transporte también queda expuesto a distintos riesgos de ciberseguridad, que ameritan su consideración en la planificación sectorial. Por un lado, los datos que se generan a partir de la movilidad usualmente permiten (en un acceso irrestricto) identificar a las personas. El desafío es que las empresas o el Estado utilicen la información sin vulnerar la privacidad de las personas. Por otro lado, los problemas ya conocidos en el sector de las TIC (errores de los operadores del sistema, falla del equipo o del *software*, pérdida de datos, etc.) y en otros sectores (amenazas derivadas de ataques intencionales, como los ataques de denegación de servicio, uso no autorizado de datos del sistema de transporte o manipulación del *software* utilizado) están presentes en el sector del transporte (Levy-Bencheton y Darra, 2015).

Considerando estos riesgos, es importante que los avances tecnológicos se den de forma controlada y supervisada, contando con la cooperación de los distintos agentes involucrados (gobierno, empresas privadas, usuarios, autoridad regulatoria, etc.).

<sup>60</sup> Las denominadas *fintechs* son empresas de productos y servicios financieros que se basan en las TIC para simplificar procesos y abaratar costos.

## Los avances tecnológicos deben darse de forma controlada y supervisada por las autoridades con la cooperación de todos los actores.



Finalmente, existe un obstáculo que es afín a los distintos sectores en ALC: las inversiones en la digitalización y la adecuación de la infraestructura requerirán de financiación, lo que en la región no es sencillo de conseguir. Si empresas privadas no observan los beneficios de invertir en estos sectores, pensar en fondos públicos para estas inversiones se hace difícil considerando el contexto económico que está atravesando ALC. No obstante, en diversos sectores, como el de transporte de pasajeros (o la logística), estas inversiones en la digitalización y en la adecuación de la infraestructura es una realidad, lo cual está transformando a los sectores con el surgimiento de nuevos servicios o la mejora de los existentes. Si bien existen otras prioridades en las agendas públicas y seguramente la digitalización de algunos sectores sea un objetivo futurista en la región, en otros no es así y se está avanzando en este tema.

### Impactos esperados de la digitalización en las brechas de servicios de transporte

La digitalización posibilita la reducción de las brechas de servicios en el transporte urbano. Algunas de estas tecnologías ya están siendo aplicadas en distintos países de ALC, mejorando de esta manera la provisión del servicio. El Cuadro 20 resume los efectos que tienen los avances y las innovaciones digitales sobre las diversas dimensiones de las brechas de servicio.

**Cuadro 20**  
Relación de las tecnologías de transporte y las brechas de servicios

Fuente: Elaboración propia.

Tecnología	Brecha		
	Acceso	Calidad	Costos
Aplicaciones planificadoras de viaje		X	X
Plataformas de economía compartida, viajes y autos compartidos	X	X	X
Micromovilidad	X		
Movilidad como servicio	X	X	X

En primer lugar, las aplicaciones planificadoras de viajes (por ejemplo, Waze, Google Maps o Moovit) tienen un impacto directo en la dimensión de calidad del servicio, en cuanto permiten reducir de forma sustancial el tiempo de viaje del usuario de la plataforma. Sin embargo, en el corto plazo, este efecto puede ser diferente en el transporte privado respecto del público, debido a que, en varios países, este último posee mayores restricciones en cuanto a la alteración de una ruta preestablecida, aunque el usuario tiene la posibilidad de mejorar su viaje optimizando entre las opciones. En el mediano plazo, las autoridades de transporte pueden organizar el tránsito de forma que disminuyan los costos de operación. Existe una literatura reciente que explora este tipo de decisiones de los individuos en contextos reales. Por ejemplo, Berggren, Brundell-Freij, Svensson y Wretstrand (2019) estudian el efecto de la información provista por aplicaciones celulares sobre la planificación

de viajes en el transporte público en el área de Malmo-Lund (Suecia), identificando una reducción en los tiempos de espera en los puntos de partida y en los puntos de transferencia, sobre todo en viajes en los que la frecuencia de tránsito de los vehículos es superior a 10 minutos. El efecto también es significativo para viajes durante fines de semana y horas valle. Por su parte, van Essen, Thomas, Chorus y van Berkum (2019) estudian un experimento de provisión de información de viajes en Blacksburg (Virginia, EE. UU.) e identifican un efecto positivo del uso de información previaje sobre la elección de las rutas más cortas.

Complementariamente, la provisión en tiempo real de esta información puede tener beneficios adicionales desde la perspectiva de género (seguridad personal) al reducir la exposición a condiciones inseguras. Incluso, podría suministrarse información sobre el estado del transporte en cuanto a la cantidad de personas que están utilizando un vehículo, los asientos disponibles o las condiciones de higiene del mismo.

En segundo lugar, las aplicaciones de realización de viajes (Uber, Cabify, etc.) pueden tener efectos sobre múltiples dimensiones de la brecha de servicios. Las aplicaciones facilitan el acceso a la red troncal del transporte público en áreas apartadas y permiten movilizarse sin poseer un vehículo propio. La otra dimensión afectada, en el caso de los viajes compartidos (si reemplazan un viaje privado individual), es la calidad, debido a la reducción de la congestión y la consecuente reducción del tiempo de viaje. A pesar de los efectos positivos que tienen sobre las dimensiones de acceso y de calidad, las aplicaciones de realización de viajes pueden impactar de forma negativa sobre la dimensión de costos si las personas sustituyen el servicio de transporte público con estas aplicaciones, incrementando de esta forma el costo global de transportar individuos, y afectar la congestión vial o el tráfico.

En tercer lugar, los efectos de la integración modal del transporte (como la movilidad como servicio) sobre las brechas de servicio se podrían dar en las tres dimensiones. La dimensión de acceso podría mejorar por la mayor facilidad para desplazarse de forma multimodal. También es factible la reducción en los tiempos de viaje y la expansión de la zona de cobertura al facilitar la utilización de modos de transporte alternativos para realizar viajes o tramos de viajes que conectan al modo

de transporte principal, por ejemplo, mediante bicicletas o patinetas eléctricas. El efecto sobre el costo de la provisión del servicio depende de la capacidad de la innovación para organizar la oferta de servicios de transporte con relación a la incorporación de nuevos agentes (lo que implica mayor coordinación), mientras que la opción de planes de transporte para los usuarios puede dar previsibilidad al gasto en movilidad.

Por último, existen múltiples beneficios no explicitados en el Cuadro 20 que son relevantes en distintas dimensiones de la brecha de servicio. Por ejemplo, la incorporación de sistemas de cámaras y vigilancia en tiempo real, botones antipánico en paradas o la disponibilidad de información sobre cuándo llega el bus aumentan la seguridad de los usuarios dentro de las estaciones y los autobuses. Otros ejemplos son la gestión del espacio de aceras, coordinando el transporte tradicional (de personas y mercancías) con las nuevas opciones de movilidad, o la adaptación de las decisiones individuales a través de la tecnología (lo que inglés se denomina *nudging*).<sup>61</sup>

## Granularidad y formación de mercados

Los avances en materia de conectividad y la proliferación de plataformas digitales tienen el potencial de alterar sustancialmente el funcionamiento de diversos mercados. En particular, posibilitan una mayor granularidad en la oferta de diversos servicios, permitiendo reducir las ineficiencias asociadas a la combinación de oferta inelástica, demanda volátil y ausencia de precios dinámicos. Estas deficiencias son típicas en los sectores de la energía eléctrica y del transporte urbano.

En el primero, esta mayor granularidad es posible gracias a las REI, mientras que en el segundo se logra mediante las plataformas de economía compartida. A continuación, se describe cómo estas tecnologías impactan en la oferta y la demanda, y cómo pueden alterar el funcionamiento de ambos mercados.

<sup>61</sup> Ver Ranchordás (2020) para una discusión sobre los beneficios de estas tendencias, así como sus implicancias legales y de privacidad.





## Granularidad en el sector de la energía eléctrica

Desde un punto de vista de la eficiencia, un sistema opera óptimamente cuando los precios reflejan el costo de oportunidad para la sociedad de generar una unidad de energía, mientras que la demanda puede ajustar su consumo de manera que su disposición a pagar se iguale con el costo de oportunidad. Una tarifa rígida durante el día (o durante un período que puede durar meses) no satisface estas propiedades y, como consecuencia, se genera una capacidad que resulta ociosa durante muchas horas en un día en un sistema eléctrico. Si bien un sistema con precios variables no elimina la capacidad ociosa (por la naturaleza del sector), puede reducir la necesidad de inversiones excesivas en capacidad (en particular, aquella destinada a cubrir picos de consumo acompañados por valores tarifarios unitarios inferiores al costo de provisión del servicio).

Dependiendo del país y de su regulación, el precio de la energía en los mercados mayoristas o el cargo variable que pagan los usuarios finales pueden variar en función de la hora del día o el mes del año. Esto, en general, es así en el caso de los usuarios industriales y comerciales, mientras que, en los usuarios regulados, cuando el distribuidor también cumple la función de comercializador, es común que las tarifas sean volumétricas, con cargos variables mayores que el costo variable de la energía. Los avances que se están dando en países desarrollados respecto a las redes eléctricas inteligentes pueden ser una guía para entender los posibles impactos.

En principio, la instalación de medidores inteligentes residenciales, con capacidad de recibir la información en tiempo real suministrada por su proveedor (o, eventualmente, otro agente del sector), permite a los usuarios realizar ajustes dinámicos de la demanda según la información recibida y, por lo tanto, contribuir a un mayor nivel de eficiencia en el mercado. Esta tecnología es, además, el instrumento que habilita la implementación de la generación distribuida. A través de una conexión bidireccional, usuarios residenciales, industriales o pequeñas y medianas empresas que hayan realizado inversiones en paneles solares u otras fuentes de energía renovable y estén conectados al sistema pueden generar electricidad e inyectar energía a la red de forma descentralizada. Así, se permite la incorporación de una oferta más granular.

El ingreso de estas fuentes de energía se verá más favorecido a medida que se abaraten las

tecnologías renovables en pequeña escala. A su vez, los desarrollos tecnológicos en el área de almacenamiento de electricidad (baterías) permiten que los generadores distribuidos puedan vender el excedente de su generación al sistema con mayor flexibilidad temporal, mientras que los vehículos eléctricos pueden prestar servicios de modulación de la demanda al almacenar energía cuando el valor de la electricidad es bajo.

## Granularidad en el transporte urbano de pasajeros

Las plataformas digitales de economía compartida constituyen un nuevo modelo de negocios que intermedia entre la oferta de conductores y la demanda de viajes, generando alteraciones en el funcionamiento y en el equilibrio del sistema de movilidad. Estas plataformas permiten a sus usuarios acceder a un servicio similar al que ofrecen los taxis (proveedores tradicionales del servicio de transporte local, individual o para pequeños grupos de viajeros), pero con algunas particularidades: las tarifas son dinámicas, por lo que responden a las señales de la demanda; poseen mecanismos de reservas de viajes (aunque la innovación en esta dimensión es solamente la plataforma utilizada); y la oferta es más flexible, adaptándose a las condiciones de escasez relativa a través de las señales de precio. Según indica la evidencia hasta el momento, la utilización de estos servicios principalmente repercute de forma negativa en otros modos de transporte tradicionales (margen intensivo), incluyendo el transporte público individual o en pequeños grupos, como los taxis, sin tener un efecto claro sobre la realización de nuevos viajes (margen extensivo) (ver Rayle, Dai, Chan, Cervero y Shaheen, 2016, y Gehrke, Félix y Reardon, 2018).

La oferta tradicional de este tipo de servicio se caracteriza por las regulaciones que, por un lado, limitan la entrada en el mercado (licencias) y, por otro, imponen restricciones sobre las tarifas. Esta rigidez no se debe a un desconocimiento de la tarificación estacional (*peak-load pricing*), sino que tiene como propósito dar una mayor certidumbre a los usuarios sobre el valor total del viaje. Las principales diferencias con las plataformas digitales de economía compartida resultan claras. Para operar en una plataforma no se requiere de una licencia, sino cumplir con los requisitos para prestar el servicio. En cuanto a las tarifas, el sistema digital ha evolucionado al punto de indicar previamente

la tarifa del viaje y aplicar tarifas dinámicas conjuntamente. Las plataformas también se caracterizan por una oferta (horaria y geográfica) más flexible, es decir, los conductores pueden decidir ofrecer sus servicios según la remuneración esperada en un determinado momento del día o el área de la ciudad. De esta manera, cuando la demanda por viajes aumenta, sube la tarifa dinámica, atrae más conductores al mercado y el equilibrio se ajusta a las condiciones de oferta y demanda local y temporal.

La irrupción de las plataformas digitales de economía compartida ha introducido un debate respecto de la interacción con el resto del sistema. En particular, se discute su convivencia con los servicios tradicionales de taxi y el impacto que tienen en el resto del sistema de transporte urbano.

En cuanto al primer desafío, en muchos países las plataformas son consideradas ilegales. En otros países se legalizaron, como en Uruguay. En caso de su incorporación como modo alternativo de transporte urbano, el desafío regulatorio se basa en la adaptación de estas modalidades de transporte, dadas las diferencias en los modelos de negocio de los taxis y de las plataformas. La estrategia de las plataformas se basa en explotar la externalidad cruzada entre los dos tipos de usuarios (conductores y viajeros), mediante subsidios, con el objeto de expandir su participación en el mercado. Pero, una vez que se logran aprovechar las economías de escala, estas plataformas pueden generar una dinámica que promueve la concentración del mercado, desplazando modos o actores tradicionales. La consecuencia a futuro es un reemplazo de sistemas (del tradicional al moderno) que, en ausencia de regulaciones, generaría un incremento de los precios para los usuarios y de las comisiones para los operadores, y una reducción de los ingresos de los gobiernos locales por el desplazamiento de los taxis y del control del transporte urbano (este punto se aborda en el Capítulo 4).

En cuanto al segundo desafío, las plataformas modifican las decisiones de las familias y los usuarios del transporte público, desincentivando la adquisición de vehículos propios, pero también generando una sustitución del transporte público en favor de las plataformas, como se mencionó previamente. Esto podría tener implicancias sobre la sostenibilidad económica del transporte

público si parte de la sustitución redujera este tipo de viajes significativamente, incorporando una nueva dimensión a los factores determinantes de la política de tarificación y subsidios.<sup>62</sup> No obstante, actualmente se está considerando un valor potencial relativo de estas plataformas, al presentar ventajas respecto del transporte masivo de pasajeros para satisfacer la demanda en áreas de baja densidad poblacional y de baja capilaridad del transporte público (con menores costos fijos, pero con costos variables más elevados). De todas formas, aún no existe consenso sobre cuál es la alternativa que presta el servicio de cobertura a menor costo. En caso de resultar beneficiosa, esta ventaja podría ser considerada como una complementariedad, cumpliendo el rol de alimentador a puntos de trasbordo y, más a futuro, formando parte de un sistema de movilidad como servicio, el cual integra diversos modos de transporte en un plan por suscripción.

## La digitalización en otros sectores de infraestructura

### Agua potable y saneamiento

Las nuevas tecnologías aplicadas al sector de agua y saneamiento pueden afectar las dimensiones de brechas de servicio a través de distintos canales. El Recuadro 5 detalla las tecnologías que permiten medir de forma precisa pérdidas de agua en áreas específicas (distritos hidrométricos), generar mapas de tuberías a través de sistemas de información geográfica (SIG) y otras medidas para optimizar la infraestructura. También detalla avances tecnológicos en la gestión de la cartera de clientes (medición inteligente, recolección de datos en tiempo real, etc.) y el control de calidad del servicio (monitoreo a distancia).

<sup>62</sup> Las políticas de subsidios al transporte de pasajeros consideran los diferentes conflictos entre su rol redistributivo (por la vía del acceso y la capacidad de pago) y su efecto sobre la eficiencia (por la dificultad de justificar precios por debajo de costos de sistemas de transporte alternativos, fuertes economías de escala o alcance, o externalidades que justifiquen tarificar por debajo de los costos).

## Recuadro 5 Digitalización en el sector de agua potable y saneamiento

Fuente: Zipitría (2020).

Las nuevas tecnologías en el sector pueden agruparse en función de las actividades que pueden mejorar. A continuación, se describen algunas por grupo de actividades.

### ● Controles sobre la infraestructura:

- Distritos hidrométricos (*District Metered Areas* o DMA, por sus siglas en inglés). Esta tecnología permite medir en forma precisa pérdidas de agua en el sistema, a partir de datos obtenidos de medidores (analógicos o digitales), sistemas de información geográfica, modelos hidráulicos y de calidad del agua, sistemas inalámbricos y celulares de transmisión remota, y transductores de presión. Con estas tecnologías, se puede construir un distrito hidrométrico, monitorear el desempeño de la red, detectar fugas en forma precisa y realizar las reparaciones en forma “quirúrgica”, evitando el recambio innecesario de la red.
- Sistema de información geográfica (SIG). Permite georreferenciar la red de tuberías de las empresas. Esta información se puede fijar en el mapa y procesar en forma informática.
- Modelos hidráulicos y de calidad del agua. Estos modelos utilizan algoritmos aplicados a sistemas hidráulicos, en particular, para validar el diseño de tuberías nuevas o rehabilitadas.

### ● Gestión de la cartera de clientes:

- Infraestructura de medición avanzada (IMA). Es un componente de la red que permite a la empresa obtener lecturas de medición en cualquier momento, sin la necesidad de lectores manuales, aplicable a áreas en las que se puede medir el consumo.
- Control de supervisión y adquisición de datos (SCADA, por sus siglas en inglés). Es un programa que permite automatizar la recolección de datos en tiempo real. La telemetría es parte de estos instrumentos y permite acceder a los datos y controlar el sistema a distancia.
- Sistemas de información gerencial. Esta tecnología permite integrar información que muchas veces está dispersa dentro de la empresa (facturación, relación con los clientes, administración de activos, etc.), monitorear de forma más adecuada el consumo no facturado y el uso del agua, y generar información para la atención al cliente.

### ● Controles de calidad del servicio.

- Monitoreo de la calidad del agua a distancia. Estos sistemas permiten controlar la calidad del recurso (turbidez, pH, conductividad, cloro residual, carbono orgánico total) a distancia, bajo un sistema de redes inteligentes.

## Recuadro 6 Adopción de tecnologías por la Barbados Water Authority

Fuente: Zipitría (2020).

La Barbados Water Authority (BWA) es la entidad a cargo de la provisión de los servicios de agua potable, saneamiento y tratamiento de aguas residuales en las áreas de Bridgetown y la costa sur de Barbados. Esta empresa adoptó un conjunto de nuevas tecnologías, entre ellas modelos hidráulicos, sistemas de información de gestión, sistemas de gestión de relaciones con los clientes, sistemas de información geográfica, control de supervisión y adquisición de datos y medición inteligente.

Según Arniella (2017), si bien la BWA ha aumentado su capacidad y una parte de sus empleados ha mejorado su habilidad para la adquisición e implementación de las tecnologías, “en general, parece que el personal de la empresa aún carece de la competencia, el entrenamiento y la motivación necesarios para sacar plena ventaja de los beneficios” de las tecnologías (p. 37).

Este caso destaca la importancia de identificar las capacidades que deben tener las empresas para adoptar las tecnologías e integrarlas a los procesos productivos existentes. Una vez satisfechos los requisitos de costo-efectividad, la implementación de la adaptación tecnológica involucra ajustes previos, compromisos con los trabajadores y la formación del personal o la contratación de expertos, para lograr condiciones de sostenibilidad en el largo plazo.

Por su parte, el Recuadro 6 ilustra la experiencia de la autoridad del agua de Barbados en la introducción de la digitalización en la gestión del servicio. Esta experiencia alerta sobre la falta de capacidad de la empresa para sacar provecho a estos desarrollos.

## Logística

El sector de logística (urbana e interurbana) ha sido muy dinámico en la adopción de los avances de la digitalización. El Recuadro 7 detalla las tecnologías que se han utilizado en servicios logísticos, en particular, los dispositivos de recolección de datos, las tecnologías de redes y conectividad, las plataformas de *software* y otras soluciones específicas. Capelli y Gartner (2020) alertan sobre los riesgos de que este avance digital sea aprovechado por empresas de gran escala, ampliando una brecha relativa con operadores de menor porte.



## Recuadro 7 Las nuevas tecnologías digitales en el sector de logística

Fuente: Capelli y Gartner (2020).

Las nuevas tecnologías digitales que se utilizan en servicios logísticos pueden clasificarse en cuatro categorías: (i) nuevos dispositivos para la recolección de datos, (ii) tecnologías de redes y conectividad, (iii) plataformas o tecnologías de *software*, y (iv) aplicaciones o soluciones específicas construidas sobre la capa del *software*.

### Cuadro Clasificación de las nuevas tecnologías en logística

Categoría	Tecnología
Dispositivos	Impresión 3D, robótica, sistemas inteligentes de transporte, telemática, inteligencia artificial
Redes y conectividad	Internet de las cosas, conectividad 5G
Plataformas o tecnologías	Aprendizaje automático, analítica avanzada y explotación de datos, computación en la nube, realidad virtual o aumentada
Aplicaciones o soluciones específicas	Ciberseguridad, bolsas de carga, almacenamiento compartido, <i>blockchain</i> , redes sociales, comercio electrónico

Es probable que buena parte de estas tecnologías sean introducidas por los grandes dadores de carga o por los operadores logísticos de mayor escala. Además, la tasa de adopción de estas aplicaciones responde en buena medida al ritmo de innovación del sector privado.

Por otro lado, si bien se anticipó que las brechas de servicio se deben analizar por tipo de producto y cadena de abastecimiento, algunos de estos desarrollos pueden tener impactos muy importantes, independientemente de la cadena (por ejemplo, las tecnologías asociadas a la mayor disponibilidad de datos y su posterior explotación y análisis), mientras que el impacto de otros desarrollos podría ser menor o nulo en el corto plazo (por ejemplo, impresión 3D y realidad virtual o aumentada).



**Figura 1**  
**Impacto de las tecnologías en la reducción de las brechas de servicios**

**Impacto**

Alto		<ul style="list-style-type: none"> <li>● Robótica</li> <li>● Conectividad 5G</li> <li>● Ciberseguridad</li> <li>● Blockchain</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Telemática</li> <li>● Analítica avanzada y explotación de datos</li> <li>● Bolsas de carga</li> <li>● Almacenamiento compartido</li> </ul>
Medio	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Sistemas inteligentes de transporte</li> <li>● Internet de las cosas</li> <li>● Aprendizaje automático</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>● Comercio electrónico</li> <li>● Computación en la nube</li> </ul>
Bajo	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Impresión 3D</li> <li>● Inteligencia artificial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Realidad virtual/aumentada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Redes sociales</li> </ul>
	Baja	Media	Alta

**Aplicabilidad**

Grupo

- Dispositivos
- Conectividad
- Plataformas/tecnologías
- Aplicaciones/soluciones específicas



El Recuadro 8 presenta una breve referencia del impacto de la digitalización en los servicios de logística urbana. Al no contar con mediciones de brechas de servicios, los efectos de estos desarrollos son, por el momento, conceptuales. En este sentido, los recuadros presentan una sugerencia de las dimensiones a investigar en futuros trabajos empíricos.

