

Infraestructura resiliente

Un imperativo para
el desarrollo sostenible
en América Latina
y el Caribe

Fabio Weikert Bicalho



NACIONES UNIDAS

CEPAL

Gracias por su interés en esta publicación de la CEPAL



Si desea recibir información oportuna sobre nuestros productos editoriales y actividades, le invitamos a registrarse. Podrá definir sus áreas de interés y acceder a nuestros productos en otros formatos.

 www.cepal.org/es/publications

 www.cepal.org/apps

SERIE

COMERCIO INTERNACIONAL

160

Infraestructura resiliente

Un imperativo para el desarrollo
sostenible en América Latina
y el Caribe

Fabio Weikert Bicalho



NACIONES UNIDAS

CEPAL

Este documento fue elaborado por Fabio Weikert Bicalho, Oficial Asociado de Asuntos Económicos de la Unidad de Servicios de Infraestructura de la División de Comercio Internacional e Integración de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), bajo la supervisión de Ricardo J. Sánchez, Jefe de la misma Unidad, en el marco de las actividades del programa de trabajo regular de la CEPAL.

El autor agradece a Ricardo J. Sánchez y Gabriel Pérez, de la misma División, por los valiosos aportes a este documento, así como a Cynthia Hurtado, Eliana Barleta, Jeannette Lardé y Silvana Sánchez, todas de la Unidad de Servicios de Infraestructura. Agradece también a Jun Rentschler (Banco Mundial), Pauline Léonard (CEPAL) y Cristina Contreras Casado (Universidad de Harvard), quienes proporcionaron valiosa información para la realización de este estudio.

Las opiniones expresadas en este documento, que no ha sido sometido a revisión editorial, son de exclusiva responsabilidad del autor y pueden no coincidir con las de la Organización.

Publicación de las Naciones Unidas
ISSN: 1680-872X (versión electrónica)
ISSN: 1680-869X (versión impresa)
LC/TS.2020/177
Distribución: L
Copyright © Naciones Unidas, 2021
Todos los derechos reservados
Impreso en Naciones Unidas, Santiago
S.20-00675

Esta publicación debe citarse como: F. Weikert Bicalho, "Infraestructura resiliente: un imperativo para el desarrollo sostenible en América Latina y el Caribe", *serie Comercio Internacional*, N° 160 (LC/TS.2020/177), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2021.

La autorización para reproducir total o parcialmente esta obra debe solicitarse a la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), División de Publicaciones y Servicios Web, publicaciones.cepal@un.org. Los Estados Miembros de las Naciones Unidas y sus instituciones gubernamentales pueden reproducir esta obra sin autorización previa. Solo se les solicita que mencionen la fuente e informen a la CEPAL de tal reproducción.

Índice

Resumen	7
Introducción	9
I. La importancia de la resiliencia de la infraestructura	11
A. El rol de la infraestructura en el desarrollo.....	11
B. El panorama global de riesgos e impactos sobre la infraestructura	16
II. Aspectos conceptuales sobre la resiliencia de la infraestructura	23
A. El cuadro conceptual de la resiliencia	23
B. Los componentes de la resiliencia	28
C. La infraestructura en los estudios de resiliencia	33
III. Resiliencia, eficiencia y sostenibilidad	39
A. Riesgo, vulnerabilidad y resiliencia en las cadenas productivas globales	39
B. Eficiencia y resiliencia: trade-offs y conciliación	41
C. El costo-beneficio de la resiliencia y el rol de la sostenibilidad.....	45
IV. El caso de América Latina y el Caribe	49
A. La resiliencia y el estado de la infraestructura en la región	49
B. La infraestructura en América Latina y el Caribe frente a grandes desafíos	60
1. COVID-19.....	60
2. Digitalización y ciberseguridad.....	62
3. Cambio climático	64
V. Conclusiones y recomendaciones a tomadores de decisiones	69
Bibliografía.....	73
Serie Comercio Internacional: números publicados	80

Cuadros

Cuadro 1	Metas del Objetivo del Desarrollo Sostenible 9	16
Cuadro 2	Ranking de riesgos globales en términos de percepción de probabilidad e impacto ...	17
Cuadro 3	Definiciones de resiliencia	24
Cuadro 4	Tipos de eventos disruptivos por categoría	26
Cuadro 5	Propiedades de la resiliencia según Bruneau y otros (2003)	29
Cuadro 6	Ejemplos de las calidades de la resiliencia por dimensión	31
Cuadro 7	Ejemplos de interconexiones e investigaciones para los dos abordajes de la resiliencia de la infraestructura	34
Cuadro 8	Sectores de infraestructura crítica para un conjunto de países de la OCDE y de América Latina y el Caribe	36
Cuadro 9	Ranking de las causas de interrupciones en cadenas de valor en 2019, por región	41

Gráficos

Gráfico 1	Calidad de la infraestructura y nivel de acceso a servicios básicos en el G20	14
Gráfico 2	Riesgos globales según la percepción de probabilidad e impacto	18
Gráfico 3	Desempeño del Sistema Eléctrico Nacional de Chile tras el terremoto 27-F	30
Gráfico 4	América Latina y los países y regiones seleccionados: densidad de la red vial total, 2015	50
Gráfico 5	Pérdidas económicas de la tasa de utilización por interrupciones de servicios de infraestructura por país	52
Gráfico 6	Pérdidas en las tasas de utilización por interrupciones en la red de transporte	54
Gráfico 7	Empresas que identifican el transporte como obstáculo a sus operaciones por región/grupo de países	54
Gráfico 8	Empresas que identifican el transporte como obstáculo a sus operaciones por subregión de América Latina y el Caribe	55
Gráfico 9	Distribución del transporte doméstico de carga por modo por país	57
Gráfico 10	América Latina y el Caribe y mundo: distribución de incidentes de alto impacto en 2019, por tipo	59
Gráfico 11	América Latina y el Caribe: número de desastres potencialmente vinculados al cambio climático, por tipo, 1980-2019	65
Gráfico 12	Distribución porcentual de las estimaciones de daños de desastres climatológicos por subregiones, según subsectores de infraestructura, 1972-2010	66

Recuadros

Recuadro 1	El rol de la infraestructura en el comercio	12
Recuadro 2	Sistemas de rating de la infraestructura y el caso del Envision	46
Recuadro 3	El paro de los camioneros en Brasil (2018)	58
Recuadro 4	La sequía en el Canal de Panamá (2019)	67

Diagramas

Diagrama 1	Servicios de Infraestructura y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)	15
Diagrama 2	Representación de la perspectiva holística de la resiliencia	25
Diagrama 3	Representación teórica de la resiliencia basada en el análisis de riesgo	27
Diagrama 4	Representación teórica de la resiliencia de un sistema en escenarios de alto y bajo riesgo	28
Diagrama 5	Comportamiento de un sistema de infraestructura hipotético tras la materialización de un evento disruptivo.....	29
Diagrama 6	Cuadro analítico para la incorporación de la resiliencia al sector de transporte.....	32
Diagrama 7	Representaciones de dos enfoques de la resiliencia de la infraestructura	33
Diagrama 8	Niveles de análisis de la resiliencia de la infraestructura	38
Diagrama 9	Relación teórica entre costo y nivel de centralización de la cadena de suministro	43

Resumen

Esta publicación tiene como objetivo presentar los conceptos centrales de la resiliencia de la infraestructura, así como identificar los principales desafíos para su promoción en el fomento de la transformación productiva en los países de América Latina y el Caribe. Plantea, también, la adopción de un abordaje integrado para la resiliencia de los servicios de infraestructura en el contexto de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, mediante el imperativo de promover el equilibrio entre tres dimensiones: resiliencia, eficiencia y sostenibilidad.

En América Latina y el Caribe, hay diversos motivos para que la resiliencia sea un elemento fundamental dentro de la elaboración e implementación de políticas de infraestructura. La pandemia del COVID-19, por ejemplo, ha evidenciado la necesidad urgente de garantizar que, en escenarios de crisis y cambios drásticos de patrones de consumo, la infraestructura sea capaz de facilitar la provisión fluida de servicios de transporte, conectividad y servicios públicos.

A partir de la consideración de problemas que afectan la región, como la brecha de la infraestructura, el estudio analiza algunos factores que impiden el desarrollo de mayor capacidad de respuesta y recuperación frente a peligros y amenazas —por parte de las mismas redes de infraestructura y, en última instancia, de sus usuarios, como las comunidades y poblaciones cuya resiliencia depende de los servicios infraestructurales.

Finalmente, este documento traza un conjunto de consideraciones para la promoción de una infraestructura resiliente en América Latina y el Caribe, considerando los potenciales trade-offs entre resiliencia y eficiencia, y adoptando un abordaje centrado en la sostenibilidad. Dicha discusión se realiza en base a un contexto global caracterizado como volátil, incierto, complejo y ambiguo, en lo cual la trayectoria futura de sistemas físicos y económicos está sujeta a niveles de incertidumbre sin precedentes.

Introducción

Las redes de infraestructura constituyen un elemento central de la integración del sistema económico y territorial de los países. Además de propiciar la base sobre la que interactúan los factores de producción, posibilitan las transacciones dentro de un espacio geográfico y económico determinado, y de este con el exterior. Una infraestructura adecuada es un factor explicativo importante de la capacidad de los países de diversificar sus economías, expandir el comercio, responder al crecimiento demográfico, reducir la pobreza y mejorar sus condiciones medioambientales (Besant-Jones y otros, 1994).

Por el papel crucial que cumple en la promoción del desarrollo y de la calidad de vida de las poblaciones, garantizar que los servicios de infraestructura sean fiables y eficientes es imprescindible. En particular, la operación adecuada de los sistemas de infraestructura es fundamental para proveer a las firmas la previsibilidad necesaria para implementar sus planes de inversión y maximizar su capacidad de producción sin gastos excesivos con tecnologías contingenciales. En consecuencia, servicios de infraestructura poco fiables pueden tener efectos adversos sobre la operación de las cadenas de valor, reduciendo la productividad agregada y comprometiendo la competitividad de economía (Rentschler y otros, 2019).

Aunque la integridad física de obras de infraestructura siempre haya sido objeto de atención –ya que dichos activos están constantemente bajo estrés por su utilización constante– los debates respecto a la continuidad de los servicios de infraestructura han adquirido mayor relevancia tras la eclosión de combinaciones más complejas de peligros, y el aumento de la frecuencia y magnitud de eventos extremos con grandes impactos sobre los sistemas de transporte, energía, viviendas y servicios de infraestructura social. Al final, en muchos casos, la infraestructura constituye la línea de frente de los peligros de origen natural y causados por el hombre (Ijjasz-Vasquez, 2017).

No obstante ello, son relativamente pocos los países que los utilizan, de forma sistemática, instrumentos para analizar y mitigar los riesgos que se ciernen sobre la infraestructura, como una forma de darles mayor resiliencia a los mismos activos y a los servicios que se prestan sobre ellos. Es más, las metodologías tradicionales de evaluación de proyectos tienen una deuda pendiente con este tema, pues muchas veces en aras de la rentabilidad económica de corto plazo, desplazan inversiones que darían una mayor resiliencia y seguridad a la población.

Íntimamente vinculado a la resiliencia de la infraestructura crítica están las discusiones sobre la resiliencia de las cadenas productivas, ya que los servicios logísticos se prestan sobre las redes de transporte y dependen de otras infraestructuras económicas, como la provisión de energía y los servicios de telecomunicaciones. El debate acerca de este tema ha ganado más relevancia en los últimos años, como respuesta a la emergencia de cadenas de valor de dimensión global.

En tal contexto, esta publicación tiene como objetivo presentar los conceptos centrales sobre la resiliencia de la infraestructura, así como también identificar los principales desafíos para promover la infraestructura resiliente en los países de América Latina y el Caribe, principalmente en el actual contexto de materialización de riesgos de gran magnitud y complejidad, como la pandemia de COVID-19, los ataques cibernéticos y los eventos extremos asociados a la emergencia climática. El documento presenta, también, otros elementos para un abordaje integrado de los servicios de infraestructura en el contexto de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, que sea resiliente, eficiente y sostenible. Para ello, el trabajo se ha dividido en cuatro partes.

A continuación de esta introducción, en el primer capítulo, se hace una breve revisión teórica sobre la relación entre infraestructura y desarrollo. Además, se presentan algunos datos con respecto al panorama global de riesgos y de los impactos de su materialización, con el fin de resaltar la importancia de discutir la resiliencia de la infraestructura.

El segundo capítulo está dedicado a la presentación de conceptos y a la discusión de aspectos teóricos sobre la resiliencia y su aplicación a la infraestructura, a partir de la revisión de la literatura especializada. Se presentan algunos de los principales elementos que componen la resiliencia de la infraestructura y los abordajes más comúnmente empleados para comprenderla, culminando con la discusión sobre tres niveles de análisis: activos, servicios y usuarios de la infraestructura.

El tercer capítulo parte de la aplicación del concepto de resiliencia a un importante conjunto de usuarios de los servicios de infraestructura (las cadenas productivas) para, enseguida, discutir los trade-offs entre la incorporación de criterios de resiliencia y de eficiencia en las políticas de infraestructura, así como las posibilidades de conciliarlos y sus límites. Además, discute el rol que la sostenibilidad –en el sentido propuesto por los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS)– debe asumir en el análisis y operacionalización de la infraestructura resiliente.

El cuarto capítulo se dedica al análisis de la resiliencia en los países de América Latina y el Caribe, y de los factores que influyen en su capacidad de respuesta y recuperación frente a amenazas. Se dedica especial atención a los desafíos impuestos a los usuarios de la infraestructura en la región por la pandemia del COVID-19, los ciberataques y los eventos disruptivos vinculados a la emergencia climática.

Finalmente, en el quinto capítulo, se presentan algunas recomendaciones a los tomadores de decisiones con el fin de promover la resiliencia, eficiencia y sostenibilidad de la infraestructura y los servicios que se prestan sobre ella, con particular atención a las características particulares de América Latina y el Caribe.

I. La importancia de la resiliencia de la infraestructura

A. El rol de la infraestructura en el desarrollo

El rol fundamental que cumple la infraestructura en el proceso de desarrollo ha sido ampliamente reconocido y analizado en la literatura. Según el Besant-Jones y otros (1994), una infraestructura adecuada es un factor explicativo importante de la capacidad de los países de diversificar sus economías, expandir el comercio, responder al crecimiento demográfico, reducir la pobreza y mejorar sus condiciones medioambientales. Para Rozas y Sánchez (2004), de la provisión eficiente y adecuada de los servicios de infraestructura depende la implementación eficaz de políticas de desarrollo social y económico.

Los enlaces entre infraestructura y desarrollo son múltiples, y pueden variar según sea la forma de definir cada uno de esos conceptos. En este contexto, la infraestructura se entiende como el conjunto de estructuras de ingeniería e instalaciones –por lo general, de larga vida útil– que constituyen la base sobre la cual se produce la prestación de servicios considerados necesarios para el desarrollo de fines productivos, políticos, sociales y personales (BID, 2000). En particular, se busca enfocar en la llamada infraestructura económica¹, definida como los servicios en redes de la infraestructura energética, de transporte, telecomunicaciones, agua potable y saneamiento.

En este sentido, las redes de infraestructura constituyen un elemento central de la integración del sistema económico y territorial de los países. Además de propiciar la base sobre la que interactúan los factores de producción, posibilitan las transacciones dentro de un espacio geográfico y económico determinado, y de este con el exterior. Tales redes constituyen un factor vertebrador de la estructura económica de los países y de sus mercados, así como de los mecanismos concretos de articulación de las economías nacionales con la economía mundial (Rozas y Sánchez, 2004; Sánchez y otros, 2017) (recuadro 1).

¹ Sin embargo, algunas secciones de este documento hacen referencia a definiciones más amplias de la infraestructura, en particular en las menciones a la forma como distintos países han encarado las políticas de resiliencia y la definición de la infraestructura crítica.

Recuadro 1
El rol de la infraestructura en el comercio

Aunque la importancia de los servicios de infraestructura para el comercio sea incuestionable, cuantificar su participación en los indicadores asociados a las actividades comerciales es un ejercicio complejo. En consecuencia, estimar de forma ex-ante los efectos de posibles interrupciones de los servicios de infraestructura sobre el funcionamiento de cadenas de valor constituye una tarea desafiante. Por otra parte, la ocurrencia de eventos extremos ha generado el campo para estudios empíricos en que se han estimado las pérdidas económicas asociadas a la interrupción de cadenas de valor por consecuencia de la indisponibilidad de determinados servicios de infraestructura.

El estudio de Volpe-Martincus y Blyde (2012), por ejemplo, adoptó como experimento natural el caso del terremoto del 27 de febrero del 2010 en Chile. El sismo, que alcanzó una magnitud de momento Mw 8,8, afectó a las zonas central y sur de Chile, produciendo daños materiales aproximados a US\$ 30 billones (17% del PIB del país en el 2010) (De la Llera y otros, 2017). En particular, se buscaron identificar los efectos de la infraestructura doméstica de transporte sobre las exportaciones de las firmas chilenas, considerando los grados de perjuicios sufridos por las rutas de distintos productos hacia los puertos, aeropuertos y fronteras del país. Según el Ministerio de Obras Públicas del país, el 9% de la red vial pavimentada (equivalente a 1.554 km) se vieron afectados por el desastre.

Los autores señalan la existencia de un efecto negativo significativo del terremoto sobre las exportaciones de los productos sujetos al shock de infraestructura doméstica, particularmente en consecuencia de la reducción de la cantidad de envíos de mercancías. Además, encuentran que, en la ausencia del evento disruptivo, las exportaciones anuales de productos industriales de Chile hubiesen sido un 6,3% mayores en el periodo de 27 de febrero de 2010 a 26 de febrero de 2011. En monto, las pérdidas de exportaciones son equivalentes a aproximadamente 4,5 veces los gastos en que incurrió Chile en la reconstrucción de carreteras en 2010 (Volpe-Martincus y Blyde, 2012).

Fuente: Elaboración propia.

Se argumenta que la provisión adecuada de infraestructura tiene efectos positivos sobre la productividad de una economía y está asociada a la reducción de los costos de producción (Besant-Jones y otros, 1994). Con respecto a los vínculos entre la oferta de infraestructura y el crecimiento económico, a su vez, hay evidencias de una fuerte correlación entre ambas variables, aunque no sean inequívocos el grado y la dirección de la causalidad. Se asume, por lo tanto, que la dinámica de la inversión en infraestructura y el crecimiento económico se refuerzan mutuamente (Sánchez y otros, 2017). Por otra parte, niveles insuficientes de inversión en infraestructura son identificados como una de las principales causas del bajo crecimiento económico en los países en desarrollo (Serebrisky y otros, 2017).

Como recalcan Fay y otros (2011), los vínculos entre infraestructura y desarrollo no son, necesariamente, inmediatos y unívocos. Además de la variedad de canales por medio de los cuales la oferta de infraestructura económica se puede convertir en condiciones socioeconómicas favorables, dichos efectos pueden variar significativamente entre países y a lo largo del tiempo. Más allá de ello, hay fuertes evidencias de que la calidad de la infraestructura tiene rol importante en ese proceso. Aunque sean frecuentemente agrupados para fines de medición y comparación, los stocks y servicios de infraestructura están sujetos a alta heterogeneidad: es improbable que el impacto social y económico de la implementación de una carretera de un solo carril, por ejemplo, sea idéntico al de una carretera con cinco carriles, aunque tengan ambas la misma extensión.

Más allá de los factores económicos, la infraestructura tiene implicaciones importantes en términos del desarrollo social, ya que determina de forma directa el acceso de la población a servicios básicos, facilita el suministro de agua potable y energía, y asegura una mayor defensa contra desastres. De modo indirecto, el aumento de la productividad de los sectores de la economía, la reducción de los costos de transporte y la creación de puestos de trabajo que pueden derivar de una mejor dotación de servicios de infraestructura también pueden conducir a logros sociales importantes (Sánchez y otros, 2017). Algunos estudios han encontrado, también, efectos positivos de la infraestructura sobre la distribución de ingreso: como afirman Calderón y Servén (2014), por ejemplo, además de facilitar el acceso de los individuos más pobres a oportunidades productivas y aumentar su capital humano por medio del acceso

a servicios de educación y salud, la infraestructura cumple rol fundamental en la integración de esos individuos y sus familias a la vida social y económica. Si se considera, además, la impulsión económica mediante el aumento del empleo y de la productividad, los efectos de las inversiones en infraestructura sobre la desigualdad pueden ser aún más significativos.

La infraestructura también tiene repercusiones importantes en el medioambiente, ya que condiciona los patrones de consumo energético de una economía, la generación de desechos y efluentes, y los niveles de emisión de gases de efecto invernadero y otros contaminantes en la atmósfera. Además, las etapas del ciclo de vida de un activo de infraestructura pueden estar asociadas a múltiples impactos sobre los recursos hídricos, los suelos y la biodiversidad. De ello resulta que, más allá de la dotación de activos de infraestructura económica de que disponga una economía, la forma como se construyen, operan y desmantelan las redes de infraestructura es vital para determinar sus impactos sobre el ambiente.

En general, la sostenibilidad ambiental no está bien integrada a las estrategias nacionales de desarrollo, y, frente a las significativas brechas de inversión en infraestructura en gran parte de los países, consideraciones de esa naturaleza son a menudo relegadas a un segundo plano, sea por restricciones presupuestarias o por no ser contempladas como prioridades. Por esa razón, los proyectos de infraestructura están comúnmente asociados a impactos ambientales negativos. No obstante, más allá de sus repercusiones sobre el medio ambiente, la persistencia de los patrones históricamente adoptados en la construcción y operación de la infraestructura también determina, en alguna medida, los efectos que ese ambiente deberá imponer sobre la misma infraestructura en el futuro. Esa afirmación dice respecto, en particular, a la contribución de dichos proyectos al cambio climático (o a su mitigación) y a los costos de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) al nivel global, además de los efectos del clima sobre los activos de infraestructura (Fay y otros, 2011).

Aunque se reconozca el rol clave de la infraestructura en el desarrollo, se ha documentado un cuadro generalizado de baja inversión en sistemas de energía, transporte, telecomunicaciones, agua y saneamiento: en el conjunto de economías avanzadas y emergentes, el stock de capital público relativo al PIB ha disminuido en unos 15% a lo largo de las últimas tres décadas (Bhattacharya y otros, 2016). Además, según datos del Global Infrastructure Hub y Oxford Economics (2017), la diferencia entre los niveles de inversión en infraestructura proyectados y los considerados necesarios² entre los años de 2015 y 2040 corresponde a US\$ 15 billones (para un conjunto de 50 países analizados).

Para el caso de América Latina y el Caribe, la CEPAL ha desarrollado estudios relacionados con el mismo tema en los últimos años. En efecto, a partir de la metodología propuesta por Perrotti y Sánchez (2011), se ha estimado la brecha de infraestructura para la región, calculada como la diferencia entre la inversión en infraestructura y aquella necesaria para satisfacer diversos objetivos de desarrollo. Los autores encontraron que, para el período de 2006 a 2020, sería necesario invertir anualmente en torno al 6,2% del PIB regional para atender a las necesidades de las empresas y de los consumidores finales, al paso que, para alcanzar los niveles de infraestructura per cápita de un conjunto de países del sudeste asiático, las cifras anuales requeridas para igual período ascenderían al 7,9% del PIB. Estudios posteriores han demostrado que los niveles de inversión observados en los países de la región han sido insuficientes con relación a los valores recomendados por los autores, o si se los compara con otras economías en desarrollo (Lardé, 2016; Lardé y Sánchez, 2014).

En el estudio más reciente que ha aplicado la misma metodología de la brecha de infraestructura en América Latina y el Caribe (Sánchez y otros, 2017), los autores reafirman que la baja calidad de la infraestructura y sus servicios en la región tiene, como una de sus causas, los bajos niveles de la inversión pública y privada en el sector. Las estimaciones actualizadas para la región (i.e., para el período 2016-2030)

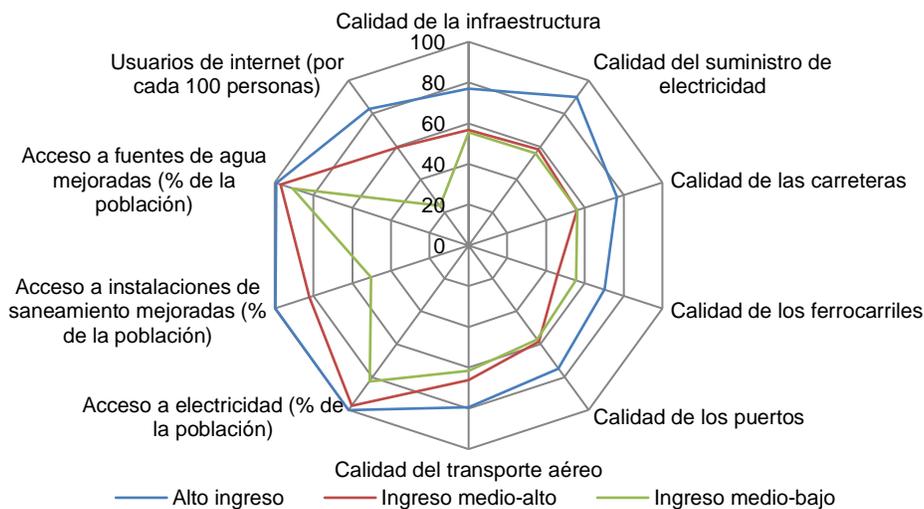
² Las necesidades de inversión son estimadas en comparación a los países con mejor desempeño y llevan en consideración características específicas de cada economía (Global Infrastructure Hub y Oxford Economics, 2017).

indican que, a fin de promover la cobertura universal de los servicios básicos de infraestructura y permitir el alcance de determinadas tasas de crecimiento económico, los países de la región deberían invertir un monto entre 3,7% a 7,4% del PIB -de acuerdo con los escenarios proyectados para la evolución del PIB regional. No obstante, entre 2000 y 2015, el promedio anual de la inversión total en infraestructura medida no fue superior a 2,2%.

En general, las economías avanzadas han enfrentado desafíos vinculados al deterioro de la infraestructura por la antigüedad de sus activos, mientras que los problemas de las economías en desarrollo están más relacionados a la persistencia de una doble brecha de infraestructura: en cantidad y en calidad, culminando en la insuficiente e insatisfactoria provisión de servicios básicos en esos países. El Gráfico 1 ilustra como los desafíos enfrentados por las economías del G20 en términos de servicios de infraestructura varían según su nivel de ingreso per cápita (OCDE, 2017). Queda claro que, aunque tengan infraestructuras de calidad comparable, los países de ingreso medio-bajo y medio-alto se distinguen, sobre todo, por el nivel de acceso a servicios como internet, electricidad, y saneamiento. Las economías más avanzadas, a su vez, se diferencian de las demás no solamente por la universalización del acceso a muchos de los servicios básicos de infraestructura, sino que por niveles más altos de calidad de dichos servicios.

A pesar de la brecha existente y de las insuficientes inversiones, se estima que en el futuro cercano el monto invertido en infraestructura alcanzará un nivel sin precedentes en el mundo. Según los datos del Banco Mundial, se construirá más infraestructura en las próximas dos décadas que en los últimos dos mil años (Ijjasz-Vasquez, 2017). De esta manera, teniendo en cuenta la larga vida útil de ese tipo de inversión, decisiones como las referentes al diseño, dimensión y ubicación de los sistemas de infraestructura son cruciales para determinar en qué medida las economías estarán condenadas a seguir trayectorias altamente intensivas en emisiones de GEI (lock-in de la infraestructura) y a permanecer vinculadas a activos varados, lo que les impondría riesgos ambientales y económicos elevados (OCDE, 2017).

Gráfico 1
Calidad de la infraestructura y nivel de acceso a servicios básicos en el G20
(Por rango de ingreso)

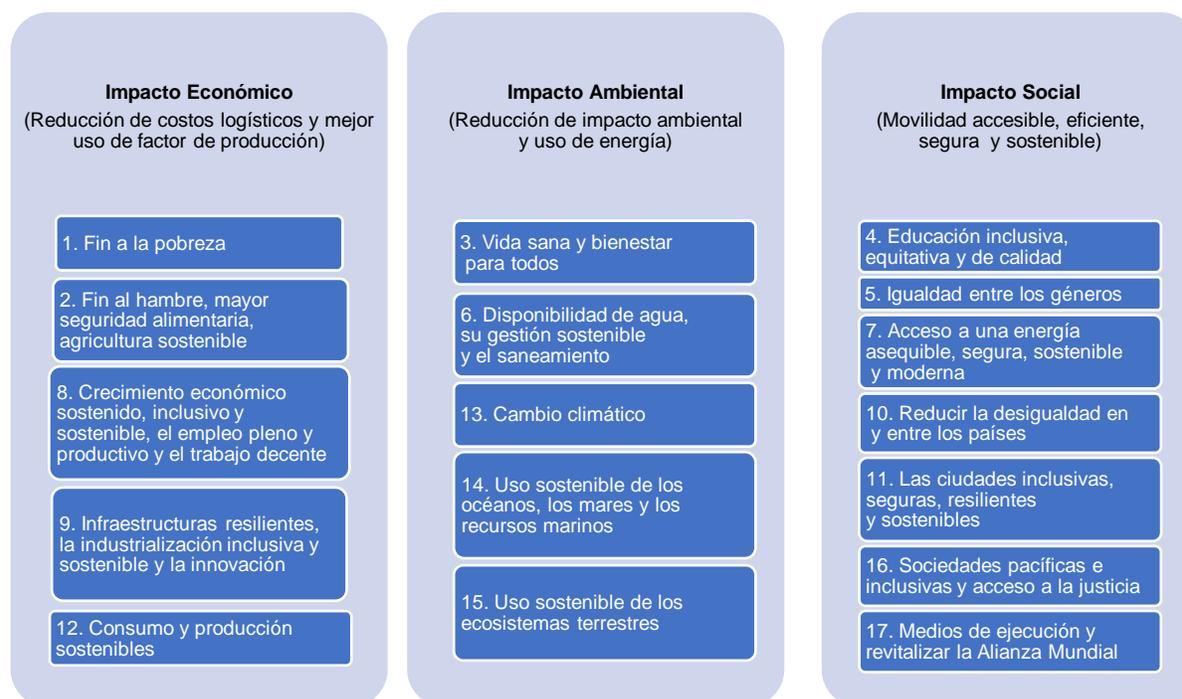


Fuente: Traducido de OCDE (2017).

En consecuencia, la forma en que se construya la nueva infraestructura en los próximos años, asociada a decisiones sobre la operación, mantenimiento y reemplazo de los sistemas existentes, también será determinante del cumplimiento de los objetivos de mitigación y adaptación al cambio climático establecidos en el Acuerdo de París³ (Ijjasz-Vasquez, 2017). Más allá de ello, esas decisiones desempeñarán un papel importante también en el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), ya que, en mayor o menor grado, todos ellos presuponen avances en el acceso y dotación de servicios de infraestructura (Murray, 2019)⁴.

De la complejidad y multiplicidad de los efectos de la infraestructura en términos sociales, económicos y ambientales resulta que esta debe enfocarse de manera transversal en todas las dimensiones del desarrollo sostenible (Sánchez y otros, 2017). En cierta medida, este hecho es reconocido en la Agenda 2030, como ilustra la siguiente propuesta de sistematización de las contribuciones de la infraestructura a los ODS según los tres pilares del desarrollo sostenible: económico, ambiental y social (diagrama 1).

Diagrama 1
Servicios de Infraestructura y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)



Fuente: Sánchez y otros (2017).

³ El Acuerdo de París también es un importante marco para la resiliencia de la infraestructura. Además del compromiso de mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero, los países signatarios, por medio de sus Contribuciones Nacionalmente Determinadas, presentan compromisos relativos a la adaptación al cambio climático –lo que puede incluir la construcción de infraestructura resiliente a eventos relacionados al clima–.

⁴ Además de la Agenda 2030, otros acuerdos internacionales tienen gran relevancia para el tema de la resiliencia de la infraestructura, como el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030. Entre sus objetivos globales, está “reducir sustancialmente los daños ocasionados por los desastres a la infraestructura crítica y la interrupción de los servicios básicos, entre ellos los servicios de salud y educación, incluso mediante el desarrollo de su resiliencia para el año 2030” (UNDRR, 2015).

En particular, el Objetivo del Desarrollo Sostenible 9 hace referencia a construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación. En tal sentido, reconoce que las inversiones en infraestructura son fundamentales para lograr el desarrollo sostenible y empoderar a las comunidades en numerosos países –desarrollados y en desarrollo–. En seguida se presentan las metas asociadas al ODS 9, tres de las cuales están directamente vinculadas a la promoción de la infraestructura resiliente (específicamente las metas 9.1, 9.4, 9.a) (cuadro 1).