### **Recuadro 8** **Impacto de la digitalización en las brechas de servicio en el transporte urbano de mercancías**

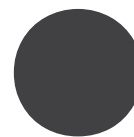
Fuente: Steer (2020).

Para los servicios de distribución de carga, la digitalización permite mejorar la eficiencia de las entregas, reduciendo los costos del servicio. Esto se puede lograr, por ejemplo, a través de la optimización del recorrido, utilizando información en tiempo real del ruteo y del tráfico. De esa manera, se puede planificar la ruta en función del aprovechamiento de los puntos de carga y descarga, logrando un resultado de entregas con menor flota.

Estos sistemas de información deben ser complementados con una mejor coordinación entre distribuidores, transportadores y receptores, logrando así minimizar los tiempos de entrega y reduciendo la afectación de los camiones estacionados, muchas veces en las vías públicas e incluso en la infraestructura destinada a peatones y bicicletas.



# 3



## COVID-19: aceleración de la digitalización e implicancias para los servicios

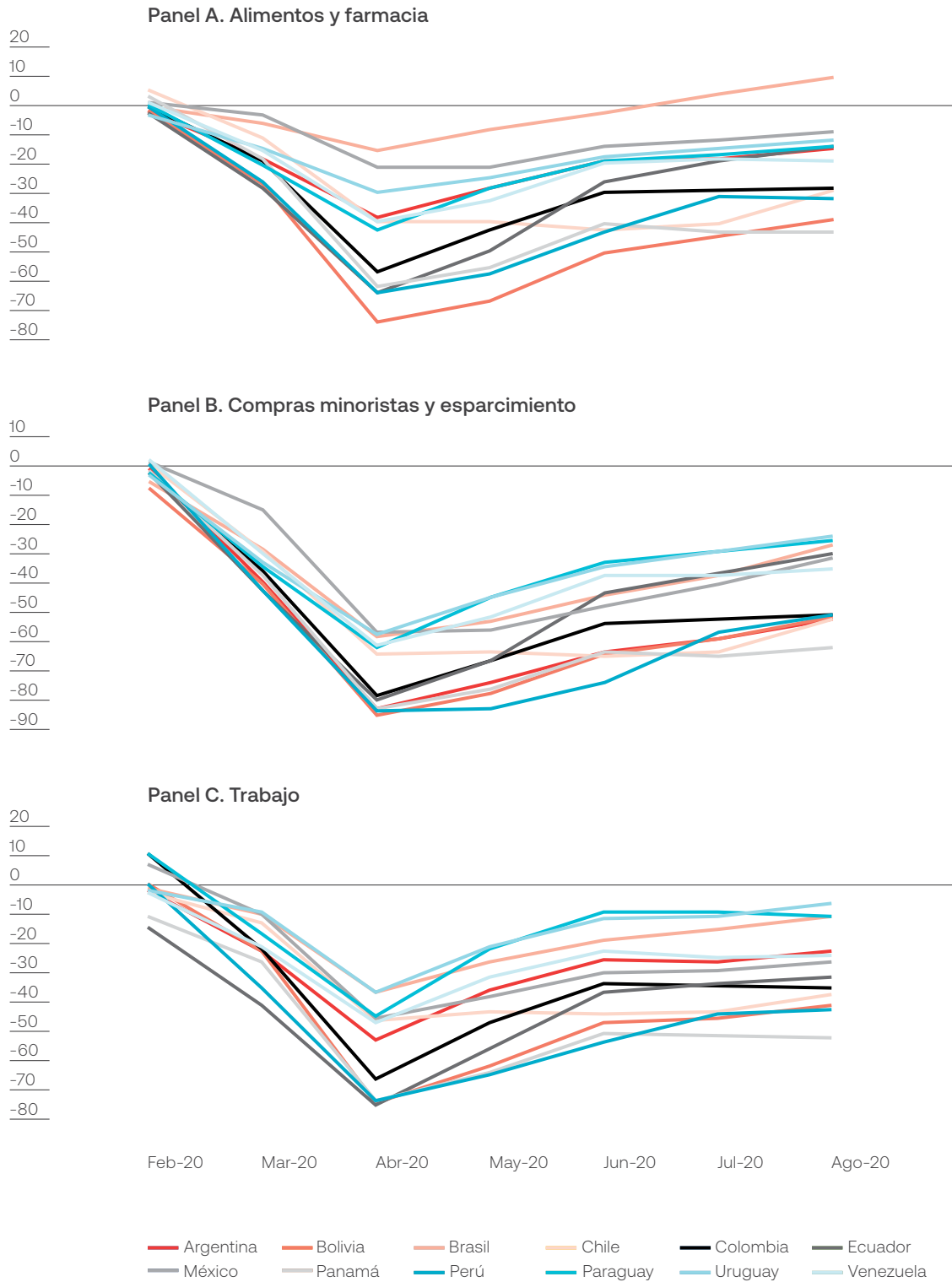
### El COVID-19 y la aceleración de la digitalización

La pandemia por la enfermedad del coronavirus (COVID-19) ha expuesto a las economías del mundo a múltiples desafíos. El virus empezó a manifestarse en ALC entre febrero y marzo de 2020 (unos meses después del anuncio del brote en la ciudad china de Wuhan, que ocurrió a fines de 2019). Las autoridades debieron tomar medidas de aislamiento, distanciamiento y control, buscando contener los contagios y resolviendo de distintas formas los impactos de estas medidas en los distintos sectores económicos y sociales, las finanzas públicas, la salud, el empleo y la educación.

En septiembre de 2020, aún no había señales de reversión y las sociedades latinoamericanas comenzaron a adaptar las medidas de política para transitar hacia una nueva normalidad, conviviendo con el virus a la espera de una vacuna. Por ejemplo, en unos pocos países, como Uruguay, Trinidad y Tobago, y Paraguay, donde la pandemia no había golpeado fuertemente, habían vuelto a una situación prácticamente normal, con pocos casos, tanto de incidencia como de fallecimientos, mientras que en el resto de los países transitaban distintas etapas de reversión de las medidas iniciales. El impacto económico de la pandemia en la región ha sido fuerte: las proyecciones de CAF apuntaban a una caída del PIB regional de 8,7 puntos en el año 2020 (frente a una caída de 3,9 puntos a nivel mundial, según el consenso de Bloomberg). El impacto en términos de vidas también fue importante: a septiembre de 2020 la mortalidad por causa del

**Gráfico 34**  
**Intensidad de la movilidad en países seleccionados de América Latina**

Fuente: Elaboración propia con base en Google Mobility Trends (2020).



Notas: Los datos corresponden a variaciones porcentuales (en escala de 100) respecto de la fecha de referencia establecida por Google (que no necesariamente coincide con las políticas de confinamiento de las respectivas economías) y se reportan como promedio mensual de valores diarios.

COVID-19 alcanzaba los 470 casos por millón de habitantes (frente a los 114 a nivel mundial), empujada por la alta tasa de incidencia en Brasil (aproximadamente 20.000 contagiados y 600 fallecidos por cada millón de habitantes) y México (5.000 contagiados y 535 fallecidos por millón de habitantes) y por las altas tasas de incidencia y mortalidad en Perú (21.500 casos y 932 fallecidos por millón de habitantes).<sup>63</sup>

Frente a esta situación, las tecnologías digitales fueron fundamentales para contrarrestar o mitigar los efectos del aislamiento y facilitar el funcionamiento de sistemas económicos. Muchos de los avances, que se estimaba que ocurrirían con mayor o menor velocidad en un futuro, se implementaron en pocos meses en los sectores de salud, trabajo, educación, comercio electrónico, entretenimiento, comunicación audiovisual y en varios sectores de infraestructura, a través de innovaciones o del perfeccionamiento de desarrollos existentes.

Según las estadísticas publicadas por Google Mobility Trends, la movilidad se redujo entre el 40 % y el 80 % en el mes más crítico de la cuarentena (abril de 2020), dependiendo del país y de la actividad (adquisición de

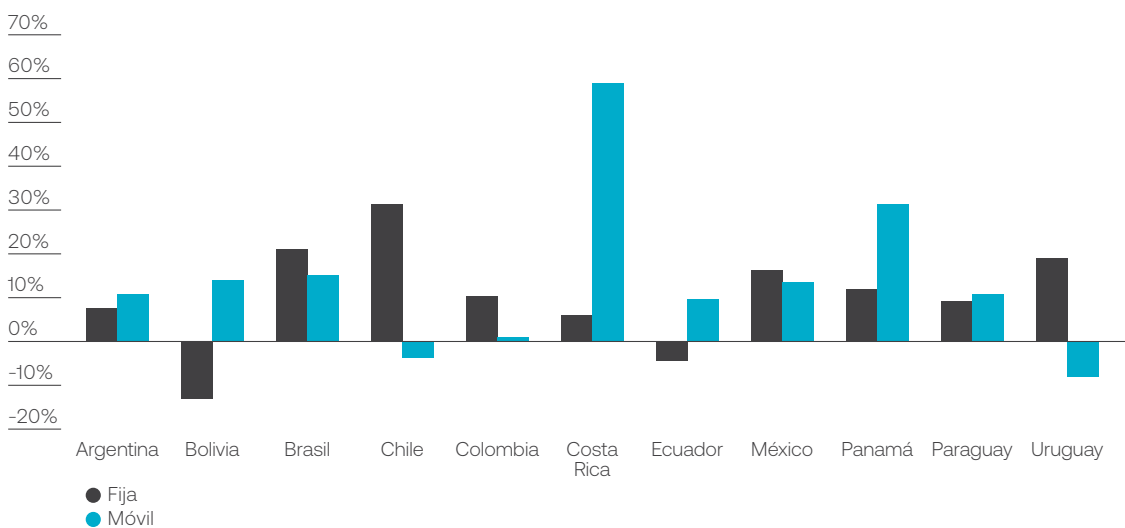
alimentos y productos farmacéuticos, trabajo y otras compras y recreación). En agosto de 2020 continuaban las restricciones de movilidad, aunque con menor intensidad (en general) y dependiendo del país, sin que ello necesariamente significara un mayor número de viajes. La mayor recuperación en la intensidad de la movilidad se había dado en Uruguay y Paraguay (los países con menor incidencia de COVID-19 en la región), pero también en Brasil (que en agosto de 2020 aún presentaba números elevados de casos de contagio) y México.

Al mismo tiempo, un estudio realizado por CEPAL (2020) en Argentina, Brasil, Chile, Colombia y México reflejaba que, entre el primero y segundo trimestres de 2020, el tráfico de datos en sitios web y el uso de aplicaciones aumentó más del 300 % por el teletrabajo, el 150 % por el comercio electrónico y el 60 % para la educación en línea.

Este cambio en el patrón de movimientos, de personas a datos, había generado preocupaciones iniciales por el efecto del aumento exponencial del tráfico y el trabajo en la nube sobre la calidad del servicio durante los primeros meses de la pandemia (como ocurrió en mayor o menor medida en Chile, Ecuador,

**Gráfico 35**  
**Velocidad de bajada de datos en las redes fija y móvil,**  
**julio de 2020 frente a febrero de 2020**

Fuente: Ookla/Speedtest (2020).



<sup>63</sup> Datos de mediados de septiembre de 2020.

Brasil o México),<sup>64</sup> pero estas se fueron disipando en función de los hechos. Según las mediciones de julio de 2020, la velocidad de banda ancha superaba los niveles de febrero de ese mismo año en la mayoría de los países de la región, manteniéndose una restricción de banda ancha fija en casos puntuales, como Bolivia y Ecuador (el Gráfico 35 ilustra solo la velocidad de banda ancha, pero una situación similar ocurrió con la reducción en la latencia).

Los desarrollos digitales fueron muy útiles en distintos ámbitos y jugaron un rol preponderante en la dinámica socioeconómica de los países. A continuación, se detallan ejemplos de desarrollos en las áreas de salud, educación y trabajo.

## Salud

El sector de la salud se vio directa y especialmente afectado por la pandemia. Los países adoptaron diferentes medidas para el diagnóstico y control de la transmisión comunitaria del virus, así como para el tratamiento de las personas contagiadas.

En este contexto, la digitalización contribuyó en el sector de la salud a través de un mejor uso de los datos (para el control de los contagios y la propagación), diversas plataformas (por ejemplo, CoronaApp en Colombia, Coronavirus-SUS en Brasil o CuidAr en Argentina) y sistemas de seguimiento de casos (Perú y Uruguay).<sup>65</sup>

En países desarrollados se registraron avances en materia de inteligencia artificial (por ejemplo, el control de la temperatura en espacios abiertos), drones (para repartir insumos médicos) y robots (para la desinfección de lugares públicos o la entrega de medicamentos). De hecho, según destaca CAF (2020d), en varios de esos países, la convergencia de la 5G con otras tecnologías de análisis avanzado, como el *big data*, la inteligencia artificial y el almacenamiento en la nube, fueron muy útiles para mejorar el tratamiento de la enfermedad, reducir el tiempo de respuesta y el trabajo manual y prevenir más contagios mediante el monitoreo. Estos desarrollos han tenido menos espacio en América Latina por la necesidad de priorizar recursos escasos en personal e insumos médicos.

## Trabajo

El COVID-19 ha provocado una disrupción en el mercado laboral, debido a la necesidad de adaptar la fuerza de trabajo a la realización de actividades a distancia, por medio de plataformas virtuales (para efectuar reuniones, informar, coordinar y seguir el avance de tareas con su equipo). Este tipo de actividades depende de las condiciones estructurales de los países (mercados laborales, nivel de formalidad, estructuras productivas y calidad de la infraestructura digital).

Una condición específica de la actividad es la factibilidad de trabajar a distancia con conexión digital (teletrabajo), siendo más probable en sectores de servicios profesionales y técnicos y en educación, y muy poco probables en sectores agropecuarios, la construcción o la industria manufacturera. Según CEPAL (2020), la probabilidad de teletrabajar es de aproximadamente el 21 % en ALC (se sitúa entre el 15 % de Bolivia y el 31 % de Uruguay, respectivamente mínimo y máximo en la región), muy inferior a la de países desarrollados (cercana al 45 % en los países nórdicos y al 40 % en EE. UU.).

## Educación

La situación de pandemia obligó a suspender clases presenciales y a migrar, en la medida de lo posible, al formato virtual. Para ello, se pusieron en funcionamiento o actualizaron plataformas virtuales (MS Teams, Google Meet, Zoom). El potencial para el aprovechamiento de estas soluciones depende, por un lado, de la conectividad y calidad de las conexiones, y por otro, de los recursos humanos capacitados para dictar contenidos en formato innovador.

Los beneficios de los avances de la digitalización en los sectores de la salud y la educación o en el mercado de trabajo no pueden ser aprovechados por los usuarios finales (ni por las empresas o el gobierno) si existen brechas en los servicios que proveen las TIC. Según el diagnóstico realizado en el Capítulo 2, aún existe un porcentaje importante de usuarios que no tienen acceso a estas tecnologías (ver el Cuadro 8), sobre todo la

<sup>64</sup> El aumento en el flujo de datos para atender las nuevas necesidades de teletrabajo y de realización de videoconferencias para distintas actividades económicas, personales y sociales puede congestionar las redes (en función de su capacidad) y componentes clave, como enrutadores en hogares.

<sup>65</sup> La implementación de estas plataformas reavivó el debate sobre la necesidad de proteger los datos personales.

## Las TIC permitieron atenuar los efectos económicos y sociales del COVID-19. Sin embargo, las brechas digitales limitaron estos beneficios en educación, trabajo y hogares de bajos recursos.

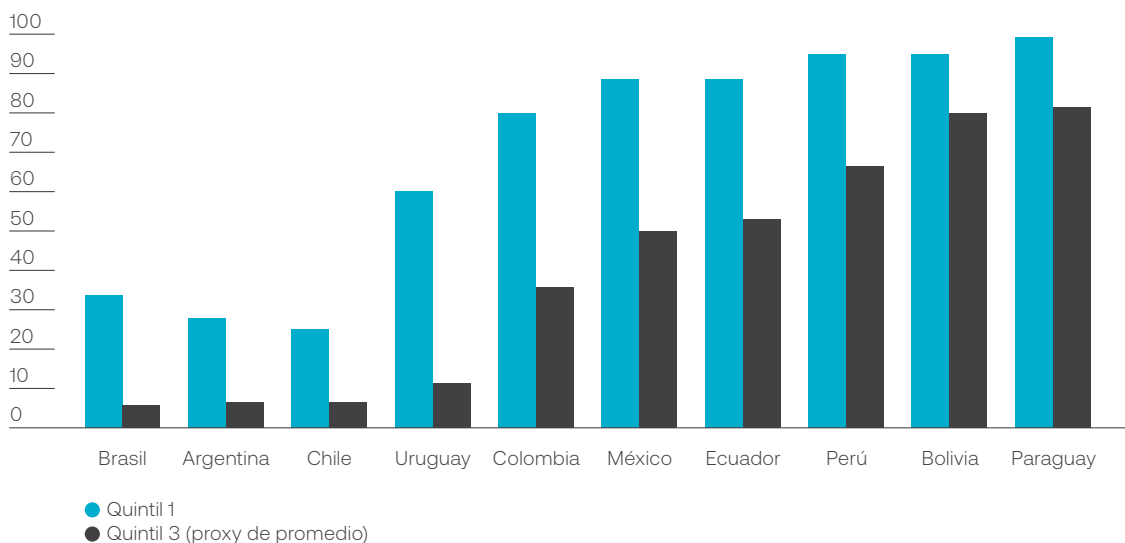


población más vulnerable a problemas de salud (personas mayores de 65 años). Sin embargo, aun teniendo la conexión, el servicio puede ser costoso para el usuario (como muestra el Gráfico 25 para el quintil más bajo de ingresos) o de baja calidad (como, por ejemplo, en Bolivia, Paraguay y Colombia, según ilustra el Cuadro 8), o la tasa de uso puede ser baja (ver CAF, 2020d, en particular, en lo relativo a resiliencia digital del hogar).

En el caso de la educación, las brechas de acceso globales pueden ocultar una problemática específica del sector. Al definir el acceso sobre la población relevante (niños en edad escolar), las brechas son importantes para el promedio de los hogares en Paraguay, Bolivia, Perú, Ecuador y México, y más aún si se focaliza en los hogares de bajos ingresos (sumándose a los anteriores Colombia y Uruguay). Aun en los países que

**Gráfico 36**  
**Porcentaje de niños en hogares sin acceso a internet (promedio y primer quintil)**

Fuente: CEPAL (2020).



Nota: El promedio está aproximado con el quintil 3.

presentan mejor conectividad, por lo menos un 25 % de los niños que pertenecen al primer quintil de ingresos no tiene conexión digital (ver Gráfico 36). La elaboración de otros indicadores (como el porcentaje de hogares con un número suficiente de computadoras) arrojaría una conclusión similar.

En resumen, la pandemia por el COVID-19 ha afectado a las sociedades en múltiples aspectos (personales, económicos y sociales). Esta crisis inesperada causó importantes pérdidas, tanto de vidas como en otras dimensiones. En este contexto, las TIC permitieron atenuar los efectos negativos de la crisis, contribuyendo no solo en el área de la salud, sino también en diferentes actividades económicas y sociales. Sin embargo, no toda la población de la región se ha apropiado necesariamente de los beneficios de la digitalización, a juzgar por la presencia de brechas digitales, tanto absolutas (de acceso físico o capacidad de pago de estas tecnologías, calidad, capacidad de reconversión, uso de las innovaciones, etc.) como relativas (mayores deficiencias en hogares de bajos ingresos, áreas rurales, usuarios específicos, como niños o personas mayores de edad, o trabajadores en actividades económicas con poca probabilidad de teletrabajo).

## Impacto del COVID-19 por sectores de infraestructura

### Transporte urbano de personas

La pandemia por el COVID-19 produjo un fuerte cambio en la movilidad de las personas. En función de la intensidad del problema en las distintas ciudades, los países se centraron en implementar medidas de aislamiento, distanciamiento y

bioseguridad que protegieran a los usuarios y los operadores del transporte público. Para ello, fijaron límites sobre la ocupación en los sistemas de transporte y favorecieron grupos de pasajeros (por ejemplo, trabajadores esenciales) e incentivaron la micromovilidad, especialmente la bicicleta (ver Azan, 2020a y 2020b para el caso de Bogotá). En el mes más crítico (abril de 2020), la movilidad cayó entre el 40 % y el 80 % dependiendo del país y la actividad (ver Gráfico 34),<sup>66</sup> y, si bien se fue ajustando en el tiempo dependiendo de las estrategias locales, aún no había vuelto a la normalidad en agosto de 2020.

Estos cambios afectaron el desempeño del servicio de transporte masivo, poniendo en riesgo su viabilidad financiera y abriendo un nuevo capítulo sobre esta dimensión dentro del modelo de movilidad sustentable en la región y el mundo. La viabilidad financiera es un problema que, más allá de la estrategia seguida por los países respecto de la recuperabilidad de los costos, se ve afectado por las restricciones que enfrentan los gobiernos (mayor déficit fiscal) para aportar recursos adicionales. Es por ello que resulta importante evaluar alternativas de provisión del servicio (por ejemplo, qué calidad se puede alcanzar con la oferta existente, qué aumentos de oferta son necesarios para lograr distintas metas de calidad, nuevas condiciones que deberían aplicar a proveedores del servicio, etc.) y sus implicancias para su costo y sus instrumentos de financiación. Algunos autores han estado considerando métodos alternativos para obtener fondos, como, por ejemplo, cargos por congestión o apropiación de parte de la revalorización del suelo, a aportar por beneficiarios externos del sistema de transporte (Brockmeyer, en Euroclima, 2020).

Otro problema que afecta al transporte público está relacionado con la bioseguridad, en particular, la transmisión del virus (sobre todo en los medios cerrados, como los del transporte colectivo o subterráneo, con espacio limitado, escasas herramientas de control para identificar a los pasajeros enfermos o falta de limpieza en superficies). Este problema pone en riesgo estrategias asociadas con aumentar la intensidad de uso, más allá de que aún no exista evidencia concluyente de que la suspensión del transporte

<sup>66</sup> Tirachini y Cats (2020) estiman que la caída en el uso del transporte público en el Área de Santiago, en la semana siguiente a las medidas de confinamiento, osciló entre el 30 % y el 40 % por parte de usuarios de bajos ingresos y por encima del 70 % por parte de usuarios de altos ingresos, reflejando una importante brecha relativa (en la dimensión ingresos). Estas brechas pueden profundizarse si los usuarios de mayores ingresos tienen mejores opciones para sus desplazamientos, moviéndose en transporte privado o trabajando desde el hogar (ver también Musselwhite, Avineri y Susilo, 2020).



## El transporte masivo enfrenta múltiples desafíos: financieros, de adaptación de la intensidad de uso a la nueva normalidad, de avances del servicio informal, de seguridad personal y de género.



público sea una medida efectiva para prevenir contagios y la propagación del virus (Musselwhite *et al.*, 2020).

En el mundo se han implementado distintas estrategias respecto a la intensidad de uso del transporte, en algunos casos complementadas con herramientas para evitar la propagación del virus. Por ejemplo, en un extremo, se fijaron restricciones sobre el uso de la capacidad (12 personas en el bus y 32 personas por vagón de tren en Australia) o lineamientos oficiales para disuadir del uso del transporte público (Reino Unido, Países Bajos). En un caso intermedio, la autoridad de Montevideo implementó una estrategia de gestión de la oferta en función de los pasajeros transportados (siguiendo un parámetro de transportar un máximo de 45 pasajeros, que corresponde a la ocupación de asientos más 10 personas paradas), ajustando la cantidad de servicios, las frecuencias de las líneas o incluso autorizando nuevas líneas.<sup>67</sup> En el otro extremo, existen experiencias en las que se permitieron altas tasas de ocupación en períodos

pico, acompañadas por recomendaciones de utilizar barbijos o tapabocas (Taiwán)<sup>68</sup> o no hablar durante el viaje (Singapur, durante la reapertura), con poco impacto en términos de contagios. En el caso de Corea del Sur, la autoridad de Seúl y Seúl Metro establecieron lineamientos sobre viajes en metro, especificando medidas informativas, de precaución (prohibición de pasajeros sin barbijos o tapabocas) o de operación (introducción de trenes con operación automática o evitando parar en estaciones congestionadas) en función del nivel de congestión.<sup>69</sup> Por último, el Grupo Colaborativo de Modelamiento de COVID y Movilidad en Colombia (2020) elaboró una propuesta para actualizar las normativas de bioseguridad sobre el distanciamiento y las acciones esperadas por parte de los pasajeros,<sup>70</sup> en función de cinco factores para reducir el contagio (protección facial adecuada, no hablar, ventilación sin recirculación, duración del viaje —más cortos— y limpieza de superficies).<sup>71</sup>

<sup>67</sup> Ver información sobre la readecuación del transporte público en Intendencia de Montevideo (2020a) y sobre la incorporación de líneas en Intendencia de Montevideo (2020b).

<sup>68</sup> Si bien no hay resultados precisos respecto a la efectividad del uso de máscaras y tapabocas para reducir la transmisión del virus, estas medidas, aun siendo imperfectas, parecen producir beneficios cuando su empleo es masivo (ver Sadik-Khan y Solomonow, 2020).

<sup>69</sup> Ver Seoul Metropolitan Government (2020).

<sup>70</sup> La propuesta se basó en un marco elaborado por la New Urban Mobility Alliance (NUMO). Para más información sobre las acciones de esta alianza, ver su sitio web <https://www.numo.global/>

<sup>71</sup> Según esta propuesta, la capacidad operativa podría aumentar del 40 % al 85 % para trenes y tranvías, del 40 % al 70 % para buses articulados, del 40 % al 55 % para buses convencionales y busetas, y del 25 % al 63 % para cables. Adicionalmente, el escalonamiento de horarios de ingresos y salidas laborales (principalmente en áreas de mayor concentración) permitiría reducir la presión sobre el sistema en horarios pico, para una misma capacidad operativa promedio, e incluso aumentar la capacidad promedio.

En otra dimensión, surgieron preocupaciones sobre el espacio que pueden ocupar o ganar los servicios informales de movilidad como resultado de las restricciones sobre la intensidad de uso de los sistemas formales.<sup>72</sup> Igualmente, aparecieron temores a posibles aumentos de la evasión en el pago por el uso del servicio, a partir de las medidas sugeridas para controlar el contagio entre pasajeros y entre estos y el conductor (como separar la sección del conductor, ingresar a las unidades por puertas medias o traseras o reducir las instancias de control), retroalimentando el problema de viabilidad financiera (Tirachini y Cats, 2020).

Finalmente, los cambios descritos pueden tener efectos sobre la dimensión de género (Palacios, 2020). La desatención de los desplazamientos asociados con el empleo informal o destinos relacionados con las actividades domésticas y de cuidado (donde las mujeres tienen una alta participación) en la planificación del transporte o la construcción o ampliación de carriles para ciclovías sin iluminación y sistemas de vigilancia, entre otros, pueden aumentar distintas dimensiones en esta brecha relativa.

Durante el año 2020, en el marco del COVID-19, se introdujeron nuevos desarrollos digitales y se actualizaron desarrollos existentes, aplicados a la movilidad de personas. Un ejemplo son las distintas plataformas que proveen información útil para evitar aglomeraciones, gestionadas por agentes privados (por ejemplo, Google Maps Transit Service, Moovit) o públicos (ferrocarriles de Holanda y Japón, y red de buses de Singapur, según cita Tirachini y Cats, 2020). Otro tipo de desarrollos apuntó al rastreo de personas a través de celulares de forma generalizada (CuidAr en Argentina, Coronavirus-SUS en Brasil y CoronaApp en Colombia) o individual, para el seguimiento de los casos de COVID-19 (Perú y Uruguay). La tecnología digital también se utilizó para acomodar las frecuencias de los servicios, buscando maximizar la cantidad de pasajeros a transportar con la oferta existente, teniendo en cuenta las restricciones impuestas por las normativas de bioseguridad (por ejemplo, el metro de Washington D.C), en línea con las sugerencias y recomendaciones realizadas por el Grupo Colaborativo de Modelamiento de COVID y Movilidad en Colombia. Por su parte,

los sistemas de pago electrónico agilizan el flujo de pasajeros en una unidad, contribuyendo a la reducción de aglomeraciones.

Con el uso de sistemas electrónicos, se puede considerar la posibilidad de tarificación horaria para reducir la carga en horarios pico. Sin embargo, medidas de este tipo pueden tener un efecto sobre las brechas relativas, sobre todo si quienes modifican sus patrones de viaje son usuarios de bajos ingresos.

Por último, el fomento de los servicios por demanda sirve para aliviar la demanda del transporte público masivo, pero posiblemente operando en redes (de contactos) más limitadas (Kucharski y Cats, 2020; ver también observaciones realizadas en la sección “La digitalización en el transporte urbano de personas” del Capítulo 2).

## Logística urbana

Hace varios años la digitalización ya había sido funcional en el surgimiento de innovaciones tecnológicas, como las plataformas para transacciones (Mercado Libre), los servicios de ruteo en la distribución de cargas y los servicios de distribución capilar (Pedidos Ya, Rappi, Glovo). Estas actividades, y en particular la logística urbana, se vieron afectadas por la situación de pandemia causada por el COVID-19, principalmente asociada con cambios (forzados) en patrones de consumo. La cadena logística del comercio electrónico ganó un espacio frente a las transacciones tradicionales, aún en un contexto de crisis: por ejemplo, el tráfico de datos en sitios web y el uso de aplicaciones relacionados con el comercio electrónico aumentó más del 150 % entre el primer y segundo trimestre de 2020, según un estudio realizado por CEPAL (2020) en Argentina, Brasil, Chile, Colombia y México.

En este contexto, se pueden identificar tendencias con potencial impacto en la caracterización de la brecha de servicios logísticos en América Latina, muchas de ellas con incidencia en los entornos urbanos.<sup>73</sup> En primer lugar, el aumento pronunciado en la utilización

<sup>72</sup> Existen algunas referencias respecto de estos avances (por ejemplo, en Lima). Si bien es razonable considerar que el riesgo de contagio es mayor en el transporte informal, no se cuenta con evidencia concreta.

<sup>73</sup> El listado de tendencias no es exhaustivo. Para más detalles, ver Capelli y Gartner (2020).

de plataformas de comercio electrónico para adquirir bienes y servicios va acompañado por una mayor atomización de las cargas y entregas a domicilios particulares, mientras que un redireccionamiento de la demanda tradicional desde grandes centros de consumo hacia locales comerciales de cercanía produce un efecto similar, pero focalizado en locales de menor escala (y, seguramente, con menos infraestructura para carga y descarga). Además, la distribución capilar tiene patrones específicos de carga en la dimensión geográfica y temporal (por ejemplo, en locales de comida a las horas del almuerzo o la cena). A esto se suma que las plataformas desarrolladas para el transporte de personas (Uber o Cabify) se han readaptado en aquellos lugares donde no lo habían hecho antes de la situación de pandemia, para participar en el transporte de pequeñas cargas o de envíos a domicilios de una importante cantidad y variedad de productos (Uber Eats o Cabify Envíos). Estos cambios afectan el uso del espacio público, específicamente, las calles y aceras que anteriormente no estaban diseñadas para la carga y descarga. En ausencia de planificación, un cambio en los patrones de distribución (a pequeños negocios o a viviendas) puede implicar la ocupación del espacio público, siniestros viales y contaminación ambiental (ver en Palacios, 2020, los casos de Nueva York y Bogotá).

En segundo lugar, las tendencias de motorización privada en las ciudades a partir de la aversión a la utilización del transporte público, junto con los aumentos de la movilidad local relacionada con la logística, podrían derivar en mayores niveles de congestión (o en problemas relacionados con la seguridad, si se trata de motocicletas).

En tercer lugar, los cambios en patrones de comercio, en favor del electrónico, pueden demandar un mayor desarrollo de las áreas seguras (en términos de bioseguridad) que se deben implementar, por ejemplo, en zonas específicas de intercambio y retiro (como las cajas de depósito o *lockers*).

Por último, se pueden crear oportunidades y mejoras de condiciones para la trazabilidad de productos (por ejemplo, certificaciones “libre de COVID” u otros criterios de bioseguridad) como forma de acceder a mercados locales (e internacionales).

## Agua potable y saneamiento

Los servicios de agua potable y saneamiento han tenido un rol esencial en el contexto de la pandemia causada por el COVID-19, dada la importancia del recurso en las medidas de sanidad (por ejemplo, el lavado frecuente de manos con agua y jabón). Sin embargo, el primer obstáculo que han enfrentado algunas áreas de la región (principalmente las zonas vulnerables en aglomeraciones urbanas y áreas rurales) es la falta de acceso a agua.

Según documenta CAF (Rojas, 2020), los operadores del sector han enfrentado dificultades y desafíos, tanto operativos (por exigencias y requerimientos sobre la calidad del agua y de rehabilitación del servicio a usuarios desconectados) como financieros (en un contexto de creciente incumplimiento en el pago). Esta situación está en sintonía con otros sectores de infraestructura que tienen obligaciones amplias de prestación de servicios. Si bien las autoridades han contribuido con la compra de insumos o autorizando el uso de fondos de reserva de los operadores para cubrir costos operativos, las dificultades fiscales han limitado el alcance de este tipo de intervenciones.

A futuro, el sector deberá ajustarse a una condición de provisión del servicio, sin garantías de que se recuperen rápidamente las tasas de cobrabilidad previas a la pandemia y sin respaldo de los recursos públicos (al menos en los próximos años). Por lo tanto, se presenta un espacio para los planes y las políticas que apunten a fuentes alternativas de financiación de los servicios y a medidas para la provisión eficiente del servicio (en términos de costos).

En este contexto, la crisis actual representa una oportunidad para el uso de tecnologías digitales que contribuyan a la reducción de costos y a la gestión estratégica del recurso en el mediano y largo plazo. El Recuadro 5 (en el Capítulo 2) y CAF (Alonso Daher, 2020) detallan algunas innovaciones tecnológicas que permiten mejorar el desempeño operativo y comercial, con efecto potencial en las dimensiones de calidad y costo del servicio. En la dimensión operativa, por ejemplo, se han desarrollado tecnologías que permiten automatizar el control de la calidad, a través del monitoreo y la dosificación de productos químicos de manera remota, o la gestión hidráulica de redes, mediante sistemas autónomos que adaptan el suministro de agua a los patrones de consumo (temporal y geográficamente) por medio del control del nivel en los reservorios,

el bombeo y la apertura o el cierre de válvulas de sectorización y de presión. En la dimensión comercial, existen herramientas que permiten automatizar la gestión del catastro (identificando distintos grupos de usuarios que requieren de algún tipo de tratamiento especial, por priorización o para una tarifa social focalizada), la lectura de medidores (aplicable a áreas en las que es factible introducir medidores inteligentes) o ciertos servicios (como canales electrónicos de pago o de atención remota al usuario). Finalmente, existen herramientas de planificación que permiten a los sistemas prepararse ante eventualidades (como la situación actual de pandemia por el COVID-19), planteando escenarios hipotéticos, simulando la mejor manera de atenderlos y formulando procedimientos y mecanismos de acción específicos en cada caso, que permitan continuar brindando un servicio esencial como es el del agua.

## Energía eléctrica

La energía eléctrica es clave para el funcionamiento de todos los sectores (económicos, sociales y de infraestructura) considerados con mayor o menor alcance en este capítulo. La pandemia impactó en el sector eléctrico principalmente a través de dos canales de la demanda. Por un lado, el nivel de consumo global se redujo acompañando al nivel de actividad.<sup>74</sup> Por otro lado, se produjo una redistribución del consumo, entre usuarios (desde el consumo industrial y comercial hacia el consumo residencial) y a nivel geográfico, al aumentar la carga en los hogares (producto de las restricciones de movilidad y del teletrabajo).

Si bien no se conocen casos de problemas de calidad del servicio resultantes de estos cambios, es una dimensión a la que se debe prestar atención si dichos cambios se convierten en permanentes. Asimismo, no es claro el efecto de mediano y largo plazo sobre la demanda de energía eléctrica (de hecho, en algunos países, como Brasil, la caída se estaba revirtiendo en septiembre de 2020), pero, si se extiende en el tiempo, puede tener implicancias para la organización del despacho de los distintos sistemas.

Al igual que en los otros sectores analizados, los operadores del sector han enfrentado dificultades operativas (de prestación del servicio) y financieras (en un contexto de creciente incumplimiento en el pago),<sup>75</sup> con posibles riesgos en la cadena de pagos. En el sector eléctrico, en particular, se suma un factor adicional: como resultado de las políticas sectoriales de largo plazo, muchos contratos de abastecimiento (como, por ejemplo, de fuentes renovables, pero también de generación térmica de largo plazo) se remuneran en dólares y las condiciones actuales dificultan trasladar a la tarifa eléctrica la fluctuación de cambio monetario o su absorción por parte de otros eslabones del sector (distribución). En esta condición se encuentran varios países cuya moneda sufrió una depreciación real (como, Brasil, Argentina o México).

En este contexto, las agendas sobre medidas para la nueva normalidad buscarán sinergias entre la recuperación (o crecimiento) y los objetivos climáticos, de modo que se continuará apuntando al fortalecimiento y la promoción de la energía sostenible. En este sentido, varios componentes de la REI (analizada en el Capítulo 2) relacionados con la demanda pueden contribuir en esta dirección. Por ejemplo, los medidores inteligentes (más generalmente, la IMA) son útiles para la toma de decisiones sobre eficiencia energética y, a nivel de sistema, para mejorar la administración de balances y la distribución de cargas. Sin embargo, es posible que, dadas las restricciones financieras que enfrentarán las economías durante los próximos años, la transición a sistemas más descentralizados y verdes sea más lenta.

<sup>74</sup> Esto también ocurrió a nivel mundial en el sector energético, en general (a lo que se suma una menor demanda de transporte, debido a las restricciones a la movilidad impuestas por los distintos países). De hecho, durante unos días de abril de 2020, tuvo lugar un evento sin precedentes: el precio del petróleo llegó a ser "negativo".

<sup>75</sup> Algunos ejemplos de la región ilustran las medidas tomadas sobre el pago que realizan los usuarios: Argentina y Ecuador prohibieron el corte del servicio (Argentina también congeló precios y tarifas), Colombia permitió diferir el pago de la factura de servicio a usuarios de los estratos 1 y 2 (aproximadamente un tercio de los usuarios), Chile permitió lo mismo para la población vulnerable y Panamá, para toda la población.



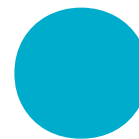
# 4

## Desafíos y oportunidades: inversiones, regulaciones y políticas públicas

Los cambios tecnológicos que se han producido en el sector de las telecomunicaciones han revolucionado su funcionamiento, principalmente con la masificación de la conectividad y la mejora de su calidad. Este sector seguramente seguirá sujeto a innovaciones (como la 5G) que no solo afectarán al sector de las tecnologías de la comunicación y la información propiamente dichas, sino también a otros sectores de la infraestructura, como la energía eléctrica y el transporte, impactos que se han documentado en los Capítulos 2 y 3. Como se mencionó en el caso de la energía eléctrica, la tecnología sigue siendo la misma de hace medio siglo en muchos aspectos; los cambios tecnológicos asociados con la digitalización solo han comenzado a tener impacto aproximadamente a partir de 2010. En el caso del transporte y la movilidad en las ciudades, especialmente en el transporte de pasajeros, también ha habido en la última década mejoras notables a partir de la introducción de la digitalización. Estos son los

sectores en los que se concentra este reporte, aunque existen otros, como la logística, que también sufrirán cambios importantes. Finalmente, en el ámbito del agua y el saneamiento, si bien el sector enfrenta problemas más básicos (cobertura —especialmente rural—, tratamiento de aguas servidas, y creciente demanda y menor oferta de agua), se espera que las nuevas tecnologías permitan optimizar y brindar un mejor servicio y hacer un uso más eficiente de los recursos. En todo caso, estos avances se profundizarán a futuro, por lo que es importante anticipar las intervenciones (modificaciones regulatorias, inversiones o acciones de política pública) necesarias para una rápida adaptación de los sectores de infraestructura y un aprovechamiento de los beneficios que ofrece el cambio tecnológico.

Los cambios previstos en el área de la regulación frente a los desarrollos tecnológicos y la digitalización de los sectores de infraestructura



económica pueden ser desde meramente adaptativos hasta ajustes mayores a los marcos regulatorios sectoriales comunes a los países de América Latina, incluyendo potencialmente la reestructuración sectorial. La premisa para energía eléctrica es que, debido a las condiciones especiales del sector, en que la demanda y la oferta eléctrica deben igualarse en cada momento del tiempo, la autoridad regulatoria debe coordinar a los agentes y, por lo tanto, coordinar también las innovaciones que se introduzcan en el sector. Un ejemplo es la necesidad de modificar la regulación para permitir la incorporación eficiente de las nuevas tecnologías en el sector de distribución eléctrica. Por otro lado, las ventajas de las nuevas tecnologías serán mejor aprovechadas si se separa el segmento de distribución en dos: comercializadores de electricidad que compiten por clientes, ofreciéndoles planes que se adaptan a sus necesidades, y un operador regulado de redes en cada área de distribución. Esto permite, junto con la introducción de medidores digitales, la aparición de los nuevos servicios y planes para los clientes, incluyendo la generación y el almacenamiento distribuido, lo que es menos efectivo cuando las redes y la comercialización están integradas en un solo actor. En algunos casos, esta separación constituye un cambio significativo en el modelo de negocio, mientras que, en otros, se trata de una inclusión de usuarios pequeños a las actividades existentes de comercialización. Otro aspecto importante, pero independiente, es que se debe incentivar a los operadores monopolistas que gestionan las redes físicas para que introduzcan las nuevas tecnologías (medidores inteligentes, sensores inteligentes, etc.) para obtener un sistema más resiliente, de mejor

calidad y que facilite acomodar la generación y el almacenamiento distribuido.

En cuanto al transporte público urbano, la premisa es que, si bien las autoridades pueden introducir innovaciones, en muchos casos los desafíos para la regulación y la planificación del transporte se centran en la adaptación a los cambios que se producen con la mayor disponibilidad de información y la entrada de nuevos modos y servicios no regulados. Esta entrada se ha acrecentado en los últimos años, con servicios de plataforma de viajes (como Uber y Cabify) o con modos de micromovilidad (bicicletas y patinetas eléctricas), en paralelo con la aparición de nuevos actores de distribución capilar de mercancías (en la que participan versiones de plataformas de viajes y otras específicas), y continuará cambiando con la posibilidad futura de vehículos autónomos. Las definiciones regulatorias se centran en la integración de estos nuevos modos a los esquemas de transporte público existentes y en cómo hacerlo, buscando mejorar la accesibilidad, reducir el costo de la movilidad para los usuarios y mejorar las dimensiones de calidad del servicio para el usuario (tiempo de viaje, seguridad, comodidad, etc.) y el ordenamiento del espacio público.

La digitalización puede ser una gran aliada para el desarrollo de infraestructura sostenible, resiliente y de calidad, a través de la implementación de sistemas de gestión y monitoreo, y el aprovechamiento de la recolección, el procesamiento y la transmisión de datos.<sup>76</sup> Estos avances son importantes para los procesos de toma de decisiones preventivas (ante posibles impactos de eventos disruptivos) o correctivas (en

<sup>76</sup> Esto es, incorporar de forma sistematizada la identificación de riesgos y mitigantes respecto de las capacidades, habilidades y tiempos de respuesta de los sistemas a determinadas amenazas puede producir una serie de beneficios respecto de la confiabilidad de la provisión de servicios, la vida útil de los activos, los costos de reparación y mantenimiento y la eficiencia en la provisión de servicios (OCDE, 2018).