Cuadro 1
Metas del Objetivo del Desarrollo Sostenible 9

9.1	Desarrollar infraestructuras fiables, sostenibles, resilientes y de calidad, incluidas infraestructuras regionales y transfronterizas, para apoyar el desarrollo económico y el bienestar humano, haciendo hincapié en el acceso asequible y equitativo para todos.
9.2	Promover una industrialización inclusiva y sostenible y, de aquí a 2030, aumentar significativamente la contribución de la industria al empleo y al producto interno bruto, de acuerdo con las circunstancias nacionales, y duplicar esa contribución en los países menos adelantados.
9.3	Aumentar el acceso de las pequeñas industrias y otras empresas, particularmente en los países en desarrollo, a los servicios financieros, incluidos créditos asequibles, y su integración en las cadenas de valor y los mercados.
9.4	De aquí a 2030, modernizar la infraestructura y reconvertir las industrias para que sean sostenibles, utilizando los recursos con mayor eficacia y promoviendo la adopción de tecnologías y procesos industriales limpios y ambientalmente racionales, y logrando que todos los países tomen medidas de acuerdo con sus capacidades respectivas.
9.5	Aumentar la investigación científica y mejorar la capacidad tecnológica de los sectores industriales de todos los países, en particular los países en desarrollo, entre otras cosas fomentando la innovación y aumentando considerablemente, de aquí a 2030, el número de personas que trabajan en investigación y desarrollo por millón de habitantes y los gastos de los sectores público y privado en investigación y desarrollo.
9.a	Facilitar el desarrollo de infraestructuras sostenibles y resilientes en los países en desarrollo mediante un mayor apoyo financiero, tecnológico y técnico a los países africanos, los países menos adelantados, los países en desarrollo sin litoral y los pequeños Estados insulares en desarrollo.
9.b	Apoyar el desarrollo de tecnologías, la investigación y la innovación nacionales en los países en desarrollo, incluso garantizando un entorno normativo propicio a la diversificación industrial y la adición de valor a los productos básicos, entre otras cosas.
9.c	Aumentar significativamente el acceso a la tecnología de la información y las comunicaciones y esforzarse por proporcionar acceso universal y asequible a Internet en los países menos adelantados de aquí a 2020.

Fuente: Naciones Unidas (2020).

Nota: Los destaques son de responsabilidad del autor.

Más allá del ODS 9, metas e indicadores que componen otros Objetivos también señalan, directa o indirectamente, la importancia de promover una infraestructura resiliente. Entre ellos, se pueden mencionar las metas 1.5, 11.5 y 13.1, todas ellas relacionadas a la reducción de vulnerabilidades y a la construcción de capacidades de respuesta a desastres y otros tipos de eventos disruptivos.

B. El panorama global de riesgos e impactos sobre la infraestructura

Por el papel crucial que cumple en la promoción del desarrollo y de la calidad de vida de las poblaciones, garantizar que los servicios de infraestructura sean fiables y eficientes es imprescindible. En particular, la operación adecuada de los sistemas de infraestructura es fundamental para proveer a las firmas la previsibilidad necesaria para implementar sus planes de inversión y maximizar su capacidad de producción sin gastos excesivos. En consecuencia, servicios de infraestructura poco fiables pueden tener efectos adversos sobre la operación de las cadenas de valor, reduciendo la productividad agregada y comprometiendo la competitividad de economía (Rentschler y otros, 2019).

Aunque la integridad física de obras de infraestructura siempre haya sido objeto de atención –ya que dichos activos están constantemente bajo estrés por su utilización constante– los debates respecto a la continuidad de los servicios de infraestructura han adquirido mayor relevancia tras la eclosión de combinaciones más complejas de peligros, y el aumento de la frecuencia y magnitud de eventos extremos con grandes impactos sobre los sistemas de transporte, energía, viviendas y servicios de infraestructura social.

De hecho, los sistemas de infraestructura se pueden ver afectados por amenazas de distintas naturalezas, tales como las tecnológicas, las económicas y las geopolíticas. Se pueden tomar como ejemplos los resultados de la última encuesta realizada por el Foro Económico Mundial (2020) con respecto a los riesgos globales⁵: según el estudio, los cinco mayores riesgos enfrentados por el mundo en 2019, tanto en términos de probabilidad como de la magnitud de sus impactos, incluyen eventos disruptivos de carácter ambiental con efectos directos sobre la infraestructura; se trata de los eventos meteorológicos extremos⁶, los desastres geofísicos⁷, y la falla en la adaptación y mitigación al cambio climático. El ranking de los mayores riesgos según los criterios de probabilidad y de magnitud de los impactos, reproducido en el cuadro 2, también incluye perturbaciones de otras naturalezas, como los ciberataques y las crisis hídricas, respectivamente. En ambos casos, la infraestructura también podría ser adversamente afectada por la materialización de dichas amenazas.

Cuadro 2
Ranking de riesgos globales en términos de percepción de probabilidad e impacto

Riesgos de mayor probabilidad	Riesgos de mayor impacto
Eventos meteorológicos extremos	1. Falla de la acción climática
Falla de la acción climática	2. Armas de destrucción en masa
Desastres	3. Pérdida de biodiversidad
Pérdida de biodiversidad	4. Eventos meteorológicos extremos
Desastres ambientales con causas humanas	5. Crisis hídricas
Fraudes o robos de datos	6. Colapso de la infraestructura de información
Ciberataques	7. Desastres
Crisis hídricas	8. Ciberataques
Falla de la gobernanza global	9. Desastres ambientales con causas humanas
Burbujas de activos	10. Enfermedades infecciosas

Fuente: Traducido de Foro Económico Mundial (2020).

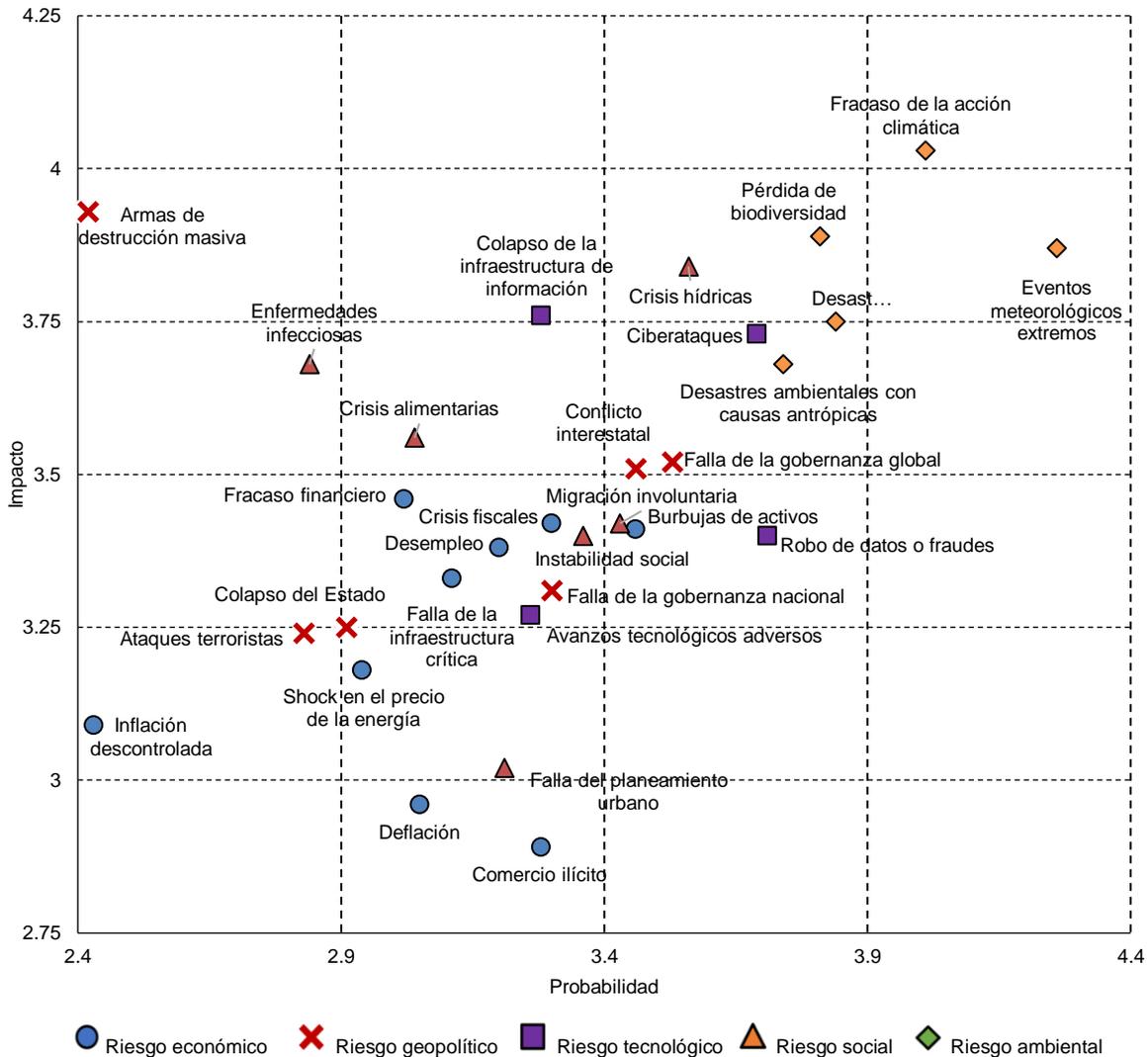
El gráfico 2 es la representación de los resultados de encuesta del Foro Económico Mundial (2020) según la percepción de la probabilidad y de los impactos de los riesgos por parte de los respondientes (en una escala de 1 a 5, donde 5 es el mayor impacto/probabilidad).

⁵ El Informe Global de Riesgos (Global Risks Report) es una publicación anual del Foro Económico Mundial. En su edición más reciente (2020), presenta los resultados de una encuesta realizada junto a más de 1 mil tomadores de decisiones de los sectores público, privado, académico y de la sociedad civil con respecto a su percepción y evaluación de los riesgos enfrentados en nivel mundial –es decir, los riesgos asociados a los eventos capaces de causar impactos negativos a diversos países o sectores en los próximos diez años–.

⁶ Según la definición del Foro Económico Mundial (2020), este riesgo dice respecto a daños importantes a la propiedad, la infraestructura y/o el medio ambiente, así como la pérdida de vidas humanas causadas por fenómenos meteorológicos extremos, como inundaciones y tormentas.

⁷ Según la definición del Foro Económico Mundial (2020), este riesgo dice respecto a daños importantes a la propiedad, la infraestructura y/o el medio ambiente, así como la pérdida de vidas humanas causadas por fenómenos meteorológicos extremos, como inundaciones y tormentas.

Gráfico 2
Riesgos globales según la percepción de probabilidad e impacto



Fuente: Elaboración propia sobre la base del Foro Económico Mundial (2020).

Como se puede observar en el gráfico, la falla de la infraestructura crítica y el colapso de la infraestructura de información crítica también son identificados como riesgos en sí mismos, aunque puedan ser percibidos como menos probables y de más bajo impacto que los riesgos anteriormente mencionados. Por otra parte, las intrincadas relaciones entre distintos componentes de los sistemas humanos y ambientales implican que la materialización de otros tipos de riesgos también puede tener efectos adversos sobre las infraestructuras críticas. Estas, a su vez, podrían convertirse en canales de propagación hacia un conjunto más amplio de usuarios, sectores y sistemas. Como reconocen los autores del estudio, las vulnerabilidades de la infraestructura crítica constituyen una fuente de riesgos sistémicos más amplios, los cuales deben ser evaluados y gestionados (Foro Económico Mundial, 2020).

La emergencia de la pandemia de COVID-19 en el primer trimestre de 2020 representa un claro ejemplo de la imprevisibilidad y complejidad del actual panorama global de riesgos. A pesar de la existencia de la percepción de que las enfermedades infecciosas estaban asociadas a altos niveles de impacto sobre las sociedades, dicho riesgo no era parte del conjunto de aquellos con mayor probabilidad

de materialización –según la percepción general (Foro Económico Mundial, 2020)–. La ausencia de precedentes para una crisis sanitaria de proporciones globales en un mundo altamente interconectado hace que la preparación y la respuesta a los impactos de esa amenaza sean aún más difíciles.

Aunque todavía sea posible estimar con precisión los impactos sociales y económicos del COVID-19 a nivel global, la economía global y las sociedades ya se han visto afectadas muy severamente por la pandemia. Se proyecta, por ejemplo, que el año 2020 verá el primer aumento global en la pobreza desde 1998 (Mahler y otros, 2020), con 71 millones de nuevas personas viviendo en condición de pobreza extrema⁸. Según la Organización Internacional del Trabajo (OIT, 2020), entre 5,3 y 24,7 millones de personas perderán el empleo a lo largo del año. Se estima, además, que la contracción del comercio mundial en 2020 deberá estar en el rango que va del -13% al -32% (OMC, 2020), mientras que el valor del PIB global deberá sufrir una pérdida promedio de 4,9% (FMI, 2020). En América Latina y el Caribe, la CEPAL (2020b) proyecta una caída aún más grave, de 9,1%. Como en el caso del cambio climático y de otras amenazas, la alta desigualdad en nivel global y intrarregional cumple el rol de intensificar los impactos sufridos por las poblaciones, países y regiones más vulnerables.

Más allá del contexto de la pandemia, hay variados conjuntos de datos que evidencian la importancia de garantizar que la infraestructura sea resistente a shocks y estreses de múltiples naturalezas. Información importante proviene de la industria de seguros, particularmente con respecto a los impactos de eventos extremos de origen natural o catástrofes causadas por el hombre. En ese tipo de contexto, en los cuales los activos y sistemas de infraestructura comúnmente se ven afectados, la interrupción de servicios básicos de infraestructura impide la mitigación de los impactos de la disrupción y retarda la recuperación de las poblaciones afectadas. La reaseguradora SwissRe (2019), por ejemplo, estima que las pérdidas económicas totales por desastres en 2019 hayan alcanzado el monto de US\$ 140 mil millones.

En base a una metodología distinta, Hallegatte, Rentschler y Rozenberg (2019) estiman que los daños directos causados por los desastres en la generación de energía y la infraestructura de transporte representen un costo anual de US\$ 18 mil millones en los países de ingreso bajo y medio. Si se consideran, además, los efectos indirectos de los desastres, los costos anuales de las interrupciones en el funcionamiento de la infraestructura a los hogares y empresas de países de ingreso bajo y medio están entre US\$ 391 mil millones y US\$ 647 mil millones.

Como afirman Obolensky y otros (2019), los desastres son causas importantes de las disrupciones de infraestructura, las cuales, a su vez, acaban por magnificar los efectos del shock. Las comunidades expuestas a un desastre, además de enfrentar sus impactos directos –i.e., los que afectan los activos de infraestructura y la salud de los usuarios– están sujetas a los impactos indirectos del evento, en general asociados a las disrupciones económicas que es capaz de causar. Comúnmente, debido a la mayor cantidad de personas afectadas por ellos y a las dificultades de prevenir que ocurran, los impactos indirectos de los desastres son aún más costosos que los directos, y pueden traspasar el área inicialmente afectada, generando interrupciones en redes y cadenas logísticas enteras.

Elementos esenciales de los sistemas de infraestructura y servicios logísticos, como los puertos y sus sistemas de transporte conexos, incluyendo las plataformas logísticas y centros de almacenamiento, también pueden verse particularmente afectados por amenazas como el aumento del nivel del mar, las inundaciones costeras y las marejadas ciclónicas (UNCTAD, 2020). En esta misma línea, el trabajo desarrollado por la CEPAL con respecto a una matriz de riesgos sobre la logística, los puertos y el transporte marítimo, especialmente a partir de los trabajos de Barleta y Sánchez (forthcoming) corrobora dichas proyecciones, al examinar la vulnerabilidad y exposición del sector portuario a amenazas de diversas naturalezas, como las geopolíticas, las regulatorias y las relacionadas al cambio climático.

⁸ Correspondiente a la población global que vive con menos de US\$1,90 al día (Mahler y otros, 2020).

Las inundaciones también son ejemplos de eventos causadores de grandes interrupciones en los sistemas de transporte en áreas urbanas. La congestión resultante de ese tipo de shock es responsable por generar impactos directos (como el aumento del valor del combustible y el tiempo extra despendido por los usuarios de la red de transporte) e indirectos (como las alzas de precios de los bienes transportados por la red congestionada). Por medio de la interrupción del tráfico en tramos de las redes viales urbanas –y los consecuentes impactos sobre la operación de las firmas– las inundaciones también afectan el funcionamiento de los mercados de trabajo y la capacidad de las personas de acceder a bienes y servicios básicos, como los alimentos y cuidados de salud (particularmente importantes en el periodo posterior a la ocurrencia de un desastre) (Obolensky y otros, 2019). En Guatemala, por ejemplo, Baez y otros (2017) encontraron que la tempestad tropical Agatha, en 2010, implicó un aumento del orden del 18% de la pobreza en áreas urbanas, resultante, principalmente, del aumento de los precios de los alimentos. Ese fenómeno, a su vez, se atribuye mayormente a las interrupciones de la red de transporte y crecientes fricciones en las cadenas de suministro de alimentos.

A este propósito, el aumento en la frecuencia y magnitud de eventos extremos como parte del cambio climático. Según el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) (Arent y otros, 2014), el cambio climático puede afectar negativamente a la infraestructura de transporte, la cual no puede operar adecuadamente si las condiciones meteorológicas están fuera del rango de acuerdo con el cual fue proyectada. Mientras las vías no pavimentadas y los puentes presentan mayor vulnerabilidad a los extremos de precipitación, las vías pavimentadas son particularmente vulnerables a temperaturas extremas. Luego, un aumento en el número de días con temperaturas más altas que determinados parámetros implicará una degradación más acelerada de las vías, con mayores costos de mantenimiento y la posible reducción de su vida útil. Por lo tanto, además de los shocks ocasionados por eventos extremos posiblemente vinculados al cambio climático, el aumento promedio de la temperatura global también puede afectar la infraestructura mediante el aumento del estrés sobre los activos.

Con respecto al sector energético, temperaturas y eventos climatológicos extremos pueden afectar instalaciones como líneas de transmisión, implicando mayores pérdidas de energía, problemas de operación por sobrecalentamiento y posibles daños estructurales. La infraestructura de suministro de agua deberá ser una de las más afectadas en diversas regiones del mundo, tanto por posibles daños a la integridad física de las redes como por el aumento del estrés generado por presiones sobre la demanda (Arent y otros, 2014).

La concentración de poblaciones y actividades económicas en áreas urbanas también tiene implicaciones importantes para la resiliencia de distintos grupos poblacionales y sistemas –incluyendo los servicios de infraestructura–. Puesto que los centros urbanos representan sistemas densos y complejos de servicios interconectados, y por la alta dependencia de las poblaciones urbanas a las redes de infraestructuras, a los sistemas de comunicación y a las cadenas de suministro, las ciudades son particularmente vulnerables a los impactos de interrupciones, sean ellas naturales o las ocasionadas por el hombre (Banco Mundial, 2016). En particular, la vulnerabilidad a los desastres en los espacios urbanos suele magnificarse por arreglos frágiles de gobernanza local, el deterioro y la sobrecarga de las infraestructuras, y la ocupación de áreas poco seguras (UNDRR, 2012).

Los hallazgos del Lloyd's City Risk Index (Lloyd's, 2018) confirman la alta vulnerabilidad de las redes de infraestructura en áreas urbanas a una diversidad de eventos disruptivos: el estudio encontró que 279 de las principales ciudades del mundo (responsables por US\$ 35,4 billones del PIB mundial) están en riesgo de perder, anualmente, US\$ 546,5 mil millones de su PIB proyectado. La causa de la pérdida sería la combinación de 22 peligros (naturales y con causas humanas), la mayoría de los cuales con impactos directos sobre la infraestructura urbana –como terremotos, atentados terroristas y ataques cibernéticos–.

A ese propósito, es creciente la preocupación con los impactos severos que los shocks tecnológicos pueden tener sobre los servicios de infraestructura y sus usuarios. A la medida que activos de infraestructura modernos, como usinas de generación de energía, sistemas de suministro de agua y redes de transmisión y distribución de electricidad se han convertido de ambientes aislados a sistemas interconectados e integrados a redes de tecnología de información y comunicación, su vulnerabilidad a ataques cibernéticos sofisticados se ha ampliado (Géngé y otros, 2015). Se estima, por ejemplo, que el costo anual de la baja resistencia cibernética en términos de pérdida de productividad y del crecimiento mundial alcanzará la cifra de US\$ 3 billones en 2021 (Morgan, 2019).

Corroborado por estas cifras, el actual contexto de incertidumbre, asociado a la importancia de sistemas como las redes transporte, energía y telecomunicaciones para el desarrollo social, económico y ambiental, ha llevado a que la aplicación del concepto de resiliencia a los sistemas de infraestructura se convirtiera no solamente en una tendencia, sino que en una línea de acción óptima (Linkov y otros, 2014). Se cree, además, que los debates alrededor de ese concepto pueden contribuir a la construcción de una agenda de desarrollo común y más orientada a la práctica, al favorecer la conexión de distintas disciplinas y áreas del conocimiento, como la adaptación al cambio climático y la gestión de riesgo de desastres (Sturgess y Sparrey, 2016).

II. Aspectos conceptuales sobre la resiliencia de la infraestructura

A. El cuadro conceptual de la resiliencia

La resiliencia es un concepto multidimensional y multidisciplinario. Contando con una amplia tradición de investigación en disciplinas tan diversas como la mecánica, la psicología, la ecología, entre otras, su aplicación a áreas del conocimiento emergentes, como gestión de riesgo y de cadenas de suministro, también se ha probado más frecuente y relevante (Ponomarov y Holcomb, 2009; Gallego-Lopez y Essex, 2016). Además, la adopción de ese término por las comunidades de investigación y práctica vinculadas al desarrollo se hace particularmente notable y revela vínculos importantes entre las temáticas.

Teniendo en cuenta los diferentes casos en que dicho concepto ha sido empleado, se han realizado muchos intentos de explicar qué debe significar la resiliencia en el contexto del desarrollo. Esto ha llevado a la formulación de una variedad de definiciones para la resiliencia, que pueden asumir enfoques variados, como la reducción del riesgo de desastres, los impactos del cambio climático, la preservación de medios de subsistencia, la protección social, y la infraestructura (Gallego-Lopez y Essex, 2016). Sin embargo, una idea de resiliencia es común a todas las definiciones: la capacidad que tiene un sistema de pasar por un proceso de cambio –en general ocasionado por una perturbación– mientras mantiene sus funcionalidades esenciales.

El cuadro 3 enseguida presenta algunas definiciones de la resiliencia, obtenidas a partir de documentos e informes de organizaciones internacionales y autoridades nacionales a cargo de la investigación y operacionalización de esa temática.

Cuadro 3
Definiciones de resiliencia

Fuente	Definición
Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC, 2001)	"La capacidad de un sistema social o ecológico para absorber las perturbaciones al tiempo que conserva la misma estructura básica y las mismas formas de funcionamiento, la capacidad de auto organización y la capacidad de adaptarse al estrés y al cambio".
DFID – Reino Unido (2011)	"La capacidad de los países, las comunidades y los hogares para gestionar el cambio mediante el mantenimiento o la transformación de los niveles de vida frente a las crisis o tensiones sin comprometer sus perspectivas a largo plazo".
OCDE (2013)	"La capacidad de los individuos, las comunidades y los estados y sus instituciones para absorber y recuperarse de los impactos, a la vez que se adaptan y transforman positivamente sus estructuras y medios para vivir frente a los cambios a largo plazo y la incertidumbre".
Comisión Europea (2012)	"La capacidad de un individuo, un hogar, una comunidad, un país o una región para resistir, adaptarse y recuperarse rápidamente de tensiones y shocks".
BMZ - Alemania (s.a.)	"La capacidad de las personas y las instituciones – individuos, hogares, comunidades o naciones – para lidiar con crisis agudas o cargas crónicas (estrés) causadas por fragilidad, crisis, conflictos violentos y eventos naturales extremos, adaptándose y recuperándose rápidamente sin poner en peligro su medio y futuro a largo plazo".
USAID – Estados Unidos (2012)	"[...] la capacidad de las personas, los hogares, las comunidades, los países y los sistemas para mitigar, adaptarse y recuperarse de las crisis y el estrés de una manera que reduce la vulnerabilidad crónica y facilita el crecimiento inclusivo"
CIDA - Canadá (2012)	"La capacidad de las personas, los hogares, los gobiernos, las regiones y los sistemas para mitigar, resistir, absorber y recuperarse de los efectos de los impactos y los desastres de manera oportuna, sostenible y eficiente"
CREDEN - Chile (2016)	"[...] las capacidades de un sistema, persona, comunidad o país expuestos a una amenaza de origen natural para anticiparse, resistir, absorber, adaptarse y recuperarse de sus efectos de manera oportuna y eficaz, para lograr la preservación, restauración y mejoramiento de sus estructuras, funciones básicas e identidad".

Fuente: Elaborado por el autor sobre la base de documentos de autoridades nacionales y organizaciones multilaterales.

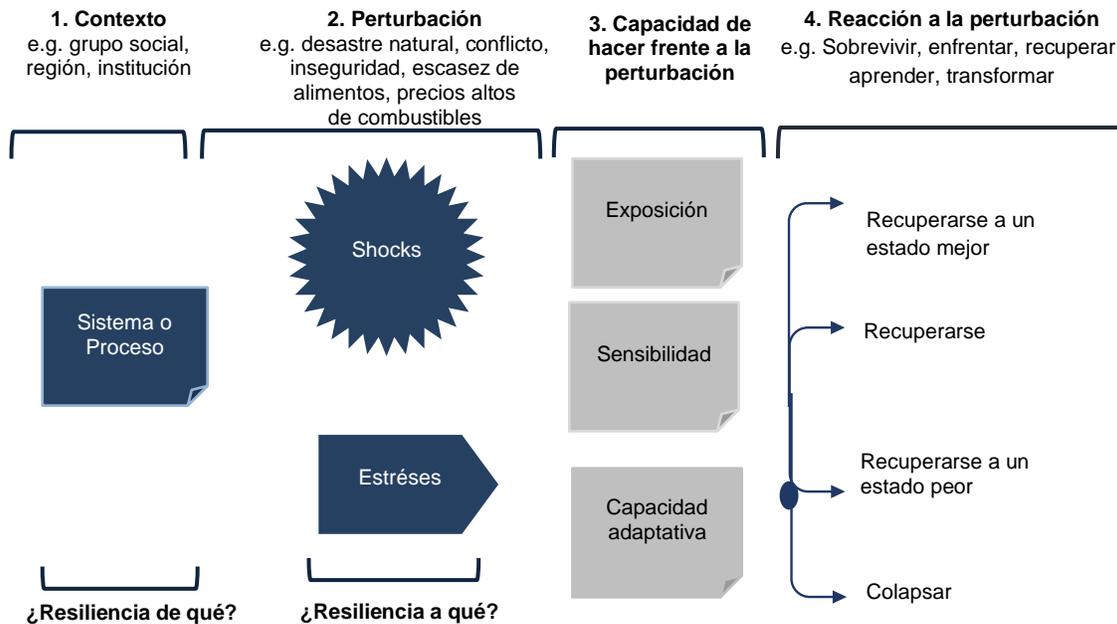
Una de las definiciones más difundidas de resiliencia es la de la Oficina de las Naciones Unidas para Reducción de Riesgos de Desastre (UNDRR), la cual se adopta para fines de este documento: "la capacidad que tiene un sistema, una comunidad o una sociedad expuestos a una amenaza para resistir, absorber, adaptarse y recuperarse de sus efectos de manera oportuna y eficiente, en particular mediante la preservación y la restauración de sus estructuras y funciones básicas por conducto de la gestión de riesgos" (Naciones Unidas, 2016a)⁹.

El concepto de resiliencia se puede aplicar a diferentes escalas de riesgo, como, por ejemplo: individuos, domicilios, comunidades, estados e instituciones. En todos los casos, se requiere identificar el sujeto (la resiliencia de qué o quién) y el objeto del análisis (la resiliencia a qué). En otras palabras, es necesario determinar el sistema de análisis y el tipo de perturbación a qué está expuesto y a cuyos efectos se debe reaccionar. Adicionalmente, la adopción del concepto de resiliencia exige que se identifiquen las capacidades, habilidades y tiempos de respuesta del sistema a determinada amenaza (Gallego-Lopez y Essex, 2016).

El diagrama 2 consiste en una representación esquemática del concepto de la resiliencia y de las relaciones entre sus elementos centrales, desde una perspectiva holística.

⁹ Teóricamente, es posible evaluar la resiliencia de distintos componentes de la infraestructura – desde un activo específico a un conjunto de redes y sistemas – a shocks y estreses de diversos tipos y orígenes– naturales o antrópicos. Sin embargo, es imprescindible definir el sistema que se desea evaluar y considerar su capacidad de hacer frente y reaccionar a determinada perturbación.

Diagrama 2
Representación de la perspectiva holística de la resiliencia



Fuente: Traducido y adaptado de DFID (2011).

Como se puede observar en la Figura, es fundamental definir el sistema o proceso de interés en cualquier estudio de resiliencia, i.e. identificar el sistema cuya resiliencia se busca evaluar. El contexto puede ser delimitado según diversos tipos de criterios, como los socioeconómicos (e.g. un grupo social específico), geográficos (por ejemplo, una región dentro de un país), institucionales (e.g. una organización), entre otros. Además del conjunto de criterios, la escala de análisis puede variar desde el micro (por ejemplo, el nivel individual o de un domicilio) al macro (como el nivel de una comunidad, en el caso de la resiliencia de sistemas humanos). Consecuentemente, la naturaleza de las recomendaciones resultantes del análisis dependerá de la escala seleccionada (Banco Mundial, 2016).

Además de definir el sistema o proceso cuya resiliencia se busca analizar, es fundamental establecer el tipo de perturbación a que tal sistema está sujeto, sea un shock, i.e. un evento que causa un impacto perjudicial inmediato, o un estrés, i.e. un evento de menor severidad, pero capaz de causar impactos lentos y continuos sobre un sistema, debilitándole (Sturgess y Sparrey, 2016). Al final, aunque los efectos de distintos tipos de shocks y estreses sobre determinado sistema puedan ser similares, los atributos que tal sistema debe poseer para que se pruebe resiliente a un evento natural extremo, por ejemplo, no son necesariamente los mismos de que se debe dotarlo para que se recupere de un evento disruptivo de naturaleza tecnológica. El cuadro 4 presenta ejemplos de eventos a qué los sistemas pueden estar sujetos, agrupados en tres categorías: naturales, tecnológicos y socioeconómicos, originalmente identificados para los sistemas urbanos.

Cuadro 4
Tipos de eventos disruptivos por categoría

Naturales	Tecnológicos	Socioeconómicos
Sequías	Colapso de construcciones	Descontinuación de negocios
Terremotos	Amenazas cibernéticas	Corrupción
Epidemias/pandemias	Explosiones	Cambios demográficos
Temperaturas extremas	Incendios	Crisis económicas
Inundaciones	Fugas de gas	Alto desempleo
Infestación de insectos	Accidentes industriales	Paros y huelgas laborales
Tempestades severas	Evento de contaminación	Masacres
Tsunamis	Envenenamiento	Conflictos políticos
Erupciones volcánicas	Radiación	Conflictos sociales
Incendios forestales	Derrames de petróleo	Crisis de suministro (alimentos, agua, vivienda, energía etc.)
	Accidente de transporte	Terrorismo
	Colapso de sistemas (e.g. TIC, agua y saneamiento, energía, salud, educación etc.)	Guerras

Fuente: Traducido de Banco Mundial (2016).

Un tercer componente del cuadro analítico de la resiliencia es la capacidad que tiene un sistema de hacer frente a determinada perturbación. Dicho atributo es resultado de tres determinantes centrales –los cuales constituyen, también, los componentes de la vulnerabilidad de un sistema a un peligro (o el grado a que un sistema es afectado adversamente por un evento disruptivo)–. El primero de ellos, la exposición, dice respecto a la presencia de personas, medios de vida, especies o ecosistemas, servicios y recursos ambientales, infraestructura o activos económicos, sociales o culturales en lugares que podrían verse afectados negativamente por la ocurrencia de un evento disruptivo. La sensibilidad¹⁰, a su vez, puede ser comprendida como el grado en que un sistema se ve afectado por determinado estímulo, es decir, el cambio por que pasa un sistema como resultado de una perturbación específica en determinado parámetro o premisa (Levina y Tirpak, 2006). Finalmente, la capacidad adaptativa corresponde a la habilidad de los agentes de ajustarse a un disturbio, moderar el daño potencial, aprovechar oportunidades y lidiar con las consecuencias de un cambio (Gallego-Lopez y Essex, 2011). Así, bajo la premisa de que los demás factores no cambian, niveles adicionales de exposición o de sensibilidad significan niveles más bajos de resiliencia del sistema, mientras que la relación entre capacidad adaptativa y resiliencia es directamente proporcional.