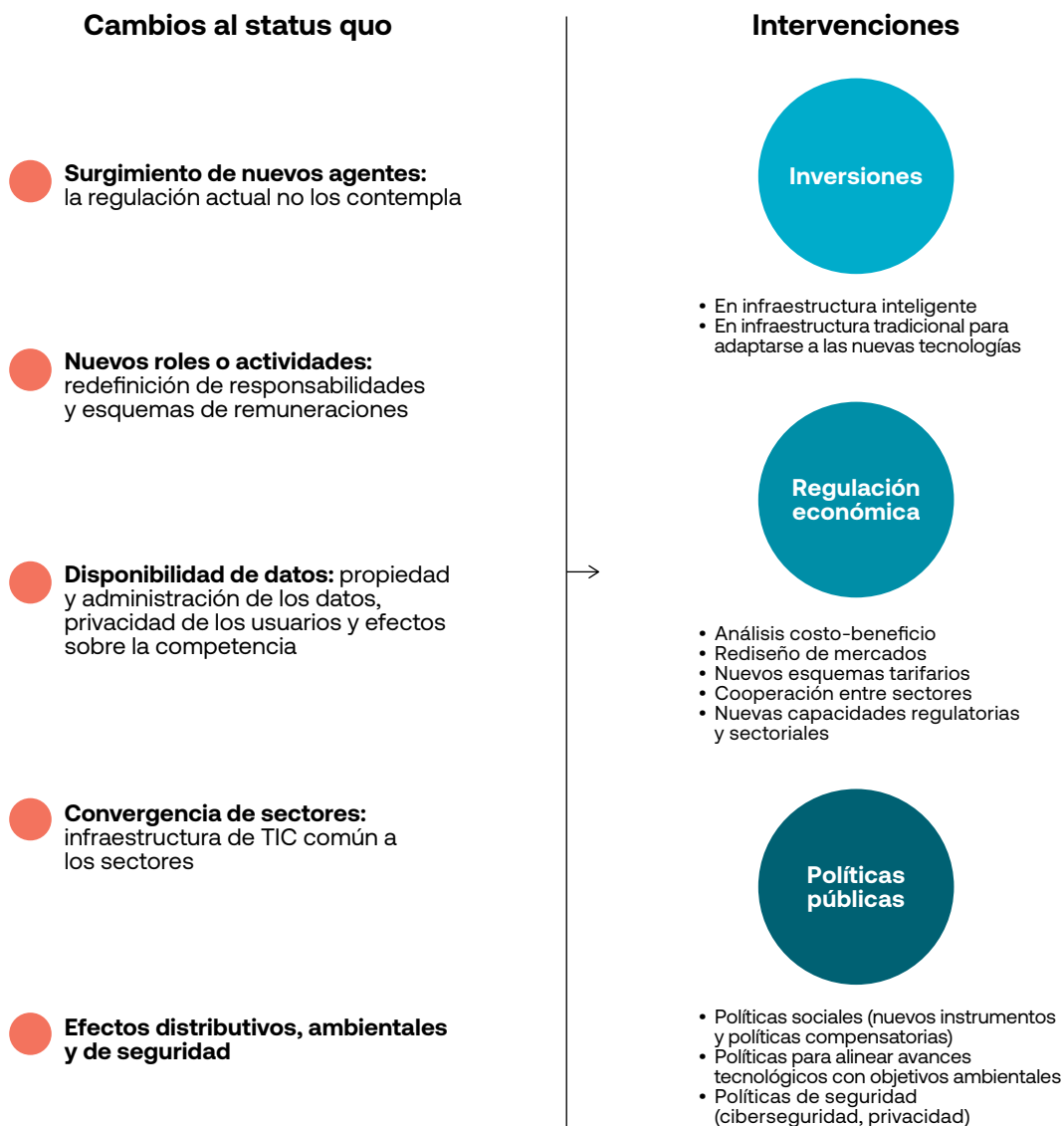
casos de emergencia, para restablecer los distintos servicios de forma prioritaria en áreas vulnerables o puntos de interés estratégico, como hospitales y centros de seguridad, entre otros).

Este capítulo comienza con un breve diagnóstico de la situación regulatoria en los países de la región. Luego, en función de los cambios

tecnológicos que se ciernen para los sectores de energía eléctrica y transporte urbano, se analizan oportunidades de intervención mediante tres instrumentos: modificaciones en la regulación sectorial, inversiones y política públicas. La Figura 3 presenta una guía de los cambios que serán analizados en los sectores y las intervenciones en estas tres áreas.

**Figura 3**  
**Cambios en los sectores e intervenciones derivadas de las nuevas tecnologías**

Fuente: Elaboración propia.





## Contexto regulatorio en la región

En la mayoría de los países de América Latina y el Caribe, los sectores de infraestructura están poco desarrollados en lo que respecta a sus instituciones, principalmente al analizar su calidad. Si bien se utilizan distintos modelos regulatorios, en la mayoría de los países se observa una fuerte presencia de las entidades públicas en algunos sectores, lo cual ha llevado a lo largo de los años a una relación de dependencia de estos mercados con el sector público. Esto se evidencia en un alto nivel de subsidios, que tienen por objetivo financiar inversiones, pero también resolver situaciones de déficit operativo.

En líneas generales, el sector eléctrico de ALC está poco desarrollado en términos de su estructura de mercado y su institucionalidad. En algunos países todavía existe una fuerte integración de los servicios, de manera que una empresa (privada regulada o pública) realiza las tareas de generación, transmisión, distribución y comercialización. En otros países, el regulador eléctrico no es independiente del poder político, que interviene discrecionalmente en la fijación de tarifas, la elección de proyectos a desarrollar y otros aspectos de carácter técnico-económico. La dependencia del poder político en el sector también se puede observar en la magnitud de los subsidios que recibe. Las tarifas eléctricas en la región son relativamente bajas comparadas con Norteamérica y Europa (aunque representan un mayor porcentaje de ingresos, respecto de estos países), lo cual obedece en parte a una matriz energética sesgada a energías renovables de bajo costo marginal (ver la sección “Síntesis de las brechas de servicio en sectores de infraestructura” del Capítulo 1), pero también pueden estar influenciadas por la presencia de subsidios. Estos subsidios podrían conllevar distorsiones que afecten negativamente la disponibilidad de insumos energéticos y, consecuentemente, limitar la generación de energía eléctrica.<sup>77</sup>

Por el lado de la oferta, es posible observar casos que van desde modelos integrados (como el de

Paraguay) o altamente integrados (caso de Costa Rica), a modelos de despacho administrado de centrales (modelo de Chile o Perú) y modelos de esquemas de oferta (modelo de Colombia). En el primero, las empresas estatales están presentes en todos los segmentos del sector (en generación también participa el sector privado); en el segundo, distintas empresas generadoras informan de los factores técnicos a un centro de despacho u operador del sistema que se encarga de emitir las órdenes para que las centrales generen según su mérito; y en el tercero, los generadores realizan ofertas de suministro horario para el día siguiente al mercado de energía y el operador del sistema ordena las ofertas según su costo. En los modelos de despacho y de esquemas de ofertas, la transmisión y distribución están a cargo de distintos operadores (públicos o privados) y sujetas a control por parte de una agencia reguladora.

Respecto a la comercialización de energía eléctrica, predominan dos esquemas: uno para los clientes regulados, a través de la empresa de distribución, y otro para los grandes clientes, que negocian directamente con las empresas de generación (y a veces con empresas comercializadoras). Las empresas de distribución compran la energía que necesitan para sus clientes a un precio regulado con base en los costos esperados de la energía del sistema o en subastas de energía de largo plazo. En algunos países, los clientes regulados disponen de distintos planes tarifarios, pero la mayor parte de los ingresos de la empresa provienen de clientes que usan tarifas volumétricas, con cargos fijos bajos y cargos variables mayores que el costo variable de provisión del servicio por parte de la empresa.<sup>78</sup> Solo los clientes comerciales y la pequeña industria reciben tarifas que reflejan mejor los costos para la empresa de distribución (con cargos por potencia máxima, por ejemplo). Sin embargo, este esquema presenta como inconveniente que la empresa distribuidora gana más cuanto más vende (una tarifa volumétrica), por lo que tiene pocos incentivos para promover y desarrollar planes alternativos de suministro que puedan reducir las cuentas de los usuarios (en línea con la eficiencia energética). Tampoco se proveen incentivos para que la empresa de distribución mejore la calidad del servicio, dado que la regulación en la mayoría de los países tarififica con base en una norma técnica que

<sup>77</sup> Ver Gertler, Lee y Mobarak (2017) y McRae (2015).

<sup>78</sup> Un ejemplo es Chile. En ese país, el 97 % de los clientes regulados tiene la tarifa volumétrica BT1, pese a que existen otras 12 tarifas para clientes residenciales, las cuales consideran cobros por energía y por potencia máxima. El consumo eléctrico de clientes BT1 es el 45 % de las ventas de energía de la distribuidora (ISCI, 2019).

establece estándares mínimos de calidad y una multa disuasiva en caso contrario, pero no premia a aquellas empresas que superan los umbrales de calidad. Además, en algunos países, la magnitud de las multas no llega a ser disuasoria —por ejemplo, en Panamá, según reporta Janson (2019).

Por su parte, los esquemas regulatorios actuales no estarían plenamente adaptados para acomodar tecnologías REI y, por lo tanto, no permitirían minimizar los costos de inversión ni optimizar el uso de la red de distribución en este nuevo contexto. Esto se debe, en primer lugar, a que están diseñados para un sistema eléctrico tradicional, incorporando generación distribuida, pero en menor medida la microgeneración y la participación activa de la demanda. En segundo lugar, los marcos regulatorios difieren entre países y, por lo tanto, no hay un consenso sobre las modificaciones necesarias. Por ejemplo, en ALC hay empresas reguladas por precios máximos (*price cap*), con esquemas tradicionales de RPI-X<sup>79</sup> y con regulación por empresa eficiente, y otras con esquemas basados en costos. Por último, tienen diseños que difieren entre segmentos, específicamente de distribución (precios máximos) y transporte (topes de ingresos).<sup>80</sup>

El despliegue de las REI no ocurre de la misma manera en todos los países de la región ni sigue un mismo orden. Las regulaciones van surgiendo de la mano de los distintos elementos de la REI o cuando se busca desplegar alguno de ellos puntualmente. De esta forma, el marco regulatorio para las REI se construye con base en un conjunto de regulaciones sobre sus distintos componentes (como la generación distribuida, el almacenamiento y los vehículos eléctricos) y los elementos esenciales para su surgimiento, los medidores inteligentes. El Cuadro 21 resume las principales normativas vigentes con respecto a generación distribuida, generación con fuentes renovables, incentivos fiscales para renovables, metas de participación de las energías renovables y metas de penetración de los vehículos eléctricos para países de ALC seleccionados.

Mientras que el tratamiento legal de la generación distribuida y de energía renovable es generalizado, la normativa sobre criterios de penetración de vehículos o metas e incentivos fiscales para renovables es más acotada. Asimismo, la introducción de medidores digitales —de lectura automática (AMR, por sus siglas en inglés) o de IMA— es mencionada en la normativa de estos

**Cuadro 21**  
**Comparación de la regulación en los distintos países**

Fuente: GPR Economía (2020) y BNamericas (2020).

Países	Regulación sobre generación distribuida	Regulación sobre generación con fuentes renovables	Incentivos fiscales a la generación basada en ER	Metas sobre participación de energías renovables	Regulación sobre penetración VE	IMA
Argentina	X	X	X	X		X***
Brasil	X	X	X			X
Chile	X	X			X	X**
Colombia	X	X				X
Costa Rica	X					X**
El Salvador	X		X			
México	X			X	X	X**
Perú	X*	X				X**

Notas: \* Proyecto de Reglamento de Generación Distribuida. \*\* Metas de despliegue. \*\*\* A nivel provincial.

<sup>79</sup> RPI menos X se refiere a la forma de regulación de precios máximos desarrollada en el Reino Unido y utilizada en muchos países. El precio se ajusta automáticamente a la evolución de precios minoristas (RPI, por sus siglas en inglés) del año anterior y a las mejoras de eficiencia esperadas (X) durante el período de tiempo en que se aplica la fórmula de ajuste de precios. La X se puede calcular mediante varios procedimientos.

<sup>80</sup> Ver detalles en Li *et al.* (2015).

## Los esquemas regulatorios actuales no están plenamente adaptados para incorporar la tecnología digital.



países (o, al menos, tienen normas técnicas para su instalación) y se prevén metas de instalación, pero no se observan programas definidos para alcanzar estas metas en la mayoría de los países. Brasil y Colombia son dos de los países con mayor avance en el marco regulatorio para el despliegue de las REI; en Argentina solo se observan avances a nivel de provincias (en este país, la regulación de la distribución fuera del Área Metropolitana de Buenos Aires es provincial); en México, Costa Rica, Chile y Perú ya se establecieron metas para el cumplimiento futuro (GPR Economía, 2020). Sin embargo, el contexto internacional luego de la crisis sanitaria por el COVID-19 seguramente dificulte el cumplimiento de estas metas. Por ejemplo, se esperaba una reducción del 25 % en los envíos globales de medidores inteligentes en 2020 (BNamericas, 2020).

Por el lado del sector de transporte urbano de pasajeros, el espectro de las regulaciones en América Latina ha sido bastante variado y ha seguido ciclos mundiales de provisión pública o privada, y de provisión descentralizada o controlada por la autoridad (Gómez Ibáñez y Meyer, 1993, y Vasconcellos, 2002). Actualmente, existe un caso de alta regulación, Brasil, donde el transporte público está definido en la Constitución nacional como un servicio público esencial y las alcaldías o municipalidades son responsables de la reglamentación y el control de los servicios (CAF, 2011b). En los demás países de América Latina, el grado de control depende, por un lado, del nivel de desarrollo y de las políticas sectoriales, y por otro, de las diversas autoridades encargadas

de la planificación y gestión del transporte urbano (gobierno municipal, estatal, provincial o departamental y federal).

Los casos estudiados en Besfamille y Figueroa (2020) proveen evidencia de estas diferencias. En la Región Metropolitana de Buenos Aires (RMBA) conviven tres modos de transporte público masivo (buses, trenes, subte) con modos tradicionales de transporte individual y otros informales (combis). Los buses operan bajo un marco regulatorio local desde mediados de los noventa, bajo la modalidad de permisos (las licitaciones han sido la excepción), que se fueron prorrogando de forma automática cada 10 años,<sup>81</sup> sobre rutas predefinidas (que incluyen 15 corredores de Metrobús). En la regulación pueden intervenir hasta 3 niveles jurisdiccionales (nacional, provincial y municipal), dependiendo de que el recorrido de la línea cubra una o dos jurisdicciones (la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y la provincia de Buenos Aires). Por su parte, el sistema ferroviario de superficie comprende 7 líneas (5 de operación estatal y 2 de gestión privada) y el subte es atendido por un operador privado. Por último, existe un sistema de transporte fluvial, especialmente consolidado en la zona norte del AMBA, usado como medio cotidiano de transporte por los habitantes del Delta del Paraná (Escobar, San Fernando y Tigre). En los últimos años se han dado avances en la integración intermodal, tanto física (centros de transbordo en distintos puntos de la ciudad) como tarifaria. En cambio, otras ciudades han seguido modelos mejor integrados para sus sistemas de transporte público. Por ejemplo, en Santiago existe una Red Metropolitana

<sup>81</sup> Actualmente se está trabajando en el diseño y aprobación de nuevos pliegos para la licitación de servicios de jurisdicción nacional en la RMBA.

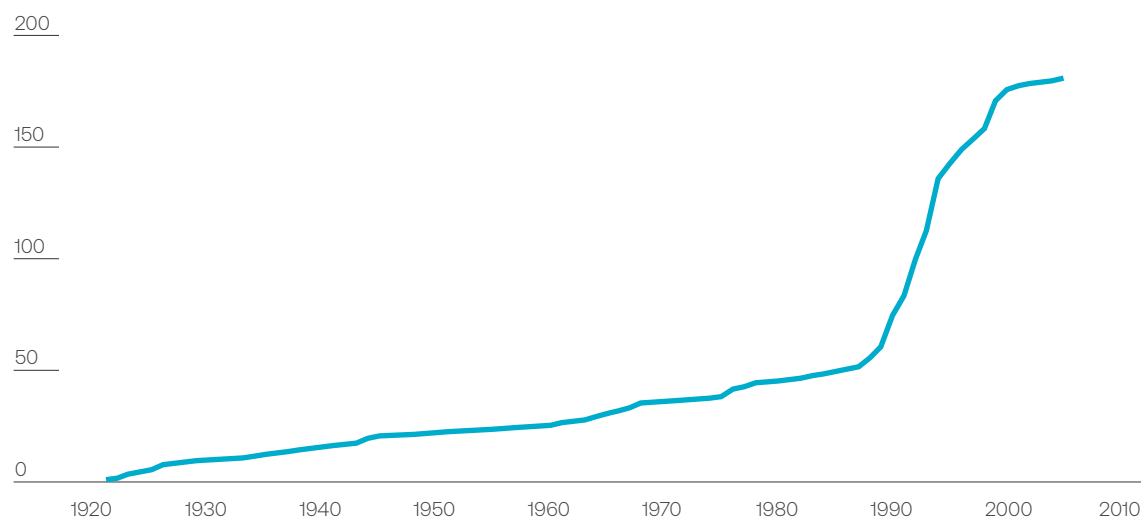
de Movilidad (conocida anteriormente como Transantiago), que opera bajo un marco normativo consistente en una compleja combinación de estatutos y regulaciones legales, reglas judiciales y la práctica real (a cargo de la Subsecretaría de Transportes, dentro del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones).<sup>82</sup> El transporte público masivo es provisto a través de buses urbanos, operados por concesionarias privadas, a cargo de diversos servicios de cobertura troncal y local (en diversas modalidades, como regulares, expresos, cortos, etc.), la red de Metro y el Tren Central, con su servicio suburbano, llamado MetroTren. Por su parte, el Sistema Integrado de Transporte Público (SITP) de Bogotá es considerado el eje estructurante del sistema de movilidad, funcionando bajo un modelo de delegación de la operación por zonas, con concesionarios a cargo de la prestación del servicio público de transporte de pasajeros bajo la supervisión de la Secretaría Distrital de Movilidad y el ente gestor del SITP (Transmilenio S.A.). El área geográfica es atendida por buses que transitan por los componentes troncal (buses articulados y biarticulados), dual, alimentador, zonal, complementario y especial, y por el teleférico (TransMiCable, para la movilización

urbana de tránsito rápido en Ciudad Bolívar, en el sur de Bogotá). Algunas ciudades también han implementado políticas de control y mejora de los servicios de transporte público, siguiendo modelos de movilidad sostenible, incluyendo casos que han promovido sistemas de transporte masivo tipo BRT (como, por ejemplo, Curitiba, Quito, São Paulo o Lima) o teleféricos (como La Paz, Ciudad de México, Caracas o Medellín). Sin embargo, estos desarrollos no han estado exentos de problemas de implementación (Hidalgo, van Laake y Quiñones, 2017).

Más allá de estos desarrollos, los sistemas informales siguen funcionando en la región como mecanismo para ofrecer cobertura de transporte público y alimentador del sistema formal, incluso en ciudades con sistemas formales desarrollados, como Bogotá o Cali (Heinrichs, Goletz y Lenz, 2017).<sup>83</sup> En forma análoga, el transporte en minibuses informales es el modo más común para trasladarse entre La Paz y El Alto, en Bolivia, con una tarifa que es la mitad de la tarifa del teleférico (Rivas *et al.*, 2019a). Otro caso es Ciudad de Panamá, donde el sistema informal cubre un 9 % de los viajes (Scordia, 2018).

### Gráfico 37 Evolución del número de agencias reguladoras en América Latina

Fuente: Polga-Hecimovich (2019).



<sup>82</sup> También participan el Directorio de Transporte Público Metropolitano y el Panel de Expertos del Transporte Público.

<sup>83</sup> En Bogotá, los bicitaxis operan como alimentadores del Transmilenio en el barrio de Patio Bonito. En Cali, también es común el transporte informal, con vehículos todoterreno y motocicletas sirviendo como taxis en barrios pobres.

En muchas ciudades, los sistemas masivos han evolucionado a esquemas de tarifa integrada, que cubren los viajes que combinan trayectos en distintos modos de transporte durante un periodo de tiempo determinado (o versiones alternativas con descuentos por tramos). La integración de los esquemas tarifarios, de todas maneras, no modifica una realidad del sector, donde generalmente las inversiones, y en muchas ocasiones la operación, se financian en parte con subsidios (como se ilustró en el Gráfico 20). En condiciones normales, las distintas autoridades locales deciden la combinación de fuentes de ingresos para financiar la operación del servicio, la cual se ha visto seriamente afectada durante la situación de crisis a partir de la pandemia por COVID-19.

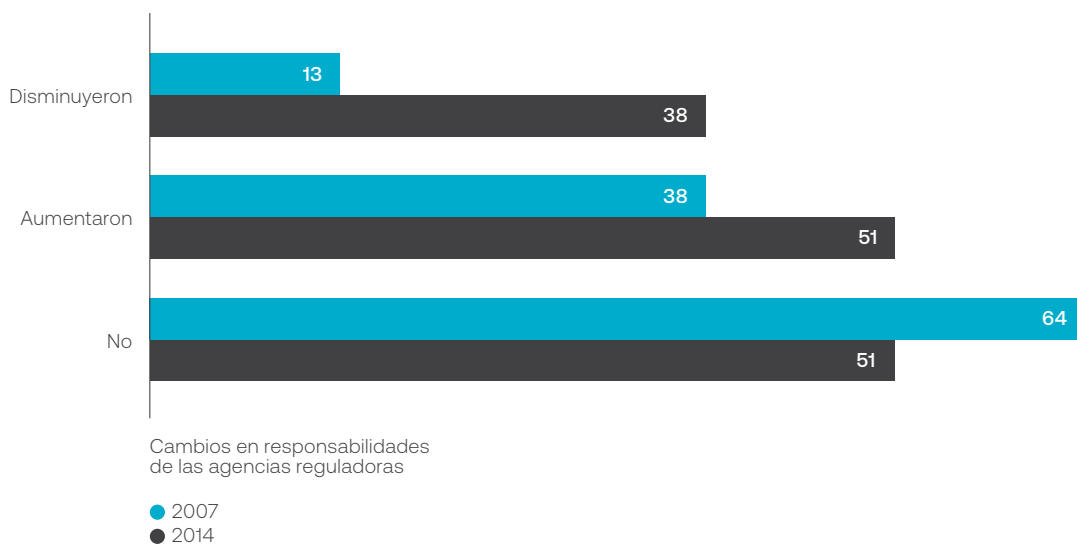
Un último punto a considerar en esta sección es la importancia del papel que juegan los reguladores en materia de eficiencia y calidad de los servicios y la promoción de la competencia para el desarrollo de cada sector. Un regulador dependiente de una autoridad política no deja espacio para que el mercado de los nuevos servicios se desarrolle, ante la incertidumbre generada por la posible intervención discrecional del sector público sobre el regulador. Los países han pasado por distintos procesos de cambio en los últimos 30 años. Durante la década de 1990, la mayoría de los países de América Latina establecieron reguladores económicos independientes con la finalidad de supervisar la

ejecución de los contratos de concesión por parte de las empresas concesionarias (el Gráfico 37 ilustra el crecimiento en el número de agencias reguladoras en el período 1920–2010, destacando un gran salto entre 1990 y 2000).

El modelo de regulador se fue transformando a partir de las distintas coyunturas atravesadas por las empresas proveedoras de servicios (*utilities*). La primera transformación estuvo dada por un cambio hacia dentro del regulador, vinculado a una disminución de sus responsabilidades originales. Esto determinó que los reguladores dejaran de ser las agencias autónomas pensadas en la década de 1990 y se transformaran en agencias técnicas responsables de proveer insumos para que las principales decisiones fueran adoptadas por el ministro responsable del sector (el Gráfico 38 muestra la relevancia de estos cambios entre 2007 y 2014). La segunda transformación, hacia fuera del regulador, estuvo dada por la emergencia de empresas estatales, nuevas o como resultado de procesos de estatización de las anteriores, circunstancia que planteó nuevos desafíos para las agencias reguladoras, especialmente en cuestiones vinculadas a su autonomía. El cambio más reciente (aún en curso) está determinado por la transformación digital del sector público, tanto en materia de transparencia de datos como del uso de soluciones digitales para mejorar la eficiencia de la gestión.

**Gráfico 38**  
**Responsabilidades regulatorias de agencias del sector eléctrico en América Latina**

Fuente: López Azumendi y Andrés (próxima publicación) con base en encuestas realizadas en 2007 y 2014.



## Regulación económica

Las brechas de servicios de infraestructura que se observan en ALC con relación a otras regiones plantean importantes desafíos. Las soluciones tradicionales requerirían de inversiones, mecanismos institucionales y el rediseño de mercados que introduzcan los incentivos correctos para una provisión de servicios de calidad a una base amplia de usuarios con el menor costo posible. Sin embargo, en un contexto de cambio tecnológico, se presenta la oportunidad de evolucionar hacia sectores de infraestructura digitalizados.

Teniendo en cuenta la diversidad regulatoria de los distintos países, esta sección identifica y analiza cinco aspectos regulatorios cruciales para alcanzar el potencial de la digitalización en los sectores:

1. Análisis costo-beneficio.
2. Rediseño de mercados.
3. Nuevos esquemas tarifarios.
4. Cooperación entre sectores.
5. Nuevas capacidades regulatorias y sectoriales.

### Análisis costo-beneficio

La digitalización tiene asociados costos y beneficios. En el caso particular de ALC, el nivel de inversión requerida puede ser un obstáculo en sí mismo para su desarrollo.

Antes de adoptar cualquier nueva tecnología que pueda ser onerosa para la sociedad, las empresas de servicios públicos y los países deben evaluar sus condiciones actuales y considerar la conveniencia de implementarla e incorporarla a los sectores. Para ello, es necesario establecer criterios para realizar un cuidadoso análisis costo-beneficio a nivel de país, dado que depende de múltiples factores (los efectos directos sobre las distintas dimensiones de los servicios, las diferentes restricciones, entre las que se cuentan estándares técnicos del equipamiento, y externalidades como la disminución de emisiones de CO<sub>2</sub>). Este análisis se debería llevar de forma individual para cada una de las tecnologías y proyectos (medidores inteligentes, sensores inteligentes, REI, plataformas de viajes, movilidad como servicio, etc.). Por ejemplo, para el caso de medidores inteligentes, la Directiva 2009/72/EC del Parlamento Europeo establece que los Estados miembros deberían

garantizar su implementación, en la medida que satisfagan una evaluación económica de los costos y beneficios de largo plazo sobre los consumidores individuales y sobre el mercado.

### Rediseño de mercados

La transición hacia sectores digitalizados requiere, en la mayoría de los casos, un nuevo diseño del mercado que permita incluir en este a los nuevos agentes y considerar las nuevas funciones de cada uno de los actores. El rediseño propuesto se basa en el objetivo de incorporar la digitalización de forma que se minimicen las brechas de servicios.

En el caso del sector de la energía eléctrica, los servicios que pueden proveer los medidores inteligentes por sí solos, en ausencia de cambios institucionales, ya son importantes. Entre ellos están un mejor monitoreo del estado de la red por la empresa de distribución, una reducción en las pérdidas de distribución, una atención más rápida de los cortes intempestivos, la observación del consumo en tiempo real de los hogares, la eliminación del costo de revisión del medidor y el seguimiento de los cortes (por no pago) y la reposición del servicio a bajo costo para la empresa de distribución. Si se suman cambios institucionales, se conseguirá desarrollar la potencialidad de las nuevas tecnologías en cuanto a la variedad de planes con nuevos servicios de valor agregado para los usuarios, la modulación de la demanda y, cuando sea eficiente, la generación distribuida. Estos resultados potenciales podrán reducir la brecha de servicio en las dimensiones de costo y calidad. En este sector, estas dos dimensiones son las más importantes dado que, con excepciones puntuales, la cobertura del servicio es alta.

Los cambios institucionales requeridos incluyen nuevos agentes en el mercado y la reconfiguración de los roles para cada participante. Estos son:

- La separación de las tareas de distribución y comercialización, con esquemas de remuneración diferenciados.
- El surgimiento de la figura de agrupador de la demanda.
- La creación de la figura de operador del sistema de distribución (OSD).
- El establecimiento de la figura de agrupador de la información.

## El rediseño del sector eléctrico implica una separación entre la distribución y comercialización y flexibilización tarifaria, junto con otros roles.



Respecto al primer cambio institucional, en un esquema en que la comercialización se separa de la distribución, las empresas de comercialización compiten por ofrecer distintos planes de servicio eléctrico a los consumidores. Los comercializadores usualmente no solo venden energía, sino que envían las cuentas y realizan el proceso de cobranza. Además, pagan a las empresas de distribución por el uso de sus redes para servir a los clientes, a los generadores por la energía que comercializan y a los agregadores de demanda por sus servicios de reducción del costo de sus contratos y por otros servicios que son parte de la cuenta eléctrica de los clientes. Las modificaciones a la remuneración del componente de distribución pueden ser relativamente simples en casos que extienden al resto de consumidores la separación existente para grandes usuarios (cuando los grandes usuarios pueden comprar energía directamente a generadores o comercializadores, la regulación suele estar actualizada para permitir a la empresa cobrar un peaje por la distribución física). En otras ocasiones, la adaptación regulatoria debe ser mayor (por ejemplo, en sistemas eléctricos integrados verticalmente). Por su parte, la introducción de la figura de los comercializadores no requiere de medidores inteligentes, pero las posibilidades de crear distintos planes en ese caso son más limitadas (por ejemplo, porque los planes no pueden incorporar variaciones horarias). Igualmente, la introducción de medidores sin comercializadores no asegura los beneficios de la digitalización dado que los incentivos de la distribuidora-comercializadora están alineados con las ventas, no con conductas eficientes por parte de los consumidores. La combinación de comercializadores y medidores inteligentes permite diseñar planes adecuados para diversos patrones

de consumo horario y considerar el grado de electrificación y de inteligencia de los equipos eléctricos en los hogares, así como la existencia de generación distribuida, de vehículos eléctricos y otras características de los usuarios de la red de distribución.

Es necesario que la autoridad regulatoria establezca ciertos requisitos de transparencia sobre los planes que permitan la comparación fácil entre ellos, por ejemplo, mediante sitios web especializados. En estos sitios, un cliente puede determinar cuál sería el valor de su cuenta eléctrica dados distintos patrones de consumo, según los contratos que compara. Asimismo, es conveniente que la autoridad establezca regulaciones que promuevan la competencia y protejan a los consumidores. Entre las regulaciones que promueven la competencia están aquellas que impiden a las compañías denegar a los clientes la cancelación de sus contratos y dificultar su traslado a otras empresas (fenómeno que ocurrió en telefonía fija y celular antes de las modificaciones en la portabilidad numérica). Entre las normativas que protegen a los consumidores están las que regulan los cambios en las condiciones de los contratos y la existencia de planes de última instancia para todos los clientes (Ros *et al*, 2018).

En el esquema en que se separa la comercialización de la distribución, la empresa de distribución tiene un rol acotado. No cobra directamente a los clientes ni les abastece la electricidad, sino que provee la red mediante la cual los clientes reciben el suministro eléctrico. Los usuarios pagan al comercializador y este paga a la empresa de distribución por cuenta de sus clientes, a un precio regulado por la





autoridad. La empresa de distribución debe seguir siendo regulada, pues presta un servicio monopólico, lo que se traduce en un valor que debe ser incorporado en la cuenta de los clientes de la empresa de comercialización. Esta configuración ya existe en varios países, como Argentina, para usuarios medianos y grandes, por lo que una adaptación de este tipo sería menos costosa.

La segunda innovación es el surgimiento de la figura del agregador de demanda en sistemas eléctricos sofisticados, con inteligencia de red. El agregador de demanda es un agente que aprovecha la existencia de flexibilidades en el consumo de los usuarios residenciales, pequeños comercios, industrias y otras empresas, para ofrecer reducciones de demanda agregada al sistema eléctrico que aplanan las variaciones de costo de corto plazo, como resultado de variaciones en la oferta o la demanda.<sup>84</sup> La competencia en comercialización, acoplada a la existencia de medidores y equipos inteligentes para el hogar, que proveen información del consumo en tiempo real (o casi real), permite la aparición de entidades que agrupan a demandantes para ofrecer reducciones o incrementos en la demanda a cambio de un pago. Es interesante que este tipo de agente es uno de los pocos actores del sistema eléctrico que puede aparecer en forma espontánea, sin requerir la creación de una figura legal específica al sector.

Los compradores de los servicios de los agregadores pueden ser el operador del sistema, participando en el mercado del día anterior, los generadores directamente o los comercializadores.<sup>85</sup> Los agregadores negocian con sus contrapartes, ofreciéndoles alternativas para aplanar la curva de costos que enfrentan. Una última opción es que haya competencia de agregadores y que estos ofrezcan sus servicios a una nueva entidad, el operador del mercado de distribución (OMD), el cual participa como un agregador de agregadores de flexibilidad de la demanda, cobrando al operador general del sistema eléctrico por reducciones o incrementos

en la demanda del área servida por la empresa de distribución.

En un esquema con agentes tales como oferentes de energía distribuida, comercializadores y agregadores de demanda en distribución, puede ser conveniente crear la figura del operador del sistema de distribución (OSD), un agente que centraliza las demandas y ofertas de energía en distribución. En un sistema integrado, en el que la empresa distribuidora es la que suministra energía, no hay necesidad de un operador de mercado de distribución independiente, pero esto cambia cuando se separa la comercialización de energía de la operación de la red física. El OSD centraliza la información instantánea de la demanda y la oferta de energía de la red de distribución y se la comunica al operador del sistema (a menudo denominado operador del sistema de transmisión), por lo que se transforma en un demandante neto único, simplificando la tarea del operador del sistema.<sup>86</sup> Además, puede reducir los conflictos potenciales entre comercializadores y agregadores, al representar un ente independiente al cual le llega la información sobre oferta y demanda en el área de distribución.<sup>87</sup>

El último cambio institucional mencionado tiene por objetivo solucionar problemas relacionados con la información generada. Los medidores inteligentes son el instrumento para la generación de datos de consumo, que pueden ser de gran utilidad para la operación y administración del sistema, pero también son útiles para prestar el servicio de comercialización en un marco de competencia o para ejecutar prácticas de discriminación de precios en ausencia de competencia. Adicionalmente, en la etapa inicial de la desintegración entre la distribución y la comercialización, la empresa de distribución tiene toda la información de los clientes, por lo que puede resultar difícil para los potenciales competidores rivalizar con ella. Por otro lado, la mayor información que proveen los medidores inteligentes puede crear preocupaciones por el respeto de la privacidad de los datos.

<sup>84</sup> Una descripción de los roles económicos que proveen los agregadores de demanda bajo distintos esquemas regulatorios aparece en Burger, Chaves Ávila, Battle y Pérez Arriaga (2017).

<sup>85</sup> Es concebible que el comercializador esté integrado con un agregador y ofrezca planes que contemplen descuentos en la cuenta a cambio de servicios de respuesta de demanda o de almacenamiento (Fischer, 2020).

<sup>86</sup> El OSD puede ser una división del operador del sistema o un ente independiente que representa los intereses de los demandantes y oferentes en la distribución, en cuyo caso pueden potencialmente aparecer conflictos entre estos agentes.

<sup>87</sup> Una buena referencia sobre la necesidad de pasar desde una empresa integrada comercializadora-proveedora de redes, que maneja el sistema mediante un operador de redes de distribución, a un OMD en un mercado desintegrado es Keay, Rhys y Robinson (2014).

Una opción para resolver estos problemas y riesgos es la creación de una institución especializada e independiente que reciba la información proveniente de los medidores y la ponga a disposición de las empresas comercializadoras en forma no discriminatoria y con reglas que protejan la privacidad de los clientes. Un esquema de mercado posible es que el agrupador de información centralice esta información y se la envíe a los comercializadores para que ellos puedan realizar el proceso de cobro de las cuentas periódicas a sus clientes. Alternativamente, los datos podrían gestionarse de forma descentralizada (cada empresa maneja sus propios datos), lo que representa una ventaja ante fallas de seguridad sobre los datos. En el caso de la centralización, la entidad debería tener un objetivo acotado, de manera que opere con bajos costos. El servicio sería financiado por los consumidores, con un pequeño costo fijo adicional en sus cuentas, para así mantener la independencia del agrupador de información.

En el caso del sector de transporte urbano, una medida de rediseño de mercado que se debe contemplar es la adaptación del marco regulatorio ante las plataformas de economía compartida, como Uber, y las de viajes y vehículos compartidos. La aparición de estas plataformas ha sido una fuente de conflicto que se ha transformado en un problema para los gobiernos de la región.

Hasta ahora, se han presentado diferentes soluciones, como la de Montevideo, que ha llegado a un acuerdo con las plataformas digitales para restringir el número de vehículos autorizados a operar. Esto ha reducido la conflictividad con los conductores de taxis tradicionales, aunque a costa de los usuarios. Los grandes beneficiados son los propietarios de los permisos de taxis, cuyo valor se ha recuperado parcialmente, y especialmente las plataformas como Uber. Esta plataforma se beneficia, dado que utiliza una tarifa dinámica que aumenta en las horas de más demanda. En el modelo usual de Uber, a medida que sube la tarifa, más conductores ofrecen sus servicios, y los usuarios reciben el beneficio de mayor disponibilidad y menores precios. En Montevideo, este efecto no existe, y las alzas de tarifas en horas punta son mayores que si la oferta fuera flexible. Otras ciudades de la región han manejado el conflicto mediante prohibiciones que

no han sido efectivas, por lo que el conflicto se mantiene latente.

En cualquier caso, una solución regulatoria debería considerar el efecto positivo sobre el bienestar que ofrece la nueva tecnología utilizada por las plataformas, dado que representa un avance tecnológico respecto al sistema previo (bajo el que funcionan los taxis). Dicho avance se debe a que permite atender zonas en que los taxis no operan, responder a pedidos e informar por anticipado del valor del viaje. Además, la oferta puede responder a la demanda debido a la tarifa flexible. Un efecto positivo adicional se obtiene si, al hacer más eficiente la interacción entre la oferta y la demanda, se logra un menor tiempo total de uso de vehículos.

Una forma de regular estos servicios sin perjudicar a los usuarios es exigir estándares mínimos a todos los operadores de transporte automotor individual. Esos estándares incluyen la obligación de disponer de seguros que protejan a los pasajeros, unos requisitos mínimos a los conductores, la transparencia de la información de la empresa para el regulador del transporte, la obligación de publicar informes de auditoría detallados y anuales, y el pago de impuestos y contribuciones laborales. Por último, debería ser un requisito que los operadores de plataformas de transporte distribuido estén instalados legalmente (incorporados) en los países donde operan, de manera que, si aparece algún conflicto legal (por ejemplo, con usuarios), haya una contraparte nacional con responsabilidad legal. Se puede esperar, por otro lado, que los sistemas de taxis como los conocemos actualmente, se actualicen, usando una plataforma tecnológica propia o licenciando las plataformas existentes. Claramente, el elemento importante a considerar es el tratamiento del valor de la licencia, en particular, si dicho valor debe considerarse hundido (*stranded*).<sup>88</sup> En conjunto, estas medidas tienden a igualar las condiciones regulatorias y de competencia de ambos servicios de transporte.

Un problema de los nuevos servicios es el aumento en la congestión debido a la libre entrada de vehículos a estos servicios basados en plataformas. Si bien esto es una aprensión válida, las nuevas plataformas facilitan la compartición de viajes, lo que aumenta la eficiencia del transporte, especialmente en zonas periféricas poco densas. Esas zonas no son bien servidas por los servicios

<sup>88</sup> Al respecto, existen dos instancias que se deben considerar: si el valor de la licencia desde su emisión inicial está amortizado o no, o si la licencia tiene valor porque se transa en un mercado secundario (habiendo transcurrido el período de amortización).

de autobuses, ni por los de automóviles colectivos con recorridos preestablecidos ni por los taxis.<sup>89</sup> Estas plataformas pueden ser un complemento en aquellos casos en que sistemas convencionales de autobuses son demasiado caros para servir localidades (Feigon y Murphy, 2016) y, en modo de uso compartido, podrían ser subsidiadas para proveer una cobertura mínima a la demanda de estas localidades a menor costo.

Dependiendo de qué tan relevante es la preocupación por el efecto de congestión de las plataformas digitales (luego de considerar las eventuales compensaciones por autos y viajes compartidos), este se podría corregir mediante un cargo por congestión, variable por hora del día (o por grado de congestión) y por zona, y aplicable solo a taxis y vehículos basados en estas plataformas (dadas las dificultades prácticas y políticas para aplicarlo a los vehículos particulares en general). El impuesto a la congestión reduciría la cantidad de viajes hacia las zonas congestionadas y, parcialmente, la renta por congestión de las tarifas dinámicas.<sup>90</sup>

La consideración de las plataformas dentro de la oferta de transporte permitiría avanzar en escenarios de provisión integral del transporte urbano con una modalidad de movilidad como servicio. La integración de los diversos modos de transporte constituiría la transformación más importante del sector y podría ser la norma, pero en un futuro distante. Helsinki fue la primera ciudad en implementar la movilidad como servicio (seguida por otras ciudades, como Birmingham y Amberes), mediante una aplicación que concentra los diversos modos de transporte, los cuales dependen del plan mensual pagado por el usuario. Antes de implementar un esquema de integración amplia, hay espacios para avanzar parcialmente en materia de regulación, como la consideración de nuevas formas de cobro y pago por servicios de transporte que se pueden derivar de los avances digitales (por ejemplo, el pago mediante teléfonos celulares o con tarjetas de crédito u otras específicas del sistema de transporte). Cabe destacar que la estructura que puede adoptar la movilidad como servicio depende de cada caso particular y que se ve alterada por

la oferta de servicios de transporte disponibles en cada ciudad. En todo caso, la región tiene varios desafíos por delante. Uno de ellos es avanzar en la interoperabilidad de los sistemas de transporte con otros modos y con sistemas de micromovilidad. En lo que respecta a la cobertura geográfica (urbana y suburbana), un avance en ese sentido llevará seguramente a la consideración de áreas regionales de transporte y a la interacción de distintos niveles de gobierno, sobre todo cuando las áreas geográficas desbordan los límites territoriales municipales o incluso provinciales (algunos ejemplos de sistemas integrados de transporte se citaron en la primera sección de este capítulo). Esto implica desarrollar un modelo institucional y un modelo comercial que permita llegar a acuerdos con otros sistemas locales y regionales y contar con una recaudación unificada para cada sistema, incluso con medios de pago distintos. Aquí adquieren relevancia la tecnología, la arquitectura del sistema, la compatibilidad del *software* utilizado (en lo posible, que sea el mismo) y quién tiene el dominio del sistema, que preferentemente sería la autoridad de transporte de la ciudad (un caso emblemático es el Consorcio Regional de Transporte de Madrid).

Por último, la micromovilidad genera la necesidad de introducir cambios en la gestión del uso del espacio público y en la seguridad vial. Eso implica incorporar en la planificación urbana la ubicación de las estaciones de bicicletas o patinetas eléctricas para facilitar el acceso a estos modos, sin que esos vehículos obstaculicen el sistema de transporte por una mala ubicación.<sup>91</sup>

Con respecto a los cambios en materia de gestión y seguridad vial, es importante tener presente los desarrollos que se están dando en el sector privado (por ejemplo, sensores que alertan de riesgos de colisión, como los desarrollados por Mobileye de Intel). Tampoco se deben olvidar los impactos que podrían tener los futuros cambios en los modos de viaje, considerando la incorporación en el sistema de transporte de tecnologías que permitan la comunicación entre vehículos, la digitalización del entorno urbano (por ejemplo, las redes de semáforos) y la operación de drones y otros vehículos autónomos.

<sup>89</sup> Para los beneficios de los viajes compartidos, ver Chan y Shaheen (2012) y Long, Tan y Szeto (2018).

<sup>90</sup> Esto último se debe a que un impuesto a un servicio provisto bajo competencia imperfecta recae parcialmente en el proveedor del servicio.

<sup>91</sup> Paralelamente, a esta necesidad de regulación, se suman los desarrollos de los últimos años en logística urbana (muchos de ellos profundizados durante el año 2020 como consecuencia de la pandemia por el COVID-19) y en movilidad (autos compartidos para trayectos puntuales o frecuentes). Un ejemplo es la Ley de Tránsito y Transporte sancionada por la legislatura de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires en julio de 2020.

## Tarificación de servicios

Los impactos de la digitalización en las brechas existentes en las dimensiones de costo y calidad y el involucramiento de los consumidores en la provisión del servicio tendrán efectos sobre la determinación de las tarifas. Por tanto, el tercer aspecto regulatorio relevante son las nuevas estructuras tarifarias. En energía eléctrica, la separación de distribución y comercialización va a permitir que las empresas comercializadoras ofrezcan distintos planes de tarifas y compitan para incorporar clientes. Estos planes pueden tener precios diferenciados por hora, por niveles de consumo, por flexibilidad de la demanda (especialmente en el caso de empresas), por el porcentaje del suministro proveniente de fuentes renovables no convencionales o por otras variables de decisión. Esto da a los usuarios la posibilidad de reducir el costo de sus cuentas mensuales, modificar la forma en que consumen electricidad o elegir fuentes de suministro que consideren ecológicamente más aceptables, entre otros beneficios potenciales que puede ofrecer la variedad de planes. Estas tarifas dinámicas pueden tomar distintas formas, siendo la tarifa horaria la versión más flexible.

Considerando las nuevas funciones del segmento de distribución, la forma que toma la regulación tarifaria para este segmento se adaptaría al nuevo contexto. Este componente de la tarifa ya no incorpora el suministro eléctrico, y solo remunera el componente de infraestructura de distribución. La tarifa eléctrica final incorporará este nuevo componente, junto con el de energía (unido o separado del margen de comercialización) y el de transmisión, de modo que las cuentas eléctricas reflejarán mejor los costos. En el segmento de distribución, se presentará un nuevo desafío: la remuneración de los costos de esta infraestructura, a través de los componentes fijo y variable, por un servicio cuya estructura de costos se sesga a costos fijos. No está claro que las tarifas volumétricas (en particular aquellas con costos variables crecientes por intervalos de consumo) sean instrumentos factibles para remunerar la distribución, sobre todo al introducir la evidencia de Aoki *et al.* (2018) para Brasil, en el marco de la introducción de las ERNC.<sup>92</sup> Pero, por otro lado, debería analizarse si un esquema basado en cargos fijos uniformes genera problemas de asequibilidad (sobre todo, en hogares de bajo

consumo y bajos ingresos) y, en tal caso, considerar esquemas alternativos de remuneración de la infraestructura (por ejemplo, menú de tarifas con una opción de bajo cargo fijo y alto cargo variable, aplicable solamente a usuarios de bajo consumo).

Las plataformas de transporte de pasajeros, por su parte, necesitarán facilitar la operación basada en la atención al mercado de forma dinámica, en función de la demanda. El hecho de que el mercado pueda ser atendido dinámicamente incorporará la posibilidad de modificar no solo la oferta según la demanda, sino también las tarifas en un determinado momento. Este último punto marca la principal disrupción de estas plataformas y el foco de conflicto con el sistema de transporte tradicional, dado que las regulaciones no permiten que los taxis apliquen tarifas dinámicas.