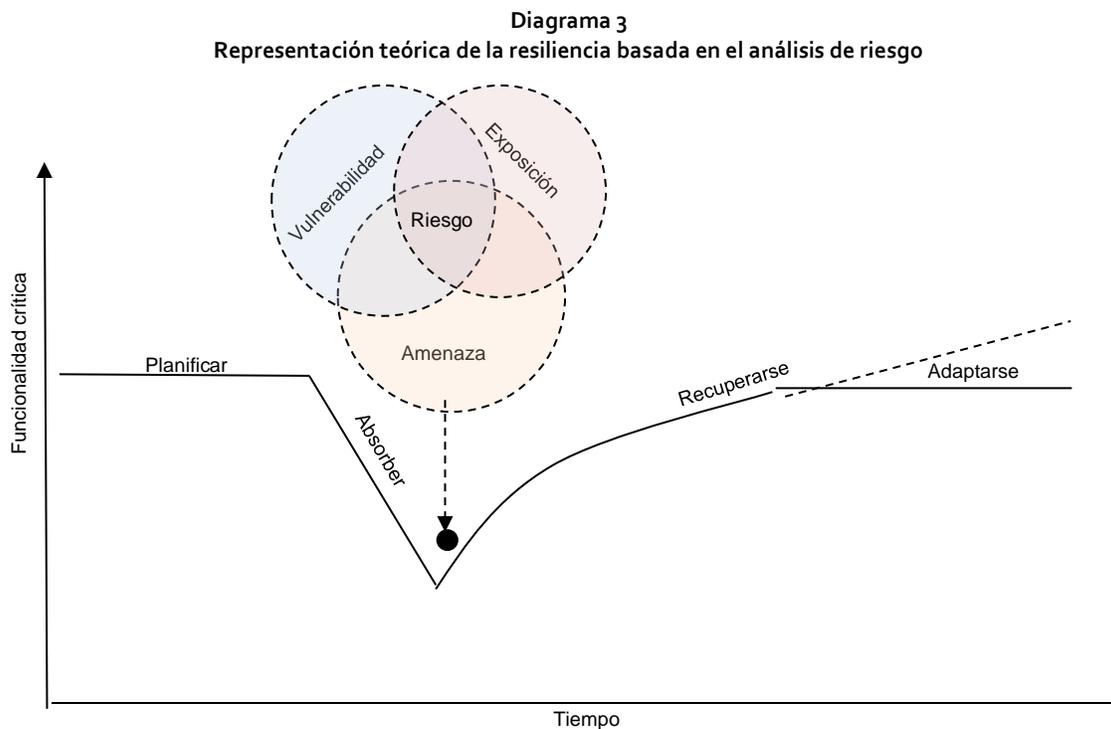
La combinación de los componentes anteriormente mencionados determina la reacción del sistema a la perturbación tras su ocurrencia, las cuales pueden incluir: la restauración de su estado inicial, con recuperación plena de sus funciones básicas; el colapso completo del sistema; la recuperación de las funciones básicas del sistema, pero en un nivel inferior al original; y, mismo, el alcance de un estado funcionalmente superior al inicial, en que las capacidades se hayan incrementado y las fragilidades del sistema se hayan reducido. El tiempo de respuesta y recuperación también debe ser considerado como parte de la reacción a la perturbación.

De lo expuesto se puede inferir que conceptos como riesgo, peligro (o amenaza), vulnerabilidad, y de capacidades como las de recuperación, adaptación y absorción de los impactos de un peligro son parte importante del cuadro analítico que compone los análisis de resiliencia. De hecho, es imposible analizar la resiliencia de un sistema sin considerar los riesgos a qué está expuesto. Al respecto, autores como Linkov y otros (2014) defienden que el análisis de riesgo, que consiste en la cuantificación de la probabilidad de que un sistema alcance el punto más bajo de su perfil de funcionalidad crítica, se incorpore como elemento central del marco teórico de la resiliencia.

¹⁰ En la literatura sobre cambio climático, la sensibilidad es el grado en que un sistema se ve afectado, de manera adversa o beneficiosa, y directa o indirectamente, por estímulos relacionados con el clima (IPCC, 2001).

Al paso que la gestión de riesgos contribuye a que un sistema se prepare y planee para la ocurrencia de eventos adversos, la gestión de la resiliencia permite que se avance en ese proceso, integrándole la capacidad del sistema de absorber, recuperarse, y adaptarse a los impactos de dichos eventos. Bajo esa perspectiva, la resiliencia puede ser considerada un atributo complementar a las estrategias tradicionales de gestión de riesgos.

Según Linkov y otros (2014), el riesgo depende de la caracterización de las amenazas, vulnerabilidades y consecuencias (impactos) de los eventos adversos sobre un sistema, de manera a determinar la pérdida esperada de su funcionalidad crítica. En el perfil de funcionalidad del sistema (ver diagrama 3), el riesgo se interpreta como la reducción total en la funcionalidad crítica, mientras que la resiliencia del sistema se relaciona con la pendiente de la curva de absorción y la forma de la curva de recuperación, lo que indica el efecto temporal del evento adverso en el sistema. En la Figura, adaptada a partir del marco teórico propuesto por el IPCC (2014) para la comprensión del riesgo, los elementos que determinan el riesgo –la vulnerabilidad, la exposición del sistema y la misma amenaza– inciden sobre el sistema analizado. La línea discontinua sugiere que los sistemas altamente resilientes pueden adaptarse de tal manera que la funcionalidad del sistema sea superior a su rendimiento inicial lo que implicaría la mejora de su capacidad de recuperación ante futuros eventos adversos. Esta adaptación representaría, en la práctica, la materialización del concepto de “building back better”.

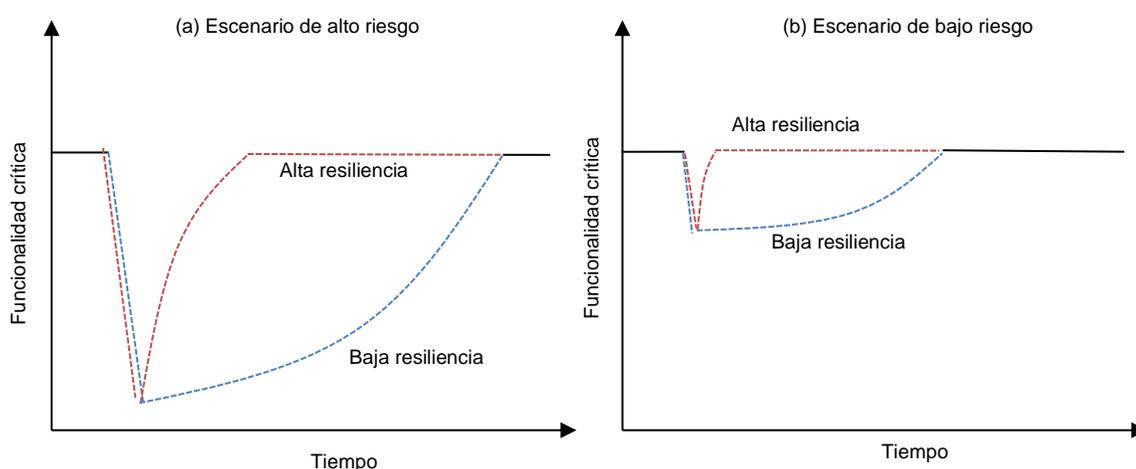


Fuente: Elaboración propia sobre la base de Linkov y otros (2014) e IPCC (2014).

Como recalcan los autores, los métodos de análisis de riesgo actuales identifican las vulnerabilidades de componentes específicos de un sistema a un evento adversos esperado y cuantifican la pérdida en la funcionalidad resultante de la ocurrencia del evento. Posteriormente, por medio de la gestión de riesgos, se busca aumentar la capacidad de dichos componentes de resistir a las amenazas identificadas a un nivel aceptable y para evitar el colapso general del sistema.

El diagrama 4 ilustra los efectos de una interrupción sobre la funcionalidad crítica de un sistema hipotético en dos escenarios, según combinaciones de distintos niveles de riesgo y resiliencia. El riesgo total se refleja en la magnitud de la caída tras la materialización del evento adverso, mientras la resiliencia determina la forma de la curva de recuperación de la funcionalidad crítica. Por el área debajo de cada una de las curvas se puede observar que, para un mismo nivel de riesgo, sistemas más resilientes tienen mejor desempeño que los que presentan baja resiliencia. Además, sistemas sujetos a bajo riesgo no tienen, necesariamente, mejor desempeño que los sistemas altamente resilientes que estén sujetos a riesgos más altos (Linkov y otros, 2014).

Diagrama 4
Representación teórica de la resiliencia de un sistema en escenarios de alto y bajo riesgo



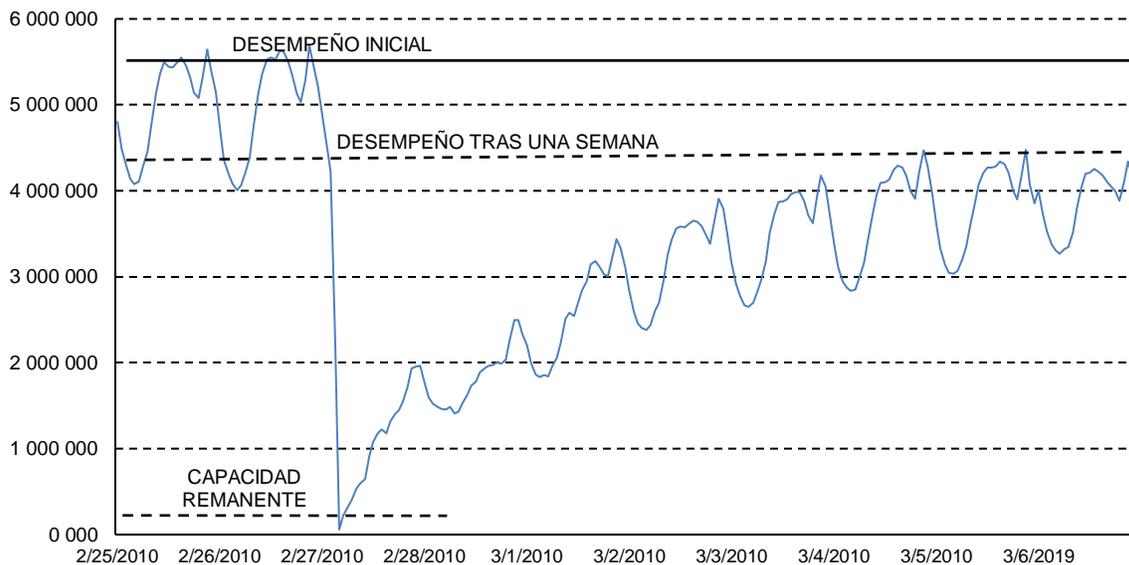
Fuente: Los autores sobre la base de Linkov y otros (2018).

B. Los componentes de la resiliencia

Bruneau y otros (2003) presentan un marco teórico orientado a la definición de la resiliencia a terremotos con base en tres medidas complementares: la reducción de las probabilidades de falla; la reducción de las consecuencias de las fallas (en términos de vidas perdidas, daños y consecuencias sociales y económicas adversas); y la reducción del tiempo de recuperación de la funcionalidad "normal" del sistema. En ese sentido, los autores proponen que la resiliencia se defina con base en la presencia de cuatro propiedades: robustez, redundancia, recursos y rapidez, las cuales se pasaron a emplear ampliamente en la literatura sobre resiliencia, tanto para los sistemas físicos como para los sociales. Una breve definición de cada propiedad es presentada en el cuadro 5.

Naturalmente, cualquiera de las medidas adoptadas puede introducir modificaciones en el sistema que lo lleven a una condición de desempeño superior a su estado original, como es típicamente el caso en los estándares de diseño sísmo resistente, y conseguir así un mejor desempeño ante futuros eventos (De la Llera y otros, 2017). Por otra parte, es posible que el sistema no sea capaz de recuperar su nivel de desempeño inicial o lleve mucho tiempo para hacerlo. Un ejemplo puede ser observado en el , la cual representa la demanda neta de energía eléctrica (en KW despachados por el Sistema Eléctrico Nacional de Chile) luego del terremoto de 27 de febrero de 2010 (27-F). Tras una semana del evento, el desempeño inicial del sistema (aquí considerado como el nivel máximo diario de demanda neta de electricidad) aún no se había recuperado¹¹. Sin embargo, las medidas preventivas y post evento adoptadas en Chile permitieron que se lo retomaran aproximadamente un mes después del terremoto¹².

Gráfico 3
Desempeño del Sistema Eléctrico Nacional de Chile tras el terremoto 27-F
(En kW despachados)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Coordinador Eléctrico Nacional de Chile (2019).

Como destacan Bruneau y otros (2003), la resiliencia también se puede conceptualizar según cuatro dimensiones interrelacionadas: técnica, organizacional, social y económica. La dimensión técnica de la resiliencia se refiere a la capacidad de los sistemas físicos (incluidos los componentes, sus interconexiones e interacciones y sistemas completos) para funcionar a niveles aceptables / deseados cuando están sujetos a un estrés o shock –tales como las fuerzas sísmicas–. La dimensión organizacional se refiere a la capacidad de las organizaciones que administran instalaciones críticas para tomar

¹¹ Es importante notar que la caída del desempeño del Sistema Eléctrico Nacional de Chile luego de un terremoto no se explica únicamente por el colapso de componentes de los sistemas de generación, transmisión y distribución de electricidad, sino que también por la decisión deliberada de desconectar los operadores y clientes del sistema como medida de prevención de mayores daños.

¹² A pesar de los importantes costos impuestos por el terremoto sobre sectores y sistemas como la industria, el turismo, las viviendas, la salud y la distribución de energía eléctrica, las bajas pérdidas de vidas humanas han llevado a que la reacción de Chile al 27-F fuera apuntada por diversas agencias internacionales como un buen ejemplo de resiliencia. Esto se atribuye, sobre todo, a los códigos de construcción antisísmica vigentes en el país. Según De la Llera y otros (2017), la exposición y la actual resiliencia de la infraestructura frente a terremotos en Chile han sido determinadas, en gran medida, por decisiones institucionales y de regulaciones tomadas en el pasado.

decisiones y adoptar medidas que contribuyan a lograr las propiedades de resiliencia descritas anteriormente: robustez, redundancia, ingenio y rapidez. La dimensión social de la resiliencia consiste en medidas específicamente diseñadas para disminuir el grado en que las comunidades y las jurisdicciones gubernamentales afectadas por la perturbación sufran consecuencias negativas debido a la pérdida de servicios críticos. Del mismo modo, la dimensión económica se refiere a la capacidad de reducir las pérdidas económicas tanto directas como indirectas resultantes de la perturbación.

Cada una de las propiedades de la resiliencia puede ser analizada bajo las perspectivas técnica, organizacional, social y económica. El cuadro 6 presenta ejemplos de atributos de sistemas hipotéticos correspondientes a la manifestación de la robustez, la redundancia, los recursos y la resistencia según cada perspectiva de la resiliencia.

Cuadro 6
Ejemplos de las calidades de la resiliencia por dimensión

Dimensión / Calidad	Técnica	Organizacional	Social	Económica
Robustez / Resistencia	Códigos y procedimientos de construcción para estructuras nuevas y renovadas	Planificación de operaciones de emergencia	Vulnerabilidad social y grado de preparación de la comunidad	Alcance de la diversificación económica regional
Redundancia	Capacidad para sustituciones técnicas y "atajos"	Sitios alternativos para la gestión de operaciones de desastre	Disponibilidad de opciones de vivienda para víctimas de desastres	Capacidad de sustituir y conservar los productos necesarios
Recursos	Disponibilidad de equipamiento y materiales para restauración y reparaciones	Capacidad de improvisar, innovar, y expandir operaciones	Capacidad de atender necesidades humanas	Capacidad empresarial e industrial para improvisar
Rapidez	Tiempo de inactividad del sistema, tiempo de restauración	Tiempo entre impacto y recuperación temprana	Tiempo para restaurar servicios básicos	Tiempo para recuperar la capacidad, pérdida de ingresos

Fuente: Traducido de O'Rourke (2007).

Según su definición misma, la resiliencia se suele evaluar, en gran medida, a posteriori, una vez que se haya materializado una amenaza. La manera como dicho sistema reacciona a los impactos del evento disruptivo y en qué medida es capaz de recuperar sus funciones básicas es, en última instancia, lo que indica el nivel de resiliencia del objeto de investigación. Sin embargo, la evaluación a priori de características asociadas a la redundancia y a la robustez, por ejemplo, puede proveer indicadores importantes de la resiliencia de un sistema y para la anticipación de su comportamiento bajo la hipótesis de ocurrencia de un evento disruptivo.

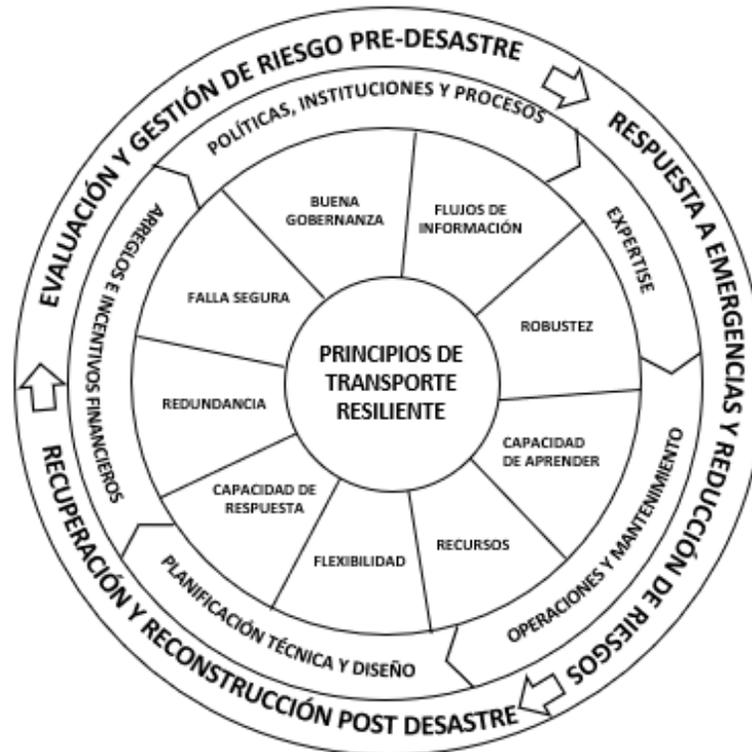
Según Willis (2016), la resiliencia describe el estado de un servicio que proporciona un sistema en respuesta a una interrupción. Por lo tanto, al evaluar la resiliencia, las preguntas clave que se debe hacer con respecto al servicio son, por ejemplo: si el sistema se ha degradado; cuánto se ha degradado; con qué rapidez se ha restaurado; y cómo se ha restaurado por completo el servicio. Luego, la resiliencia no describe un estado dicotómico (es decir, si se ha producido una interrupción o no), sino que el grado de interrupción de acuerdo con múltiples criterios, que podrían incluir el tipo, la calidad, el tiempo y la dimensión espacial del servicio.

Como las clasificaciones propuestas por Bruneau y otros (2003), hay otras formas de caracterizar la resiliencia de un sistema. El Nakat (2015), por ejemplo, proponen un conjunto de principios que caracterizan el transporte resiliente (diagrama 6). En esta propuesta, el círculo externo representa la

dimensión temporal de la resiliencia, compuesta por las etapas del ciclo de la gestión de riesgo de desastres: evaluación y gestión de riesgo pre-desastre; respuesta a emergencias y reducción de riesgos; y recuperación y reconstrucción post desastre. El círculo intermediario consiste en los cinco dominios en los cuales la resiliencia debe ser incorporada: políticas, instituciones y procesos; los conocimientos; las operaciones y mantenimiento; la planificación y el diseño; y los arreglos e incentivos financieros. El círculo interno, a su vez, representa nueve principios de resiliencia que deben ser incorporados a todos los dominios a lo largo de las etapas identificadas.

Según este abordaje, se suman otros principios a los cuatro comúnmente presentes en la literatura y práctica de la resiliencia –robustez, redundancia, recursos y capacidad de respuesta–. Los nuevos principios son: la buena gobernanza, que está vinculada a la definición de roles y responsabilidades de las organizaciones en un sistema de transporte, de modo que no haya competencia por recursos limitados; los flujos de información, que debe permitir la toma de decisiones estratégicas sobre la infraestructura y el intercambio de lecciones aprendidas; la flexibilidad, que dice respecto a la capacidad que tiene un sistema de cambiar y evolucionar en respuesta a condiciones también cambiantes; la capacidad que tienen los agentes en el sistema de aprender a partir de experiencias pasadas; y la falla segura, es decir, un principio de diseño de infraestructura según el cual una falla en un determinado componente de un sistema genera el nivel mínimo posible de disrupción en los demás componentes (El Nakat, 2015).

Diagrama 6
Cuadro analítico para la incorporación de la resiliencia al sector de transporte



Fuente: Traducido de El Nakat (2015).

C. La infraestructura en los estudios de resiliencia

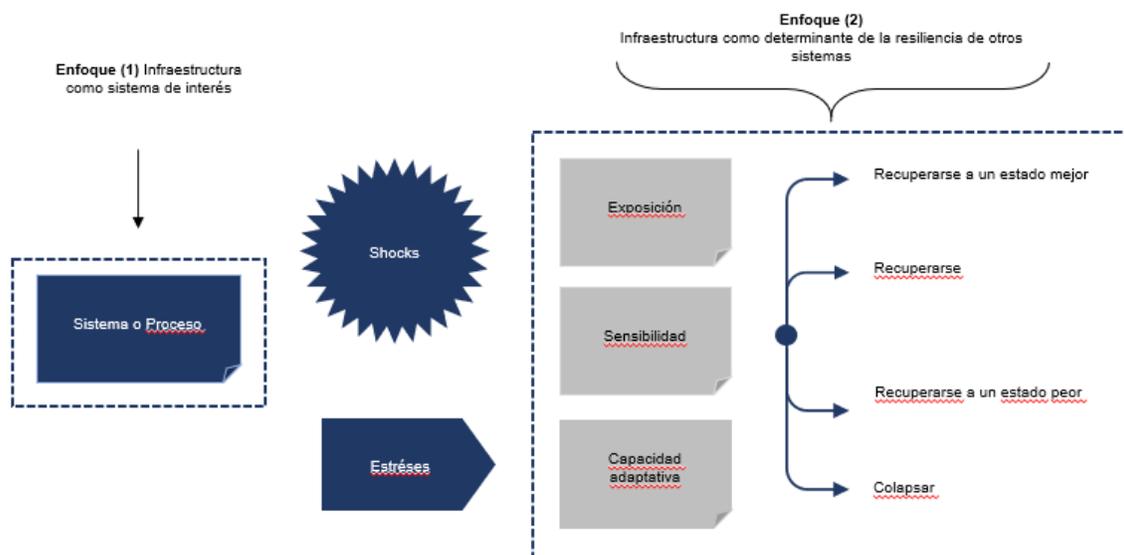
La infraestructura y los diversos sistemas que la componen han sido comúnmente adoptados como contexto de análisis en estudios de resiliencia. Por un lado, es cierto que la ingeniería siempre ha lidiado con el tema en el sentido de la integridad estructural de obras de infraestructura, ya que dichos activos están constantemente bajo estrés por su utilización continuada. Sin embargo, es indudable que el concepto ha adquirido otra dimensión tras la eclosión de combinaciones más complejas de peligros, y el aumento de la frecuencia y magnitud de eventos extremos con grandes impactos sobre los sistemas de infraestructura.

Como resaltado por Gallego-Lopez y Essex (2016), la relación entre resiliencia e infraestructura en el contexto del desarrollo se puede comprender bajo dos perspectivas: la primera corresponde a la resiliencia de la infraestructura en sí misma; en otras palabras, se trata de la capacidad de los sistemas de infraestructura de resistir a interrupciones mientras mantienen sus funcionalidades críticas, y como ello aporta beneficios más amplios a los usuarios de los servicios de infraestructura. La segunda es cómo la infraestructura –y sus atributos, como calidad, diseño y operación– afecta la resiliencia de otros sistemas (de infraestructura o no) y las opciones de medios de subsistencia de las personas, los hogares y las comunidades.

Según el esquema teórico representado en el siguiente diagrama, la primera perspectiva correspondería a asumir que determinado sistema de infraestructura fuera el contexto de análisis, o el sistema/proceso de interés. El segundo enfoque corresponde a comprender sus efectos sobre la capacidad de dado sistema de hacer frente a las perturbaciones y reaccionar a ellas. Bajo esta perspectiva, por lo tanto, la infraestructura es uno de los factores que influyen sobre la exposición, la sensibilidad y la capacidad adaptativa de otros sistemas, y determina, en alguna medida, el estado de esos sistemas tras la ocurrencia de un evento disruptivo.

La representación gráfica de ambas perspectivas se puede visualizar en el diagrama 7. Enseguida, el cuadro 7 trae ejemplos de la operacionalización de ambos enfoques, con posibles interconexiones con otros sistemas y temas para investigación bajo cada abordaje.

Diagrama 7
Representaciones de dos enfoques de la resiliencia de la infraestructura



Fuente: Adaptado de DFID (2011).

Cuadro 7

Ejemplos de interconexiones e investigaciones para los dos abordajes de la resiliencia de la infraestructura

Abordaje 1: La calidad, el diseño, la distribución, la interrelación y el funcionamiento de la infraestructura afectan la resiliencia de la infraestructura en sí, lo que tiene un efecto en la resiliencia de las personas a los choques económicos, sociales y ambientales		
Ejemplos de interconexiones	Investigación ilustrativa	Temas para investigación futura
<p>El diseño de la infraestructura urbana puede influir en la vulnerabilidad social. La evaluación de vulnerabilidad y resiliencia previa al evento puede conducir a un mejor diseño de infraestructura y opciones de reequipamiento. La funcionalidad de la infraestructura de tráfico interurbano es crítica para la eficiencia económica de una sociedad. Para cumplir esta tarea, las estructuras deben ser resilientes y sostenibles. La estrategia de recuperación después de desastres afecta la resiliencia. La variabilidad / cambio climático, así como el aumento del nivel del mar, afectan la infraestructura urbana que se diseñó hace mucho tiempo con criterios de diseño que suponen estacionalidad. Las estrategias de planificación y diseño urbano pueden aumentar la resiliencia de las ciudades a los impactos del cambio climático. La infraestructura más antigua es menos resiliente y más susceptible a fallas debido al clima extremo.</p>	<p>Revisión de la gestión del riesgo de desastres costeros, análisis de ingeniería de resiliencia de infraestructura ante desastres, análisis de amenazas y evaluación de vulnerabilidad. Desarrollo de un marco estratégico para evaluar la resiliencia organizativa y de red de la infraestructura crítica. Análisis de las dependencias de infraestructura crítica para determinar cómo se afecta dicha infraestructura cuando falla otra infraestructura crítica. Desarrollo de un enfoque unificado para abordar la resiliencia y la sostenibilidad de la infraestructura civil. Desarrollo de enfoques para identificar las compensaciones entre la restauración rápida de servicios de infraestructura en lugar de tomar tiempo para considerar y consultar alternativas. Desarrollo de métodos para cuantificar la resiliencia de las redes de agua. Análisis de factores que afectan la resiliencia de las infraestructuras de distribución de energía eléctrica. Evaluación de la resiliencia de los sistemas de infraestructura interdependientes, y análisis y modelación de estrategias óptimas para su restauración conjunta después de la falla. Desarrollo de modelos para cuantificar los efectos de los cambios en la producción internacional por una interrupción en la cadena de suministro causada por desastres. Estudios de caso sobre los efectos potenciales de la falla de las esclusas y presas obsoletas y usadas en exceso. Desarrollo de un marco dinámico para evaluar las pérdidas multi-regionales y multisectoriales debido a las interrupciones en el flujo de productos en las redes de vías navegables, incluidos puertos y conexiones de vías navegables.</p>	<p>Cómo construir verdaderamente un sistema de protección multicapa. El problema de la recuperación rápida frente a la mejora de la capacidad de recuperación a largo plazo. Medidas cuantitativas para describir la relación entre diseño estructural, resiliencia y desarrollo sostenible con enfoques basados en modelos. Evaluación de los diferentes enfoques de las asociaciones público-privadas (APP) y la relación con la gobernanza de la infraestructura crítica. Metodologías que puedan cuantificar el daño social y económico. Diferentes formas de incentivar el aumento de la capacidad de recuperación de la infraestructura. Interrelaciones entre diferentes tipos de infraestructuras. Unificación de conceptos de resiliencia y sostenibilidad de infraestructura. Las evaluaciones cuantitativas se han realizado principalmente para los diversos sectores en forma aislada. Se requiere investigación sobre interdependencias de infraestructura y resiliencia. Desarrollo de infraestructura específica de red de distribución de agua adaptada a terremotos (válvulas de compuerta automáticas, tanques enterrados para extinción de incendios, juntas especiales para la absorción de desplazamientos, etc.). Una comprensión más sistemática de las medidas de adaptación requeridas para puertos y otras infraestructuras de transporte críticas, a la luz de los impactos proyectados de la variabilidad y el cambio del clima.</p>
Abordaje 2: La calidad, el diseño, la distribución y el funcionamiento de la infraestructura afectan el acceso de las personas a los bienes y servicios, incluidos los servicios naturales y las oportunidades de empleo, que tienen un efecto en la capacidad de resistencia de las personas a los choques económicos, sociales y ambientales.		
Ejemplos de interconexiones	Investigación ilustrativa	Temas para investigación futura
<p>La ubicación y la concentración de las infraestructuras de servicios básicos, como el sistema de tuberías de agua y el sistema de drenaje, y las carreteras pavimentadas, están relacionadas con la vulnerabilidad y la capacidad de recuperación de ciertas áreas ante desastres como las inundaciones.</p>	<p>Propuesta de enfoque basado en la resiliencia para evaluar la sostenibilidad de regiones ante cambios que amenazan con cruzar los umbrales biofísicos, económicos y sociales que operan a diferentes escalas, con posibles efectos secundarios entre ellas. Desarrollo de métodos para evaluar el desempeño de los servicios públicos de suministro de agua bajo diferentes condiciones climáticas utilizando métricas de confiabilidad, resiliencia y vulnerabilidad. Análisis de la relación entre el desarrollo socioeconómico y la estrategia de gestión de los recursos hídricos para lograr la sostenibilidad en la gestión del agua.</p>	<p>Diseño de urbanismo sostenible. La coproducción de desastres "naturales" y vulnerabilidad. Análisis de la infraestructura de enlace, como las obras de riego, u otra conectividad entre comunidades y redes comerciales más amplias, y la capacidad de recuperación a escala comunitaria y nacional. La forma en que el diseño de la infraestructura debe alentar el cambio de hábitos que son útiles para las poblaciones locales, como la facilidad para caminar. El rol que la inversión pública en infraestructura puede cumplir, como parte de una política fiscal contracíclica, en la promoción de la resiliencia de una economía que haya sido acometida por un evento disruptivo.</p>

Fuente: Traducido y adaptado de Naciones Unidas (2016b).

Predominantemente, las discusiones sobre infraestructura y resiliencia han adoptado el primer abordaje (Gallego-Lopez y Essex, 2016). Además, la atención históricamente dedicada por los gobiernos a las vulnerabilidades de las infraestructuras se ha enfocado en la protección de los activos que la componen. No obstante, cómo recalcan Fisher y Gamper (2017), los crecientes costos de los desastres y el aumento de la frecuencia de ataques cibernéticos y de atentados terroristas a principio del siglo XXI han llevado a la adopción de un enfoque más orientado a la resiliencia de las infraestructuras críticas—es decir, los sistemas considerados esenciales para el funcionamiento adecuado de la sociedad y cuyo colapso tendría implicaciones negativas significativas en términos del bienestar social, de la salud, de la seguridad, o de la economía¹³ (OEA y Microsoft, 2018)—.

Por su naturaleza compleja y altos grados de interconexión, las llamadas infraestructuras críticas son particularmente vulnerables a efectos de reacción en cadena en contextos de crisis. Si no son construidas y manejadas de forma adecuada, pueden constituirse en vectores de propagación de los impactos negativos de desastres, multiplicando los riesgos y añadiendo a la disrupción capas de complejidad que dificultan las actividades de respuesta (Fisher y Gamper, 2017). Por ello, se ha llevado a cabo el mapeo de las dependencias y redundancias de dichas infraestructuras en algunos países (Naciones Unidas, 2016b).

La identificación de los sectores que se consideren componentes de la infraestructura crítica ha variado según el contexto nacional, pero, en general, incluyen energía, transporte, agua y saneamiento, y telecomunicaciones. En casos más específicos, puede incluir sectores como defensa y protección, instalaciones comerciales y laboratorios. El cuadro 8 presenta los sectores identificados como parte de la infraestructura crítica en dos conjuntos de países seleccionados.

¹³ La infraestructura crítica también se puede definir como el conjunto de estructuras físicas, sistemas e instalaciones técnicas que son social, económica u operacionalmente esenciales para el funcionamiento de una sociedad o comunidad, sea en circunstancias rutinarias o de emergencia (UNDRR, 2009).