## Colaboración e interacción entre sectores

La interconexión de los sectores por el uso compartido de infraestructura hará necesario que los sectores cooperen y coordinen la regulación de cada sector. Los nuevos desarrollos tecnológicos en los distintos sectores utilizarán una misma infraestructura de TIC. Esto hace que los límites que existían entre los sectores se vuelvan más difusos, ya que, en un futuro cercano, compartirán infraestructura elemental para la provisión de los servicios. Esta interconexión va a plantear desafíos a nivel de inversiones (en particular, quién debe hacerse cargo de las inversiones en infraestructuras que serán utilizadas transversalmente por múltiples sectores) y a nivel regulatorio (en particular, qué sector debe tener la responsabilidad de regular y administrar estos activos comunes).

En el Capítulo 2 se mencionó que el despliegue de la REI tiene como prerrequisito una infraestructura de TIC desarrollada y de buena calidad, lo que no necesariamente se cumple. Dantas *et al.* (2018) mencionan el caso de empresas de distribución eléctrica en Brasil, que han tenido que construir sus propias redes de telecomunicaciones para llevar adelante sus proyectos de digitalización ante la

<sup>92</sup> La mayor parte de los usuarios que realizan este tipo de inversiones pertenece a aquellos tramos donde las tarifas son más caras. Al dejar de comprar —o reducir el consumo de— energía a la distribuidora, esta pierde una fuente importante de ingresos si el esquema tarifario utilizado tiene bloques crecientes.

falta de interés o capacidad de los operadores de telecomunicaciones.

Por su parte, en el caso del transporte urbano, las autoridades no solo requerirán una mayor coordinación con las autoridades de telecomunicaciones, sino que también tendrían que colaborar con las empresas de tecnología. Por ejemplo, en Estados Unidos esto se ha hecho mediante la creación de un nuevo tipo de empresa, llamada compañía de red de transportes (*transportation network company*), reconociendo un nuevo tipo de actividad empresarial y regulando algunas de sus acciones.

Con esta convergencia a través de la tecnología, las plataformas y los modelos de negocios, es razonable imaginar un escenario de mayor cooperación entre sectores a futuro, constituyendo un elemento a favor de la regulación conjunta de sectores. Existen antecedentes que estudian la conveniencia de un regulador multisectorial o múltiples reguladores sectoriales (Laffont y Tirole, 2001, y Schwartz y Satola, 2000). Esta literatura destaca las ventajas de la regulación sectorial, como la posibilidad de comparar el desempeño de las agencias reguladoras, la especialización y el desarrollo de experiencia en la industria o las condiciones para la provisión de incentivos en las agencias públicas (que se puede implementar mejor cuando la misión de los agentes es focalizada), en contraposición a los elementos que favorecen la regulación multisectorial. Entre esos elementos están la optimización de recursos monetarios, tecnológicos y humanos escasos (en particular, cuando el conocimiento y la experiencia técnica se puede trasladar entre sectores), la reducción del riesgo de captura de grupos de interés (siempre que estos difieran entre sectores) y la acumulación de antecedentes para la construcción de (buena) reputación en cuanto a la práctica regulatoria, la resolución de disputas, etc. La transformación digital puede ser un factor más a favor de la unificación, pero no resulta claro que las condiciones estén dadas para cambios significativos en los modelos de regulación, tanto en las experiencias de múltiples reguladores (como sugieren los casos de Brasil, Chile y Perú) como de regulación conjunta (Uruguay). Más allá de estas consideraciones, en el contexto actual, es posible que los avances de la digitalización contribuyan más a habilitar un espacio de mayor cooperación

y coordinación entre los distintos reguladores que a converger hacia una única entidad que regule a todos los sectores.

## Capacitación

La digitalización también trae aparejado un abanico de nuevas capacidades en las instituciones involucradas en los sectores de infraestructura. Esas habilidades son necesarias para lograr un mejor desempeño y reducir las brechas de servicios, e incluyen conocimientos técnicos por parte de los agentes de los sectores y de los actores complementarios y capacidades intangibles. Los principios generales indicados por la OCDE sobre buenas prácticas regulatorias pueden ser la guía para posibilitar una apropiada estructura de gobernanza en el caso de los sectores de infraestructura.<sup>93</sup>

La incorporación de las nuevas tecnologías digitales en instituciones estatales ya ha tenido lugar en varios países, generando una oportunidad para la adaptación de los sistemas de administración del sector público y contribuyendo a una implementación de las políticas públicas sostenibles en el largo plazo. Asimismo, se han presentado oportunidades para que el sector público adopte un modelo enfocado en la generación de capacidades, con una visión más moderna, en línea con el entorno digital, que afecta a todas las actividades que realiza la población. El desafío del desarrollo de capacidades se presenta tanto dentro del propio Estado como en la relación entre el sector público y la sociedad.

Una vez definido el esquema regulatorio, el siguiente paso es la implementación adecuada de los avances que brindan las nuevas tecnologías. Para esto, el primer elemento clave es contar con personal capacitado para su comprensión, operación y comunicación. Así, el McKinsey Global Institute (2018) resalta que incluir talento con conocimiento en tecnología, al menos en algunas áreas específicas, debe ser una de las prioridades de los gobiernos. Esta incorporación puede darse con personal contratado o tercerizado, complementado con distintas herramientas, como la capacitación

<sup>93</sup> Un extracto de estos lineamientos es perseguir objetivos claros de política, ponderando efectos económicos, ambientales y sociales, tratando de minimizar costos y las distorsiones del mercado, y promoviendo la competencia y la innovación basada en incentivos, actuando sobre una sólida base legal y empírica, y proponiendo medidas claras, simples y prácticas para los usuarios, en consonancia con otras regulaciones y políticas (ver OCDE, 2014).

interna y el desarrollo de alianzas estratégicas (Vié, Buvat, Srivastava y Kvi, 2015). La contratación de nuevo personal calificado o la capacitación de los empleados puede ocurrir junto con la creación de una nueva área que centralice y se encargue de todas aquellas tareas que requieran habilidades digitales o que cada trabajador, desde su área, maneje las tareas que le corresponden, inclusive las que requieren un conocimiento tecnológico. Alternativamente, se pueden tercerizar actividades a través de una empresa que se dedique exclusivamente a estas necesidades digitales de la entidad regulatoria. Por ejemplo, la empresa eléctrica alemana E.ON firmó un acuerdo de 5 años por servicios de centros de datos.

En particular, al considerar la digitalización como factor disruptivo en estos marcos regulatorios, es necesario pensar en cuán elementales y complementarias son las tareas digitales requeridas para el desarrollo del sector y su correcta regulación, para luego considerar una figura o rol de director digital (*chief digital officer*).

El segundo elemento clave es la actualización de los sistemas de *software* para considerar, por ejemplo, el uso de nuevos programas que permitan la recopilación y procesamiento de información en mayor escala. Esto facilitaría la capacidad del Estado para atender las nuevas demandas de los usuarios, que se van modificando constantemente con la introducción de las nuevas generaciones en la población adulta. Por otro lado, impondría nuevos desafíos al sector público en materia de planificación y constante revisión y evaluación de sus decisiones previas, para poder dar respuesta a los cambios en los ciclos de desarrollo y recambio tecnológico, sustentándose en la generación permanente de volúmenes significativos de datos que deben ser tenidos en cuenta en el momento de tomar decisiones. Por ejemplo, con el recambio generacional, las políticas de “alfabetización digital” ya no serán requeridas en el futuro, cuando se alcance un alto nivel de instrucción digital.

La transformación digital de los distintos sectores impactó de igual modo a las empresas prestatarias de los servicios y los reguladores responsables de supervisar la implementación de los marcos regulatorios. En el caso de los reguladores, comenzó en el sector financiero y el mercado de capitales (bancos centrales y comisiones de valores), y se encuentra en expansión en los reguladores de los sectores de servicios públicos, como transporte y comunicaciones (López Azumendi, 2020).

La digitalización promete contribuir a resolver el desafío más relevante de los reguladores: la asimetría de información sobre los costos de prestación del servicio a favor de la empresa regulada. Herramientas como el procesamiento del lenguaje natural y la inteligencia artificial permitirían hacer un uso inteligente de los datos; ejemplos de uso son la sistematización eficiente de comentarios en propuestas regulatorias o la interoperabilidad de datos de calidad del servicio, entre la información existente en los sistemas de gestión de las empresas y los del regulador. Un ejemplo es la Comisión Nacional Bancaria y de Valores de México, la cual avanzó en la digitalización de sus procesos, logrando reducir los costos y tiempos de reporte de las compañías listadas y mejorando sus actividades de monitoreo, especialmente las de antilavado de dinero y fraudes (di Castri, Grasser y Kulenkampf, 2018).

## Inversiones

Para que las nuevas tecnologías se acoplen a la infraestructura de los sectores, se requerirán inversiones que permitan adaptar las redes y los sistemas actuales. Para ello, se necesitan, a su vez, reglas para la remuneración de nuevas inversiones en adaptaciones físicas de la red.

Las inversiones para digitalizar una red eléctrica incluyen la adquisición de medidores inteligentes, sensores inteligentes e interruptores avanzados, nuevo *software* y el refuerzo de la red eléctrica tradicional (transformadores, cableado, etc.). Asimismo, dado que la dimensión de calidad es la más rezagada en la región (Capítulo 1) y que las inversiones en equipos inteligentes para la red eléctrica permiten mejorar ciertas dimensiones de calidad del servicio a menor costo en comparación con la inversión directa en redes (Astarloa, Kaakeh, Lombardi y Scalise, 2017, p. 15), se presenta una oportunidad para realizar nuevas inversiones en sistemas de respuesta rápida (por ejemplo, *software* de localización de fallas y optimización de ruteos).

El avance de la generación distribuida planteó la necesidad de redes bidireccionales y equipos inteligentes de medición que permitieran a los clientes vender su energía en el mercado. Por su parte, la intermitencia de las ERNC afecta la confiabilidad del sistema. Una penetración de hasta un 20 % de estas fuentes no precisa ajustes mayores en los sistemas eléctricos,

## Los avances tecnológicos en energía eléctrica y transporte urbano implican inversiones para adaptar redes y sistemas actuales.



ya que normalmente estos disponen de cierto grado de flexibilidad para enfrentar variaciones imprevistas; pero una penetración superior al 20 % necesita de inversiones para una mayor flexibilidad en el sistema (Fischer, 2020). Esto puede requerir distintas alternativas de intervención. Existen diversas opciones para adaptar el sistema, entre ellas, interconectar sistemas eléctricos (por ejemplo, de dos países o dos regiones desconectadas de un país), invertir en centrales de gas que puedan responder rápido a fluctuaciones en la oferta, disponer de embalses hidroeléctricos que acumulen energía durante el día,<sup>94</sup> disponer de almacenamiento por bombeo o tener un exceso de capacidad de ERNC y resignarse a perder parte de la energía generada. Asimismo, se puede actuar sobre la demanda, aumentándola en las horas de mayor generación solar y reduciéndola en las horas de menor generación (por ejemplo, mediante la carga de vehículos eléctricos en los lugares de trabajo u otras formas de aumentar la demanda en esos periodos).

Para poder actuar sobre la demanda, es necesario que los consumidores estén dispuestos a modificar sus patrones de consumo. Al respecto, el Gráfico 39 utiliza información de la ECAF para ilustrar que un alto porcentaje de encuestados manifestaron estar dispuestos a modificar los horarios de uso de

ciertos electrodomésticos si esto generaba un ahorro en la factura del servicio.

En el caso del transporte urbano de pasajeros, se anticipan mayores inversiones para adaptar la infraestructura tradicional a las nuevas tecnologías y que estas puedan ser aprovechadas. Algunos ejemplos son la adaptación de las paradas de autobuses para indicar tiempos de llegada en tiempo real, la incorporación de sistemas de posicionamiento (GPS, por sus siglas en inglés) para localizar los vehículos y enviar esa información a las paradas, o aplicaciones para teléfonos celulares que brinden esta información a los usuarios.

Esta información, a su vez, puede ser utilizada para el control y la mejora de la operación del servicio, mediante sistemas GTFS, por ejemplo. La estandarización de datos de tránsito, o su actualización, puede realizarse a partir de la información sobre rutas, frecuencia y tarifas proporcionados por los operadores de servicios.

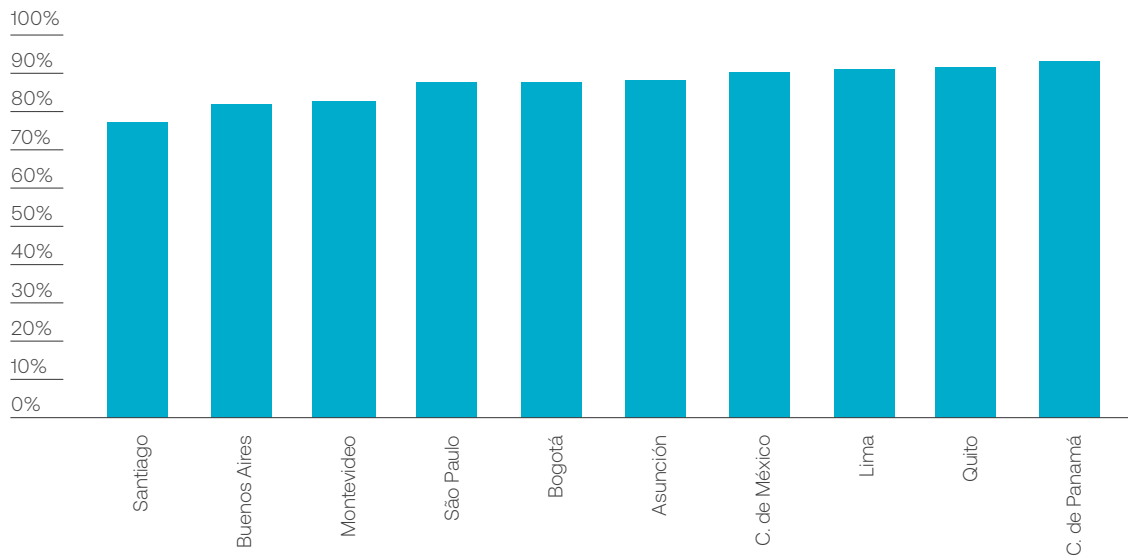
Por su parte, la implementación de medios de pago integrados depende de invertir en la adaptación de las máquinas de cobro para que reconozcan el medio de pago utilizado (incluyendo opciones de pago mediante teléfonos celulares o tarjetas de crédito o débito).

<sup>94</sup> En países con un fuerte componente de generación hidroeléctrica, como los de América Latina, la primera opción es ahorrar agua en los embalses o estanques durante el día y despacharla comenzando el anochecer, para lo cual, las señales de precio del sistema deberían ser suficientes. Esto implica usar los embalses o estanques como baterías del sistema, pero se debe tener cuidado de no interferir con otros usos del agua, como el regadío o los servicios ecológicos del agua. Una forma de lograrlo es mediante la construcción de contraembalses que almacenen el agua descargada durante la noche, para reproducir las variaciones naturales en el flujo del río (ver Fischer, 2020, y Secretaría de Gobierno de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2019, para una clasificación de proyectos hidroeléctricos por modo de operación y capacidad de regulación de los caudales).

Gráfico 39

**Proporción de personas dispuestas a cambiar los patrones de consumo eléctrico si genera un ahorro en la factura del servicio**

Fuente: Elaboración propia con base en la ECAF 2019.



En cualquier caso, no pueden dejarse de lado las inversiones en activos tradicionales. En un marco de desarrollo económico y de crecimiento del tamaño de las ciudades, se requerirán inversiones en infraestructura tradicional, tanto en la red eléctrica como en los sistemas de transporte.

Un aspecto común a los sectores eléctrico y de transporte urbano, que tomará importancia en el futuro, es la masificación de los vehículos eléctricos públicos y privados, contribuyendo a la reducción de la emisión de gases de efecto invernadero, aunque no necesariamente a la congestión (si solo se reemplazan vehículos convencionales). Ello requerirá reforzar segmentos de la red de distribución, debido a la mayor demanda de instalaciones para recargar los vehículos. Además, los vehículos eléctricos pueden proveer servicios de almacenamiento y, como en el caso de la generación distribuida, podrían precisar la bidireccionalidad de la red para poder inyectar energía al sistema. La necesidad de reforzar la red puede verse aminorada con el uso de herramientas inteligentes, para evitar que la carga de los automóviles ocurra a la misma hora, por ejemplo, o hacer que se produzca en horas diurnas, cuando la disponibilidad de energía solar es mayor.

Un desafío para la inversión en tecnología, en el contexto de rápidos cambios tecnológicos, es el riesgo de obsolescencia —la literatura denomina estos activos como activos abandonados o en desuso (*stranded assets*)—. Si bien es parte del negocio en cualquier mercado competitivo, se convierte en un tema de consideración cuando estas tecnologías interactúan con sectores regulados. Los principales riesgos son que se pierda la inversión o, alternativamente, si su costo cae rápidamente, que resulten demasiado caras *ex post*. En tal caso, una tarificación futura que considere solo los costos de la tecnología eficiente de ese momento disuade la inversión en tecnología inteligente hasta que los avances tecnológicos cesen. Pero esperar hasta que la evolución tecnológica se ralentice podría retrasar indefinidamente inversiones con potencial para mejorar la calidad del servicio y reducir los costos.

El problema de los activos que quedan obsoletos en procesos de transición desincentiva la inversión a menos que exista el compromiso de que estos sean remunerados. Pero es necesario que la legislación sobre estos activos en desuso sea prudente, porque una regla de remuneración laxa puede generar incentivos a sobreinvertir en activos de rápida obsolescencia. Si bien no existe una respuesta clara a este dilema, una



forma de incentivar estas inversiones riesgosas es que, bajo ciertas condiciones (por ejemplo, con autorización de la inversión por parte del regulador), el mecanismo de tarificación siga pagando por inversiones en tecnologías eficientes durante su vida útil, aunque avances en la tecnología las deje obsoletas. Otra alternativa es que las inversiones en tecnologías eficientes autorizadas por el regulador sean valoradas a su costo original, pese a que cuando se realicen futuras determinaciones tarifarias el costo sea mucho menor.<sup>95</sup> Por ello es recomendable una política que requiera de un permiso de la autoridad regulatoria, quien debería realizar estudios de costo, beneficios y riesgos antes de aprobar una inversión que potencialmente será pagada como activos en desuso en el futuro.

Un último punto es la importancia de las inversiones en infraestructura resiliente y de calidad, que resulta indispensable para apoyar el desarrollo de la digitalización en los sectores de energía eléctrica y transporte. Por ello, es necesario que las inversiones en infraestructura incorporen desde su planificación el componente de resiliencia, identificando riesgos y mitigantes respecto de las capacidades, las habilidades y los tiempos de respuesta de los sistemas a determinadas amenazas.

## Políticas públicas

Además de crear oportunidades para la mejora en la prestación de servicios, las nuevas tecnologías pueden traer aparejados efectos redistributivos, ambientales y de seguridad. Por lo tanto, es importante evaluar el espacio que pueden tener las políticas públicas para hacer frente a estos efectos. El rol del Estado en este nuevo entorno se centra en innovar a través de políticas de mediano y largo plazo para el sector y su adecuación a las nuevas tecnologías, enfatizando la continuidad de las reglas para dar confianza a los actores del sector (desde usuarios finales hasta inversionistas), mientras que el rol de las autoridades regulatorias y sectoriales se centra en la implementación de dichas políticas.

## Políticas sociales

Los efectos redistributivos regresivos son el resultado del impacto de los cambios tecnológicos en la capacidad que tienen los usuarios de bajos recursos para beneficiarse de los servicios prestados por la infraestructura, ocasionando brechas o ampliando las existentes. Por otro lado, la digitalización puede habilitar el uso de herramientas para implementar políticas compensatorias. En este sentido, se abre un espacio para la promoción de mecanismos innovadores o el perfeccionamiento de mecanismos existentes de programas sociales.

En el sector eléctrico se identifican posibles canales por los que se pueden presentar efectos redistributivos. En primer lugar, el uso de medidores inteligentes permite identificar el consumo ilegal de electricidad, que es un componente importante de las pérdidas en distribución. En general, debería esperarse que esta situación sea más común en zonas de bajos ingresos. Así, parte de la reducción en el robo de electricidad se traducirá en que numerosos hogares de menores ingresos deberán pagar un servicio que no abonaban con anterioridad. Por lo tanto, se hace evidente la necesidad de un programa social compensatorio, en la medida que se siga manteniendo la premisa de permitir el uso del servicio. Dado que los usuarios pasarían a estar identificados, un programa de tarifa social focalizada es un instrumento al alcance del regulador o del ministerio sectorial para paliar el efecto del pago sobre la economía de estas familias.

Un segundo canal es la desaparición del subsidio cruzado entre consumidores de alta demanda e ingresos y los de menor demanda, que se produciría con la aparición de nuevos planes luego de una separación entre comercialización y distribución. El instrumento de subsidios cruzados es difícil de mantener cuando aparece la figura del comercializador ya que este puede realizar un arbitraje entre los agentes (White y Sintov, 2019). Una opción posible para neutralizar este impacto es mantener los esquemas tarifarios preexistentes, de manera que nadie esté peor que en su situación anterior, pero puede requerir subsidios a los comercializadores por cada consumidor de bajos ingresos y bajo consumo, para compensarlos por las pérdidas que produce mantener los planes anteriores a la reforma bajo las nuevas condiciones del mercado. En cierto modo, es una actualización

<sup>95</sup> La literatura de sectores regulados ya está incorporando esta problemática. Por ejemplo, Villadsen, Vilbert, Harri y Kolbe (2017) proponen usar un modelo de opciones para determinar el momento óptimo de invertir en nuevas tecnologías de red, a fin de obtener la distribución deseada de activos abandonados, dada la trayectoria de crecimiento y de riesgo de los activos regulados hacia el futuro (p. 298).

de la figura de la tarifa social aplicable al componente de comercialización. Alternativamente, se puede entregar el subsidio a los usuarios de bajos ingresos para que puedan pagar esos planes, como parte de un programa de transferencias.<sup>96</sup> Esto evita que los consumidores de bajos ingresos se vean perjudicados, aunque no permite que se beneficien.

Un tercer canal son las ventajas que trae la digitalización en términos de cambios en el equipamiento del hogar (instalar generación distribuida, comprar automóviles eléctricos, etc.) y de adaptación del consumo, siendo más probable que lo hagan los hogares de mayores ingresos (White y Stinov, 2019).

Un cuarto efecto distributivo (progresivo) en este sector aparece con el desarrollo de microrredes para proveer el servicio a zonas aisladas. Los problemas para proveer un buen servicio eléctrico en esas áreas comienzan porque es costoso proporcionar una conexión a la red troncal del sistema eléctrico y usualmente requiere subsidios. Incluso si se provee una conexión, las líneas son radiales y largas y, por lo tanto, sufren problemas de estabilidad y de caída de tensión. Además, son proclives a fallas que tardan en ser reparadas por el aislamiento en que se encuentran, dando un servicio de peor calidad.