Cuadro 8
Sectores de infraestructura crítica para un conjunto de países de la OCDE y de América Latina y el Caribe

Sectores	Países de la OCDE					América Latina y el Caribe				
	Alemania	Australia	Canadá	Estados Unidos	Reino Unido	Brasil	Chile	Colombia	Costa Rica	Jamaica
Energía	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Agua (y aguas residuales)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Tecnologías de información y comunicación	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Transporte	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Comunicaciones	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Salud	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Banca y finanzas	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Alimentación (y agricultura)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Servicios de emergencia	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Gobierno	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Manufactura e industria	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Defensa / Seguridad / Protección	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Aeropuertos	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Puertos	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Infraestructura social	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Educación	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Química	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Instalaciones comerciales	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Laboratorios	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Represas	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Nuclear	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Aplicación y cumplimiento de la ley	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Minero-Energético	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Ambiente	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Fuente: Elaboración propia a partir de Fisher y Gamper (2017) y de documentos nacionales.

* Incluye los servicios de turismo.

** Además de salud y educación, incluye a los espacios públicos y las cárceles.

Aunque un número reducido de países latinoamericanos y caribeños haya identificado formalmente la composición de su infraestructura crítica, muchos han establecido definiciones oficiales para ese término. Según los resultados del Índice de Gobernanza y Políticas Públicas sobre Manejo de Desastres del BID (iGOPP), por ejemplo, 14 de los 17 países de América Latina y el Caribe encuestados habían definido la infraestructura crítica en sus marcos jurídicos. Para esos países, la etapa lógica subsiguiente sería llevar a cabo un diagnóstico de criticidad, a partir del cual se identificarían los activos, sistemas y redes imprescindibles para el mantenimiento de las funciones vitales de la sociedad. Los criterios para realizar dicho diagnóstico pueden variar según el nivel jurisdiccional de gobierno y la evaluación de los impactos de las interrupciones (Fisher y Gamper, 2017).

Según O'Rourke (2007), otro concepto muy relacionado al de infraestructura crítica es el de líneas o sistemas vitales (lifelines), lo cual se ha desarrollado para evaluar el rendimiento de grandes redes distribuidas geográficamente durante eventos naturales extremos como terremotos o huracanes. Las líneas vitales se agrupan en seis sistemas principales: energía eléctrica, combustibles gaseosos y líquidos, telecomunicaciones, transporte, eliminación de desechos y suministro de agua. Todos esos sectores se encuentran íntimamente relacionados con el bienestar económico, la seguridad y el tejido

social de las comunidades. Así, es posible comprender la resiliencia de dichas infraestructuras como la preservación de las funciones sociales vitales que cumplen.

Las líneas vitales son consideradas sistemas de soporte esenciales y guardan intrincadas relaciones entre sí. Como ejemplifica O'Rourke (2007), las relaciones de reciprocidad pueden ser observadas en las redes de electricidad, las cuales proveen energía para estaciones de bombeo, instalaciones de almacenamiento y equipo de control para los sistemas de transmisión y distribución de combustibles fósiles (petróleo y gas natural). El petróleo, a su vez, proporciona combustible y lubricantes para generadores, y el gas natural proporciona energía para las estaciones generadoras de electricidad, compresores, y almacenamiento—todo lo cual es necesario para el funcionamiento de las redes eléctricas—.

La consideración de la infraestructura crítica por medio del subconjunto de líneas vitales es una forma de aclarar las características que son comunes a los sistemas de soporte esenciales y proporciona información sobre los desafíos de ingeniería para mejorar el rendimiento de redes grandes. De hecho, como argumenta la OCDE (2019), muchos países han identificado sus líneas vitales, y han establecido inventarios de activos, regulaciones, programas o mecanismos de incentivo para promover la capacidad de recuperación de la infraestructura ante eventos disruptivos. Sin embargo, la complejidad y la diversidad de los eventos disruptivos y el creciente grado de interdependencias entre los sistemas, principalmente debido al fenómeno de la digitalización y el surgimiento de cadenas de valor globales, plantean nuevas preocupaciones a los formuladores de políticas.

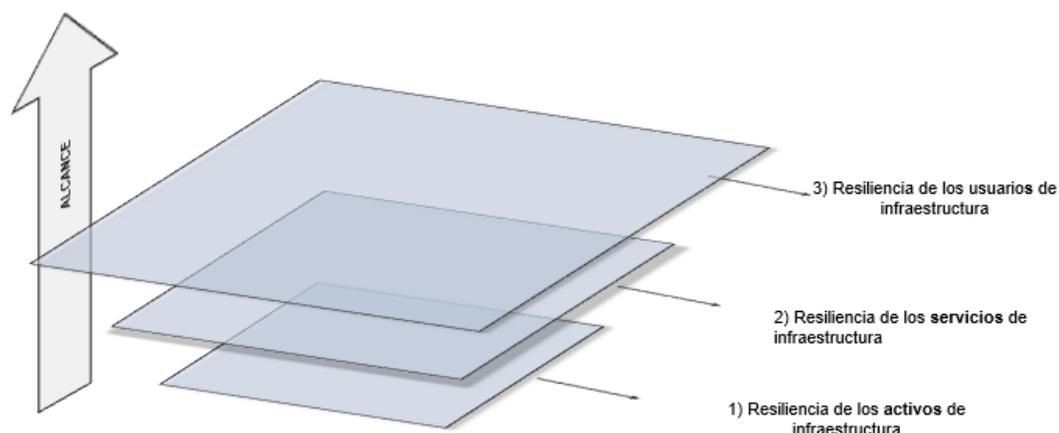
Es importante reconocer que al creciente énfasis sobre la resiliencia de las infraestructuras críticas y de las líneas vitales subyace la premisa de que hay gran probabilidad de ocurrencia de fallas al largo del ciclo de vida de un dado sistema. En otras palabras, esto implica reconocer que las estimativas de riesgos en las cuales comúnmente se basa el diseño y selección de proyectos de infraestructura están sujetas a creciente incertidumbre. En general, la adopción de este enfoque puede resultar en la ampliación del rango de soluciones consideradas para minimizar dichos riesgos, más allá del mismo diseño de la infraestructura.

En este sentido, Gay (2016) resalta que la infraestructura resiliente no es la que nunca falla; más bien es la que, habiendo sufrido un evento de falla con causa natural o antropogénica, es capaz de sostener un nivel mínimo de servicio y recuperar su funcionamiento original con tiempo y costo razonables. Por lo tanto, el enfoque de la resiliencia de la infraestructura ha dejado de ser, simplemente, lo de evitar la posibilidad de ocurrencia de un evento disruptivo, para enfatizar la capacidad de recuperación del sistema y de minimización de las consecuencias de la falla.

La preocupación con la mantención de los niveles de servicio prestados por la infraestructura indica un cambio desde una perspectiva más estricta hacia un nivel más amplio del análisis de la resiliencia (diagrama 8). Como reconocen Hallegatte, Rentschler y Rozenberg (2019), el nivel más básico de dicho análisis dice respecto a la resiliencia de los activos de infraestructura, i.e. la capacidad de estructuras como carreteras, represas y líneas de transmisión de energía eléctrica de resistir a perturbaciones externas. El nivel intermedio corresponde a la resiliencia de los servicios de infraestructura, un enfoque más sistémico y que atribuye destaque a los servicios prestados a nivel de red en base a los activos de infraestructura. En ese sentido, más que hablar de un "puente" resiliente, por ejemplo, se debería pensar en un "cruce" resiliente de dicha estructura (El Nakat, 2015). Un tercer nivel, más amplio, consiste en la resiliencia de los usuarios de la infraestructura. Esta perspectiva busca enfatizar la capacidad de respuesta de los usuarios de los servicios prestados por la infraestructura en el caso de que se produzcan interrupciones, sean ellos personas, comunidades, empresas o cadenas de suministro¹⁴.

¹⁴ El nivel de la resiliencia de los usuarios corresponde, en alguna medida, a la segunda perspectiva mencionada por Gallego-Lopez y Essex (2016).

Diagrama 8
Niveles de análisis de la resiliencia de la infraestructura



Fuente: Elaboración propia a partir de Hallegatte, Rentschler y Rozenberg (2019).

Idealmente, la consideración de la resiliencia de la infraestructura debería fundamentarse en la combinación de los tres niveles de análisis. Para Gallego-Lopez y Essex (2016), es esencial evaluar el comportamiento de la infraestructura como parte de sistemas más amplios, así como también tener en cuenta sus impactos sobre los medios de subsistencia de las personas. El Nakat (2015) destacan que el enfoque adoptado en el diseño y planeación de la infraestructura no debe recaer solamente sobre los activos, sino que también sobre las personas, procesos, estructuras de gobernanza, recursos y conocimientos que definen y conforman su resiliencia.

Según esa misma visión, la integración de la resiliencia a la infraestructura debería comenzar a ser considerada desde el desde el diseño de las políticas, regulaciones, procesos y prácticas administrativas, pues es en esos niveles donde se determinan dónde, cómo y qué activos de infraestructura son establecidos en un territorio en particular. Así, a analizar las características de un activo de infraestructura existente y evaluar cómo hacerlo resiliente, se deberían identificar elementos como: el propósito de dicho proyecto de infraestructura; sus atributos espaciales y temporales (su ubicación y el momento de su implementación); y la resiliencia de los demás componentes del sistema en qué se insiere el nuevo proyecto. Al final, un sistema es tan fuerte como su eslabón más débil, sea él de naturaleza física, ambiental, social, económica o institucional (El Nakat, 2015). En este contexto, la propuesta realizada por CEPAL sobre políticas integradas y sostenibles de logística y movilidad brinda una metodología para incorporar estos elementos y alinearlos debidamente con los ODS (Jaimurzina, Pérez y Sánchez, 2015).

III. Resiliencia, eficiencia y sostenibilidad

A. Riesgo, vulnerabilidad y resiliencia en las cadenas productivas globales

Íntimamente vinculado al tema de la resiliencia de la infraestructura crítica están las discusiones sobre la resiliencia de las cadenas productivas, ya que los servicios logísticos se prestan sobre las redes de transporte y dependen de otras infraestructuras económicas, como la provisión de energía y los servicios de telecomunicaciones³⁵. El debate acerca de este tema ha ganado más relevancia en los últimos años, como respuesta a la emergencia de cadenas de valor de dimensión global –proceso este que, como reconocen Durán Lima y Zaclicever (2013), constituye una de las transformaciones más relevantes de la economía mundial en las últimas décadas–.

El desarrollo de las cadenas globales de valor ha sido favorecido por la reducción de los costos del transporte internacional, los avances en las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) y las medidas de liberalización comercial, como la reducción de barreras al comercio y a la inversión extranjera directa. Como resultado, parte importante de la producción y el comercio mundiales pasaron a tener lugar al interior de dichas cadenas, redundando en que bienes intermedios ganaran creciente importancia en el vínculo comercial entre los países (Durán Lima y Zaclicever, 2013).

Ese mismo proceso, a su vez, ha tenido implicaciones importantes sobre la resiliencia de las cadenas productivas e, individualmente, de sus eslabones. Muchos autores han defendido que el aumento de la extensión y complejidad de las cadenas de valor ha llevado al probable aumento de su vulnerabilidad a eventos adversos, ya que tal proceso se ha dado en paralelo a la emergencia de un ambiente de negocios menos previsible que el vigente en décadas anteriores. En un mundo frecuentemente caracterizado como volátil, incierto, complejo y ambiguo (VUCA, del acrónimo en

³⁵ En este sentido, considerando el uso que hacen las cadenas de suministro de las redes de infraestructura, la evaluación de la resiliencia de dichas cadenas corresponde al nivel más amplio de análisis de la resiliencia de la infraestructura según propuesto por Hallegatte, Rentschler y Rozenberg (2019) –i.e., la resiliencia de los usuarios de la infraestructura–.

inglés)¹⁶, la trayectoria futura de sistemas físicos y económicos de alcance global, como precios de energía y la liberalización del comercio, está sujeta a niveles de incertidumbre sin precedentes (Christopher, 2018; McKinnon, 2018).

La volatilidad, una medida estadística comúnmente utilizada en los mercados financieros para calcular la dispersión de los rendimientos de un determinado activo o índice de mercado, ha sido uno de los criterios adoptados para referirse a los crecientes riesgos presentes en el actual contexto global. De hecho, la ocurrencia simultánea de niveles más altos de volatilidad en diversos parámetros es considerada la nueva normalidad para cadenas de valor globales e interconectadas. Esta nueva condición, a que se ha referido como turbulencia, exige que los abordajes de gestión de riesgo desarrollados en tiempos de mayor estabilidad sean reconfigurados (Christopher y Holweg, 2017).

Ello lo demuestra, por ejemplo, el Índice de Volatilidad de Cadenas de Suministro¹⁷ (SCVI) propuesto por Christopher y Holweg (2011), representado por la media del coeficiente de variación de ocho parámetros clave, como tasas de cambio, la tasa básica de juro del Banco de Inglaterra, el costo de materias-primas (como petróleo, oro y cobre), índices de volatilidad del mercado de valores, y fletes marítimos¹⁸. Aunque en los últimos años el Índice se haya comportado con más estabilidad que durante la crisis de 2008-2009 –la cual se ha reflejado en mayores coeficientes de variación de todos los parámetros, individualmente–, se debe señalar que la última década analizada por los autores (2007-2016) ha sido caracterizada por intervalos de volatilidad más amplios que todas las décadas anteriores; en otras palabras: en la última década, la media de los coeficientes de variación de todos los índices que componen el SCVI ha alcanzado su valor más alto en toda la serie histórica. Hay, por lo tanto, evidencias de continuidad de una era de turbulencia, en la cual el ambiente de negocios en qué operan las firmas está sujeto a cambios sin precedentes (Christopher y Holweg, 2017).

Según investigación llevada a cabo por el Foro Económico Mundial y Accenture, las disrupciones en las cadenas productivas pueden reducir el valor de una empresa en até un 7% (Bhatia y otros, 2013). La magnitud de los potenciales impactos ha motivado un número creciente de organizaciones a implementar sistemas de monitoreo y gestión de los riesgos que puedan afectar sus cadenas productivas, muchos de los cuales no se encuentran bajo su control inmediato. En 2019, por ejemplo, cadenas de valor han sido negativamente afectadas por factores tan variados como el cambio en las prácticas de comercio, ciberataques y alzas de precios de combustibles. En 2020, se ha presenciado la disrupción de cadenas globales como resultado de la pandemia del COVID-19 y de las medidas de combate al coronavirus.

Según cambian las causas de las perturbaciones, los medios por los cuales las cadenas productivas se ven afectadas también varían, y pueden incluir la disrupción de los flujos de cargas –lo que puede representar costos imprevistos en el corto plazo y dificultades para la entrega de insumos y productos– y el mismo reordenamiento de los vínculos económicos como resultado de cambios de marcos regulatorios y políticas comerciales en los niveles local, nacional e internacional (DHL Resilience, 2020). Desastres ambientales y eventos climáticos extremos también han ganado relevancia como factor de perturbación de la producción y entrega de productos y servicios, como apunta el Global Risks Report (Foro Económico Mundial, 2019). Las disrupciones ocasionadas por dichos factores han crecido un 29% entre 2012 y 2019, y deberán aumentar en intensidad y frecuencia en el futuro.

Resultados del estudio elaborado anualmente por el Business Continuity Institute (Elliott, Thomas y Muhammad, 2019) dan muestras de la atención creciente que se ha dedicado a los factores

¹⁶ “Volatile, uncertain, complex and ambiguous”.

¹⁷ Supply Chain Volatility Index (SCVI).

¹⁸ El Índice de Volatilidad de las Cadenas de Suministro propuesto por Christopher y Holweg (2011) incluye los siguientes parámetros: tasa de cambio EUR/GBP; tasa de cambio USD/GBP; Crude Oil-Brent FOB, U\$/BBL; Gold Bullion LBM U\$/Troy Ounce; LME-Copper, Grade A3 Month £/MT; UK Clearing Banks Base Rate – middle rate; VIX (1986); Baltic Dry index (1985).

que influyen en la capacidad de cadenas de valor de reaccionar a perturbaciones, es decir, ser resilientes a ellas. La encuesta de 2019¹⁹ indica que las principales causas de interrupciones enfrentadas por las organizaciones encuestadas en aquel año habían sido, en este orden: interrupciones de las tecnologías de información; condiciones meteorológicas adversas; y ciberataques y violaciones de datos. Entre las principales consecuencias de las interrupciones evaluadas, se han reportado impactos financieros, logísticos y de reputación. El cuadro 9 presenta el ranking de las causas de interrupciones de las cadenas de valor más comúnmente reportadas por profesionales de cinco grandes regiones.

Cuadro 9
Ranking de las causas de interrupciones en cadenas de valor en 2019, por región

Región	Causas de interrupción de las cadenas de valor			
	1	2	3	4
Américas	Condiciones meteorológicas adversas (52,1%)	Cortes no planificados de telecomunicaciones o TIC (52,1%)	Ciberataques y violación de datos (33,3%)	Incidente de salud y seguridad (22,9%)
Asia	Condiciones meteorológicas adversas (28,6%)	Cortes no planificados de telecomunicaciones o TIC (28,6%)	Conflicto civil (21,4%)	Interrupciones de la red de transporte (21,4%)
Australasia	Cortes no planificados de telecomunicaciones o TIC (65%)	Condiciones meteorológicas adversas (50%)	Ciberataques y violación de datos (40%)	Incidente de salud y seguridad (30%)
Europa	Cortes no planificados de telecomunicaciones o TIC (42,6%)	Condiciones meteorológicas adversas (29,7%)	Ciberataques y violación de datos (20,8%)	Pérdida de talentos y habilidades (19,8%)
Medio Oriente y África	Cortes no planificados de telecomunicaciones o TIC (36%)	Pérdida de talentos y habilidades (36%)	Ciberataques y violación de datos (32%)	Falla de proveedores (32%)

Fuente: Elliott, Thomas y Muhammad (2019).

En el cuadro 9, es posible observar que, en las Américas (incluyendo a los países de América del Norte), más de la mitad de los profesionales encuestados han tenido sus cadenas de valor afectadas por interrupciones vinculadas a condiciones meteorológicas adversas y a cortes no planificados de los servicios de telecomunicaciones y TIC. La relevancia que ha asumido la resiliencia de los negocios a interrupciones de naturaleza ambiental y tecnológica corrobora los hallazgos del Foro Económico Mundial (2020) en su más reciente mapeo de riesgos globales y confirma tendencias para los próximos años. Cuando consultados sobre sus principales motivos de preocupación para la continuidad de sus negocios a lo largo de los próximos doce meses, aproximadamente dos tercios de los profesionales afirmaron preocuparse con los posibles efectos de los ciberataques en sus operaciones (Elliott, Thomas y Muhammad, 2019).

B. Eficiencia y resiliencia: trade-offs y conciliación

El contexto de crecientes transformaciones globales y de aumento de riesgo ha trasladado las cuestiones vinculadas a la resiliencia de las cadenas productivas a un punto más central de los debates académicos y de formulación de políticas. Las discusiones sobre los trade-offs entre la eficiencia económica de las cadenas de productivas y consideraciones vinculadas a la resiliencia, por ejemplo, han ocupado posición importante en los debates sobre la gestión de cadenas de suministro. Entre los temas que han recibido creciente atención, se pueden mencionar la búsqueda por el equilibrio entre eficiencia y resiliencia en la

¹⁹ En 2019, la encuesta del Business Continuity Institute sobre resiliencia de las cadenas de valor fue contestada por 352 profesionales que actuaban en 65 países.

gestión de cadenas de valor multimodales, y el rol de los gobiernos y de fuerzas como la innovación tecnológica y la colaboración en las cadenas productivas en los intentos de minimizar los conflictos entre dichas dimensiones (McKinnon, 2018).

Es reconocido que muchas organizaciones persisten en sus estilos de gestión, los cuales, aunque sigan siendo considerados buenas prácticas, pueden aumentar la vulnerabilidad en la medida que estas prácticas no hayan incorporado dentro de sus preocupaciones la mitigación de amenazas naturales, geopolíticas, cibernéticas y financieras, que han crecido en frecuencia e intensidad. En este sentido, se argumenta que decisiones de negocio tomadas por los gestores en el diseño de las cadenas de suministro han llevado al aumento de su riesgo sistémico, es decir, el riesgo intrínseco a dichas cadenas, que no se puede atribuir al ambiente externo (Christopher, 2018).

Según Christopher (2018), las principales fuentes de los riesgos a las cadenas de suministro en la actualidad incluyen la tendencia por adoptar modelos 'lean' de producción, y las operaciones logísticas y arreglos del tipo 'just-in-time'. Como defiende el autor, tales abordajes son perfectamente razonables en condiciones estables de mercado, pero se pueden volver menos viables según aumente la volatilidad del ambiente de negocios, tal como se ha visto en el contexto de la pandemia del COVID-19. También se debe mencionar la tendencia a la centralización de la distribución y a la racionalización de las instalaciones de producción, la cual, aunque orientada a la obtención de economías de escala, en general implica el aumento del riesgo impuesto al sistema, que se puede ver integralmente afectado por la inoperabilidad de una única instalación.

Se puede afirmar, en principio, que hay razonable consenso con respecto a la existencia de una relación inversa entre eficiencia económica y resiliencia en la gestión de cadenas de suministro. La mediación de dicha relación se puede atribuir, en gran medida, a la gestión de inventarios. En las últimas décadas, por ejemplo, el proceso de disminución de los niveles de inventario con vistas al aumento de la productividad y a la reducción de costos financieros ha culminado en la ausencia de mecanismos de amortiguamiento frente a disrupciones de las cadenas de suministro. Lo mismo se puede afirmar con respecto a la deliberada reducción de la capacidad de producción de muchas compañías, lo que ha limitado su habilidad de acomodar aumentos súbitos de la demanda o anticiparse a disrupciones en la cadena de valor por medio del ajuste de sus inventarios (McKinnon, 2018).

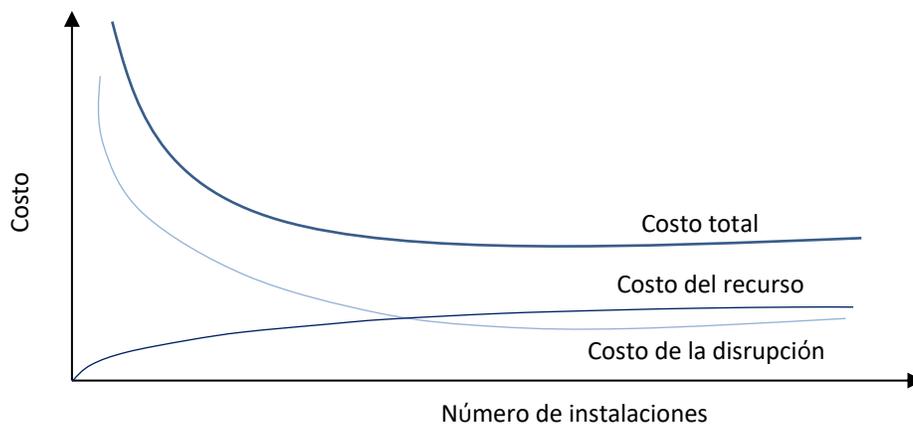
De acuerdo con Chopra y Sodhi (2014), mientras los riesgos recurrentes (como fluctuaciones en la demanda) exigen que las organizaciones estén enfocadas en la eficiencia en la búsqueda por el equilibrio entre demanda y oferta, los riesgos disruptivos imponen a las firmas la necesidad de aumentar su resiliencia a pesar de los costos adicionales. Así, tanto la eficiencia como la resiliencia implican la gestión de riesgos, pero tienen naturalezas y efectos distintos sobre la cadena de valor: los riesgos disruptivos tienen a tener efecto dominó sobre la cadena de suministro, al paso que los riesgos recurrentes son, en general, independientes. Los primeros no pueden ser gestionados mediante un aumento de inventarios sin perjuicios en términos de eficiencia, a la vez que los últimos pueden ser comúnmente cubiertos por buenas prácticas de gestión de cadenas de valor.

Evidentemente, la definición de cadenas de suministro como redes complejas de entidades interconectadas implica que, cuantas más interdependencias entre las empresas que la componen, mayor es riesgo de contagio en una dada cadena. Esta afirmación se aplica, más particularmente, a los casos en que las entidades en cuestión no trabajan en una agenda común (Christopher, 2018). Factores como los altos grados de concentración entre proveedores y clientes y la ausencia de estructuras de colaboración no habituales (en muchos casos prevenidas por las regulaciones antimonopolio) aumentan ese riesgo, amplificando los impactos potenciales de una perturbación en una cadena de suministro.

A fin de garantizar que la reducción de los riesgos de disrupción en una cadena de valor no implique una pérdida considerable de eficiencia, Chopra y Sodhi (2014) recomiendan evitar la excesiva concentración de recursos como centros de distribución y proveedores. De esta manera, es posible

alcanzar un punto óptimo de concentración de recursos, el cual estaría asociado a un bajo nivel de riesgos recurrentes y, simultáneamente, a una baja fragilidad de la cadena a riesgos disruptivos. Por un lado, la obtención de ese punto de equilibrio exige que se evalúen los costos de variación del inventario, de la capacidad y de la flexibilidad de la cadena. Por otra parte, la gestión de riesgos disruptivos vinculados a un recurso específico (por ejemplo, centros de distribución) demanda que el diseño de las cadenas de valor esté basado en un número mínimo de unidades de dicho recurso. Aunque el costo de contar con un único centro de distribución sea inferior –si se considera únicamente el costo del recurso mismo–, la vulnerabilidad a eventos disruptivos es drásticamente menor cuando se cuenta con más de un centro de distribución (diagrama 9).

Diagrama 9
Relación teórica entre costo y nivel de centralización de la cadena de suministro



Fuente: Traducido y adaptado de Chopra y Sodhi (2014).

Pese a los retos asociados a los intentos de conciliación entre eficiencia y resiliencia, ya ampliamente reconocidos, se ha argumentado que fuerzas como el progreso tecnológico y los mecanismos de colaboración –entre cadenas o eslabones de una misma cadena– han sido responsables por desplazar a la derecha la frontera de ese trade-off (Christopher, 2018; McKinnon, 2018). De tal forma, recientes desarrollos en el manejo de cadenas de valor han llevado a autores a defender que, bajo dadas condiciones, se hace posible combinar el alcance de objetivos económicos y de resiliencia en las cadenas de valor.

Las estrategias de colaboración, por ejemplo, se materializan en abordajes como la flexibilidad estructural, que consiste en la capacidad de reconfigurar rápidamente la red de oferta y demanda a la medida que haya cambios en las circunstancias. Esta condición se logra mediante altos niveles de trabajo colaborativo a través de las fronteras organizacionales. El intercambio de información entre las entidades, por ejemplo, debe ser amplio lo suficiente para permitir que potenciales cambios en la cadena sean visibles (Christopher, 2018). El paradigma conocido como “economía compartida”, que involucra la práctica de compartir activos entre distintas compañías –o mismo cadenas– también ofrece ejemplos de cómo niveles más altos de resiliencia pueden ser alcanzados a costos totales más bajos. El argumento subyacente es el de que, en muchos casos, lo necesario no es tener propiedad sobre determinado activo, sino que el acceso a dicho activo en situaciones específicas.

Al mismo tiempo, se destaca el rol de la comodalidad, tal como la ha establecido CEPAL (es decir, la combinación de modos de transporte de forma tal que el trayecto completo sea eficiente), como uno de los factores impulsores de la resiliencia de las cadenas de suministro, ya que representa, en general, la existencia de más alternativas modales a los transportistas en caso de interrupciones en una red modal

o servicio específico. Más allá de medidas como el aumento de las conexiones intermodales y la mejora de la interoperabilidad técnica de los vehículos, cambios regulatorios y organizacionales también pueden favorecer la mayor integración de las redes de transporte. Cadenas que hayan aplicado los principios de la sincromodalidad²⁰, a su vez, se encuentran aún en mejores condiciones de reaccionar rápidamente a cambios inesperados (McKinnon, 2018).

Como propone Harrington (2014), las cadenas de valor resilientes, que sean capaces de combinar eficiencia y adecuada gestión de costos al mantenimiento de capacidad contingente apropiada, deberán constituir un nuevo paradigma. Al demostrar la capacidad de responder a un evento disruptivo, reasignar recursos y adoptar estrategias alternativas frente a circunstancias adversas, las cadenas de valor resilientes pueden ganar market share en comparación a cadenas que no poseen tal habilidad. En este sentido, la resiliencia resultaría en la posibilidad de ganancias económicas, y podría constituir una ventaja competitiva importante.

Christopher y Peck (2004) proponen que el alcance de una cadena de valor resiliente pase por un proceso estructurado de gestión del riesgo. Para ello, en primer lugar, se debe comprender la cadena de suministro sobre la cual se desea actuar, lo que implica identificar las rutas 'downstream' (los compradores que conducen los productos y servicios al mercado) y 'upstream' (los proveedores y los riesgos a qué están sujetos). A partir de este ejercicio, se recomienda tomar decisiones que simplifiquen las cadenas, promuevan su confiabilidad y reduzcan la variabilidad de sus procesos.

Teniendo en cuenta que las cadenas de suministro no lo son en el sentido lineal, sino que asumen la forma de redes complejas y dinámicas de entidades interconectadas, se ha enfatizado la necesidad de identificar y gestionar los caminos críticos. En otras palabras, se deben reconocer los conjuntos de nodos y conexiones, los cuales, en el caso de que sufrieran una falla, afectarían severamente el desempeño de toda la cadena –de forma análoga a los sistemas vitales de la infraestructura crítica–. Algunos ejemplos de atributos de los caminos críticos son los largos tiempos de espera para reposición de los componentes; la dependencia de un único proveedor (sin alternativas en el corto plazo); el alto grado de concentración entre proveedores y compradores; la existencia de cuellos de botella que limiten flujos materiales y de producción; y altos niveles de riesgo identificable, muchas veces asociados a fallas en la infraestructura. A fin de mitigar o remover los riesgos asociados a los caminos críticos, se recomienda elaborar planos de contingencia o, en casos más extremos, proponer la reingeniería de la cadena de suministro (Christopher, 2018).

Las buenas prácticas de gestión de riesgo en cadenas de suministro incluyen, también, la institución de un proceso de monitoreo continuo de indicadores como niveles de inventario, tiempos de entrega y desempeño de proveedores al largo de la red, de manera a mitigar los problemas de visibilidad limitada que acomete a muchas cadenas. La creación de una torre de control es una solución posible para la implementación de dicho proceso, que también puede ser favorecido por el empleo de herramientas como la gestión de eventos de cadenas de suministro, la identificación por radiofrecuencia y el rastreo por satélites. Asimismo, la cadena se puede beneficiar de la constitución de un equipo de continuidad que esté a cargo del análisis e identificación de posibles fuentes de vulnerabilidad (Christopher, 2018).

²⁰ El término sincromodalidad (o intermodalidad sincronizada) fue introducido en países europeos para referirse a servicios innovadores de agendamiento inteligente y de planificación de hinterland. Esos sistemas, aplicados en terminales portuarios de países como Holanda y Alemania, han permitido a los transportistas sincronizar cronogramas de demanda y oferta, bien cómo responder mejor a las necesidades cambiantes de las cadenas de valor y a los atrasos en el transporte marítimo (Tavasszy y otros, 2017).

C. El costo-beneficio de la resiliencia y el rol de la sostenibilidad

Más allá del ejemplo de las cadenas de valor, se puede afirmar que, históricamente, la resiliencia no ha sido el factor más influyente sobre las decisiones de inversión en infraestructura. Una de las razones para ello podría ser que los costos de la “no resiliencia” no siempre se han tenido en cuenta –sea por la subestimación de los riesgos o por las múltiples dificultades asociadas a su estimación–. No obstante, en los últimos años, a la medida que el panorama global de riesgos se hizo más complejo y eventos disruptivos de gran magnitud, como la pandemia del COVID-19, se han materializado, las discusiones sobre cómo integrar los criterios de resiliencia a la toma de decisiones ha ganado más visibilidad en variados ámbitos.

En paralelo, los beneficios netos estimados de invertir la promoción de la resiliencia también se han hecho más elocuentes. En el caso de la infraestructura, Hallegatte, Rentschler y Rozenberg (2019) han encontrado que dicho beneficio alcanzaría la cifra de 4,2 billones de dólares en los países de ingreso bajo y medio —lo que corresponde a un beneficio de 4 dólares por cada dólar invertido—. Según estudio del National Institute of Building Sciences de los Estados Unidos (Multi-Hazard Mitigation Council, 2019), a su vez, cada dólar invertido en la construcción de infraestructura resiliente podría implicar un ahorro de hasta 13 dólares en costos futuros –los cuales incluyen daños a la propiedad, pérdidas económicas, crisis de salud pública y muertes causadas por desastres–.

Los costos asociados a la promoción de la resiliencia de la infraestructura –sea mediante la adopción de nuevas tecnologías o de la reingeniería de las cadenas de suministro– pueden ser demasiado elevados (o, aún, prohibitivos). Sin embargo, se puede argumentar que, si fueran tomados en cuenta los costos de posibles interrupciones de los servicios de infraestructura como consecuencia de eventos disruptivos, es posible que la toma de decisiones sobre su configuración fueran distintas a las que se tomarían en el escenario business-as-usual. Como señalan Chopra y Sodhi (2014), subestimar los riesgos disruptivos (o asumir que no existen) tiene costos más altos que sobreestimarlos: cómo mismo los eventos raros se materializan en algún momento, el costo promedio de las interrupciones se revela más alto que los ahorros que se pueda lograr al evitar invertir en una cadena más resiliente. Luego, se argumenta que la inclusión de elementos que promuevan la resiliencia de un sistema desde las etapas iniciales de su ciclo de vida se muestra menos costosa que hacerlo después de su construcción o de forma reactiva, como respuesta a un evento disruptivo (Della Rocca y otros, 2019).