Para el caso del transporte urbano, un efecto potencial de la digitalización es la reducción de los tiempos de viaje y la utilización más eficiente del sistema de transporte. Los posibles efectos distributivos dependerán de la adopción de estas tecnologías. Por el lado de los usuarios, estas nuevas tecnologías requieren disponer de determinadas herramientas e instrumentos digitales (celulares, aplicaciones, datos móviles, etc.) y saber hacer uso de ellos. En la adopción de estas tecnologías, puede suceder que surjan grupos de usuarios rezagados, porque no tienen la herramienta (la población de menor ingreso es la que potencialmente forma parte de este grupo) o porque no la saben usar (adultos mayores). De esta forma, los beneficios de la digitalización no serán aprovechados plenamente por toda la población. A medida que las TIC se hacen más masivas (sobre todo entre población de bajos ingresos), es posible pensar que la disposición de la herramienta no será el principal problema. Respecto del uso de estas tecnologías, una política social posible para neutralizar este efecto es desarrollar programas de “alfabetización

digital” enfocados en aquellas personas asociadas a los grupos rezagados, que les permita utilizar la información que se debería poner a su servicio mediante dicho herramental. Por el lado de los proveedores del servicio, la adopción también puede darse en forma desigual. La mayoría de las tecnologías (al menos las existentes) han surgido en el ámbito privado y su uso y sus beneficios no se trasladan necesariamente al servicio de transporte público. Por lo tanto, los usuarios del transporte público (generalmente los de menores ingresos) no perciben todos los beneficios que la digitalización les podría brindar. Frente a esta situación, es necesario que el gobierno comprenda la importancia de adoptar tempranamente las tecnologías relevantes para mejorar el servicio de transporte público urbano.

Por otro lado, la digitalización puede facilitar la focalización de los subsidios del transporte público. Por ejemplo, la tecnología permite vincular esquemas de subsidios a una aplicación de pago instalada en teléfonos inteligentes para grupos de menores recursos, o permitir la creación de tarjetas electrónicas de pago de viajes subsidiados para esos grupos. Otro instrumento, poco explorado en ALC, son los esquemas de abonos mensuales por la utilización del transporte público, que pueden incluir subsidios focalizados en ciertos grupos.

Un problema común en todos los sectores (eléctrico, agua potable y transporte urbano de personas) es que, como consecuencia de la pandemia por el COVID-19 y sus efectos sobre la economía, los operadores enfrentan desafíos para proveer un servicio público en un contexto de fuertes dificultades financieras. En estos sectores, los gobiernos subsidian los servicios públicos (en mayor o menor medida dependiendo del país) como parte de una política que resuelve el compromiso necesario entre asignaciones eficientes, minimización de costos, dimensiones redistributivas y ambientales. Por lo tanto, este compromiso es más complejo, dado que incorpora medidas de bioseguridad en el transporte (que sugieren naturalmente una subocupación de la capacidad), prohibición del corte de servicios y diferimiento de los pagos (en energía eléctrica y agua y saneamiento). Durante el año 2020, la participación del Estado aumentó, contribuyendo de distintas maneras (con apoyo financiero, transferencias, pago de insumos, etc.), pero estas medidas no son suficientes dadas las restricciones fiscales actuales y las que prevalecerán en los próximos años.

<sup>96</sup> Dentro de programas de transferencias amplios, en Chile existe un módulo explícito de agua, y en República Dominicana hay módulos explícitos de electricidad y gas. Estos módulos desvinculan el componente social del proceso regulatorio, atendiéndolo desde la órbita social.

## Políticas ambientales

El avance tecnológico puede favorecer la agenda ambiental. Así, la electrificación de sectores (electromovilidad en el transporte, por ejemplo) permitirá reducir las emisiones de gases nocivos en la medida que el ciclo de vida de los vehículos eléctricos (incluyendo, por ejemplo, las baterías) y la generación incremental de electricidad sea menos contaminante que el ciclo de vida y el combustible utilizado por el transporte reemplazado. Por su parte, la descentralización con la generación distribuida, basada en ERNC, plantea un cambio en la matriz eléctrica, moviéndose hacia fuentes renovables. Ambas tendencias pueden tener impactos positivos en el medioambiente si se fomentan adecuadamente.

Sin embargo, estos beneficios posiblemente no se consideren si un agente privado evalúa la conveniencia de las inversiones en digitalización. En este contexto, el Estado tiene el rol de alinear en cada país los incentivos privados con los beneficios sociales (entre ellos los ambientales), considerados junto con los otros efectos (distributivos y de seguridad). Además, es importante que las políticas ambientales estén alineadas con el resto de los objetivos y efectos de la digitalización.

En el afán de desarrollar herramientas para la implementación de políticas ambientales, los países han tenido que utilizar instrumentos que incentivan la inversión en fuentes renovables a través de subsidios que, de alguna manera, generan efectos redistributivos. En el sector eléctrico, por ejemplo, los subsidios a la generación distribuida han tenido efectos regresivos en varios países europeos. En Alemania, donde se subsidió la instalación de placas solares en los hogares, los beneficiados fueron las personas que habitaban en casas, normalmente de mayores ingresos que las personas que habitan en edificios de departamentos, quienes vieron que el costo del servicio se elevaba para pagar esta transición (Fronde, Sommer y Vance, 2015).

Algo similar ha ocurrido en Perú con la implementación de políticas que fomentan el uso del gas natural y de la hidroelectricidad en gran escala, que ha generado una sobreoferta de capacidad eléctrica. Estas políticas se contradicen con otra política consistente en subsidiar — mediante acuerdos de compra de energía (CCE)— las energías renovables no convencionales. El monto del subsidio depende de la diferencia entre el costo del CCE y el costo del mercado de corto plazo, el cual es muy bajo debido a la sobreoferta de capacidad. Esta combinación de políticas contradictorias ha elevado el costo de la energía para los hogares y otros consumidores regulados.

En el sector del transporte, una preocupación ambiental es la contaminación de los vehículos motorizados por la emisión de gases de efecto invernadero. Las políticas públicas que tienden a aumentar la participación de los modos alternativos al transporte privado (transporte público, viajes compartidos o modos activos, como los propuestos por la micromovilidad) o la electrificación del transporte ayudan a reducir la contaminación causada por el transporte urbano. La electrificación también se está dando en el transporte público. Actualmente, varios países en América Latina están introduciendo autobuses eléctricos. Los efectos ambientales de la electrificación en este sector son positivos, aunque los usuarios aún no han internalizado sus beneficios. Por lo tanto, si se desea profundizar estos efectos, posiblemente se requieran políticas públicas que fomenten los cambios necesarios (por ejemplo, un subsidio a la compra de autos eléctricos).

Las agendas de infraestructura sustentable se mantendrán presentes como guía para estas soluciones. Sin embargo, es posible que algunas iniciativas (como la transición hacia sistemas más descentralizados y menos contaminantes) demoren en avanzar en un contexto de fuertes restricciones fiscales.

## Políticas de seguridad

En un mundo interconectado, los riesgos de seguridad aumentan y la fiabilidad y la confianza varían según los protocolos que se utilicen (Connor *et al.*, 2014). La introducción de componentes digitales en los sectores de infraestructura hace que los usuarios y los sistemas sean vulnerables a estas amenazas conocidas en sistemas computarizados, pero desconocidas para estos sectores. En este marco, una tarea clave del Estado en los sectores de infraestructura es la de supervisar que los entes reguladores presten la debida atención a los problemas de seguridad de los datos personales, de ciberseguridad y resiliencia de los distintos sistemas frente a ataques u otras eventualidades.

Los sistemas de información desarrollados en los sectores de infraestructura tienen que garantizar un espacio seguro para la provisión de los servicios, lo que puede requerir importantes inversiones en ciberseguridad (Muller, 2015). El autor también identifica desafíos que los países tienen por delante respecto a la actualización de los marcos legales o regulatorios para incluir a las TIC, la educación de

la población respecto a los riesgos y las amenazas en los nuevos contextos, el reconocimiento y la aceptación de los costos asociados a la incorporación de las TIC en los otros sectores, y la necesidad de interacción entre el sector público y el privado (propietario de gran parte de lo que constituye el internet).

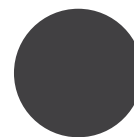
En el sector eléctrico, los gobiernos, la industria y el mundo académico han realizado importantes esfuerzos para mejorar la seguridad de las REI (Gunduz y Das, 2020). A pesar de ello, Leszczyna (2018) menciona que todavía está en debate cuál podría ser el estándar de seguridad aplicable a esta tecnología. Hasta el momento, no se han presentado muchos incidentes importantes de ciberseguridad (se mencionó el de Ucrania en el Capítulo 2) y tampoco en otros sectores de infraestructura. Por todo ello, los operadores se encuentran con desafíos para orientarse entre las varias opciones disponibles a la hora de seleccionar un estándar concreto para determinados ámbitos de la REI. Por otro lado, la protección de la información es fundamental para mantener la privacidad de los usuarios y asegurar la correcta integración de todos los sistemas que interaccionan en la red eléctrica. Dado que la digitalización permite que la red tenga mayor respuesta a cambios en la generación y consumo de electricidad, algunos autores (Wildt, Chappin, van de Kaa, Herder y van de Poel, 2019) proponen que la resolución del conflicto entre privacidad, por un lado, y eficiencia, confiabilidad y sostenibilidad de la red, por otro, contribuya a una mayor aceptación de las tecnologías. Este conflicto podría resolverse por medio de innovaciones tecnológicas, modificaciones en la forma organizacional y en el diseño de los sistemas, y la comunicación entre los agentes.

En el sector del transporte, y en los países en general, la seguridad de datos personales está considerada desde hace muchos años. En cambio, Levy-Bencheton y Darra (2015) sostienen que las organizaciones de transporte todavía no le prestan la debida atención a la ciberseguridad en sus empresas. Estos autores presentan, entre otras, las siguientes sugerencias para abordar esta problemática en el sector: exigir que la infraestructura física y digital cumpla con requisitos de seguridad; desarrollar y establecer procesos de recuperación ante ataques o desastres y mantener copias de seguridad de la información en un lugar seguro y remoto; separar los sistemas críticos de aquellos que no lo son (los sistemas o funciones críticas no deben ser accesibles a través de otros sistemas no críticos instalados); e implementar controles de seguridad con monitoreo en tiempo real.

Más recientemente, los riesgos de transmisión del coronavirus y la consecuente propagación del COVID-19 (sobre todo en los medios cerrados, como colectivos o subtes, con espacio limitado, escasas herramientas de control para identificar pasajeros enfermos o con falta de aseo y limpieza de superficies) trajeron a escena una nueva dimensión de la seguridad: la bioseguridad. En el sector del transporte, las políticas asociadas con el uso masivo e intensivo del transporte público debieron ser revisadas para ajustarse a las restricciones de distanciamiento y movilidad en los distintos países. Por ejemplo, el Grupo Colaborativo de Modelamiento de COVID y Movilidad en Colombia (2020) estuvo activo en el monitoreo de las distintas políticas seguidas por las autoridades y, junto con evidencia disponible sobre los mecanismos de transmisión del virus, elaboró una propuesta para actualizar normativas de bioseguridad respecto al comportamiento de los pasajeros, a partir de cinco factores para reducir el contagio (protección facial adecuada, no hablar, ventilación sin recirculación, duración del viaje, para hacerlos más cortos, y limpieza de superficies). Las políticas locales seguramente se irán adaptando a medida que las autoridades vayan transitando hacia la nueva normalidad.



# Referencias bibliográficas



AAPS (2019). *Indicadores de desempeño de las EPSA reguladas en Bolivia 2018*. La Paz: Autoridad de Fiscalización y Control Social de Agua Potable y Saneamiento Básico (AAPS). Disponible en [http://www.aaps.gob.bo/images/archivos\\_aaps/indicadores/INDICADORES\\_2018.pdf](http://www.aaps.gob.bo/images/archivos_aaps/indicadores/INDICADORES_2018.pdf)

Agencia Europea del Medio Ambiente (2019). "Greenhouse gas emissions from transport in Europe". *Data and maps*. Indicators. Disponible en <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/transport-emissions-of-greenhouse-gases/transport-emissions-of-greenhouse-gases-12>

AIE (2017). "Digitalization & energy". Agencia Internacional de la Energía y OCDE. Disponible en <https://webstore.iea.org/digitalization-and-energy>

AIE (2018). "Digitalization & energy". Seminario web. 7 de febrero de 2018.

AIE (2019a). *Data and statistics* [base de datos]. Recuperado en noviembre de 2019 de <https://www.iea.org/data-and-statistics>

AIE (2019b). *SDG7: Data and projections*. Recuperado en marzo de 2020 de <https://www.iea.org/reports/sdg7-data-and-projections>

Akhmouch, A. (2012). "Water governance in Latin America and the Caribbean". *OECD Regional Development Working Papers*, n° 2012/04. París: OECD Publishing. Disponible en <https://doi.org/10.1787/5k9crzqk3ttj-en>

Alcalá, A. (2020). "El debate pendiente de la logística urbana en tiempos de cambio". *Visiones*. 20 de mayo de 2020. Disponible en [www.caf.com/es/conocimiento/visiones/2020/05/el-debate-pendiente-de-la-logistica-urbana-en-tiempos-de-cambio/](http://www.caf.com/es/conocimiento/visiones/2020/05/el-debate-pendiente-de-la-logistica-urbana-en-tiempos-de-cambio/)

Allen, H., Cárdenas, G., Pereyra, L. y Sagaris, L. (2018). *Ella se mueve segura. Un estudio sobre la seguridad personal de las mujeres y el transporte público en tres ciudades de América Latina*. Caracas: CAF y FIA Foundation. Disponible en <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/1405>

Alonso Daher, A. (2020). "Tecnologías para la gestión del agua durante emergencias sanitarias". *Visiones*. 12 de mayo de 2020. Disponible en [www.caf.com/es/conocimiento/visiones/2020/05/tecnologias-para-la-gestion-del-agua-durante-emergencias-sanitarias/](http://www.caf.com/es/conocimiento/visiones/2020/05/tecnologias-para-la-gestion-del-agua-durante-emergencias-sanitarias/)

ANDE (2019). "Comercialización". Disponible en [https://www.ande.gov.py/documentos/COMERCIALIZACION\\_2019.pdf](https://www.ande.gov.py/documentos/COMERCIALIZACION_2019.pdf)

Aoki, A., Vicentini, E. y Leite, L. (2018). "Brazil studies distributed generation". *T&D World Magazine*. Grid Innovations. Distribution. Disponible en <https://www.tdworld.com/grid-innovations/distribution/article/20971297/brazil-studies-distributed-generation>

APCA E&Y e Iquartil Ltda. (2018). "Consultoría para el diagnóstico y diseño de la metodología para abordar la línea base de evasión del componente zonal del SITP". Documento inédito.

- Arniella, E. (2017). *Evaluación de tecnologías inteligentes para infraestructura hídrica (SWIT)*. División de Agua y Saneamiento, y Departamento de Conocimiento y Aprendizaje. Banco Interamericano de Desarrollo. Disponible en [https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Evaluación-de-Tecnolog%C3%ADas-Inteligentes-para-Infraestructura-H%C3%ADrica-\(SWIT\).pdf](https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Evaluación-de-Tecnolog%C3%ADas-Inteligentes-para-Infraestructura-H%C3%ADrica-(SWIT).pdf)
- Astarloa, B., Kaakeh, A., Lombardi, M. y Scalise, J. (2017). *The future of electricity: New technologies transforming the grid edge*. Foro Económico Mundial.
- Azan, S. (2020a). “De lo transitorio a lo permanente”. *Visiones*. 22 de mayo de 2020. Disponible en [www.caf.com/es/conocimiento/visiones/2020/05/de-lo-transitorio-a-lo-permanente/](http://www.caf.com/es/conocimiento/visiones/2020/05/de-lo-transitorio-a-lo-permanente/)
- Azan, S. (2020b). “Colombia: tierra de escarabajos”. *Visiones*. 3 de junio de 2020. Disponible en [www.caf.com/es/conocimiento/visiones/2020/06/colombia-tierra-de-escarabajos/](http://www.caf.com/es/conocimiento/visiones/2020/06/colombia-tierra-de-escarabajos/)
- Banco Mundial (2009). *Freight transport for development toolkit: Urban freight*. Disponible en <http://documents1.worldbank.org/curated/en/863741468333611288/pdf/579710WP0urban0Box353787B01PUBLIC1.pdf>
- Banco Mundial (2016). *Análisis integral de la logística en el Perú. Cinco cadenas de exportación*. Banco Mundial, MINCETUR y Agencia Suiza para Desarrollo y Cooperación. Disponible en: <http://documents1.worldbank.org/curated/en/978851547061825234/pdf/133569-WP-P145783-Metodologia.pdf>
- Banco Mundial (2020). *World development indicators* [base de datos]. Recuperado en marzo y abril de 2020 de <http://datatopics.worldbank.org/world-development-indicators/>
- Barbero, J. A. (2019). *IDEAL 2017-2018: Infraestructura en el desarrollo de América Latina*. Caracas: CAF. Disponible en <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/1465>
- Berggren, U., Brundell-Freij, K., Svensson, H. y Wretstrand, A. (2019). “Effects from usage of pre-trip information and passenger scheduling strategies on waiting times in public transport: an empirical survey based on a dedicated smartphone application”. *Public Transport*, 1-29.
- Besfamille, M. y Figueroa, N. (2020). “Informe sobre los sistemas de transporte público y la evasión en tres ciudades de Latinoamérica”. Documento inédito.
- BID (2020). *From structures to services. The path to better infrastructure in Latin American and the Caribbean*. Editado por E. Cavallo, A. Powelly T. Serebrisky. Development in the Americas 2020. Banco Interamericano de Desarrollo.
- BNamericas (2019). *¿Cuándo América Latina adoptará definitivamente los medidores inteligentes?* Disponible en <https://www.bnamericas.com/es/reportajes/cuando-america-latina-adoptara-definitivamente-los-medidores-inteligentes>
- BNamericas (2020). *Bajo la lupa: los medidores inteligentes en América Latina*. Disponible en <https://www.bnamericas.com/es/reportajes/bajo-la-lupa-los-medidores-inteligentes-en-america-latina>
- Brichetti, J. (2019). “Panorama de las tarifas de agua en los países de Latinoamérica y el Caribe.” *Nota técnica del BID n° 1656*. Washington, D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Burger, S., Chaves Ávila, J. P., Batlle, C. y Pérez Arriaga, I. J. (2017). “A review of the value of aggregators in electricity systems”. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 77, 395-405.
- Cable.co.uk (2019). *Worldwide broadband speed league 2019*. Disponible en <https://www.cable.co.uk/broadband/speed/worldwide-speed-league/>
- CAF (2011a). *IDeAL 2011. La infraestructura en el desarrollo integral de América Latina. Diagnóstico estratégico y propuestas para una agenda prioritaria*. IDeAL, Caracas: CAF. Disponible en <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/345>
- CAF (2011b). *Desarrollo urbano y movilidad en América Latina*. Caracas: CAF. Disponible en <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/419>

- CAF (2013). *IDeAL 2013. La infraestructura en el desarrollo Integral de América Latina. La productividad en la inversión y la logística para la competitividad*. Caracas: CAF. Disponible en <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/324>
- CAF (2015). Observatorio de Movilidad Urbana. Base de datos generales 2015. Recuperado en febrero de 2020 de <https://www.caf.com/es/conocimiento/datos/observatorio-de-movilidad-urbana/>
- CAF (2017). “Metodología del índice CAF de desarrollo del ecosistema digital”. CAF.
- CAF (2019). *Estrategia del agua 2019-2022*. CAF. Disponible en <https://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1455/Estrategia%20del%20agua.pdf>
- CAF (2020a). “Digitalización de infraestructuras”. Documento inédito.
- CAF (2020b). “Observatorio CAF del Ecosistema Digital”. Presentación realizada en Caracas. Julio de 2020.
- CAF (2020c). *El estado de la digitalización de América Latina frente a la pandemia del COVID-19*. 3 de abril de 2020. Disponible en <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/1540?show=full>
- CAF (2020d). *Las oportunidades de digitalización en América Latina frente al COVID-19*. 7 de abril de 2020. Disponible en <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/1541>
- Capelli, L. y Gartner, A. (2020). “Brecha de servicios logísticos en América Latina. Tendencias, nuevas tecnologías y desafíos de política pública”. Documento inédito.
- Cavallo, E. A., Serebrisky, T., Frisancho, V., Karver, J., Powell, A., Margot, D., ... y Bosch, M. (2016). *Ahorrar para desarrollarse: cómo América Latina y el Caribe puede ahorrar más y mejor*. Banco Interamericano de Desarrollo.
- Celani, M. (2020). “Nuevas tecnologías y brecha digital”. Documento inédito.
- CEPAL (2016). *Intercambio de información en las cadenas de suministro internacionales. El caso de la cadena de suministro de flor fresca cortada colombiana para exportación*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
- CEPAL (2020). “Universalizar el acceso a las tecnologías digitales para enfrentar los efectos del COVID-19”. *Informe Especial COVID-19*, N° 7.
- Cerra, M. V., Cuevas, M. A., Góes, C., Karpowicz, M. I., Matheson, M. T. D., Samaké, I. y Vtyurina, S. (2016). *Highways to heaven: Infrastructure determinants and trends in Latin America and the Caribbean*. Fondo Monetario Internacional.
- Chan, N. y Shaheen, S. (2012). “Ridesharing in North America: Past, present, and future”. *Transport Reviews*, 32(1): 93-112.
- Chase, R. (2015). “Peers Inc: how people and platforms are inventing the collaborative economy and reinventing capitalism”. *Public Affairs*.
- CNRT (2018). “Informe estadístico anual”. Comisión Nacional de Regulación del Transporte, Ministerio de Transporte. Disponible en [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/infoest2018\\_ffccamba\\_00-red.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/infoest2018_ffccamba_00-red.pdf)
- Connor, P. M., Baker, P. E., Xenias, D., Balta-Ozkan, N., Axon, C. J. y Cipcigan, L. (2014). “Policy and regulation for smart grids in the United Kingdom”. *Renewable and Sustainable Energy Review*, 40, 269-286.
- Cont, W. y Barril, D. (2012). “Incentivos y mecanismos de promoción de eficiencia energética”. Documento inédito.
- Dantas, G. D. A., de Castro, N. J., Dias, L., Antunes, C. H., Vardiero, P., Brandão, R., ... y Zamboni, L. (2018) “Public policies for smart grids in Brazil”. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 92, 501-512.