No obstante, es importante reconocer que los costos de construir sistemas de infraestructura resilientes varían de forma considerable según sean el tipo de infraestructura y de los servicios prestados, así como factores como las dimensiones, la ubicación y la tecnología utilizada. Además, es necesario definir el tipo de interrupción al cual se busca construir la capacidad de respuesta de la infraestructura, además del nivel de resiliencia que se busca alcanzar, ya que, en la práctica, sería imposible concebir un sistema capaz de resistir y mantener íntegramente sus funciones en todo y cualquier escenario de interrupción factible. Por ello, se enfatiza la importancia de la gestión de riesgo como herramienta para determinar los parámetros deseados para el diseño y operación de la infraestructura.

En un ejercicio de estimación del costo incremental de la resiliencia en nuevas obras de infraestructura de transporte, energía, y agua y saneamiento, Hallegatte y otros (2019) han encontrado cifras entre US\$ 11 mil millones y US\$ 65 mil millones al año para países con nivel de ingreso bajo y medio. Estos montos representan menos de 0,1% del PIB de dicho conjunto de países, y son equivalentes a aproximadamente 3% de las inversiones en infraestructura en el escenario de línea de base –el cual, para los autores, es definido como la inversión necesaria para alcanzar los ODS relacionados con la infraestructura–. En este estudio, los autores se han basado en los escenarios de inversión en infraestructura desarrollados por Rozenberg y Fay (2019) y en las medidas de resiliencia propuestas por Miyamoto International (2019), enfocadas exclusivamente en el aumento de la resistencia física –es decir, la robustez– de los activos expuestos a desastres y eventos meteorológicos extremos.

De esta manera, la literatura ha presentado evidencias de que, al analizar todo el ciclo de vida de la infraestructura, los costos de la resiliencia se muestran inferiores a los costos de las interrupciones y de los estreses que caracterizan los escenarios en que la resiliencia no haya sido incorporada desde las etapas de diseño de la infraestructura. En el estudio de Hallegatte y otros (2019), esta afirmación se comprueba en 96% de un total de tres mil escenarios simulados, en los cuales la razón beneficio-costos de las medidas de resiliencia es superior a 1. En términos netos, por lo tanto, la resiliencia representaría un ahorro a lo largo del ciclo de vida de la infraestructura, con menores costos de mantenimiento y probabilidad reducida de interrupciones (Cavallo, Powell y Serebrisky, 2020). En este sentido, la promoción de la resiliencia y de la eficiencia –desde el punto de vista de la asignación de recursos– se revelan objetivos conciliables.

Sin embargo, la discusión sobre los trade-offs entre resiliencia y eficiencia exige la consideración de otros elementos, que no necesariamente son captados por esas dos dimensiones. Uno de los más relevantes es, indudablemente, la sostenibilidad –un concepto que, históricamente, también ha sido interpretado según una diversidad de acepciones–. En el contexto de la gestión de las cadenas de valor, por ejemplo, McKinnon (2018) afirma que la sostenibilidad (aquí comprendida en su sentido estrictamente ambiental) se ha concebido, tradicionalmente, como un elemento subordinado a la eficiencia económica. El autor argumenta que no debería haber, necesariamente, un trade-off entre eficiencia y sostenibilidad ambiental, lo que ha quedado claro en los últimos años, con el creciente conjunto de evidencias del costo-beneficio de medidas de mitigación del cambio climático, y los múltiples ejemplos de decisiones de inversión orientadas por factores ambientales (IPCC, 2014). Sin embargo, señala también la existencia de límites a las posibilidades de conciliación entre ambas dimensiones.

Es necesario enfatizar que el debate sobre la resiliencia de la infraestructura abordaje exige la una concepción más amplia de la sostenibilidad, como la del triple bottom-line (la conciliación de resultados en las dimensiones social, económica y ambiental) o, de forma más comprehensiva, el paradigma propuesto en la Agenda 2030 del Desarrollo Sostenible, operacionalizado en los 17 ODS y sus interconexiones. En este sentido, más que un elemento adicional en el balance entre resiliencia y eficiencia, la sostenibilidad provee el marco de referencia para la concepción de las relaciones entre dichos elementos. Este abordaje, según el cual la resiliencia informa la sostenibilidad y está subordinada a ella, ha sido operacionalizado en otras iniciativas, además de la misma Agenda 2030 (recuadro 2).

Recuadro 2

Sistemas de rating de la infraestructura y el caso del Envision

Los sistemas de rating de proyectos de infraestructura constituyen un ejemplo importante de como el concepto de resiliencia puede ser operacionalizado mediante abordajes enfocados en la sostenibilidad. Dichos sistemas son herramientas para la evaluación de infraestructuras –como carreteras, ferrocarriles, puertos, aeropuertos, embalses y sistemas de tratamiento de agua– por las partes interesadas y afectadas por ese tipo emprendimiento, con el fin de promover la sostenibilidad de las inversiones en infraestructura. En ellos, la resiliencia se tiene en cuenta, generalmente, como uno de los criterios (o conjuntos de criterios) considerados en la evaluación de la sostenibilidad de la infraestructura.

Uno de los más difundidos y relevantes sistemas de rating es el Envision, desarrollado en colaboración por el Programa Zofnass de Infraestructura Sostenible de la Escuela de Design de la Universidad de Harvard y el Instituto de Infraestructura Sostenible (ISI). Lanzado en 2012, el Envision cuenta actualmente con 64 indicadores (llamados 'créditos'), distribuidos en cinco categorías: Calidad de Vida, Liderazgo, Asignación de Recursos, Mundo Natural, y Clima y Resiliencia. En conjunto, los créditos buscan captar el desempeño de infraestructuras de los más variados portes y sectores según una diversidad de factores asociados a la sostenibilidad, desde el desarrollo comunitario a la conservación ambiental. El propósito es, por lo tanto, orientar la toma de decisiones en todas las etapas del ciclo de vida del proyecto, desde su planeamiento y diseño hasta su operación y descomisionamiento.

En su versión más reciente (3.0), el Envision destina seis créditos a la subcategoría 'Resiliencia': evitar el desarrollo inadecuado; evaluar la vulnerabilidad al cambio climático; evaluar el riesgo y la resiliencia; establecer objetivos y estrategias de resiliencia; maximizar la resiliencia; y mejorar la integración de la infraestructura. Cada uno de dichos criterios busca cuantificar la capacidad de la infraestructura de resistir a amenazas de corto plazo y de adaptarse a las de largo plazo, garantizando que su vida útil sea más larga y que el proyecto sea capaz de atender plenamente a las necesidades de los usuarios (ISI, 2018).

Más allá de tangibilizar la resiliencia de la infraestructura, estableciendo estándares de infraestructura sostenible, el valor de sistemas de rating como el Envision consiste en proveer incentivos a la mejora del desempeño de la infraestructura, al asignar puntajes que permitan la comparación entre proyectos y el reconocimiento de proyectos que contribuyan al desarrollo sostenible.

Fuente: Elaboración propia.

De hecho, la consideración del contexto es esencial en cualquier estudio o debate sobre la resiliencia, principalmente en se tratando de sistemas complejos y adaptativos. Una red de infraestructura que sea resiliente a los shocks relacionados al cambio climático no es, necesariamente, sostenible. Además, un sistema resiliente a determinado tipo de disrupción puede mantener una relación de dependencia con otros sistemas que no lo sean. Por ello, es fundamental definir las fronteras físicas del sistema cuyo alineamiento a los principios de resiliencia y de sostenibilidad se busca evaluar, así como tener presente la dimensión temporal de dichos elementos, ya que es esperado que un sistema sea resiliente y sostenible en el largo plazo (Nature Sustainability, 2019).

Un ejemplo de los factores que influyen en la relación entre resiliencia y sostenibilidad dice respecto a la desigualdad –objeto específico del ODS 10 y presente en toda la Agenda 2030– y las múltiples interconexiones que componen el nexo infraestructura-desigualdad-resiliencia (Naciones Unidas, 2016b). En una sociedad, la capacidad de los usuarios de la infraestructura de reaccionar a eventos disruptivos y recuperarse –es decir, su resiliencia– es una función de su nivel de acceso a servicios básicos. Sin embargo, la desigualdad de oportunidades afecta las normas, interacciones y el capital social, determinando que grupos de personas distintos tengan niveles también distintos de acceso a los servicios de infraestructura, pudiendo también enfrentar diferencias en la calidad y en el costo de dichos servicios.

El ejemplo de la desigualdad demuestra que un marco analítico basado en la sostenibilidad exige que la resiliencia de la infraestructura se comprenda bajo la perspectiva de los usuarios. Aunque un sistema de infraestructura se pruebe resiliente a una determinada disrupción en los niveles de los activos y de los servicios, lo mismo no se puede afirmar, necesariamente, para el conjunto de usuarios de la infraestructura en su totalidad, ya que este conjunto –sea compuesto por personas, firmas o cadenas productivas– difícilmente es homogéneo, principalmente en las economías en desarrollo. Además, aunque un dado servicio de infraestructura tenga su acceso universalizado, un enfoque centrado en los usuarios reconoce que, por las múltiples interacciones entre la infraestructura y otros factores sociales y económicos, no todos son afectados de igual manera en el caso de una disrupción (Dargin y Mostafavi, 2020).

Es cierto que los distintos componentes de una misma infraestructura pueden disponer de grados diferentes de resiliencia, por sus variados niveles de exposición y vulnerabilidad a determinada amenaza. A este propósito, la capacidad de identificar los componentes más vulnerables en un sistema de infraestructura es fundamental para la priorización de acciones, además de favorecer la eficiencia en la asignación de recursos. Eso lo confirman Hallegate y otros (2019), cuyo estudio demuestra que el costo del incremento de la resiliencia de la totalidad de los activos de infraestructura sería aproximadamente diez veces más alto que el costo de enfocarse únicamente en los activos expuestos a las amenazas consideradas. Así, de manera análoga al mapeo de los activos de infraestructura clave en función de su nivel de exposición, la identificación de los grupos de usuarios más vulnerables también constituye un principio esencial para la promoción de la resiliencia de la infraestructura en armonía con las nociones de eficiencia y, principalmente, de sostenibilidad.

En cuanto a la infraestructura, más allá del entendimiento de las relaciones entre eficiencia y resiliencia, se hace necesaria la adopción de un abordaje analítico y de formulación de políticas que asuma la sostenibilidad como elemento integrador. Comprendida de ese contexto, la resiliencia de la infraestructura podría generar múltiples beneficios, como ya ha sido discutido: los directos –evitando las pérdidas y daños resultantes de la materialización de los riesgos (incluyendo las vidas humanas)– y los indirectos –la creación de un ambiente más predecible y favorable para inversiones, potenciando la competitividad económica–. Autores como Tanner y otros (2015) señalan, aún, la posible generación de un tercer tipo de efecto de la resiliencia, identificado como cobeneficios al desarrollo. Estos efectos pueden variar significativamente según el tipo de intervención, pero pueden incluir la mitigación del cambio climático y la promoción de la igualdad de género en la gobernanza de la infraestructura. No obstante, aún más importante, en el caso de la infraestructura resiliente, es el beneficio de cumplir plenamente las funciones para qué fue proyectada, aunque en la ausencia de la materialización de cualquier riesgo. En este escenario, los beneficios de la infraestructura resiliente se harían presentes en todas las esferas aquí consideradas –es decir, la misma resiliencia, la eficiencia y, de forma más amplia, la sostenibilidad–.

IV. El caso de América Latina y el Caribe

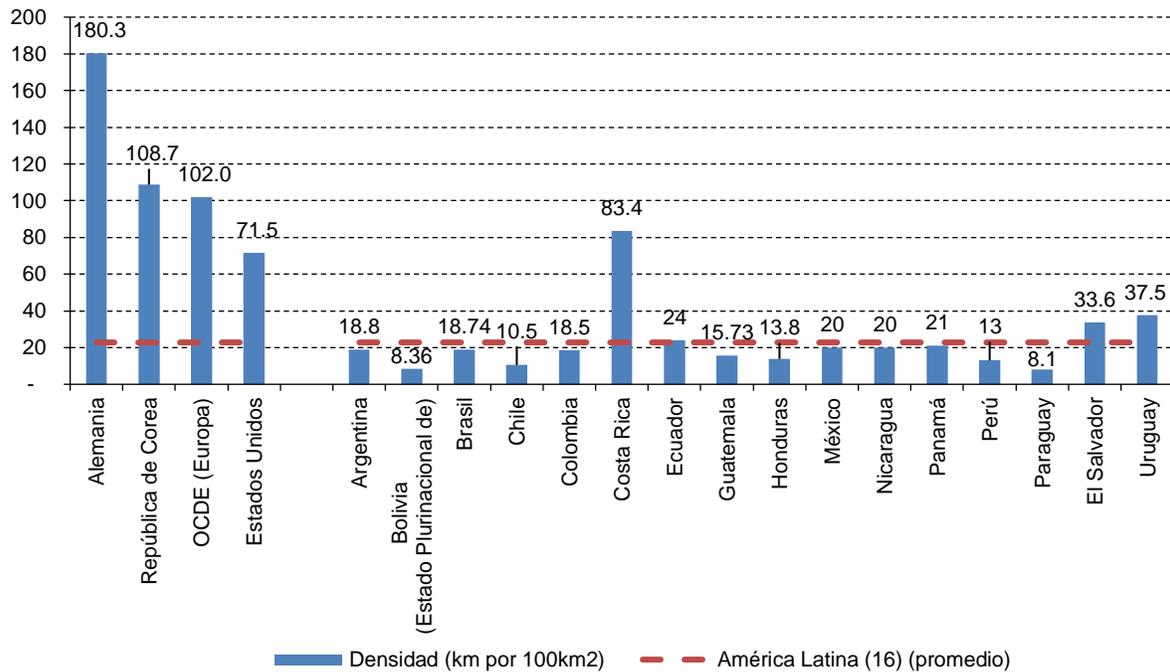
A. La resiliencia y el estado de la infraestructura en la región

El debate acerca de la resiliencia es un ejercicio fundamental para la elaboración e implementación de políticas de infraestructura en América Latina y el Caribe. Ello se debe a la reunión de factores que, además de determinar un alto grado de exposición y sensibilidad de los sistemas de la región a peligros de naturaleza diversa, impiden el desarrollo de mayor capacidad de respuesta y recuperación frente a dichas amenazas –por parte de las mismas redes de infraestructura y, de manera más amplia, de sus múltiples usuarios–.

América Latina y el Caribe, en general, están por debajo de las economías avanzadas y de los países emergentes asiáticos en cantidad y calidad de infraestructura. En términos de la provisión de servicios básicos, la evidencia empírica disponible revela necesidades todavía no cubiertas en la región: en 2014, por ejemplo, había 18,5 millones de personas sin acceso a electricidad en los países latinoamericanos y caribeños; en 2015 había 24 millones sin acceso a fuentes mejoradas de abastecimiento de agua potable, y 90 millones sin instalaciones de saneamiento mejoradas (Sánchez y otros, 2017).

Con respecto a la infraestructura de transporte, indicadores de calidad y de cantidad –como la densidad de la red vial– corroboran la constatación del retraso de los países de la región frente a otras economías (gráfico 4). En 2015, la extensión promedio de la red vial en América Latina (16 países considerados) era de 22,8 km por 100 km², un nivel mucho inferior al de países como Alemania (180,3 km), República de Corea (108,7 km) y los Estados Unidos (71,5 km). Hay, además, un alto grado de heterogeneidad entre y dentro de los países de la región: en países de dimensiones continentales, como Brasil, el indicador de densidad vial per cápita varía notablemente según la subregión analizada.

Gráfico 4
América Latina y los países y regiones seleccionados: densidad de la red vial total, 2015



Fuente: Chauvet y otros (2020).

En cuanto a la calidad de la infraestructura vial, solamente 23% de las carreteras en América Latina están pavimentadas, concentrándose estas principalmente en los corredores viales principales y zonas urbanas, pese a que las vías secundarias y terciarias representan aproximadamente 85% de la red total. Además, los caminos rurales inciden significativamente en la competitividad internacional de los países de la región, ya que constituyen la vía por la cuales transitan más del 88,7% del volumen de las exportaciones de recursos naturales que la región exporta (Pérez-Salas, 2020).

Según datos del Índice de Competitividad Global del Foro Económico Mundial (2018), países de América Latina y el Caribe ocupan algunas de las peores posiciones en cuanto al indicador de calidad de las carreteras²¹ (Guatemala, Paraguay y Haití ocupan las posiciones 128, 129 y 139 en un universo de 140 países). Si se comparan solamente a los países de ingreso medio-alto (categoría que reúne la mayor parte de los países latinoamericanos y caribeños), el desempeño de la región en ese ámbito tampoco es mejor: entre los diez países con el desempeño más bajo en calidad de las vías, seis están en la región: Perú, Brasil, Venezuela (República Bolivariana de), Costa Rica, Guatemala y Paraguay.

Más allá de la brecha de infraestructura física observada en América Latina y el Caribe, una gran cantidad de servicios de infraestructura no operan adecuadamente en la región, generando estrangulamientos al crecimiento sostenible. Como ejemplos, se pueden mencionar: los problemas de congestión del transporte en las carreteras o en las ciudades latinoamericanas y caribeñas; las interrupciones frecuentes de los distintos servicios, como agua, luz y telecomunicaciones principalmente en el Caribe; las inundaciones por falta de inversiones en nuevas instalaciones o en mejoras a las antiguas infraestructuras de agua; y los impactos negativos en el medio ambiente debido al empleo de tecnologías ineficientes u obsoletas en el sector de infraestructura. Si se consideran las

²¹ El indicador de calidad de la infraestructura vial refleja el estado y la extensión de las carreteras en un país, y varía entre 1 (peor calidad) y 7 (mejor calidad) (Foro Económico Mundial, 2018).

proyecciones de crecimiento demográfico, la infraestructura actual no es suficiente ni adecuada para las necesidades de la región. Aún más: se espera que hasta el año 2030 la población de América Latina y el Caribe aumente en 58 millones de personas en comparación a 2019, dando lugar a una presión aún mayor sobre la infraestructura existente (Sánchez y otros, 2017; CEPAL, 2019).

Como afirman Sánchez y otros (2017), una causa importante de la escasez y de la baja calidad de la infraestructura y sus servicios en América Latina y el Caribe son los bajos niveles de inversión pública y privada en dicho sector. Esta constatación está basada no solamente en la comparación de los niveles de inversión observados en los países de la región con indicadores de otras economías²², sino que también en criterios definidos en base a las mismas carencias de infraestructura de la región. En otras palabras, persiste en la región una brecha entre los niveles de inversión y las necesidades de infraestructura, sean estas las que se debe atender para alcanzar la cobertura universal en términos de la provisión de servicios básicos, o sean ellas estimadas considerando la necesidad de acompañar el crecimiento proyectado en la actividad económica y en la dinámica poblacional²³.

La brecha de infraestructura en cuanto a su calidad y cantidad está asociada a la persistencia de barreras a que se alcancen mayores niveles de resiliencia (CAF, 2016; Cerra y otros, 2016; Sánchez y otros, 2017; BNamericas, 2018). Dicho efecto recae no solamente a la infraestructura misma (por ejemplo, afectando la capacidad de los activos y servicios de transporte para resistir y responder a las perturbaciones), sino que también tiene impactos sobre las capacidades de respuesta de las economías, comunidades e individuos en América Latina. Al fin, más allá del mantenimiento de las funciones vitales de la sociedad, la existencia de canales adecuados para la provisión y distribución de servicios y productos básicos es clave para minimizar los impactos y el tiempo necesario para la recuperación tras la ocurrencia de un desastre, por ejemplo. Por otra parte, la infraestructura crítica no resiliente puede actuar como multiplicadora de peligros, aumentando la severidad de un evento disruptivo por medio de efectos en cascada a través de distintos sectores (Fisher y Gamper, 2017).

También se debe enfatizar que la falta de infraestructura aumenta el estrés en los activos existentes, que a menudo están sobrecargados y más expuestos al riesgo de interrupción. Además del aumento de la vulnerabilidad de los sistemas, su desgaste más rápido debido a la sobreutilización tiene como resultado mayores costos de mantenimiento, reforzando la escasez de recursos financieros para la inversión en nueva infraestructura y manteniendo a los países de la región atrapados en un círculo vicioso. Asimismo, dado que comúnmente existe una excesiva dependencia de activos específicos y una insuficiente redundancia en los sistemas de infraestructura, los impactos resultantes de eventos disruptivos generalmente tienen su alcance e intensidad magnificados.

Una evaluación de los impactos de shocks sufridos por la infraestructura sobre sus usuarios la hacen Rentschler y otros (2019) y Hallegatte, Rentschler y Rozenberg (2019). A partir de las encuestas de empresas realizadas por el Banco Mundial (Enterprise Surveys, 2020)²⁴, se estimaron los costos impuestos por la infraestructura vulnerable a empresas ubicadas en diversos países, incluyendo a los de América Latina y el Caribe, considerando factores como los impactos de las interrupciones de suministro de electricidad sobre las ventas de las firmas. Estos son, como resaltan los autores, solamente una de las vías por medio de las cuales las empresas se pueden ver afectadas por la ausencia de resiliencia de la infraestructura a eventos disruptivos: cuando confrontadas con el corte de servicios básicos, las firmas se ven obligadas a operar a un nivel inferior a su capacidad, a reducir sus ventas y a retrasar la entrega

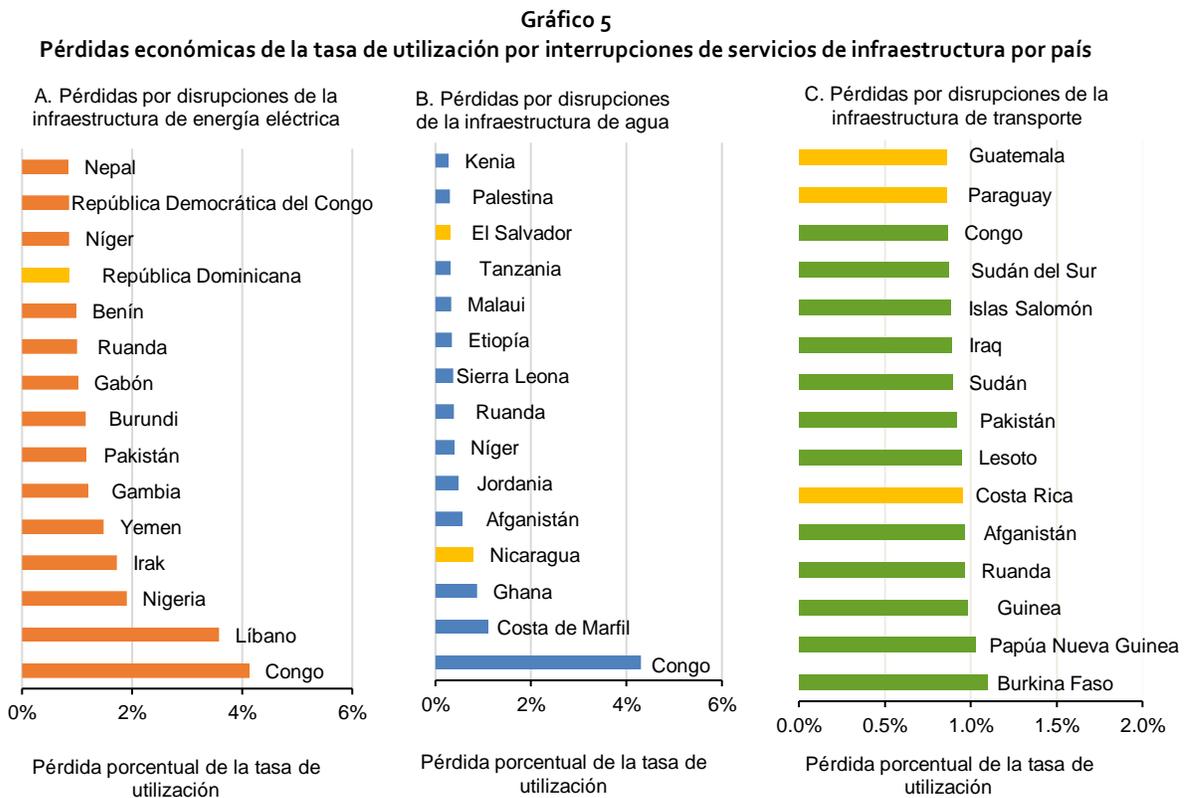
²² Por ejemplo, el nivel promedio de inversión en transporte terrestre (carreteras y ferrocarriles) en América Latina y el Caribe (representados por 19 países) en el periodo 2008-2015 era de US\$ 100 per cápita (a precios de 2010), mientras que para la Unión Europea (27 países) ese nivel era superior a US\$ 250 per cápita.

²³ En la región, la inversión total en infraestructura medida como porcentaje del PIB alcanzó un promedio anual de 2,2% desde 2000 hasta 2015. Las estimaciones de las necesidades de inversión (incluido mantenimiento y reparaciones) varían en un rango de 3,7% y 7,4% del PIB de acuerdo con los escenarios proyectados para la evolución del PIB regional (Sánchez y otros, 2017).

²⁴ La muestra consiste en 143 mil empresas de 137 países de bajo o mediano ingreso.

de productos. Sin embargo, más allá de esos efectos inmediatos, el grado de innovación y las decisiones de inversión por parte de las firmas también dependen de la confiabilidad de los servicios de infraestructura de los cuales son usuarias.

En el caso de la electricidad, por ejemplo, es posible afirmar que redes de transmisión y distribución poco robustas y que no cuenten con elementos de respaldo generan sobrecostos (debido a factores como las pérdidas de energía en la red, el costo de oportunidad de los consumidores y el costo de mantener generadores), lo que resulta en ineficiencias y pérdidas agregadas de competitividad. Servicios de suministro de agua poco fiables pueden implicar gastos adicionales con fuentes alternativas por parte de las firmas, mientras que las decisiones de ubicación de las empresas pueden ser influenciadas por el nivel de confiabilidad de los servicios de transporte y telecomunicaciones, también con implicaciones negativas con respecto a costos operativos y competitividad. La baja resiliencia de cualquier servicio de infraestructura económica inflige impactos sobre las ventas y la tasa de utilización²⁵ de las firmas. El gráfico 5 presenta la lista de los países de mediano o bajo ingreso cuyas empresas presentan las mayores pérdidas de la tasa de utilización ocasionadas por interrupciones de los siguientes servicios de infraestructura: suministro de energía eléctrica, suministro de agua, y transporte (Rentschler y otros, 2019; Hallegatte, Rentschler y Rozenberg, 2019).



Fuente: Elaboración propia sobre la base de Rentschler y otros (2019) y Hallegatte, Rentschler y Rozenberg (2019).
Nota: El destaque a los países de América Latina y el Caribe es de responsabilidad del autor.

²⁵ La tasa de utilización de capacidad es un indicador comúnmente adoptado para medir la productividad de firmas o la productividad agregada de la economía. Como explican Rentschler y otros, (2019), esa tasa mide la efectividad con que una firma convierte insumos en productos. En una firma, tasas más bajas de utilización de capacidad afectan las ventas y la productividad de los factores de producción.

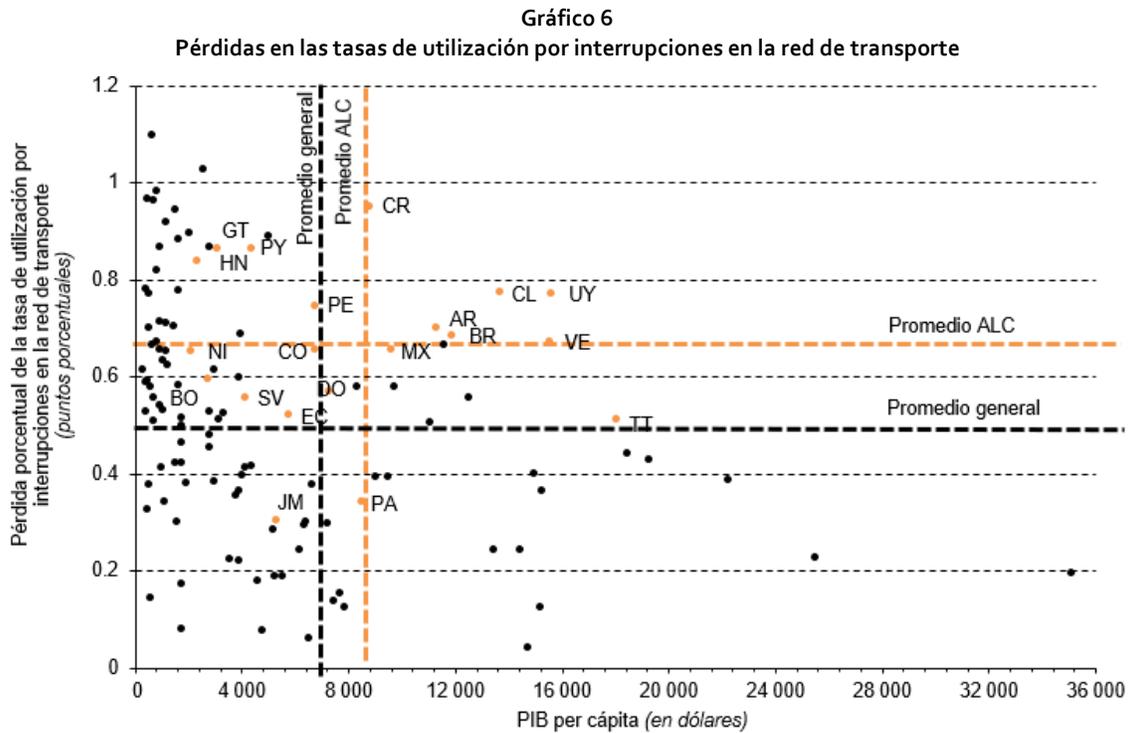
Es posible observar que, en el conjunto de economías en las cuales las empresas sufren, en general, más pérdidas relativas en función de interrupciones en los servicios de infraestructura económica, figuran algunos países latinoamericanos: República Dominicana (0,86 puntos porcentuales), en el caso de las disrupciones de la infraestructura de energía eléctrica; Nicaragua (0,79 puntos porcentuales) y El Salvador (0,31 puntos porcentuales) en el caso de las disrupciones de la infraestructura de agua; y Costa Rica (0,95 puntos porcentuales), Paraguay (0,86 puntos porcentuales) y Guatemala (0,86 puntos porcentuales), en el caso de las disrupciones de la infraestructura de transporte.

Según los resultados del modelo empleado por Rentschler y otros (2019) y Hallegatte, Rentschler y Rozenberg (2019), las interrupciones de los servicios de infraestructura de transporte desempeñan un rol preponderante en el total de pérdidas en las tasas de utilización de las firmas: en el nivel global, más de dos tercios de dichas pérdidas se deben a la baja confiabilidad de la infraestructura de transporte. Al paso que las pérdidas por disrupciones en el suministro de electricidad suman US\$ 38 mil millones y las provenientes de interrupciones en el suministro de agua corresponden a US\$ 6 mil millones, se estima que la infraestructura de transporte es responsable de pérdidas del orden de US\$ 107 mil millones –0,42% del PIB de los países analizados–. Además, las pérdidas vinculadas al transporte parecen afectar a todos los países de forma más uniforme y menos correlacionada con parámetros como el ingreso per cápita.

De hecho, es con respecto a las pérdidas por la infraestructura de transporte que se destacan negativamente los países de América Latina y el Caribe en los estudios de Rentschler y otros (2019) y Hallegatte, Rentschler y Rozenberg (2019): a pesar de que las empresas ubicadas en los países de la región sufren, en promedio, menores pérdidas de la tasa de utilización ocasionadas por disrupciones de las infraestructuras de agua y electricidad que el conjunto de países de bajo y mediano ingreso analizados, las interrupciones de los servicios de transporte infligen, en promedio, impactos más severos a las empresas latinoamericanas y caribeñas que a las de otras regiones. Si son analizadas en su contexto y de forma integrada a otras evidencias, las altas pérdidas en las tasas de utilización por interrupciones en los sistemas de transporte pueden ser interpretadas como un reflejo de la baja calidad o, sencillamente, de la falta de infraestructura en los países de América Latina y el Caribe y por ende, sus bajos niveles de resiliencia.