- Daude, C., Fajardo, G., Brassiolo, P., Estrada, R., Goytia, C., Sanguinetti, P., ... Vargas, J. (2017). *RED 2017. Crecimiento urbano y acceso a oportunidades: un desafío para América Latina*. Bogotá: CAF. Disponible en <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/1090>
- De Jong, M., Annema, J. A. y van Wee, G. P. (2013). "How to build major transport infrastructure projects within budget, in time and with the expected output; a literature review". *Transport Reviews*, 33(2), 195-218.
- Deloitte e IPD (2019). *Encuesta de movilidad de la Comunidad de Madrid 2018. Documento Síntesis*. Consorcio Regional de Transportes de Madrid. Disponible en [https://www.crtm.es/media/712934/edmi18\\_sintesis.pdf](https://www.crtm.es/media/712934/edmi18_sintesis.pdf)
- di Castri, S., Grasser, M. y Kulenkampf, A. (2018). "Financial authorities in the era of data abundance. RegTech for regulators and SupTech solutions". RegTech for Regulators Accelerators. Disponible en: <https://bfaglobal.com/wp-content/uploads/2020/01/R2AWhitePaper.pdf>
- Dileep, G. (2020). "A survey on smart grid technologies and applications". *Renewable Energy*, 46, 2589-2625.
- Dobbs, R., Pohl, H., Lin, D. Y., Mischke, J., Garemo, N., Hexter, J. ... y Nanavatty, R. (2013). *Infrastructure productivity: How to save \$1 trillion a year*. McKinsey & Company.
- Donato, P., Carugati, I. y Strack, J. (2017). *Medidores inteligentes en Argentina: consideraciones para una implementación adecuada*. Ingeniería Eléctrica, U. Mar del Plata. Agosto.
- Energy Institute (2018). *The full cost of electricity. Executive summary*. University of Texas at Austin.
- EPA (s.f). *Greenhouse gas emissions*. United States Environmental Protection Agency. Disponible en [https://www.epa.gov/ghgemissions/sources-greenhouse-gas-emissions#:~:text=Transportation%20\(28.2%20percent%20of%202018,ships%2C%20trains%2C%20and%20planes](https://www.epa.gov/ghgemissions/sources-greenhouse-gas-emissions#:~:text=Transportation%20(28.2%20percent%20of%202018,ships%2C%20trains%2C%20and%20planes)
- ERAS (2016). *Informe anual del año 2016 (con datos del año 2015)*. Ente regulador de agua y saneamiento. Disponible en <https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/informe-anual-2016-gcia-bmk-eras-datos-ano-2015.pdf>
- Estupiñán, N. (2018). "Movilidad compartida: un cambio de paradigma para la equidad y la inclusión". *Transporte y Desarrollo en América Latina*, 1(1), 9-30.
- Estupiñán, N., Gómez-Lobo, A., Muñoz-Raskin, R. y Serebrisky, T. (2007). "Affordability and subsidies in public urban transport: What do we mean, what can be done?". *Policy Research Working Paper*, 4440. Banco Mundial.
- Euroclima (2020). "Resiliencia y transporte: mejores prácticas internacionales de instrumentos de financiamiento para apoyar el transporte público después del Covid-19", webinar realizado en 17 de junio de 2020. Disponible en <http://euroclimaplus.org/publicacion-euroclima-2/resiliencia-y-transporte-mejores-practicas-internacionales-de-instrumentos-de-financiamiento-para-apoyar-el-transporte-publico-despues-del-covid-19>
- Fay, M. y Morrison, M. (2007). *Infraestructura en América Latina y el Caribe. Acontecimientos recientes y desafíos principales*. Banco Mundial.
- Fay, M., Andrés, L., Fox, C., Narloch, U., Straub, S. y Slawson, M. (2017). *Rethinking infrastructure in Latin America and the Caribbean. Spending better to achieve more*. Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento y Banco Mundial.
- Feigon, S. y Murphy, C. (2016). "Shared mobility and the transformation of public transit". N°. Project J-11, Task 21. American Public Transportation Association.
- Finkelstein, J., Kane, S., y Rogers, M. (2019). *How residential energy storage could help support the power grid*. McKinsey and Company.
- Fischer, R. (2020). "Implicancias regulatorias de las nuevas tecnologías". Documento inédito.

Frondel, M., Sommer, S. y Vance, C. (2015). "The burden of Germany's energy transition: An empirical analysis of distributional effects". *Economic Analysis and Policy*, 45, 89–99.

Gehrke, S., Felix, A. y Reardon, T. (2018). *Fare choices survey of ride-hailing passengers in Metro Boston*. Metropolitan Area Planning Council.

Gertler, P., Lee, K. y Mobarak, A. (2017). "Electricity reliability and economic development in cities: A microeconomic perspective". *EEG State-of-Knowledge Paper Series 3.2*. Oxford Policy Management, Center for Effective Global Action y Energy Institute@Haas.

GI Hub y Oxford Economics (2017). "Global infrastructure Outlook. Infrastructure investment needs: 50 countries, 7 sectors to 2040". Global Infrastructure Hub. Disponible en <https://cdn.gihub.org/outlook/live/methodology/Global+Infrastructure+Outlook+--+July+2017.pdf>

Gómez Ibáñez, T. y Meyer, J. (1993). *Going private: The international experience with transport privatization*. Brookings Institution Press.

Google Mobility Trends (2020). "Informes de movilidad local sobre el COVID-19". Plataforma web. Recuperado el 7 de septiembre de 2020 de <https://www.google.com/covid19/mobility/>

Government Office for Science (2019). *A review of freight and the sharing economy*. Cardiff Business School.

GPR Economía (2020). "IDEAL 2019/2020. Documento sectorial: energía eléctrica". Documento inédito.

Graehler, M., Mucci, R. A. y Erhardt, G. D. (2019). "Understanding the recent transit ridership decline in major US cities: Service cuts or emerging modes?" Transportation Research Board Annual Meeting. Washington, D.C.

Grupo Colaborativo de Modelamiento de COVID y Movilidad en Colombia (2020). *Factores y recomendaciones para disminuir el riesgo en transporte público*. Agosto de 2020.

GSMA (2019). "Connected society: The state of mobile internet connectivity 2019". Disponible en <https://www.gsma.com/mobilefordevelopment/wp-content/uploads/2019/07/GSMA-State-of-Mobile-Internet-Connectivity-Report-2019.pdf>

Gunduz, M. Z. y Das, R. (2020). "Cyber-security on smart grid: Threats and potential solutions". *Computer Networks*, 169, p. 107094.

Heinrichs, D., Goletz, M. y Lenz, B. (2017). "Negotiating territory: strategies of informal transport operators to access public space in urban Africa and Latin America". *Transportation Research Procedia*, 25:4507–4517.

Hidalgo, D., van Laake, T. y Quiñones, L. (2020). "Superando restricciones para mejorar los sistemas BRT en América Latina". En M. Moscoso, T. van Laake, L. Quiñones, C. Pardo, D. Hidalgo (eds.), *Transporte urbano sostenible en América Latina. Evaluaciones y recomendaciones para políticas de movilidad*. GIZ TUMI – Despacio.

Hossain, M., Madloul, N., Rahim, N., Selvaraj, J., Pandey, A. y Khan, A. (2016). "Role of smart grid in renewable energy: An overview". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60,1168–1184.

Infralatam (2021). *Economic infrastructure investment data. Latin America and the Caribbean*. [base de datos]. Datos extraídos en abril de 2021 de <http://infralatam.info>

Intendencia de Montevideo (2020a). *Comportamiento del transporte durante la emergencia sanitaria*. 3 de mayo de 2020. Disponible en <https://montevideo.gub.uy/noticias/movilidad-y-transporte/comportamiento-del-transporte-durante-la-emergencia-sanitaria>

Intendencia de Montevideo (2020b). *Continúa la readecuación del transporte*. 17 de mayo de 2020. Disponible en <https://montevideo.gubtemde.uy/noticias/movilidad-y-transporte/continua-la-readecuacion-del-transporte>

ISCI (2019). "Regulación de la distribución aspectos críticos en Chile". Seminario Nueva Distribución Eléctrica en Chile. Enero 2019.

- Izquierdo, A., Pessino, C. y Vuletin, G. (2018). *Mejor gasto para mejores vidas*. Banco Interamericano de Desarrollo. Disponible en <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Mejor-gasto-para-mejores-vidas-Cómo-América-Latina-y-el-Caribe-puede-hacer-más-con-menos.pdf>
- Jamasb, T., Thakur, T. y Bag, B. (2018). "Smart electricity distribution networks, business models, and application for developing countries". *Energy Policy*, 114, 22-29.
- Janson, N. (2019). "Análisis estratégico de infraestructura Panamá". Documento inédito, realizado para CAF.
- Jiménez, R., Serebrisky, T. y Mercado, J. (2014). "Power lost: Sizing electricity losses in transmission and distribution systems in Latin America and the Caribbean". Monografía. Banco Interamericano de Desarrollo.
- Jittrapirom, P., Caiati, V., Fenero, A.-M., Ebrahimigharehbaghi, S. y Alonso González, M. J. (2017). "Mobility as a service: A critical review of definitions, assessments of schemes, and key challenges". *Urban Planning*, 13-25.
- JMP (2018). *JMP Methodology. 2017 update & SDG baselines*. Organización Mundial de la Salud y UNICEF. Disponible en <https://washdata.org/sites/default/files/documents/reports/2018-04/JMP-2017-update-methodology.pdf>
- Keay, M., Rhys, J. y Robinson, D. (2014). "Electricity markets and pricing for the distributed generation era". En F. Sioshani (ed.), *Distributed generation and its implications for the utility industry*. Capítulo 8. Elsevier.
- Kucharski, R. y Cats, O. (2020). *On virus spreading processes in ride-sharing networks*. Preprint. SmartPTLab, Department of Transport & Planning, TU Delft.
- Laffont, J. J. y Tirole, J. (2001). *Competition in telecommunications*. Cambridge, Mass.: The MIT Press, pp. 274-275.
- Lazard (2019). *Lazard's levelized cost of energy analysis—Version 13.0*. New York, NY. Disponible en <https://www.lazard.com/media/451086/lazards-levelized-cost-of-energy-version-130-vf.pdf>
- Leszczyna, R. (2018). "Standards on cyber security assessment of smart grid". *International Journal of Critical Infrastructure Protection*, 22, 70-89.
- Levy-Bencheton, C. y Darra, E. (2015). *Cyber security and resilience of intelligent public transport: Good practices and recommendations*. ENISA.
- Li, F., Marangon Lima, J. W., Rudnick, H., Marangon Lima, L., Padhy, N., Brunekreeft, G., Reneses, J. y Kang, C. (2015). "Distribution pricing: Are we ready for the smart grid?" *IEEE Power and Energy Magazine*, 13:4, 76-86.
- Long, J., Tan, W., Szeto, W. Y. y Li, Y. (2018). "Ride-sharing with travel time uncertainty". *Transportation Research Part B*, 118, 143-171.
- López Azumendi, S. (2020). *Data is a regulator's best friend*. Apolitical.
- López Azumendi, S. y Andrés, L. (próxima publicación). *Towards a new typology of regulatory agencies in Latin America? A governance assessment of regulatory agencies of the electricity sector between 2007 and 2014*.
- McKinsey Global Institute (2018). *Smart cities: Digital solutions for a more livable future*. McKinsey Global Institute, McKinsey&Company.
- McRae, S. (2015). "Infrastructure quality and the subsidy trap". *American Economic Review*, 105:1, 35-66.
- Muller, L. P. (2015). *Cyber security capacity building in developing countries*. Norwegian Institute for International Affairs (NUPI).
- Musselwhite, C., Avineri, E., y Susilo, Y. (2020), "Editorial JTH 16 -The coronavirus disease COVID-19 and implications for transport and health". *Journal of Transport & Health*, 16:100853. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.jth.2020.100853>

- Naciones Unidas (2015). Objetivos de Desarrollo Sostenible. Disponible en <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Naciones Unidas (2018a). *World urbanization prospects 2018. The 2018 revision*. Edición en línea. Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas. Recuperado el 15 de agosto de 2019 de <https://population.un.org/wup/Download/>
- Naciones Unidas (2018b). *World urbanization prospects 2018. Data query* [base de datos]. Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas. Recuperado en febrero de 2020 de <https://population.un.org/wup/DataQuery/>
- National Grid (2020). "Breaking down your electricity bill". *Electricity Transmission*. Disponible en <https://www.nationalgridet.com/about-us/breaking-down-your-bill>
- Neelawela, U. D., Selvanhathan, E. A. y Wagner, L. D. (2019). "Global measure of electricity security: A composite index approach". *Energy Economics*, 433-353.
- Novikova, O. (2017). "The sharing economy and the future of personal mobility: New models based on car sharing". *Technology Innovation Management Review*, 27-31.
- OCDE (2014). *OECD Best Practice for Regulatory Policy: The governance of Regulators*. París: OECD Publishing.
- OCDE (2018). *Infraestructura resiliente para un clima cambiante*. Documento de insumo para el Grupo de Trabajo de Sustentabilidad Climática del G20. Disponible en [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/ocde\\_-\\_infraestructura\\_resiliente\\_para\\_un\\_clima\\_cambiante.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/ocde_-_infraestructura_resiliente_para_un_clima_cambiante.pdf)
- OCDE, CAF y CEPAL (2013). *Latin American economic outlook 2014. Logistics and competitiveness for development*.
- ONU-Hábitat (2011). *Bridging the urban transport divide*. Nairobi: ONU-Hábitat. Disponible en [https://staging.unhabitat.org/downloads/docs/8019\\_73613\\_WUF5%20Summary%20Report\\_22Feb2011.pdf](https://staging.unhabitat.org/downloads/docs/8019_73613_WUF5%20Summary%20Report_22Feb2011.pdf)
- Ookla/Speedtest (2020). Speedtest global index. Recuperado en agosto de 2020 de <https://www.speedtest.net/global-index>
- Palacios, A. (2020). "Mujeres, reactivación económica y rol del transporte". *Visiones*. 18 de junio de 2020. Disponible en [www.caf.com/es/conocimiento/visiones/2020/06/5-medidas-para-lograr-un-transporte-inclusivo/](http://www.caf.com/es/conocimiento/visiones/2020/06/5-medidas-para-lograr-un-transporte-inclusivo/)
- Perrotti, D. E. y Sánchez, R. (2011). *La brecha de infraestructura en América Latina y el Caribe*. Serie Recursos Naturales e Infraestructura, 153. Santiago de Chile: CEPAL.
- Polga-Hecimovich, J. (2019). "Bureaucracy in Latin America". En G. Prevost (ed.), *Oxford research encyclopedia of Latin American politics*. Oxford: Oxford University Press.
- Ranchordás, S. (2020). "Nudging citizens through technology in smart cities". *International Review of Law, Computers & Technology*, 34(3): 254-276.
- Rayle, L., Dai, D., Chan, N., Cervero, R. y Shaheen, S. (2016). "Just a better taxi? A survey-based 31 comparison of taxis, transit, and ridesourcing services in San Francisco". *Transport Policy*, Vol. 45, No. C, 2016, pp. 168-178.
- Ríos, R. A., Taddia, A. P., Pardo, C. y Lleras, N. (2015). *Ciclo-inclusión en América Latina y el Caribe: Guía para impulsar el uso de la bicicleta*. Washington, D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Rivas, M. E., Suárez-Alemán, A. y Serebrisky, T. (2019a). "Stylized urban transportation facts in Latin America and the Caribbean". *Technical Note N° IDB-TN-1640*. Banco Interamericano de Desarrollo.
- Rivas, M. E., Suárez-Alemán, A. y Serebrisky, T. (2019b). "Urban transport policies in Latin America and the Caribbean: Where we are, how we got here, and what lies ahead". Banco Interamericano de Desarrollo.

- Rojas, F. (2020). "Impactos del COVID-19 en agua y saneamiento en América Latina". *Visiones*. 2 de julio de 2020. Disponible en [www.caf.com/es/conocimiento/visiones/2020/07/impactos-del-covid19-en-agua-y-saneamiento-en-america-latina/](http://www.caf.com/es/conocimiento/visiones/2020/07/impactos-del-covid19-en-agua-y-saneamiento-en-america-latina/)
- Ros, A. J., Brown, T., Lessem, N., Hesmondhalgh, S., Reitzes, J. D. y Fujita, H. (2018). *International experiences in retail electricity markets*. Junio. The Brattle Group.
- Rozenberg, J. y Fay, M. (Eds.). (2019). *Beyond the gap: How countries can afford the infrastructure they need while protecting the planet*. Banco Mundial.
- Sadik-Khan, J. y Solomonow, S. (2020), "Fear of public transit got ahead of the evidence". *The Atlantic*. Coronavirus: COVID-19. 14 de junio de 2020. Disponible en [https://www.theatlantic.com/ideas/archive/2020/06/fear-transit-bad-cities/612979/?utm\\_source=feed](https://www.theatlantic.com/ideas/archive/2020/06/fear-transit-bad-cities/612979/?utm_source=feed)
- Scholl, L., Bouillon, C. P., Oviedo, D., Corsetto, L. y Jansson, M. (2016). *Urban transport and poverty: Mobility and accessibility effects of IDB-supported BRT systems in Cali and Lima*. Washington, D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Schwab, K. (2016). *The fourth industrial revolution*. New York: Crown Business.
- Schwartz, T. y Satola, D. (2000). *Telecommunications legislation in transitional and developing economies*. Documento técnico. Banco Mundial.
- Scordia, H. (2018). "Retos y oportunidades para el financiamiento de la operación del transporte público en Ciudad de Panamá". *Transporte y Desarrollo en América Latina*, 1(1), 31-53.
- Secretaría de Gobierno de Ambiente y Desarrollo Sustentable (2019). *Guía para la elaboración de estudios de impacto ambiental de proyectos hidroeléctricos*. Disponible en <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/desarrollo-sostenible/evaluacion-ambiental/guias-de-evaluacion-ambiental/proyectos-hidroelectricos>
- Seoul Metropolitan Government (2020). *Seoul announces how to use public transportation while practicing the 'distancing in daily life' campaign*. Disponible en <http://english.seoul.go.kr/seoul-announces-how-to-use-public-transportation-while-practicing/>
- Shaheen, S. y Cohen, A. (2020). "Mobility on demand (MOD) and mobility as a service (MaaS): Early understanding of shared mobility impacts and public transit partnerships". *Demand for Emerging Transportation Systems* (pp. 37-59). Elsevier.
- SPIM-Taryet (2019). *LOGUS: estrategia CAF en logística urbana sostenible y segura*. CAF. Disponible en <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/1510>
- Steer (2020). "IDEAL - Documento sectorial TUPM". Documento inédito.
- Steer México, Pereira, L., Echavarría, A., Mazorra, A., Mireles, R., Mejía, S. y Peña, P. (2020). *Patrones de movilidad con perspectiva de género en la Ciudad de México*. Caracas: CAF. Disponible en <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/1635>
- Suárez Alemán, A., Serebrisky, T. y Perelman, S. (2019). "Benchmarking economic infrastructure efficiency: How does the Latin America and Caribbean region compare?" *Utilities Policy*, 58, 1-15.
- SUNASS (2019). *Benchmarking regulatorio de las empresas prestadoras (EP) 2019*. SUNASS, Dirección de Regulación. Disponible en <https://www.sunass.gob.pe/wp-content/uploads/2020/09/1.-Benchmarking-regulatorio-de-las-EP-2019.pdf>
- Taylor, A. (2018). "The bike-share oversupply in China: Huge piles of abandoned and broken bicycles". *The Atlantic*. 22 de Marzo.
- Tirachini, A. y Cats, O. (2020). "COVID-19 and public transportation: Current assessment, prospects, and research needs". *Journal of Public Transportation*, 22 (1): 1-21.

- Tirado Morueta, R., Mendoza Zambrano, D., Marín Gutiérrez, I., y Mendoza Zambrano, M. (2017). "The relativity of sociodemographic determinism on the digital divide in high school students in Ecuador". *International Journal of Communication*, 11: 1528-1551.
- Transport for London (2019). *Travel in London. Report 12*. Disponible en <http://content.tfl.gov.uk/travel-in-london-report-12.pdf>
- TUMI (2020). *Guidelines for public and mass transport, and COVID control*. Disponible en <https://www.transformative-mobility.org/news/guidelines-for-public-and-mass-transport-and-covid-control>
- U.S. Department of Energy (2010). "Smart grid research & development. Multi-year program plan 2010-2014". U.S. Department of Energy, Office of Electricity Delivery & Energy Reliability. Marzo.
- U.S. Department of Energy (2018). "Smart grid system report 2018. Report to Congress". Noviembre. Washington, D.C.
- U.S. Department of Transportation (2017). "Mobility on demand. Operational concept report".
- U.S. Energy Information Administration (2020). Form EIA-860 detailed data with previous form data. Electricity. Disponible en <https://www.eia.gov/electricity/data/eia860/>
- Universidad Nacional de Colombia (2018). "Línea de base de evasión para el componente troncal del sistema". Contrato interadministrativo 564 de 2017, Línea 3.
- van Essen, M., Thomas, T., Chorus, C. y van Berkum, E. (2019). "The effect of travel time information on day-to-day route choice behaviour: Evidence from a real-world experiment". *Transportmetrica B: Transport Dynamics*, 7(1), 1719-1742.
- Vasconcellos, E. (2002). *Transporte urbano nos países em desenvolvimento: reflexões e propostas*. São Paulo: Annablume.
- Vié, P., Buvat, J., Srivastava, A. y KVJ, S. (2015). *Big data blackout: Are utilities powering up their data analytics?* Capgemini Consulting.
- Villadsen, B., Vilbert, M. J., Harris, D. y Kolbe, L. (2017). "Emerging issues and implications for cost of capital". En *Risk and return for regulated industries*, capítulo 11. Academic Press.
- White, L. y Sintov, N. (2019). "Health and financial impacts of demand-side response measures differ across sociodemographic groups". *Nature Energy*, doi:10.1038/s41560-019-0507-y
- Wildt, T. de, Chappin, E., van de Kaa, G., Herder, P. y van de Poel, I. (2019). "Conflicting values in the smart electricity grid a comprehensive overview". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 111, 184-196.
- WWAP (2019). *The United Nations world water development report 2019: Leaving no one behind*. UNESCO, Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos. Disponible en <https://en.unesco.org/themes/water-security/wwap/wwdr/2019>
- Xu, M., David, J. y Kim, S. (2018). "The fourth industrial revolution: Opportunities and challenges." *International Journal of Financial Research*, 9:2, 90-95.
- Yan, X., Zhao, X., Han, Y., Van Hentenryck, P. y Dillahunt, T. (2019). *Mobility-on-demand versus fixed-route transit systems: An evaluation of traveler preferences in low-income communities*. Disponible en <http://arxiv.org/abs/1901.07607>
- Zahavi, Y. y Taltvitie, A. (1980). "Regularities in travel time and money expenditures". *Transportation Research Record*, 13-19.
- Zipitriá, L. (2020). "IDEAL: Nota técnica sectorial. Infraestructura para el agua en América Latina". Documento inédito.