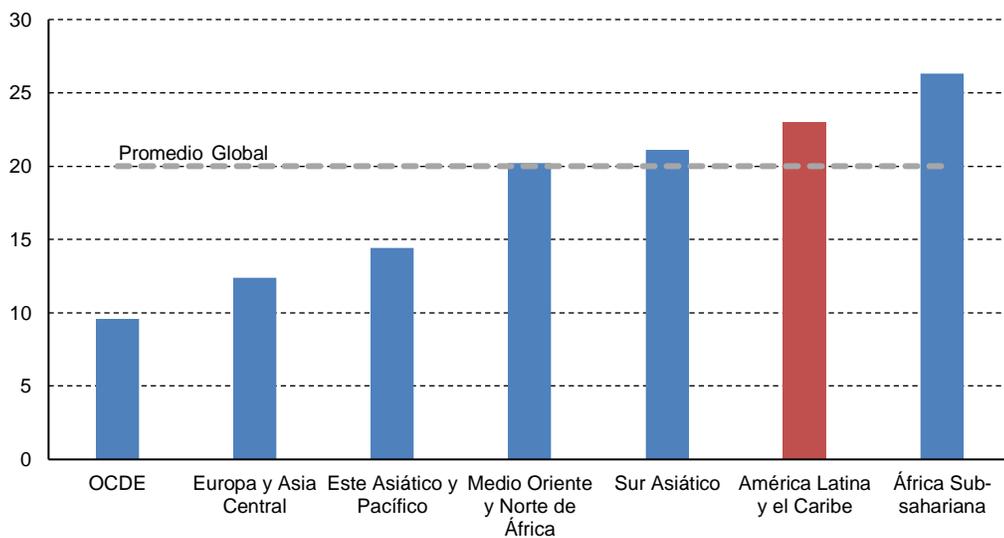
El siguiente gráfico 6 ilustra, para un universo de países de ingreso mediano o bajo, las pérdidas de las tasas de utilización de las firmas, ocasionadas por disrupciones en la infraestructura de transporte. Se puede observar que, aunque el PIB per cápita promedio de los países de América Latina y el Caribe sea más alto que el promedio del total de países analizados (US\$ 8.196 y US\$ 5.484, respectivamente), las pérdidas de la tasa de utilización asociadas a interrupciones de los servicios de transporte son más altas para los países latinoamericanos y caribeños que para la muestra de países analizados (0,66 y 0,52 puntos porcentuales, respectivamente). Se destaca el caso de países como Argentina, Brasil, Chile, Costa Rica y Uruguay, los cuales, a pesar de contar con PIB per cápita más alto que el promedio de todos los países considerados –y mismo superior al promedio regional– presentan pérdidas de la tasa de utilización más altas que el promedio regional.

En una línea similar, datos de la misma encuesta indican que América Latina y el Caribe son una de las regiones del mundo con más alto porcentaje de empresas que identifican en el transporte un importante obstáculo a sus operaciones: 23% de las empresas, frente a un promedio global de 20% y de 9,6% para los países de la OCDE. Solamente las empresas ubicadas en países de África Sub-sahariana (26,3%) superan al promedio de las empresas latinoamericanas y caribeñas. En un análisis subregional, las empresas en los países de América del Sur (26,6%) y de Centroamérica (26,2%) parecen enfrentar, en promedio, más problemas relacionados a la infraestructura de transporte que las firmas ubicadas en los países del Caribe (16%). Los siguientes gráficos ilustran los resultados de la encuesta por región del mundo (gráfico 7) y por subregión de América Latina y el Caribe (gráfico 8).



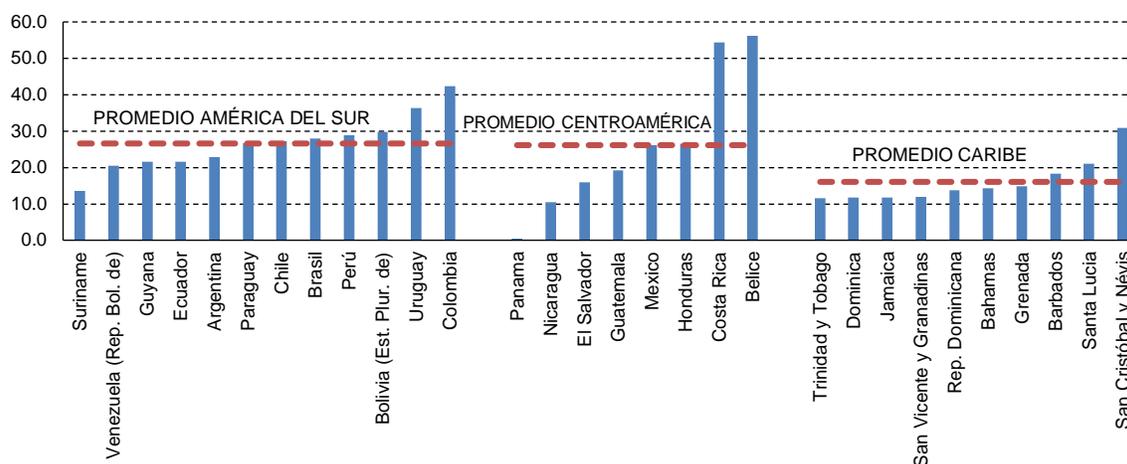
Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos de Rentschler y otros (2019) y Hallegatte, Rentschler y Rozenberg (2019).
 Nota: Las líneas punteadas verdes corresponden a los promedios del PIB per cápita y de las pérdidas de la tasa de utilización para los países de América Latina y el Caribe. Las líneas negras corresponden a los promedios para el conjunto de los países analizados. El destaque a los países de América Latina y el Caribe es de responsabilidad del autor.
 Acrónimos: AR: Argentina; BO: Bolivia; BR: Brasil; CL: Chile; CO: Colombia; CR: Costa Rica; DO: República Dominicana; EC: Ecuador; GT: Guatemala; HN: Honduras; JM: Jamaica; MX: México; NI: Nicaragua; PA: Panamá; PE: Perú; PY: Paraguay; SV: El Salvador; TT: Trinidad y Tobago; UY: Uruguay; VE: Venezuela.

Gráfico 7
Empresas que identifican el transporte como obstáculo a sus operaciones por región/grupo de países



Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos de la encuesta de empresas del Banco Mundial (Enterprise Surveys, 2020).

Gráfico 8
Empresas que identifican el transporte como obstáculo a sus operaciones por subregión de América Latina y el Caribe
(En porcentajes)



Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos de la encuesta de empresas del Banco Mundial (Enterprise Surveys, 2020).

Diversos factores pueden estar relacionados a las altas pérdidas de la capacidad de utilización de las empresas de los países latinoamericanos y caribeños debido a interrupciones en las redes de transporte, así como al entendimiento de esas mismas redes como un obstáculo a las actividades productivas. Uno de ellos es la insuficiente aplicación de recursos para la conservación de la infraestructura de transporte en la región. Como ocurre en otros conjuntos de países en desarrollo, el mantenimiento de la infraestructura existente en América Latina y el Caribe no ha recibido la misma atención que proyectos greenfield –en particular los de gran visibilidad–, lo que tiene claras implicaciones en términos de costos (Fay y Morrison, 2007).

Según Donnges y otros (2007), a lo largo de la vida útil de una carretera, el costo anual de conservación corresponde a una pequeña parte del costo de la inversión inicial (generalmente del 2 al 3% para carreteras principales y del 5 al 6% para zonas rurales sin carreteras pavimentadas). Por otra parte, sin la adecuada conservación de la infraestructura, los beneficios que aporta a la sociedad se pierden con el tiempo. El Banco Mundial (Heggie y Vickers, 1998), por ejemplo, encontró que el costo total adicional debido a la insuficiente conservación vial en América Latina ha alcanzado la cifra de 1,2 mil millones de Euros al año.

Según Bull y Schliessler (1994), los países que mantienen su red de carreteras en malas condiciones están expuestos a serias consecuencias económicas. El rápido deterioro de las vías que no son bien conservadas se traduce en sobrecostos para la operación de vehículos, en una vida útil más corta de los activos, y en rehabilitaciones y reconstrucciones que podrían evitarse, ascendiendo anualmente a cifras entre el 1% y el 3% del PIB. Teniendo en cuenta otros factores, no necesariamente incluidos en esos excesos de costos, cómo la pérdida de producción o la imposibilidad de colocar los productos en los mercados, y siniestros de tránsito, esta cifra puede aumentar significativamente, alcanzando magnitudes similares a las tasas de crecimiento de la economía. Sin embargo, autores como Rioja (2003) han encontrado, para un conjunto de países latinoamericanos, que el aumento en 1 punto porcentual de la proporción del PIB utilizada para el mantenimiento de la infraestructura podría revertirse en un crecimiento del PIB del orden de 1,87% en comparación con el escenario business-as-usual.

En los países de América Latina y el Caribe, la baja disponibilidad de datos hace que sea escasa la evidencia documental de la subinversión en mantenimiento de la infraestructura, dificultando un análisis más profundo del tema. Sin embargo, autores como Pastor (2019) señalan que indicadores como el estado de la red vial pueden ser utilizados como proxy del mantenimiento de dicha infraestructura. La autora encuentra, por ejemplo, que un promedio de 21% de la red vial primaria pavimentada en América Latina y el Caribe se encuentra en mal estado de conservación, y que países de Centroamérica (Costa Rica y El Salvador, principalmente)²⁶ son los que presentan los peores indicadores. También hay evidencias de altos índices de pérdidas físicas de agua (un promedio de 41% del agua ofertada en un conjunto de países de América Latina y el Caribe²⁷ se pierde entre la producción y el punto de consumo final) y de interrupciones eléctricas de larga duración (un promedio de 28 horas de corte para un grupo de seis países)²⁸.

A pesar de que la infraestructura existente en los países de América Latina y el Caribe no es comúnmente objeto de conservación y mantenimiento adecuados, la forma como se encuentra configurada –tecnológica y espacialmente– sigue determinando, en gran medida, los patrones de construcción de nuevos activos y redes de infraestructura. Un ejemplo emblemático es dado por la distribución modal del transporte en América Latina y el Caribe, altamente concentrada en el modo carretera y responsable de generar externalidades negativas significativas, como la alta congestión y el elevado volumen de emisiones de gases de efecto invernadero.

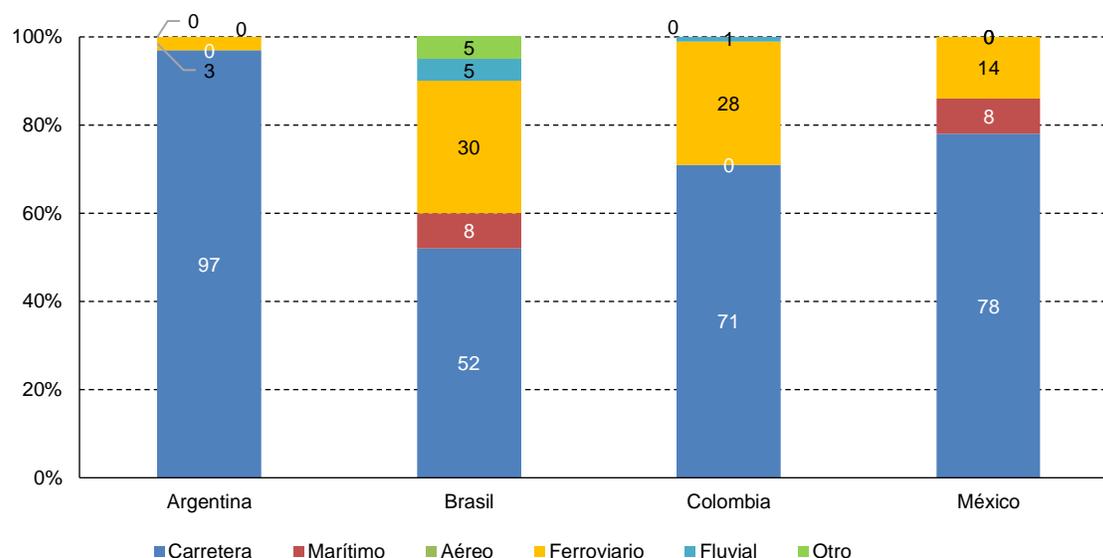
Como señalan Wilmsmeier y Spengler (2015), el transporte automotor es responsable de movilizar más de 70% de las cargas nacionales en América Latina. En algunos países, como Argentina, las carreteras son el medio por el cual se mueve casi la totalidad de la carga comercializada domésticamente: 97%, según los datos más recientes disponibles (gráfico 9). Con respecto al transporte de carga entre los países de la región (comercio intrarregional), se debe resaltar que, aunque se mantenga el predominio del modo marítimo, la participación del transporte automotor de carga ha crecido de forma considerable en los últimos años (Barbero y Guerrero, 2017).

²⁶ Es importante tener en cuenta las limitaciones presentes en los datos, ya que la percepción de qué son consideradas malas condiciones de la red vial puede variar de un país al otro. Además, las metodologías utilizadas y el año a que se refieren los datos no coinciden, necesariamente, para todos los países evaluados. Eso puesto, se reconoce la gran importancia de indicadores como los mencionados para orientar el análisis y la elaboración de políticas en la ausencia de datos más precisos.

²⁷ Argentina, Barbados, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, México, Panamá, Paraguay, Perú y Uruguay.

²⁸ Argentina, Brasil, Colombia, Ecuador, Panamá y Uruguay.

Gráfico 9
Distribución del transporte doméstico de carga por modo por país
 (En porcentajes)



Fuente: CEPAL (2018).

El análisis de la evolución de la proporción de uso de cada modo de transporte en los países de América del Sur indica que esta ha permanecido, en gran medida, estable a lo largo de las últimas décadas. De hecho, difícilmente se podría esperar un cambio relevante en el reparto modal de transporte en los países, mientras no se generen cambios importantes en la inversión pública en infraestructura en la región. En el período 2008-2016, los países de América Latina y el Caribe invirtieron, en promedio, el 1,2% del PIB en infraestructura de transporte, de los cuales 76,1% se orientaron a las carreteras. Además, la mayor parte de las obras en la agenda de proyectos de la Iniciativa para la Integración de la Infraestructura América del Sur (IIRSA) entre 2011 y 2017 correspondió a la construcción y rehabilitación de carreteras, reproduciendo los patrones existentes de inversión (CEPAL, 2019).

Dicha tendencia es particularmente preocupante, pues pone de manifiesto el desaprovechamiento del alto potencial de otros modos de transporte en la región, como las vías navegables interiores, el transporte marítimo de corta distancia o el propio ferrocarril, y evidencia el estancamiento de una distribución modal no necesariamente eficiente (Wilmsmeier y Spengler, 2015). Son diversos los estudios que han concluido que una distribución equilibrada entre modos de transporte contribuye a la resiliencia de sistemas de logística y movilidad. Simulaciones llevadas a cabo en países europeos, como Alemania y Holanda, por ejemplo, han encontrado que la combinación de distintos modos de transporte en una misma ruta logística tiene efectos positivos sobre la robustez del sistema, es decir, eleva su capacidad de mantener determinado nivel de funcionalidad mientras es sometido a un evento disruptivo (Tavasszy y otros, 2017; Van Dam, 2017; Tavasszy, 2018).

Más allá de tener implicaciones directas sobre la resiliencia del sistema de transporte y de las cadenas logísticas –altamente dependientes de la infraestructura vial y, en la mayoría de los casos, desprovistas de redundancia– la concentración modal contribuye al aumento de los estreses que pueden afectar a la misma infraestructura en el futuro (recuadro 3). De esta manera, la configuración del sistema de transporte es un ejemplo de que la capacidad de respuesta de la infraestructura a eventos adversos está vinculada, en última instancia, a decisiones de política tomadas en contextos históricos específicos, reflejando un fenómeno de path dependence asociado al lock-in de la infraestructura y de

las tecnologías en que está basada. Las consecuencias las sienten y pagan los usuarios presentes y futuros de los servicios de infraestructura.

Recuadro 3
El paro de los camioneros en Brasil (2018)

En mayo de 2018, un paro de camioneros en Brasil provocó una crisis de suministro en todo el país, con la consecuente interrupción de servicios básicos –como transporte público urbano, recolección de basura, oferta de servicios de salud, y suministro de agua y gas–. Se estima que la huelga haya costado al país R\$ 15 mil millones, o el 0,2% del PIB, según estimaciones del Ministerio de Hacienda, además de haber afectado a cadenas logísticas en otros países de la región, como Chile y Argentina.

El episodio ha evidenciado la gran fragilidad de los sistemas urbanos en América Latina, cuyo abastecimiento de bienes e insumos depende casi exclusivamente del transporte por carretera. Dichos sistemas rompen, por lo tanto, con la diversidad y la redundancia, considerados principios esenciales de la resiliencia.

En este caso, la dependencia de las ciudades brasileñas al modo de transporte vial las ha convertido en sistemas altamente vulnerables a disrupciones como la huelga que se llevó a cabo en 2018. Sistemas de transporte de carga que cuenten con componentes variados (i.e., distribuido entre modos como el ferrocarril, fluvial, marítimo y aéreo) son, en general, más resilientes que los demás y permiten que algunos componentes compensen la pérdida o el fallo de otros.

Más allá de las vulnerabilidades relacionadas a la concentración del transporte de carga por el modo carretera, la huelga de los camioneros ha puesto de manifiesto, también, la dependencia que tiene el país con respecto al transporte individual motorizado y a los combustibles fósiles, específicamente el diesel. El hecho de que en Brasil el transporte público y de particulares, tal como el de carga, está basado en una matriz energética fósil, y que los combustibles derivados del petróleo también son distribuidos por carreteras, genera un alto grado de exposición del país a los impactos de shocks de producción o importación del producto, a cambios en la capacidad de abastecimiento y distribución de los combustibles, y a la variabilidad de los precios en función de decisiones de políticas.

La mitigación de la alta vulnerabilidad de la infraestructura de transporte a eventos similares en el futuro se podría promover a partir de una estrategia de planificación y diseño de un sistema comodal, i.e., en una logística y movilidad que se apoyen en la complementariedad entre distintos modos de transporte.

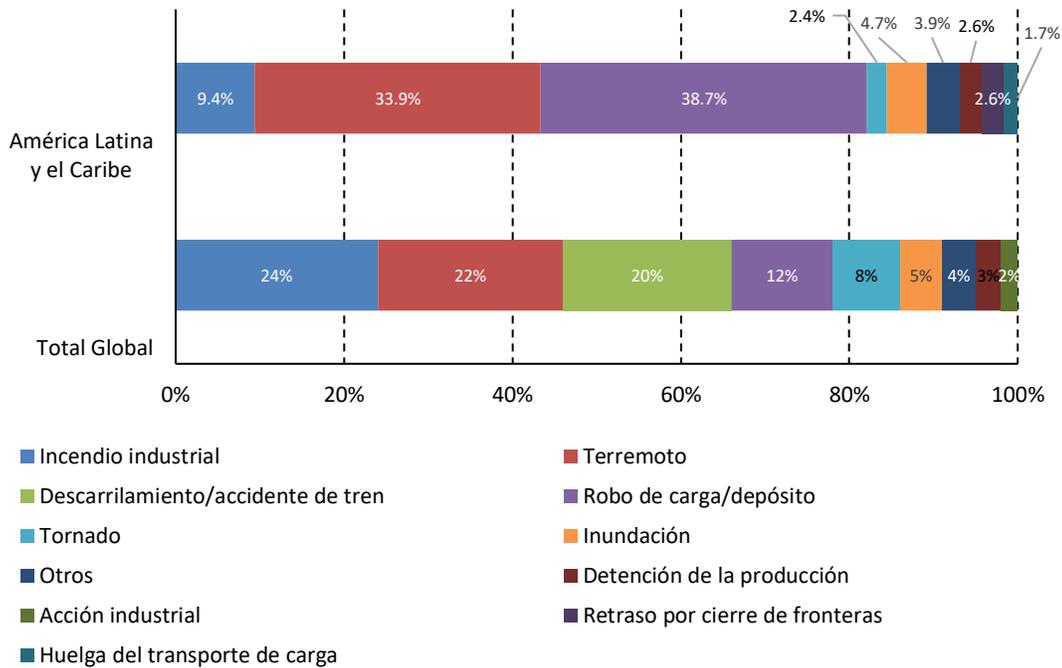
Fuente: Elaboración propia.

Los resultados del estudio elaborado por DHL Resilience360 (2020), en que se han recopilado datos de riesgos e incidentes enfrentados por empresas de todo el mundo a lo largo del año 2019²⁹, permiten extraer conclusiones complementares a las anteriores. En América Latina y el Caribe, los disturbios civiles han representado una porción importante de los incidentes reportados (aproximadamente 20%), lo que se explica, entre otras razones, por la emergencia de grandes estallidos sociales –en particular los observados en los países de América del Sur en el último trimestre del año 2019, de los cuales han derivado interrupciones en servicios como el transporte público y el suministro de productos básicos–. Desastres y eventos climáticos extremos también fueron responsables de una parte significativa de los incidentes reportados en 2019, entre los cuales cabe mencionar el huracán Dorian en el Caribe.

Sin embargo, al analizar los incidentes considerados como “de alto impacto”, i.e. los cuales han generado efectos significativos sobre las cadenas productivas, se hace aún más notable la variación de la distribución de las causas de disturbios en América Latina y el Caribe con respecto al total mundial (gráfico 10). Por ejemplo, la región se revela particularmente vulnerable a los impactos de los terremotos (33,9% de los incidentes de alto impacto), lo que responde, en parte, a la exposición de muchos países de la región a ese tipo de evento sísmico.

²⁹ Este análisis no considera el COVID-19, que hizo su aparición con posterioridad al cierre del estudio.

Gráfico 10
América Latina y el Caribe y mundo: distribución de incidentes de alto impacto en 2019, por tipo
(En porcentajes)



Fuente: Elaboración propia sobre la base de DHL Resilience360 (2020).

Nota: Los datos de América Latina y el Caribe no consideran los incidentes en México, los cuales han sido contabilizados junto a los países de América del Norte.

Merece destaque, asimismo, el hecho de que el robo de cargas y depósitos haya representado un 38,7% de los incidentes de alto impacto en 2019 –una cifra muy superior al promedio mundial (12%), y que impone graves consecuencias a toda la cadena logística, de productores a consumidores finales de bienes y servicios–. Además de los impactos sobre la integridad física y psicológica de los conductores, los robos afectan las operaciones diarias, aumentando los costos, encareciendo los servicios y, en última instancia, afectando negativamente la competitividad de las economías latinoamericanas (Villalobos, 2010).

De hecho, algunos países de la región ocupan puestos entre los países más peligrosos para el transporte de superficie en el mundo: es el caso de México y Brasil, según relevamiento de FreightWatch International (2011). Datos más recientes sobre robos en carreteras confirman la permanencia de esos fenómenos, en particular en América del Sur. Esa subregión detiene la tasa de secuestro de camiones más alta del mundo, bien como el valor mediano más alto de las cargas robadas (US\$100 mil, en comparación a US\$11 mil en algunos países asiáticos), según datos relativos al año de 2019 (BSI y TT Club, 2020).

Como constata Pérez-Salas (2013), a partir de un estudio de diez casos nacionales contruidos con información de asociaciones logísticas, compañías de seguros y medios, y validados mediante entrevistas con actores regionales, encontró que los crímenes de robo de carga en los países de América Latina son, en general, resultado de procesos de vigilancia, por parte de organizaciones criminosas, en función de los envíos. El estudio también encontró que las áreas más vulnerables a los robos eran terminales de carga, áreas cercanas a puertos o aeropuertos, infraestructuras de transferencia logística y transporte de mercancías zonas de consolidación.

B. La infraestructura en América Latina y el Caribe frente a grandes desafíos

En América Latina y el Caribe, los factores discutidos anteriormente, como la insuficiente inversión en infraestructura, el mantenimiento deficiente, la concentración modal en las redes de transporte y la alta vulnerabilidad a robos y otros actos delictivos vinculados a la logística de carga, son ejemplos de la diversidad de procesos que afectan la resiliencia de un sistema. En otras palabras, la baja capacidad de respuesta de los servicios y usuarios de la infraestructura en la región a eventos disruptivos responde a dinámicas económicas, sociales y políticas de largo plazo, y que deben ser tomadas en cuenta de forma integrada por tomadores de decisiones.

A título de ejemplo, se pueden mencionar los altos niveles de exposición y de vulnerabilidad de la región a eventos extremos, un hecho cuyas implicaciones sobre la infraestructura han sido el objeto de amplia investigación. Según datos del Índice Global de Riesgo (World Risk Index), más de 60% de los países de la región presentan nivel medio, alto o muy alto de riesgo a desastres (Bello y otros, 2018). Además, las consecuencias económicas de esos eventos (por veces llamados equivocadamente de “desastres naturales”) han sido considerables: según un estudio elaborado por SELA (2017), entre 1960 y 2016, los daños económicos resultantes de desastres en la región han alcanzado una cifra superior a US\$ 212 mil millones, lo equivalente a 7% del total mundial y un promedio de 0,25% del PIB anual regional³⁰.

Más allá de los desastres, en un escenario en que se agudizan las incertezas y el panorama global de riesgos se hace más complejo, los desequilibrios y carencias que se han observado históricamente en América Latina y el Caribe contribuyen a que la región esté particularmente vulnerable a nuevas amenazas (Foro Económico Mundial, 2020). Estas pueden tener origen natural (por ejemplo, sequías, terremotos, condiciones meteorológicas extremas), tecnológico (por ejemplo, colapso de estructuras, amenazas cibernéticas) o socioeconómico (por ejemplo, conflictos sociales, huelgas laborales, crisis de suministro). En todos estos dominios, riesgos a que no se solía atribuir gran relevancia se han convertido en el objeto de preocupación por parte de las sociedades, en particular en esta región.

1. COVID-19

A pesar de que muchos países de América Latina y el Caribe han experimentado –y siguen experimentando– brotes de enfermedades infecciosas (como el dengue o el zika, por ejemplo), la región está poco preparada para hacer frente a sus efectos de propagación. Su impacto en la resiliencia de las cadenas de suministro ha quedado de manifiesto con la pandemia de la COVID-19, la cual, por sus dimensiones globales, los elevados índices de contagio y el imperativo de las medidas de cuarentena, autoaislamiento y distanciamiento social como única estrategia para mitigar el avance del contagio, ha creado un escenario social y económico sin precedentes en la región.

Al ejemplo de las consecuencias observadas en otras partes del mundo, la pandemia ha llevado a la interrupción de parte significativa de las actividades productivas en América Latina y el Caribe, principalmente aquellas vinculadas a la construcción, combustibles y turismo, además de la consiguiente contracción de demanda (CEPAL, 2020a). Como consecuencia, el COVID-19 podrá dar lugar a la peor recesión de la historia de la región, con una contracción promedio del PIB del orden de 9,1% (CEPAL, 2020b). Se proyecta, también, que el valor de las exportaciones de la región caerá un 23%, con una disminución de los precios del 11% y una contracción del volumen del 12%, mientras que el valor de las importaciones de la región se contraerá un 25% (CEPAL, 2020c).

La pandemia de la COVID-19 tiene varias características particulares, entre ellos el hecho de que, a distinción de otros tipos de amenazas, las interrupciones sufridas por la infraestructura no consisten

³⁰ Entre 1980 y 2014.

necesariamente en consecuencias directas de la enfermedad, sino que efectos colaterales de las medidas adoptadas para contener su avance. Esa conjunción de factores ha impuesto nuevas dificultades a la continuidad de los servicios de infraestructura, aunque la integridad de los activos de infraestructura no haya sufrido cualquier daño provocado por la pandemia. En este sentido, un abordaje analítico basado en la resiliencia de los servicios y, sobretudo en los usuarios de la infraestructura, y en como la existencia de una infraestructura adecuada contribuye a la formación de sociedades más resilientes a crisis como la actual pandemia, se hace necesaria.

Uno de los canales de propagación de los impactos de la pandemia es la interrupción de las cadenas globales de valor, de las cuales, naturalmente, los países de América Latina y el Caribe son parte. La disrupción de las cadenas de suministro, comenzando por los proveedores chinos y luego por la producción europea y estadounidense, afectaría principalmente a los sectores manufactureros de México y Brasil. La adopción de las medidas esenciales de respuesta a la crisis también ha tenido gran impacto sobre la demanda agregada en la región, resultando en una fuerte reducción de la actividad en varios sectores económicos.

En los países latinoamericanos y caribeños, aunque los grados de severidad de las medidas haya variado de forma considerable, la adopción de medidas de cruce aduanero y de procedimientos de facilitación comercial, junto con la adopción de tecnologías para garantizar la continuidad del suministro de productos esenciales, como alimentos y insumos médicos, ha sido fundamental para el mantenimiento de un nivel mínimo de bienestar a parte importante de la población. Además, la asignación del carácter de 'esenciales' a servicios de infraestructura como la logística de distribución, el transporte público y el suministro de energía eléctrica –una medida íntimamente vinculada al concepto de infraestructura crítica o de líneas vitales– también ha permitido el funcionamiento de algunas funciones sociales básicas.

Por otra parte, el impacto generado por el cierre de actividades productivas y las medidas sanitarias más estrictas sobre los servicios logísticos despiertan preocupaciones en cuanto al mantenimiento de su operatividad. Es el caso del transporte por camiones, considerado crucial para satisfacer la demanda de artículos esenciales. A nivel mundial, se prevé que la disminución de la facturación anual de las empresas del sector en 2020 será de alrededor del 18%, una contracción que, en América Latina alcanzaría al 20% (IRU, 2020). Estas proyecciones coinciden con la caída del volumen transportado durante la primera mitad del año (CEPAL, 2020).

Más allá de la continuidad de los servicios logísticos, una de las principales preocupaciones asociadas al brote de la pandemia ha recaído sobre el riesgo de una crisis alimentaria, teniendo en cuenta los múltiples efectos del COVID-19 sobre las etapas de producción, transformación, distribución, comercio y consumo de alimentos. Por una parte, como señalan la CEPAL y la FAO (2020), las cadenas globales de valor del sector alimentario son, en general, más simples que las de otras industrias, por su grado reducido de dispersión geográfica, alta sustitubilidad de los insumos y baja participación de empresas extranjeras en los procesos de exportación. Sin embargo, la oferta de alimentos puede verse afectada por la interrupción de la cadena de suministro debido a disrupciones logísticas –como la demora en el cruce de fronteras, restricciones adicionales a la circulación en determinadas vías y la falta de transporte para sacar la producción agrícola–.

Adicionalmente, las medidas de control de la COVID-19 han acelerado el proceso de digitalización de las relaciones económicas y sociales en todo el mundo (CEPAL, 2020a). En muchos casos, los servicios de telecomunicaciones y tecnología de información han contribuido a la continuidad de la actividad de diversos sectores productivos y, sobre todo, de servicios, por medio del teletrabajo y de la digitalización de procesos en la logística comercial y de distribución urbana. De esa forma, parte de la demanda por determinados servicios de infraestructura –específicamente los de transporte– se ha visto en la necesidad de complementarse con los servicios de telecomunicaciones, generando niveles de presión inéditos sobre ese tipo de infraestructura, como lo demuestra el aumento exponencial del tráfico de Internet.

Las desigualdades estructurales que caracterizan los países de América Latina y el Caribe juegan un papel determinante en este contexto, ya que son las empresas de mayor porte y más avanzadas tecnológicamente las que poseen los recursos para responder a los cambios impuestos por una digitalización acelerada. La búsqueda de las organizaciones por una mayor capacidad de respuesta a las nuevas circunstancias podría, incluso, resultar en el aumento del uso de herramientas de robotización e inteligencia artificial en sustitución a la mano de obra (CEPAL, 2020b). La ya discutida brecha de la infraestructura, a su vez, también afecta el acceso a los servicios de telecomunicaciones en la región, haciendo que la capacidad de respuesta de distintos sectores económicos y segmentos de la sociedad también sea desigual.

2 Digitalización y ciberseguridad

No cabe duda de que, en las últimas décadas, América Latina y el Caribe han avanzado significativamente en términos del desarrollo de su infraestructura digital. En 2016, por ejemplo, 56% de los habitantes de la región tenían acceso a la red de banda ancha –lo que consiste en un aumento de 36 puntos porcentuales en una década–. Además, entre 2010 y 2016, el número de hogares conectados a la Internet en la región creció en un 103% (Rojas y Poveda, 2018). Sin embargo, América Latina y el Caribe todavía presentan una brecha importante en término de acceso a servicios de tecnologías de información y comunicación, como también en la calidad y velocidad a la que acceden, lo que también se traduce en un rezago en el desarrollo de su ecosistema digital en comparación con las economías desarrolladas. Por ejemplo, una porción importante de las empresas latinoamericanas no ha incorporado la tecnología en sus cadenas de aprovisionamiento. Además, la región presenta una de las tasas más bajas de crecimiento del ecosistema digital en el conjunto de las economías emergentes (CAF y CEPAL, 2020).

Más allá de la heterogeneidad en el acceso a las tecnologías, y a pesar de los avances logrados en los últimos años, un análisis general permite concluir que los países de la región no están plenamente preparados para responder a los desafíos de la digitalización y, en particular, aquellos vinculados a la Cuarta Revolución Industrial, donde la información es un elemento central para la toma de decisiones oportunas, confiables y compartidas.

Junto con las oportunidades, también aparecen nuevos desafíos para la resiliencia digital. Un ejemplo de ello son los ciberataques, robo de información y la violación maliciosa de datos. Como lo ha demostrado el panorama global de riesgos (Foro Económico Mundial, 2020), ellos ya son percibidos como algunos de los principales riesgos mundiales según los criterios de impacto y probabilidad –ambos los cuales deberán aumentar frente a la creciente exposición de las economías a esas amenazas–. El estudio llevado a cabo por BCI (Elliott, Thomas y Muhammad, 2019) corrobora esos hallazgos, al atribuir a los ciberataques un puesto entre las tres principales causas de interrupción en las cadenas de valor en cuatro de cinco regiones del mundo a lo largo de 2019 (incluso en las Américas) (cuadro 8), y al evidenciarlos como la principal causa de preocupación de las organizaciones en el corto plazo.

Según estudio realizado por el Banco Interamericano de Desarrollo y la Organización de los Estados Americanos (BID y OEA, 2020), los países de América Latina y el Caribe han mejorado sus capacidades de ciberseguridad desde 2016, cuando 80% de ellos todavía no tenían una estrategia de ciberseguridad para protección de la infraestructura crítica. Según el diagnóstico más reciente hecho por las dos instituciones, muchos de los países de la región ya han estado implementado sus propias estrategias, siendo los del Cono Sur los que se encuentran en etapa más avanzada. No obstante, estas iniciativas todavía poseen, en general, un bajo nivel de madurez y su implementación carece de coordinación entre los actores clave involucrados en el tema.

Según el Índice Nacional de Ciberseguridad³¹ (NCSI), que considera un conjunto de 160 países, la mayor parte de los países de la región se encuentran menos preparados que el promedio global para prevenir amenazas cibernéticas y gestionar incidentes asociados a ciberataques. En general, la región

³¹ National Cyber Security Index, un índice global elaborado por la E-Governance Academy Foundation de Estonia.

posee baja capacidad de proteger sus servicios esenciales –incluyendo la infraestructura crítica– de los ciberataques. La situación del Caribe es particularmente preocupante, ya que casi la totalidad de los países en esa subregión figuran en el último cuartil del ranking del NCSI: Santa Lucía, San Vicente y las Granadinas y Dominica, por ejemplo, ocupan las posiciones 146, 147 y 153, respectivamente.

Con respecto a la incidencia de eventos disruptivos cibernéticos en la región, estudios señalan que parte considerable de los ciberataques en el mundo están concentrados en América del Sur. Según el estudio de BID y OEA (2020), los daños económicos de este tipo de crimen podrían sobrepasar el 1% del PIB en algunos países. En el caso de los países de América Latina y el Caribe, delitos de esa naturaleza representan un monto anual de aproximadamente US\$90 mil millones y son dirigidos a industrias tan diversas como las de finanzas y seguros, educación y salud, además de los usuarios personales (BID y OEA, 2016). A nivel global, los sectores directamente asociados a la provisión de servicios de infraestructura económica están entre los más afectados por los ciberataques en 2019, según el ranking de IBM Security (2020). En ese año, 6% de los ciberataques se dirigieron a empresas del sector de energía, al paso que 10% tuvieron como blanco principal el sector de transporte y logística –con un número creciente de ataques a servicios aeroportuarios y portuarios–. Más allá del robo de datos y pérdidas financieras, ataques a empresas de dichos sectores tienen el potencial de generar interrupciones operativas de alto impacto, paralizar servicios de importancia crítica a las economías y sociedades, y deshabilitar los sistemas destinados a detectar drogas, explosivos u otras mercancías ilícitas.

Como ya fue comentado anteriormente, la imposición de medidas sanitarias para enfrentar el COVID-19 ha resultado en un salto en la utilización de redes de telecomunicaciones en todo el mundo, con la consecuente erosión de los índices de calidad de las conexiones (CAF y CEPAL, 2020). Por una parte, la posibilidad de que los servicios de TIC suplan demandas variadas como el aprovisionamiento de bienes, el acceso a la información, la conectividad social y la prestación de servicios de teleeducación (y, mismo, de tele salud), puede ser interpretada como promotora de la resiliencia de sus usuarios. Sin embargo, esta posibilidad no reemplaza la necesidad del transporte físico y la logística de distribución, sino más bien la incrementa, dada la alta desigualdad de acceso a dichos servicios de infraestructura en América Latina y el Caribe implica la coexistencia de niveles también desiguales de resiliencia entre distintos grupos de personas, según parámetros como niveles socioeconómicos, ubicación geográfica y rango etario.

Paradójicamente, el aumento de la utilización y del acceso a servicios de TIC por parte de empresas y de personas también puede resultar en el aumento de la exposición y de la vulnerabilidad de dichos actores a amenazas de naturaleza tecnológica, como los ciberataques y los robos de datos. Según análisis de Interpol (2020), es altamente probable que se experimente un aumento significativo del cibercrimen en los próximos meses, a medida que las brechas de seguridad crean canales para la profusión de esquemas de phishing, malware y ransomware. Además, desde el inicio de la pandemia, los ciberataques, que solían dirigirse mayormente a las personas y a las pequeñas empresas, se han dirigido con una frecuencia creciente a las grandes corporaciones, gobiernos e infraestructuras críticas. En estos casos, más que la robustez de los activos y la fiabilidad de los servicios, la resiliencia de los usuarios finales también termina por comprometerse.

Por lo tanto, pese a que las presentes circunstancias hayan catalizado un proceso de transformación estructural hacia la digitalización en la región, también se han evidenciado la persistencia de grandes brechas y vulnerabilidades. Por ejemplo, para que las medidas de teletrabajo, teleeducación y tele-salud tengan el impacto deseado y se conviertan, efectivamente, en mejor capacidad de respuesta por parte de los usuarios, dichas carencias deben ser consideradas en políticas que busquen la universalización del acceso a las tecnologías, la calidad de dichos servicios, la promoción de la ciberseguridad y un adecuado manejo de la confidencialidad de los datos personales en Internet.

3. Cambio climático

Como lo han demostrado claramente las relaciones entre las respuestas a la pandemia y la baja resiliencia cibernética, los riesgos pueden interactuar de múltiples formas, pudiendo potenciar impactos y exponer sistemas a nuevas y más complejas amenazas. En este sentido, se debe recalcar que, aunque la crisis desencadenada por el COVID-19 sea, actualmente, el objeto prioritario de acciones respuesta inmediata en gran parte del mundo, la materialización de dicho riesgo no elimina la inminencia de otros riesgos de dimensión comparable –o aún mayores: en particular, se destaca el caso de la emergencia climática–. Aunque el sentido de urgencia y decisión política que ha orientado la acción contra la pandemia en muchos países del mundo todavía no se haya primado en el caso del cambio del clima, ambas crisis poseen elementos en común, como los altos costos de la inacción (Bárcena y otros, 2020).

La interferencia de la actividad humana en el clima global viene afectando, de forma inequívoca, los sistemas naturales y humanos en todos los continentes y océanos a lo largo de las últimas décadas (IPCC, 2014). Las manifestaciones del cambio climático se observan en, fundamentalmente, en el aumento de la temperatura media mundial, la modificación de los patrones de precipitación, la reducción de la criósfera, el alza continua del nivel del mar, y la acentuación de los patrones de fenómenos climáticos extremos. Este proceso, además de tener fuertes impactos sociales y económicos, puede desencadenar alteraciones irreversibles en los ecosistemas (Bárcena y otros, 2020).

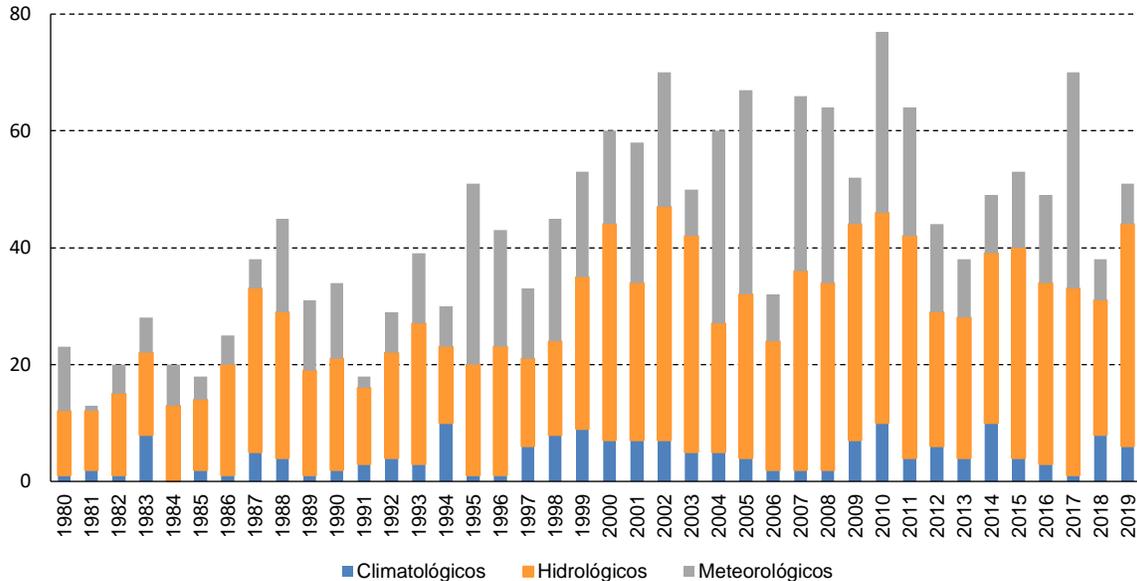
Realmente, el mundo ha experimentado, en las últimas décadas, el aumento en la frecuencia e intensidad de eventos como temperaturas extremas, sequías, tormentas y ciclones extra tropicales (aunque el nivel de confianza de dichas observaciones sea variable según el tipo de evento). Como señala el IPCC, la capacidad de atribuir la ocurrencia de eventos extremos específicos al cambio climático al cambio climático es limitada, debido a los múltiples desafíos metodológicos que engendran los estudios que se lo han propuesto. Sin embargo, tampoco se podría excluir el aumento promedio de la temperatura global del conjunto de los factores determinantes de cada uno de esos eventos (Cramer y otros, 2014).

Existe amplia evidencia del aumento de las pérdidas económicas causadas por eventos extremos a lo largo de las últimas décadas, las cuales han afectado de forma desproporcional a las regiones y poblaciones en condiciones sociales y económicas desfavorables. La razón reside en el hecho de que los efectos adversos de los eventos extremos dependen, más allá de las amenazas, de la exposición y vulnerabilidad de los sistemas analizados, y pueden incluir daños a activos y la interrupción de actividades sociales y económicas, sin mencionar los incalculables impactos sobre las vidas humanas. En muchos casos, la magnitud de dichos impactos puede implicar la superación de la capacidad de respuesta local y generar la necesidad de ayuda externa, llevando un evento extremo a convertirse en un desastre.

A este respecto, los datos de la Emergency Events Database (EM-DAT)³², compilada por el Center for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED) de la Universidad Católica de Lovaina, permite visualizar la evolución del número de registros de desastres en América Latina y el Caribe a lo largo de las últimas décadas. La clasificación utilizada permite que se analicen aquellos desastres cuyo origen está potencialmente vinculado al cambio climático, es decir: los desastres climatológicos (por ejemplo, sequías e incendios forestales), los hidrológicos (por ejemplo, deslizamientos y inundaciones) y los meteorológicos (por ejemplo, tormentas y temperaturas extremas) (gráfico 11).

³² Según la definición utilizada en la base EM-DAT, se registran como desastres los eventos que cumplen con los siguientes criterios: a) diez o más personas son reportadas muertas; b) cien o más personas son reportadas como afectadas; c) es declarado un estado de emergencia; o d) se hace una petición de ayuda internacional.

Gráfico 11
América Latina y el Caribe: número de desastres potencialmente vinculados al cambio climático,
por tipo, 1980-2019
(En cantidad de desastres)



Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos de EM-DAT (The Emergency Events Database) - Université Catholique de Louvain (UCL) - CRED, D. Guha-Sapir (actualizado en 2020).

Los registros históricos indican una tendencia de aumento de la frecuencia de desastres en la región –sobre todo los hidrológicos–. En la región, algunos eventos de ese tipo ocurridos en el pasado reciente incluyen las grandes inundaciones que han afectado a países como Colombia (2010 y 2011), Chile (2015 y 2019), y Uruguay, Argentina y Brasil (2016). Entre los desastres meteorológicos, se encuentran los huracanes que han afectado las islas del Caribe y parte de Centroamérica en los últimos años, como el Patricia (2015), el Irma, el María y el Nate (2017), y el Dorian (2019) (CEPAL, 2015; Fisher y Gamper, 2017).

Como discutido en las secciones anteriores, los eventos extremos son capaces de afectar a los usuarios de los servicios de infraestructura por medio de impactos directos e indirectos –los últimos asociados a las interdependencias de los sistemas–. Aunque se lleven en cuenta solamente los efectos directos, las consecuencias de los desastres sobre la infraestructura pueden alcanzar cifras considerables. Según la estimación que hizo la CEPAL de los impactos de un conjunto de 71 desastres³³ observados en América Latina y el Caribe en el período de 1972 a 2010, 27,5% de los daños y 19,8% de las pérdidas se concentraron en el sector de infraestructura. Dichos porcentuales corresponderían, para cada desastre, un promedio de daños y pérdidas de infraestructura de 298 millones y 107 millones de dólares reales, respectivamente (Bello, Ortiz y Samaniego, 2014)³⁴.

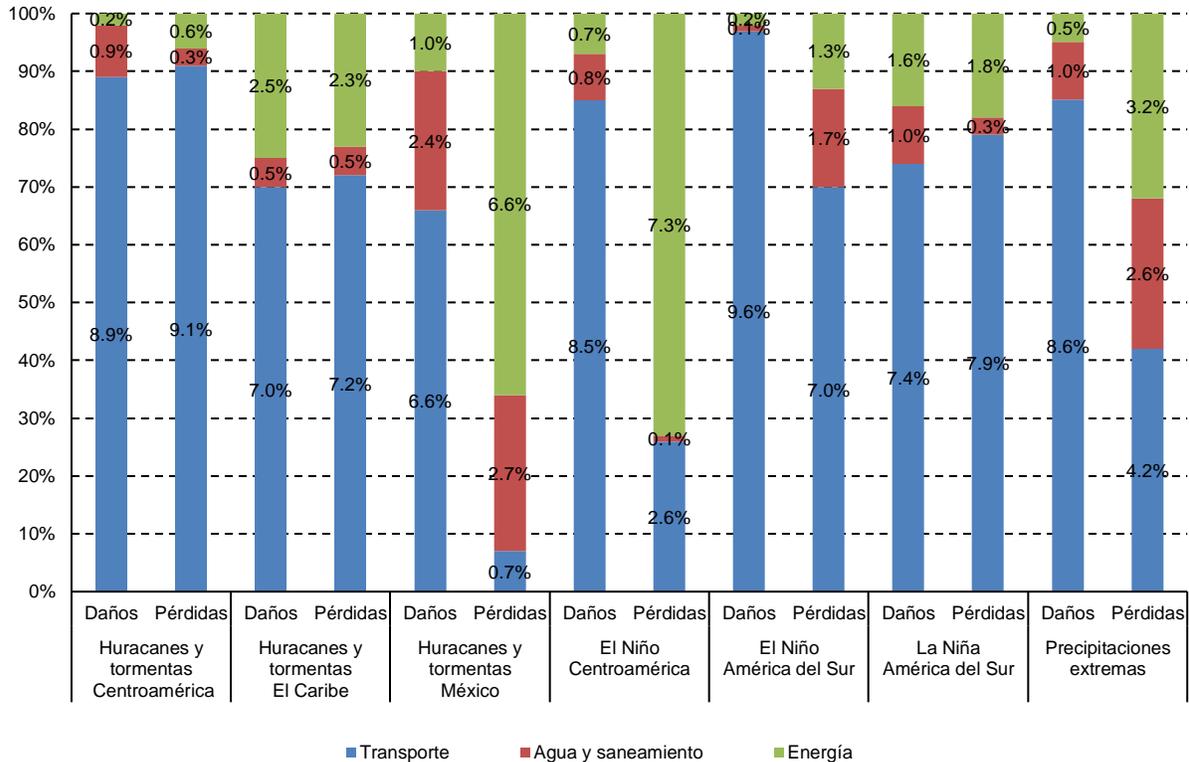
El gráfico 12 permite observar que, entre los subsectores de infraestructura, los activos de transporte han sido el componente más afectado en la mayoría de los desastres climatológicos con impactos sobre la infraestructura. En algunos de los desastres evaluados, como el fenómeno El Niño en

³³ En la clasificación utilizada por Bello, Ortiz y Samaniego (2014), los desastres identificados como climatológicos conforman una categoría más amplia, incluyendo las tormentas, los huracanes, los fenómenos La Niña y El Niño, y episodios extremos de precipitaciones y sequías.

³⁴ Daños son el valor de reposición de los acervos total o parcialmente destruidos con las mismas características físicas y tecnológicas que tenían previamente al desastre. Se miden en unidades físicas destruidas y luego se monetiza su valor empleando el valor de reposición prevaleciente al momento de ocurrir el desastre. Las pérdidas, a su vez, son los bienes que se dejan de producir y los servicios que se dejan de prestar durante un lapso que se inicia tan pronto ocurre el desastre y que se prolonga hasta que se alcanza la recuperación y la reconstrucción total (CEPAL, 2014).

América del Sur y los huracanes y tormentas en Centroamérica, los impactos sobre el transporte llegan a representar casi la totalidad de los efectos sobre la infraestructura, principalmente si se consideran solamente los daños. El subsector de energía, a su vez, han sufrido pérdidas importantes en desastres como el fenómeno El Niño en Centroamérica y los huracanes y tormentas en México.

Gráfico 12
Distribución porcentual de las estimaciones de daños de desastres climatológicos por subregiones, según subsectores de infraestructura, 1972-2010
(En porcentaje)



Fuente: Elaboración propia sobre la base de Bello, Ortiz y Samaniego (2014).

En América Latina y el Caribe, el aumento de la variabilidad climática y la elevación de la magnitud y frecuencia de los eventos extremos representarán serias consecuencias a la infraestructura crítica en la región (Fisher y Gamper, 2017; BNamericas, 2018). Según estimativas de la CEPAL (2015), la alteración en los patrones climáticos llevará a la pérdida de un monto entre 1,5% y 5% del PIB en el año 2050. Entre los impactos específicos sobre la logística, se destaca, por ejemplo, el aumento de la probabilidad de condiciones adversas para la navegación de acceso a terminales portuarias en el futuro, así como la cantidad promedio de horas por año que implicaría cierres de puertos.

En realidad, como reconocen autores como Fay y otros (2017), la infraestructura existente en los países de América Latina y el Caribe ya, en el presente, se ve afectada en su capacidad de entregar servicios, por consecuencia de shocks y estreses vinculados al cambio climático. La navegabilidad de los canales, por ejemplo, ya se encuentra comprometida por el aumento de la frecuencia e intensidad de las sequías, además del derretimiento de los glaciares (Recuadro 4). Hay evidencia de impactos sobre el volumen de agua en los embalses, resultando no sólo en dificultades para satisfacer la demanda de consumo, sino también para suplir la necesidad energética en países altamente dependientes de la generación hidroeléctrica –como Brasil, Colombia, Ecuador y Venezuela (Peña, Miranda Velázquez y Gómez Torrez, 2015)–.

Recuadro 4
La sequía en el Canal de Panamá (2019)

En 2019, cambios en el régimen hidrometeorológico, intensificados por el fenómeno El Niño, han resultado en la peor sequía en los 115 años de historia del Canal de Panamá. Los niveles de agua en el lago Gatún, uno de los reservorios utilizados para navegación en el Canal y para el abastecimiento de ciudades, disminuyeron hasta en ocho pies (equivalentes a 2,5 metros), generando la necesidad de que se redujera sucesivamente el peso permitido de los cargamentos de las embarcaciones (Zamorano y Franco, 2019).

Las restricciones impuestas a la navegación en el Canal resultaron en costos significativos a la autoridad a cargo de su administración: durante la sequía, se dejó de recolectar un monto de US\$ 15 millones en tarifas. Adicionalmente, las compañías navieras se vieron afectadas por las medidas, ya que los buques más pesados tuvieron que descargar sus contenedores y seguir su recorrido por vía terrestre, lo que también ha resultado en sobrecostos a esos agentes económicos (Fountain, 2019).

Aunque represente un evento extremo, el ejemplo del Canal de Panamá da muestras de que los parámetros en la base de qué se han proyectado muchas de las grandes obras de infraestructura en América Latina ya no son representativos de la realidad en que operan. Por el rol crucial que cumple el Canal como arteria comercial entre el Atlántico y el Pacífico, sequías similares en el futuro podrían resultar en impactos importantes sobre el comercio en la región y, principalmente, sobre la economía panameña, altamente dependiente del tráfico en el Canal.

Fuente: Elaboración propia.

En América Latina y el Caribe, los activos de transporte, como carreteras, túneles y puentes, están altamente sujetos a los impactos de deslizamientos, tempestades e inundaciones. El aumento de la intensidad de las precipitaciones puede llevar al aumento del riesgo de colisiones y descarrilamientos, además de implicar tiempos de viaje más altos en las carreteras, con posibles implicaciones negativas sobre los niveles de congestión y seguridad vial (Arent y otros, 2014). Fenómenos hidrológicos y climatológicos como las sequías también pueden representar amenazas al almacenamiento y distribución de agua en la región, posiblemente impactando la producción agrícola. Por otra parte, el aumento de caudales y de transporte de sedimentos puede comprometer la operación adecuada de sistemas de tratamiento de aguas residuales (Peña, Miranda Velázquez y Gómez Torrez, 2015).

Algunos autores han llevado a cabo proyecciones y cuantificaciones de los impactos del cambio climático sobre la infraestructura en nivel nacional para algunos de las economías de América Latina y el Caribe. Por ejemplo, en una comparación entre los impactos proyectados del cambio climático sobre la infraestructura de carreteras en diez países (de varias regiones) con distintas características geográficas y niveles de ingreso per cápita, Schweikert y otros (2014)³⁵ encontraron que Bolivia es el país en que las acciones de adaptación de la red vial presentan más alto costo de oportunidad. Este hallazgo significa que, con los recursos que se gastaría para adaptar la red a los impactos del cambio climático, sería posible prácticamente duplicar la red vial del país hasta 2050. Sin embargo, en Bolivia (Estado Plurinacional de) y en todos los demás países analizados, los costos de medidas proactivas de adaptación de la infraestructura vial se revelan inferiores a los costos reactivos; es decir, en el escenario climático más pesimista, el monto necesario para reparar la red vial boliviana y adaptarla de forma tardía serían lo suficiente para ampliarla en seis veces hasta 2100. En un análisis para el caso de México, Espinet y otros (2016) utilizan la misma herramienta³⁶ para estimar los costos adicionales de mantenimiento de las carreteras en distintos escenarios de cambio climático. Los autores encontraron que, hasta 2050, sería necesario un monto entre US\$ 1,5 y US\$ 5 mil millones para dotar la red vial mexicana de mayor resiliencia a dichos impactos.

Margulis y otros (2019), a su vez, realizaron proyecciones de los impactos del cambio climático sobre 309 infraestructuras críticas en Brasil (carreteras de importancia estratégica, puertos, redes de transmisión y distribución de energía eléctrica, embalses y estructuras de abastecimiento urbano, de generación

³⁵ Los escenarios fueron construidos por los autores a partir de 54 modelos de circulación global y considerando dos horizontes temporales: 2050 y 2100.

³⁶ Tal como Schweikert y otros (2014), los autores utilizan el Infrastructure Planning Support System (IPSS).

hidroeléctrica y de riego). A fin de estimar los daños económicos, la vulnerabilidad de cada infraestructura – evaluada según su susceptibilidad a la ocurrencia de eventos como tormentas, sequías e inundaciones, en distintos escenarios climáticos– es multiplicada por la pérdida de ingresos causada por la interrupción de su operación. Como resultado de la estimación, los daños netos del cambio climático sobre dichas infraestructuras en un período de 30 años se sitúan entre US\$ 1,3 y US\$ 8,3 mil millones³⁷, variando de acuerdo con el modelo climático y el escenario. Los autores identifican, como algunas de las infraestructuras potencialmente más afectadas hasta el 2040, algunas de las grandes hidroeléctricas ubicadas en la Cuenca del Amazonas, los sistemas de abastecimiento de agua de los principales centros urbanos del país, tramos de carreteras de importancia regional y líneas de transmisión interregionales.

Según Bhattacharya, Romani y Stern (2012), un monto anual de US\$ 70 a US\$ 100 mil millones adicionales a las inversiones en infraestructura sería necesario para cumplir objetivos de adaptación al cambio climático en el conjunto de los países en desarrollo. Narain, Margulis y Essam (2011), a su vez, estiman que, para América Latina y el Caribe, los costos anuales de la adaptación estarían entre US\$ 14,5 y US\$ 21,3 mil millones, a depender del escenario climático. En este caso, los costos se refieren no solamente al monto necesario para la adaptación de la infraestructura, sino que también para aumentar la resiliencia de sectores como agricultura, recursos hídricos, pesca y salud. Fay y Rozenberg (2019) y Hallegatte, Rentschler y Rozenberg (2019), el costo incremental de la resiliencia a desastres y eventos meteorológicos extremos en obras de infraestructura de transporte, energía y agua y saneamiento en América Latina y el Caribe estaría situado entre US\$ 2,5 mil millones y US\$ 13 mil millones, lo que representaría un 5% del monto invertido en estos subsectores entre 2008 y 2018 (Cavallo, Powell y Serebrisky, 2020).

Como señala Verner (2011), la experiencia internacional revela que los riesgos vinculados al cambio climático se magnifican cuando combinados con elementos como la pobreza, la gobernanza deficiente y el bajo mantenimiento de la infraestructura. En América Latina y el Caribe, además de la presencia de esos factores, la urbanización añade complejidad adicional a los retos de adaptación al cambio climático: 80% de la población de América Latina y el Caribe residen en áreas metropolitanas, cifra que hace de la región la más urbanizada del mundo, y en la cual muchas ciudades concentran parte importante de la producción económica. Además, áreas urbanas latinoamericanas se encuentran entre las más desiguales del planeta, lo que implica altas concentraciones de grupos poblacionales de bajo ingreso –y, por lo tanto, más vulnerables– potencialmente expuestas a desastres (Fisher y Kamper, 2017). Como consecuencia, el ritmo de crecimiento y urbanización en los países de América Latina y el Caribe ha generado la necesidad de contar con nuevas inversiones en infraestructuras sostenibles que permitirán a las ciudades ser más resilientes al cambio climático e impulsar el crecimiento económico y la estabilidad social (CEPAL, 2019).

En este contexto, queda evidente la urgencia de la construcción de la resiliencia de la infraestructura al cambio climático en América Latina y el Caribe por medio de estrategias que combinen acciones de adaptación y de mitigación –ya que la misma infraestructura, cuando está configurada en bases insostenibles, es parcialmente responsable de la intensificación de las mismas amenazas a que está expuesta–. Según un abordaje de gestión de riesgos, y asumiendo la inevitable profundización de algunas de las amenazas vinculadas a la emergencia climática, la reducción de la vulnerabilidad de la infraestructura, sus servicios y, principalmente, sus usuarios, se convierte en la línea de acción prioritaria en la región.

³⁷ El rango de daños estimados por los autores va de R\$ 4,3 mil millones a R\$ 26,4 mil millones (en valores de 2017), y fue convertido a dólares estadounidenses por el tipo de cambio promedio de aquel año.

V. Conclusiones y recomendaciones a tomadores de decisiones

Los servicios de infraestructura tienen un rol central en la promoción del desarrollo y de la calidad de vida de las poblaciones. Son, también, esenciales para garantizar su fiabilidad, eficiencia y resiliencia a las perturbaciones a qué están expuestas las comunidades. Las preocupaciones con las vulnerabilidades de la infraestructura y sus posibles consecuencias sobre sus usuarios han adquirido más visibilidad a lo largo de las últimas décadas, tras la emergencia de combinaciones complejas de amenazas, y la ocurrencia más frecuente de eventos con grandes impactos sobre sistemas como el transporte, la energía y las telecomunicaciones. A este propósito, interrupciones con efectos directos sobre la infraestructura crítica, como eventos meteorológicos extremos y ciberataques, se encontraban entre los principales riesgos enfrentados por el mundo en 2019.

La operación adecuada de los sistemas de infraestructura es fundamental, también, para proveer a las firmas la previsibilidad necesaria para implementar sus planes de inversión y maximizar su capacidad de producción sin gastos excesivos con tecnologías contingenciales. En consecuencia, servicios de infraestructura que no sean resilientes pueden afectar negativamente a las operaciones de las cadenas de valor, reduciendo la productividad agregada y comprometiendo la competitividad de economía. Se ha estimado, por ejemplo, que los daños directos causados por los desastres en la generación de energía y la infraestructura de transporte representan un costo anual de 18 mil millones de dólares en los países de ingreso bajo y medio, pudiendo situarse en el rango de 391 mil millones a 647 mil millones de dólares si se consideran también los daños indirectos.

Más allá de las pérdidas económicas de la materialización de un riesgo, los impactos de las interrupciones de la infraestructura recaen, en última instancia, sobre las personas. La ausencia de resiliencia de la infraestructura significa, en muchos casos, la incapacidad de los usuarios de acceder a bienes y servicios básicos –entre los cuales, los servicios de salud, de educación y al mercado del trabajo–. Por ello, se ha propuesto que el análisis de la resiliencia no esté basado únicamente en los activos de infraestructura, sino que adopte un enfoque sobre los servicios, y, más importante, sobre los usuarios de la infraestructura. Cualquiera sea el nivel de análisis, hay consenso de que la infraestructura resiliente

aporta beneficios en comparación a un escenario de línea de base: en el nivel de los activos, implica la reducción del costo del ciclo de vida útil de la infraestructura; en el siguiente nivel, significa la prestación de servicios más confiables; finalmente, en el nivel de los usuarios, la infraestructura resiliente ameniza el efecto de eventos disruptivos sobre las personas y las economías, favoreciendo su recuperación y en enfrentamiento de los impactos que no hayan sido evitados.

Se ha enfatizado, también, que la resiliencia es solamente uno de los atributos de una infraestructura de calidad. De hecho, la resiliencia no ha sido, históricamente, el factor más influyente sobre las decisiones de inversión en infraestructura. En el caso de la gestión de las cadenas de valor, por ejemplo, consideraciones en pro de la eficiencia económica han recibido más atención que la resiliencia. Lo mismo ha ocurrido, en general, en la evaluación de proyectos de infraestructura, donde la eficiencia económica ha estado por sobre la valoración de la falta de redundancia en las redes. Sin embargo, pese a la existencia de trade-offs entre ambas dimensiones, autores han defendido la posibilidad de conciliarlas, en alguna medida, por medio de innovaciones tecnológicas y de la colaboración entre actores. De esta forma, el debate sobre cómo integrar criterios de resiliencia a la toma de decisiones ha ganado más relevancia en los últimos años, con la materialización de eventos disruptivos de gran magnitud, como la pandemia del Covid-19.

Más allá de ello, los costos de la “no resiliencia” no siempre se tienen en cuenta, sea por la subestimación de los riesgos o por las múltiples dificultades asociadas a su estimación. De hecho, la cuantificación de los beneficios de la resiliencia implica múltiples desafíos, como la identificación de los eventos disruptivos, la estimación de su probabilidad de ocurrencia y la evaluación de sus potenciales costos sobre los usuarios. Por otra parte, como la ausencia de resiliencia puede resultar en la interrupción de los servicios prestados por sobre las redes de infraestructura, estimar el valor de la resiliencia de la infraestructura es estimar el valor aportado por la infraestructura misma a las actividades económicas, como también sobre la calidad de vida misma de la población –considerando las probabilidades de ocurrencia de eventos disruptivos–.

Cuando no es posible cuantificar debidamente los costos que una posible interrupción de un sistema impondría a todos los usuarios de los servicios prestados por él, la integración de medidas de resiliencia a todas las etapas del ciclo de vida de los proyectos de infraestructura se convierte en la línea de acción preferible. Subestimar los riesgos disruptivos (o asumir que no existen) tiene costos más altos que sobreestimarlos: dado que los eventos raros se materializan en algún momento, el costo promedio de las interrupciones se revela más alto que los ahorros que se pueda lograr al evitar invertir en una infraestructura más resiliente –especialmente si se considera el valor inestimable de las vidas humanas que, en el caso de algunos tipos de eventos disruptivos, pueden salvarse mediante medidas atinentes–.

Teniendo presente la naturaleza compleja de los sistemas compuestos por la infraestructura y sus usuarios, la resiliencia de la infraestructura debe ser considerada en un contexto más amplio: el que asuma la sostenibilidad como elemento integrador, según propuesto en la Agenda 2030 del Desarrollo Sostenible. En este sentido, la resiliencia debe informar la sostenibilidad y estar subordinado a ella. Este abordaje trae inherente la conciliación entre las múltiples dimensiones del desarrollo, como el combate a la pobreza, la promoción de la igualdad de género y el crecimiento económico inclusivo, como reflejado en el conjunto de los Objetivos del Desarrollo Sostenible.

En este sentido, un marco analítico basado en la sostenibilidad determina que la resiliencia de la infraestructura se comprenda, principalmente, bajo la perspectiva de los usuarios. Esta directiva asume especial relevancia en las economías en desarrollo, en las cuales no todos los usuarios de la infraestructura son afectados de igual manera en el caso de una interrupción, y, particularmente, en América Latina y el Caribe, donde los altos índices de desigualdad suelen magnificar los efectos negativos de la baja resiliencia. Luego, además de realizar un diagnóstico de criticidad de la infraestructura –identificando los activos y redes cuyas funcionalidades tienen mayor importancia para

la sociedad y la economía—, las políticas que busquen promover la resiliencia de la infraestructura deben enfocarse, de forma prioritaria, los usuarios —como los hogares, las firmas y las cadenas de valor— más vulnerables y expuestos a los efectos de interrupciones.

Además de los altos índices de desigualdad, otros factores presentes en los países de América Latina y el Caribe, al dificultar el desarrollo de mayor capacidad de respuesta y recuperación frente a diversas amenazas, hacen que la resiliencia asuma una importancia crítica en la elaboración e implementación de políticas de infraestructura. Entre ellos, están los bajos niveles de inversión pública y privada —lo que determina la permanencia de una brecha de infraestructura, en términos de cantidad y calidad— y las altas externalidades sociales y ambientales de algunas infraestructuras. A título de ejemplo, se puede mencionar el hecho de que las firmas en algunos países de la región se encuentran entre aquellas que más pérdidas económicas sufren en el mundo debido a interrupciones de los servicios de infraestructura.

La baja capacidad de respuesta de los servicios y usuarios de la infraestructura en América Latina y el Caribe a eventos disruptivos responde a dinámicas económicas, sociales y políticas de largo plazo, y que deben ser tomadas en cuenta de forma integrada en la toma de decisiones. Los desequilibrios y carencias que han caracterizado históricamente la región contribuyen, así, a que nuevas y grandes amenazas tengan fuertes impactos sobre sus poblaciones y economías. En 2020, por ejemplo, la crisis sanitaria generada por el COVID-19 han puesto de manifiesto los efectos cascada que pueden amenazar los sistemas altamente conectados e interdependientes. Además de sus impactos sin precedentes desde el punto de vista sanitario y económico —en muchos casos intermediados por interrupciones de cadenas de valor y servicios de infraestructura—, las transformaciones desencadenadas por la pandemia también han tenido repercusiones sobre la ciberseguridad, evidenciado vulnerabilidades poco conocidas en la región. De ello se infiere que la gestión de riesgo ya no se debe realizar únicamente de forma sectorial, sino que debería adoptar una perspectiva sistémica y global, de modo a promover sistemas más resilientes.

La emergencia climática, manifestada en el aumento de la variabilidad climática y la elevación de la magnitud y frecuencia de los eventos extremos, también ya viene imponiendo serias consecuencias a la infraestructura crítica y a su capacidad de entregar servicios en América Latina y el Caribe. Combinadas con deficiencias y procesos arraigados en la región, como la desigualdad, las fallas de gobernanza y la urbanización acelerada, las amenazas del cambio climático se reflejan en riesgos de alto impacto a las economías y sociedades mediante interrupciones en servicios como los de transporte, agua y saneamiento, y energía.

Por estar compuestas de activos de vida útil larga, las inversiones en infraestructura rápidamente se convierten en costos hundidos, razón por la cual mientras antes se incorporen en los diseños las consideraciones de resiliencia, menores serán los costos de implementar medidas de mitigación de riesgos. Se ha estimado, por ejemplo, que el costo incremental de la resiliencia a eventos potencialmente vinculados al cambio climático (es decir, desastres y eventos meteorológicos extremos) en obras de infraestructura de transporte, energía y agua y saneamiento en América Latina y el Caribe estaría situado entre US\$ 2,5 mil millones y US\$ 13 mil millones —un 5% del monto invertido en estos subsectores de 2008 a 2018—. Por el contrario, la introducción de mejoras en infraestructuras que ya se encuentran en operación sería considerablemente más onerosa y, posiblemente, no sería tan eficaz en la mitigación de los riesgos de interrupciones.

Por lo tanto, dependiendo de la forma en que se construye, la infraestructura puede favorecer o imponer obstáculos a determinadas trayectorias de desarrollo, soportando la constitución de sistemas más o menos resilientes y sostenibles. Por ello, y asumiendo que la infraestructura global necesitará un

volumen significativo de inversiones en los próximos años (estimados en US\$ 90 billones hasta 2030)³⁸, es fundamental que las inversiones que se hagan en los países de América Latina y el Caribe incorporen tempranamente, desde sus fases de diseño, los principios de resiliencia y los consideren en todas las etapas del ciclo de vida de la infraestructura, buscando, así, evitar el lock-in. El patrón de inversiones y las políticas que se implementen de aquí al futuro guardan, por lo tanto, el potencial de promover la resiliencia de la infraestructura a la vez que genera un múltiple dividendo a las sociedades y economías de la región—desde que se realicen según las mejores prácticas—, enfocadas en la capacidad de respuesta de los usuarios y en línea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

³⁸ Según The New Climate Economy (2016), esta cifra equivale a una demanda de inversiones de más de US\$ 6 billones al año, dos tercios de lo cual corresponden a los países en desarrollo.

Bibliografía

- Arent, D.J., R.S.J. Tol, E. Faust, J.P. Hella, S. Kumar, K.M. Strzepek, F.L. Tóth y D. Yan (2014), "Key economic sectors and services", *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea y L.L. White (eds.)], Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, y New York, NY, Estados Unidos, pp. 659-708.
- Baez, J., L. Lucchetti, M. E. Genoni y M. Salazar (2017), "Gone with the Storm: Rainfall Shocks and Household Wellbeing in Guatemala", *The Journal of Development Studies*, Vol. 53, No. 8.
- Banco Mundial (2016), *Investing in Urban Resilience: Protecting and Promoting Development in a Changing World*, Washington, D.C.
- Barbero, J. y P. Guerrero (2017), *El transporte automotor de carga en América Latina: soporte logístico de la producción y el comercio*, Washington, D.C., Banco Interamericano de Desarrollo (BID).
- Bárcena, A., J. Samaniego, W. Peres y J. E. Alatorre (2020), *La emergencia del cambio climático en América Latina y el Caribe: ¿seguimos esperando la catástrofe o pasamos a la acción?*, Libros de la CEPAL, N° 160 (LC/PUB.2019/23-P), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), junio.
- Barleta, E. y R. Sánchez (forthcoming), *Matriz de riesgos para el sector portuario*, Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Bello, O., L. Ortiz y J. Samaniego (2014), "La estimación de los efectos de los desastres en América Latina", *Serie Medio Ambiente y Desarrollo*, N° 157 (LC/L.3899), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), septiembre.
- Bello, O., L. Peralta, R. Williams, M. Flores, J. Rodríguez y F. Ibarra (2018), *Disaster assessment methodology exercise guide*, (LC/TS.2018/64), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) y Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ), octubre.
- Besant-Jones, J., A. Estache, G. K. Ingram, C. Kessides, P. Lanjouw, A. Mody y L. Pritchett, Lant (1994), *Informe sobre el desarrollo mundial 1994: infraestructura y desarrollo*, Washington, D.C., Banco Mundial.
- Bhatia, G., C. Lane y A. Wain (2013), *Building Resilience in Supply Chains*, Ginebra, Foro Económico Mundial y Accenture, enero.

- Bhattacharya, A., J. Meltzer, J. Oppenheim, Z. Qureshi y N. Stern (2016), *Delivering on sustainable infrastructure for better development and better climate*, Londres, The Brookings Institution, The Global Commission on the Economy and Climate y The Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment, diciembre.
- BID (Banco Interamericano de Desarrollo) (2000), *Un nuevo impulso para la integración de la infraestructura regional en América del Sur*, Washington, D.C., Banco Interamericano de Desarrollo (BID), diciembre.
- BID / OEA (Banco Interamericano de Desarrollo y Organización de los Estados Americanos) (2020), *Ciberseguridad: riesgos, avances y el camino a seguir en América Latina y el Caribe*, Washington, D.C., Banco Interamericano de Desarrollo (BID).
- _____ (2016), *Ciberseguridad: ¿Estamos preparados en América Latina y el Caribe?*, Washington, D.C., Banco Interamericano de Desarrollo (BID).
- BNamericas (2018), "Diseñando infraestructura resiliente en América Latina", *Intelligence Series: Infraestructura*, Santiago, marzo.
- Bruneau, M. y otros (2003), "A Framework to Quantitatively Assess and Enhance the Seismic Resilience of Communities", *Earthquake Spectra*, Volume 19, No. 4, pages 733–752, noviembre. BSI / TT Club (2020), *BSI & TT Club Cargo Theft Report 2020*, febrero.
- Bull, A. y Schliessler, A. (1994), *Caminos: un nuevo enfoque para la gestión y conservación de redes viales (LC/L.693/REV.1)*, Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), septiembre.
- CAF (Banco de Desarrollo de América Latina) (2016), *Cómo cerrar la brecha de infraestructura en América Latina*, Bogotá [en línea] <https://www.caf.com/es/actualidad/noticias/2016/02/como-cerrar-la-brecha-de-infraestructura-en-america-latina/>.
- CAF / CEPAL (Banco de Desarrollo de América Latina y Comisión Económica para América Latina y el Caribe) / Digital Policy and Law / Telecom Advisory Services LLC (2020), *Las oportunidades de la digitalización en América Latina frente al COVID-19*.
- Calderón, C. y Servén, L. (2014), "Infrastructure, Growth, and Inequality. An Overview", *Policy Research Working Paper 7034*, Washington, D.C., Banco Mundial, septiembre.
- Cavallo, E., A. Powell y T. Serebrisky (2020), *From Structures to Services, the path to better infrastructure in Latin America and the Caribbean*, Washington, D.C., Banco Interamericano de Desarrollo (BID), julio.
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) (2020a), "América Latina y el Caribe ante la pandemia del COVID-19: efectos económicos y sociales", *Informe Especial COVID-19, N° 1*, Santiago, abril.
- _____ (2020b), "Enfrentar los efectos cada vez mayores del COVID-19 para una reactivación con igualdad: nuevas proyecciones", *Informe Especial COVID-19, N° 5*, Santiago, julio.
- _____ (2020c), "Los efectos del COVID-19 en el comercio internacional y la logística", *Informe Especial COVID-19, N° 6*, Santiago, agosto.
- _____ (2019), *América Latina, Estimaciones y proyecciones de población a largo plazo, 1950-2100, Revisión 2019* [en línea] <https://www.cepal.org/es/temas/proyecciones-demograficas/estimaciones-proyecciones-poblacion-total-urbana-rural-economicamente-activa>.
- _____ (2018), *La ineficiencia de la desigualdad. Síntesis (LC/SES.37/4)*, Santiago, mayo.
- _____ (2015), *La Economía del Cambio Climático en América Latina y el Caribe: paradojas y desafíos del desarrollo sostenible (LC/G.2624)*, Santiago, febrero.
- _____ (2014), *Manual para la evaluación de desastres (LC/L.3691)*, Santiago, febrero.
- CEPAL / FAO (Comisión Económica para América Latina y el Caribe y Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) (2020), "Cómo evitar que la crisis del COVID-19 se transforme en una crisis alimentaria: acciones urgentes contra el hambre en América Latina y el Caribe", *Informe CEPAL-FAO*, Santiago, junio.
- Cerra, V., A. Cuevas, C. Goes, I. Karpowicz, T. Matheson, I. Samake y S. Vtyurina (2016), "Highways to Heaven: Infrastructure Determinants and Trends in Latin America and the Caribbean", *IMF Working Paper (WP/16/185)*, Washington, D.C., Fondo Monetario Internacional (FMI), septiembre.
- Chauvet, P., T. Chen, A. Jaimurzina, R. Xu y Y. Jin (2020), "China: current and potential role in infrastructure investment in Latin America", *Serie Comercio Internacional, N° 187 (LC/TS.2019/68)*, Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), febrero.
- Chopra, S. y M. S. Sodhi (2014), "Reducing the Risk of Supply Chain Disruptions", *MIT Sloan Management Review*, Spring (3), marzo.

- Christopher, M. (2018), "The mitigation of risk in resilient supply chains", International Transport Forum Discussion Papers, Paris, OECD Publishing, octubre.
- Christopher, M. y H. Peck (2004), "Building the resilient supply chain", International Journal of Logistics Management, Vol. 15, No. 2
- Christopher, M. y M. Holweg (2011), "Supply chain 2.0 revisited: a framework for managing volatility-induced risk in the supply chain", International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, Vol. 47, No. 1.
- _____ (2017), "Supply Chain 2.0": managing supply chains in the era of turbulence", International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, Vol. 41, No. 1.
- Coordinador Eléctrico Nacional de Chile (2020), [en línea] <https://www.coordinador.cl/>.
- Cramer, W., G.W. Yohe, M. Auffhammer, C. Huggel, U. Molau, M.A.F. da Silva Dias, A. Solow, D.A. Stone y L. Tibig (2014), "Detection and attribution of observed impacts", Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y New York, NY, Estados Unidos, pp. 979-1037.
- Dargin, J. S. y A. Mostafavi (2020), "Human-centric infrastructure resilience: Uncovering well-being risk disparity due to infrastructure disruptions in disasters", PLoS ONE, Vol. 15, No. 6.
- De la Llera, J. C., M. Gil Ureta, F. Rivera, H. Santa María y R. Cienfuegos (2017), "Infraestructura Resiliente: Lecciones del caso chileno" Integration & Trade Journal: Vol. 21, No. 41.
- Della Rocca, M., T. McManus y C. Toomey (2019), Climate resilience: Asset owners need to get involved now, McKinsey & Company, enero.
- DFID (Departamento del Reino Unido para el Desarrollo Internacional) (2011), Defining Disaster Resilience: a DFID Approach Paper, Londres.
- DHL Resilience360 (2020), Resilience360 Annual Risk Report 2019, Troisdorf, DHL, marzo.
- Donnges, C., G. Edmonds y B. Johannessen (2007), Rural road maintenance: sustaining the benefits of improved access, Bangkok, Organización Internacional del Trabajo (OIT), septiembre.
- Durán Lima, J. y D. Zalcicever (2013), "América Latina y el Caribe en las cadenas internacionales de valor", serie Comercio Internacional, N° 124 (LC/L.3767), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), diciembre.
- E-Governance Academy Foundation (2020), National Cyber Security Index, [en línea] <https://ncsi.ega.ee/>.
- El Nakat, Z. S. (2015), Disaster risk management in the transport sector: a review of concepts and international case studies, Washington, D.C., Banco Mundial.
- Elliott, R., C. Thomas y K. Muhammad, (2019), BCI Supply Chain Resilience Report 2019, Berkshire, Business Continuity Institute y Zurich, octubre.
- Enterprise Surveys (2020), Banco Mundial [en línea] <http://espanol.enterprisesurveys.org>.
- Espinete, X., A. Schweikert, N. van den Heever y P. Chinowsky (2016), "Planning resilient roads for the future environment and climate change: Quantifying the vulnerability of the primary transport infrastructure system in Mexico", Transport Policy, Vol. 50.
- Fay, M., L. A. Andres, C. Fox, U. Narloch, S. Straub y M. Slawson (2017), Rethinking Infrastructure in Latin America and the Caribbean: Spending Better to Achieve More, Washington, D.C., Banco Mundial.
- Fay, M. y J. Rozenberg (2019), Beyond the gap: How Countries Can Afford the Infrastructure They Need While Protecting the Planet, Washington, D.C., Banco Mundial.
- Fay, M. y M. Morrison (2007), Infrastructure in Latin America and the Caribbean Recent Developments and Key Challenges, Washington, D.C., Banco Mundial.
- Fay, M., M. Toman, D. Benitez y S. Csordas (2011) Infrastructure and Sustainable Development, Postcrisis growth and development: a development agenda for the G-20, Washington, D.C., Banco Mundial.
- Fisher, M. y C. Gamper (2017), Marco para la evaluación de políticas sobre la gobernanza de la resiliencia de la infraestructura crítica en América Latina" Washington, D.C., Banco Interamericano de Desarrollo (BID), septiembre.
- FMI (Fondo Monetario Internacional) (2020), "A Crisis Like No Other, An Uncertain Recovery", World Economic Outlook Update, Washington, D.C., junio.

- Fountain, H. (2019), "La peor sequía en Panamá amenaza el futuro del canal", *The New York Times*, 17 de mayo de 2019 [en línea] <https://www.nytimes.com/es/2019/05/17/canal-de-panama-sequia/>.
- FreightWatch International (2011), *FreightWatch International Global Threat Assessment*, febrero.
- Gallego-Lopez, C. y J. Essex (2016), "Introducing infrastructure resilience", *Evidence on Demand*, Londres, Departamento del Reino Unido para el Desarrollo Internacional (DFID).
- Gay, L. F. (2016), "Infraestructura resiliente: desempeño sostenido en un mundo siempre cambiante", *EntreTextos*, Año 8, No. 24.
- Géngé, B., I. Kiss y P. Haller (2015), "A system dynamics approach for assessing the impact of cyber attacks on critical infrastructures", *International Journal of Critical Infrastructure Protection*, Vol. 10, septiembre.
- Global Infrastructure Hub y Oxford Economics (2017), *Global Infrastructure Outlook*, Oxford, julio.
- Hallegatte, S., J. Rentschler y J. Rozenberg (2019). "Lifelines: The Resilient Infrastructure Opportunity", *Sustainable Infrastructure Series*, Washington, D.C., Banco Mundial, julio.
- Hallegatte, S., J. Rozenberg, J. Rentschler, C. Nicholas y C. Fox (2019), "Strengthening new infrastructure assets: a cost-benefit analysis", *Background Paper to the report "Lifelines: The Resilient Infrastructure Opportunity"*, Policy Research Working Paper, N° 8896, Washington, D.C., Banco Mundial, junio.
- Harrington, L. (2014), *The resilient supply chain*, DHL Supply Chain, enero.
- Heggie, I. y P. Vickers (1998) "Commercial Management and Financing of Roads", *World Bank Technical Paper*, No 409, Washington, D.C., Banco Mundial.
- IBM Security (2020), *X-Force Threat Intelligence Index 2020*.
- Ijjasz-Vasquez, E. (2017), "Engineering our way out of disasters: the promise of resilient infrastructure", *World Bank Blogs* [en línea] <https://blogs.worldbank.org/sustainablecities/engineering-our-way-out-disasters-promise-resilient-infrastructure>
- IPCC (Panel Intergubernamental para el Cambio Climático) (2014), "Summary for policymakers", In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability" Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L.White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y New York, NY, Estados Unidos, pp. 1-32.
- _____ (2001) *Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate*, Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y New York, NY, Estados Unidos.
- IRU (International Road Transport Union) (2020), *COVID-19 Impacts on the Road Transport Industry. Executive Summary*, junio.
- ISI (Institute for Sustainable Infrastructure) (2018), *Envision: Sustainable Infrastructure Guidance Manual*, Versión 3.
- Jaimurzina, A., G. Pérez y R. Sánchez (2015), "Políticas de logística y movilidad para el desarrollo sostenible y la integración regional" *Serie Recursos Naturales e Infraestructura*, N° 174 (LC/L. 4107), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), noviembre.
- Lardé, J. (2016), "Situación y tendencias recientes de las inversiones en infraestructura en América Latina", *Boletín FAL*, edición No. 347 – Número 3, publicación de las Naciones Unidas, Santiago de Chile.
- Lardé, J. y R. Sánchez (2014), "La brecha de infraestructura económica y las inversiones en América Latina", *Boletín FAL*, Edición No. 332 – Número 4, publicación de las Naciones Unidas, Santiago de Chile, abril.
- Levina, E. y D. Tirpak (2006), *Adaptation to Climate Change: Key Terms*, Paris, Dirección Ambiental de la Organización para Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE).
- Linkov, I., T. Bridges, F. Creutzig, J. Decker, C. Fox-Lent, W. Kröger, J. H. Lambert, A. Levermann, B. Montreuil, J. Nathwani, R. Nyer, O. Renn, B. Scharte, A. Scheffler, M. Schreurs y T. Thiel-Clemen (2014), "Changing the resilience paradigm", *Nature Climate Change*, vol. 4, junio.
- Lloyd's (2018), *Lloyd's City Risk Index, Executive Summary*, Londres, Lloyd's y Cambridge Centre for Risk Studies, [en línea] <https://cityriskindex.lloyds.com/>.
- Mahler, D. G., C. Lakner, R. A. C. Aguilar y H. Wu (2020), "Updated estimates of the impact of COVID-19 on global poverty", *World Bank Blogs*, junio [en línea] <https://blogs.worldbank.org/opendata/updated-estimates-impact-covid-19-global-poverty>.

- Margulis, S., M. Amoni, H. Pereira, C. Gramkow, L. Soraya, T. Castro, A. Bandeira y P. C. Rosman (2019), *Mudança do Clima, Infraestruturas Críticas no Brasil e Danos Econômicos*, Instituto Internacional de Sustentabilidade (IIS).
- McKinnon, A. (2018), "Balancing Efficiency and Resilience in Multimodal Supply Chains", Summary and Conclusions, Paris, Foro Internacional de Transporte (ITF), octubre.
- Miyamoto International (2019), *Overview of Engineering Options for Increasing Infrastructure Resilience*, Washington, D.C., Banco Mundial.
- Morgan, S. (2019), 2019 Official Annual Cybercrime Report, Cybersecurity Ventures y Herjavec Group [en línea] <https://www.herjavecgroup.com/wp-content/uploads/2018/12/CV-HG-2019-Official-Annual-Cybercrime-Report.pdf>.
- Multi-Hazard Mitigation Council (2019), *Natural Hazard Mitigation Saves: 2019 Report*, National Institute of Building Sciences, Washington, D.C., diciembre.
- Murray, S. (2019). *The Critical Role of Infrastructure for the Sustainable Development Goals*, The Economist Intelligence Unit [en línea] https://content.unops.org/publications/The-critical-role-of-infrastructure-for-the-SDGs_EN.pdf?mtime=20190314130614.
- Naciones Unidas (2020), *Sustainable Development Goals* [en línea] <https://www.un.org/sustainabledevelopment>
- _____(2016a), *Informe del grupo de trabajo intergubernamental de expertos de composición abierta sobre los indicadores y la terminología relacionados con la reducción del riesgo de desastres (A/71/644)* [en línea] https://www.preventionweb.net/files/50683_oiewgreportsanish.pdf.
- _____(2016b), "The Infrastructure-Inequality-Resilience Nexus", *Global Sustainable Development Report*.
- Nature Sustainability (2019), "Resilience and sustainability", *Nature Sustainability*, 2, 249, abril.
- Obolensky, M., A. Erman, J. Rozenberg, J. Rentschler, P. Avner y S. Hallegatte (2019), "Infrastructure disruptions, how instability breeds household vulnerability", *Policy Research Working Paper 8902*, Washington D.C., Banco Mundial.
- OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico) (2019), "Good Governance for Critical Infrastructure Resilience", *OECD Reviews of Risk Management Policies*, Paris, OECD Publishing, julio.
- _____(2017), "Infrastructure for climate and growth", *Investing in Climate, Investing in Growth*, Paris, OECD Publishing, mayo.
- OEA (Organización de los Estados Americanos) / Microsoft (2018), *Critical infrastructure protection in Latin America and the Caribbean 2018*.
- OIT (Organización Internacional del Trabajo) (2020), "COVID-19 and the world of work: Impact and policy responses", *Monitor OIT*, 1a edición, marzo.
- OMC (Organización Mundial del Comercio) (2020), "El comercio se contrae de forma acusada en la primera mitad de 2020", *Comunicado de Prensa*, N° 858, 22 de junio [en línea] https://www.wto.org/spanish/news_s/pres20_s/pr858_s.htm.
- O'Rourke, T. D. (2007), "Critical Infrastructure, Interdependencies, and Resilience," *The Bridge*, 37, National Infrastructure Advisory Council: A Framework for Establishing Critical Infrastructure Resilience Goals.
- Pastor, C. (2019), "El mantenimiento como herramienta para conseguir infraestructura de alta calidad y durabilidad", *Monografías BID*, Washington, D.C., Banco Interamericano de Desarrollo (BID).
- Peña, L. C., A. Miranda Velázquez, y M. Gómez Torrez (2015), "IDEAL 2014: La infraestructura en el desarrollo de América Latina, Infraestructura y cambio climático", Bogotá, Banco de Desarrollo de América Latina (CAF).
- Pérez-Salas, G. (2020), "Caminos rurales: vías claves para la producción, la conectividad y el Desarrollo territorial" *Boletín FAL*, edición No. 377 – Número 1, publicación de las Naciones Unidas, Santiago de Chile.
- _____(2013), "Seguridad de la cadena logística terrestre en América Latina" *Serie Recursos Naturales e Infraestructura*, N° 161 (LC/L.3604), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), marzo.
- Perrotti, D. y R. Sánchez (2011), "La brecha de infraestructura en América Latina y el Caribe", *Serie Recursos Naturales e Infraestructura*, N° 153 (LC/L.3342), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), julio.
- Rentschler, J., M. Kornejew, S. Hallegatte, J. Braese y M. Obolensky (2019), "Underutilized potential: The Business Costs of Unreliable Infrastructure in Developing Countries", *Background Paper to the report "Lifelines: The Resilient Infrastructure Opportunity"*, *Policy Research Working Paper*, N° 8899, Washington, D.C., Banco Mundial, junio.

- Rioja, F. K. (2003), "Filling potholes: macroeconomic effects of maintenance versus new investments in public infrastructure", *Journal of Public Economics*, Vol. 87, Nos. 9-10, septiembre.
- Rojas, E. F. y L. Poveda (2018), *Estado de la banda ancha en América Latina y el Caribe (LC/TS.2018/11)*, Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), marzo.
- Rozas, P. y R. Sánchez (2004), "Desarrollo de infraestructura y crecimiento económico: revisión conceptual", *Serie Recursos Naturales e Infraestructura*, N° 75 (LC/L.2182-P), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), octubre.
- Sánchez, R., J. Lardé, P. Chauvet y A. Jaimurzina (2017), "Inversiones en infraestructura en América Latina: tendencias, brechas y oportunidades", *Serie Recursos Naturales e Infraestructura*, N° 187 (LC/TS.2017/132), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), diciembre.
- Schweikert, A., P. Chinowsky, X. Espinet y M. Tarbert (2014), "Climate change and infrastructure impacts: comparing the impact on roads in ten countries through 2100", *Procedia Engineering*, 78, pp. 306-316.
- SELA (Sistema Económico Latinoamericano y del Caribe) (2017), *Impacto Macroeconómico de los Desastres por la Ocurrencia de Eventos Naturales en América Latina y el Caribe*, San José, SELA, Oficina de las Naciones Unidas para Reducción de Riesgo de Desastres (UNDDR) y Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica de Costa Rica (MIDEPLAN), octubre.
- Serebrisky, T., A. Suárez-Alemán, C. Pastor y A. Wohlhueter (2017), *Aumentando la eficiencia en la provisión de infraestructura pública: Evidencia de potenciales aumentos de eficiencia en el Gasto en Infraestructura Pública en América Latina y el Caribe*, Washington, D.C., Banco Interamericano de Desarrollo (BID).
- Sturgess, P. y R. Sparrey (2016), *What is Resilience? Evidence on Demand*, Londres, Departamento del Reino Unido para el Desarrollo Internacional (DFID), 65p.
- SwissRe (2017), "Preliminary sigma estimates for 2017: global insured losses of USD 136 billion are third highest on sigma records", *News Release*, Zürich, SwissRe Institute, diciembre [en línea] https://www.swissre.com/media/news-releases/2017/nr20171220_sigma_estimates.html.
- Tanner, T., S. Surminski, E. Wilkinson, R. Reid, J. Rentschler y S. Rajput (2015), *The Triple Dividend of Resilience*, Londres, Overseas Development Institute (ODI) y Banco Mundial.
- Tavasszy, L. A., B. Behdani y R. Konings (2017), "Intermodality and Synchronomodality", *Ports and Networks: Strategies, Operations and Perspectives*, H. Geerlings, B. Kuipers y R. Zuidwijk (Eds.), Routledge.
- Tavasszy, L. (2018), "Innovation and Technology in Multimodal Supply Chains", *International Transport Forum Discussion Papers*, Paris, OECD Publishing, octubre.
- The New Climate Economy (The Global Commission on the Economy and Climate) (2016), "The Sustainable Infrastructure Imperative: financing for better growth and development", *The 2016 New Climate Economy Report*, Washington, D.C.
- UNCTAD (Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo) (2020), "Adaptación al cambio climático de los puertos marítimos en apoyo de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible," *Nota de la secretaría de la UNCTAD (TD/B/C.I/MEM.7/2)*, Ginebra.
- UNDRR (Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres) (2012), *Making Cities Resilient Report 2012*, Ginebra.
- _____ (2009), *Terminología sobre reducción del riesgo de desastres*, Ginebra.
- Universidad Católica de Lovaina (2020), *EM-DAT: The Emergency Events Database* [base de datos en línea] <https://public.emdat.be/>.
- Van Dam, W. (2017), *Robustness Analysis of the Dutch Synchronomodal Freight Transport Network*, MSc Thesis TU Delft.
- Verner, D. (2011), "Social Implications of Climate Change in Latin America and the Caribbean", *Economic Premise*, Washington, D.C., Banco Mundial.
- Villalobos, J. (2010), "Seguridad en la operación del transporte de carga carretero", *Boletín FAL*, edición No. 285 – Número 5, publicación de las Naciones Unidas, Santiago de Chile.
- Volpe-Martincus y Blyde (2012), *Shaky Roads and Trembling Exports: Assessing the Trade Effects of Domestic Infrastructure Using a Natural Experiment*, Washington, D.C., Banco Interamericano de Desarrollo (BID).
- Willis, H. H. (2016), "Measuring the resilience of infrastructure systems", *IRGC resource guide on resilience*, M.-V. Florin, I. Linkov, (Eds.), Lausanne, EPFL International Risk Governance Center (IRGC).

- Wilmsmeier, G. y T. Spengler (2015), "La evolución de la distribución modal del transporte de mercancías en América del Sur entre 2000 y 2013", Boletín FAL, No 343, Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), julio.
- Zamorano, J. y A. Franco (2019), "Una sequía sin precedentes golpea el Canal de Panamá en medio de temores por el cambio climático", INFOBAE, 30 de abril de 2019 [en línea] <https://www.infobae.com/america/fotos/2019/04/30/una-sequia-sin-precedentes-impacta-al-canal-de-panama-en-medio-de-temores-por-el-cambio-climatico/>.



NACIONES UNIDAS

Serie

CEPAL

Comercio Internacional

Números publicados

Un listado completo así como los archivos pdf están disponibles en
www.cepal.org/publicaciones

160. Infraestructura resiliente: un imperativo para el desarrollo sostenible en América Latina y el Caribe, Fabio Weikert, (LC/TS.2020/177), 2021.
159. El comercio internacional y la economía circular en América Latina y el Caribe, N. Mulder y M. Albaladejo (coords.), (LC/TS.2020/174), 2020.
158. La participación de América Latina y el Caribe en el mecanismo de solución de diferencias de la Organización Mundial del Comercio (OMC), 2015-2020, Sebastián Herreros, (LC/TS.2020/173), 2020.
157. The impact of the COVID-19 pandemic on the tourism sector in Latin America and the Caribbean, and options for a sustainable and resilient recovery, Nanno Mulder, coord., (LC/TS.2020/147), 2020.
156. Promoción de exportaciones y desempeño exportador: el caso de Chile, Dayna Zaclicever, (LC/TS.2020/135), 2020.
155. Bilateral effects on non-tariff measures on international trade: volume-based panel estimates, Marcelo Dolabella, (LC/TS.2020/107), 2020.
154. Estado de la implementación del Programa de Acción de Viena en favor de los Países en Desarrollo Sin Litoral para el Decenio 2014-2024, Gabriel Pérez y Ricardo J. Sánchez, (LC/TS.2020/3), 2020.
153. Herramientas de política comercial para contribuir a la igualdad de género, Alicia Frohmann, (LC/TS.2019/111), 2019.
152. Políticas de movilidad y consideraciones de género en América Latina, Gabriel Pérez, (LC/TS.2019/108), 2019.
151. Integración regional y facilitación de la logística en América del Sur, Héctor Maldonado y Gabriel Pérez, (LC/TS.2019/107), 2019.

COMERCIO INTERNACIONAL

Números publicados:

- 160 Infraestructura resiliente
Un imperativo para el desarrollo
sostenible en América Latina
y el Caribe
Fabio Weikert Bicalho
- 159 El comercio internacional
y la economía circular en
América Latina y el Caribe
Nanno Mulder y Manuel Albaladejo
Coordinadores
- 158 La participación de América Latina
y el Caribe en el mecanismo de
solución de diferencias de la
Organización Mundial del
Comercio (OMC), 2015-2020
Sebastián Herreros



Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)
Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC)
www.cepal.org



LC/TS.2020/177